



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA  
MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**

**Byron René Godínez Navarro**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA  
MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BYRON RENÉ GODÍNEZ NAVARRO**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gomez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica con fecha 13 de mayo de 2016.

Byron René Godínez Navarro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de enero de 2017  
REF.EPS.DOC.18.01.17.

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

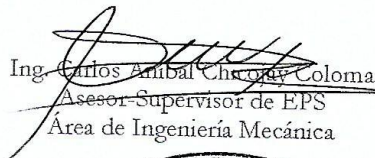
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Byron René Godínez Navarro** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200831433, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de enero de 2017  
REF.EPS.D.11.01.17

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

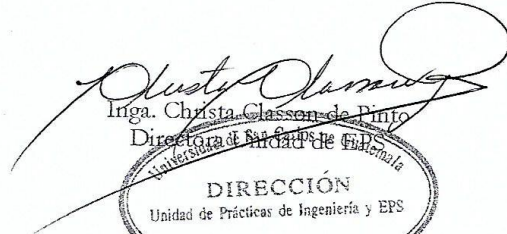
Estimado Ingeniero Guzmán:

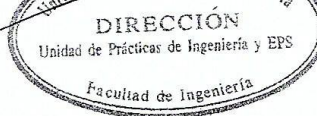
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Byron René Godínez Navarro** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero **Carlos Anibal Chicojay Coloma**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Glasson de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra

---

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.  
Teléfono directo: 2442-3509

Ref.E.I.M.303.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.** del estudiante **Byron René Godínez Navarro, CUI No. 2399486611202, Reg. Académico No. 200831433** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Directo  
Escuela de Ingeniería Mecánica

  
FACULTAD DE INGENIERIA USAC  
DIRECCION ESCUELA  
TEL.: 2418-9103  
INGENIERIA MECANICA

Guatemala, octubre de 2017  
/aej



**USAC**  
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.167.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.** del estudiante **Byron René Godínez Navarro, CUI No. 2399486611202, Reg. Académico No. 200831433** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo de 2018

/aej



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.199.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER MECÁNICO DE TUBEX, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Byron René Godínez Navarro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2018



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por la vida, la sabiduría y la fortaleza que me brindó para culminar con éxito mi carrera.
<b>Mis padres</b>	René Godínez y Etelvina Navarro. Por el amor, la educación, el apoyo y consejos que me brindaron.
<b>Mis hermanos</b>	Marisela, Luis, Pedro y David. Por el cariño y el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi carrera.
<b>Vivian Vásquez</b>	Por el amor, los consejos y el apoyo incondicional.
<b>Familiares</b>	Abuelos, tíos y primos por las muestras de cariño y apoyo que me brindaron.
<b>Compañeros y amigos</b>	Con cariño y respeto por todos los momentos compartidos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme la oportunidad de culminar mi carrera.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los conocimientos transmitidos a lo largo de mi carrera.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por los momentos compartidos y el apoyo.
<b>Tubex, S.A.</b>	Por brindarme la oportunidad de haber contribuido con mi trabajo al desarrollo de la empresa.
<b>Ing. Aníbal Chicojay</b>	Por la asesoría y colaboración al realizar el presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN .....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación.....	3
1.1.2. Historia .....	4
1.1.3. Misión .....	4
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Valores .....	5
1.1.6. Organigrama general.....	5
1.1.7. Organigrama de taller.....	5
1.2. Recursos con que se cuenta .....	6
2.1.1. Recursos humanos.....	6
2.1.2. Recursos materiales.....	6
1.3. Descripción del problema .....	7
1.4. Campo de acción y determinación de las actividades de la sección de taller .....	7
1.4.1. Plano del taller.....	8
1.5. Definiciones básicas de mantenimiento .....	11
1.5.1. Mantenimiento preventivo.....	11

1.5.2.	Mantenimiento correctivo .....	12
1.6.	Descripción y operación de la maquinaria .....	12
1.6.1.	Control numérico computarizado.....	13
1.6.2.	Torno.....	13
1.6.3.	Fresadora.....	15
1.6.4.	Cepillo .....	15
1.6.5.	Máquina rectificadora .....	16
1.6.6.	Taladro .....	17
1.6.7.	Esmeriladora de banco .....	18
1.6.8.	Cortadora de sierra vaivén .....	18
1.6.9.	Afiladoras de sierras circulares .....	19
1.6.10.	Chaflanadora de discos.....	20
1.7.	Proceso de mantenimiento .....	20
1.8.	Diagnóstico de maquinaria y equipo .....	21
1.8.1.	Inspección visual.....	21
1.8.2.	Inspección auditiva.....	21
1.8.3.	Inspección completa.....	21
1.8.4.	Estado actual de la maquinaria .....	21
1.8.5.	Condiciones de instalación y mantenimiento de los equipos .....	24
1.9.	Recomendaciones ambientales .....	26
1.9.1.	Ahorro de energía eléctrica .....	26
1.9.2.	Clasificación de desechos.....	27
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	29
2.1.	Características técnicas de la maquinaria de taller .....	29
2.1.1.	Tipos de maquinaria.....	30
2.1.1.1.	Maquinaria doméstica.....	30
2.1.1.2.	Maquinaria industrial.....	30

2.2.	Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo .....	31
2.2.1.	Planeación estratégica del departamento de mantenimiento.....	31
2.2.2.	Análisis FODA .....	32
2.2.2.1.	Estrategias .....	33
2.2.2.2.	Matriz FODA .....	33
2.2.3.	Herramientas básicas.....	36
2.2.4.	Equipamiento.....	38
2.2.5.	Metodología de mantenimiento preventivo .....	39
2.2.5.1.	Hoja de paros.....	40
2.2.5.2.	Hoja de reporte .....	41
2.2.5.3.	Requisiciones.....	42
2.2.5.4.	Grado de eficiencia de las máquinas .....	43
2.2.5.4.1.	Resultados.....	45
2.2.5.5.	Técnicas de solución de problemas .....	46
2.2.5.5.1.	Análisis de Pareto.....	47
2.2.5.5.2.	Diagrama de Ishikawa .....	49
2.2.6.	Historial de mantenimiento .....	51
2.2.7.	Ficha técnica .....	53
2.2.8.	Inventario de repuestos .....	54
2.2.9.	Elaboración del plan de mantenimiento preventivo .....	55
2.2.9.1.	Mantenimiento preventivo .....	55
2.2.9.2.	Redundancia de equipos .....	55
2.2.9.3.	Equipos críticos.....	55
2.2.9.4.	Mantenimiento correctivo previo al mantenimiento preventivo .....	57
2.2.9.5.	Programación del mantenimiento preventivo .....	59
2.2.9.5.1.	Rutina de mantenimiento.....	60
2.2.9.6.	Método LEM.....	60

2.2.9.6.1. Actividades de lubricación.....	60
2.2.9.6.1.1. Criterio para tiempos de cambio de lubricante .....	64
2.2.9.6.2. Actividades eléctricas o electrónicas...	65
2.2.9.6.3. Actividades mecánicas.....	66
2.2.9.7. Actividades generales de mantenimiento .....	67
2.2.9.7.1. Actividades generales de lubricación ..	67
2.2.9.8.2. Actividades generales eléctricas o electrónicas .....	69
2.2.9.8.3. Actividades generales mecánicas .....	70
2.2.9.8. Plan de mantenimiento .....	72
2.2.9.8.1. Mantenimiento a torno y fresadora.....	72
2.2.9.8.1.1. Actividades de lubricación para torno y fresadora .....	74
2.2.9.8.1.2. Actividades eléctricas para torno y fresadora .....	76
2.2.9.8.1.3. Actividades mecánicas para torno y fresadora .....	77
2.2.9.8.2. Mantenimiento a cepillo.....	80
2.2.9.8.2.1. Actividades de lubricación para cepillo .....	80
2.2.9.8.2.2. Actividades eléctricas para cepillo .....	82
2.2.9.8.2.3. Actividades mecánicas para cepillo .....	82
2.2.9.8.3. Mantenimiento a taladro.....	85
2.2.9.8.3.1. Actividades de lubricación para taladro .....	85

2.2.9.8.3.2. Actividades eléctricas para taladro.....	86
2.2.9.8.3.3. Actividades mecánicas para taladro.....	87
2.2.9.8.4. Mantenimiento a rectificadora de cuchillas.....	88
2.2.9.8.4.1. Actividades de lubricación para rectificadora de cuchillas .....	89
2.2.9.8.4.2. Actividades eléctricas y electrónicas para rectificadora de cuchillas.....	91
2.2.9.8.4.3. Actividades mecánicas para rectificadora de cuchillas.....	92
2.2.9.8.5. Mantenimiento a rectificadora.....	94
2.2.9.8.5.1. Actividades de lubricación para rectificadora .....	95
2.2.9.8.5.2. Actividades eléctricas para rectificadora .....	96
2.2.9.8.5.3. Actividades mecánicas para rectificadora .....	96
2.2.9.8.6. Mantenimiento a esmeril de banco ....	99
2.2.9.8.6.1. Actividades de lubricación para esmeril de banco .....	99
2.2.9.8.6.2. Actividades eléctricas para esmeril de banco.....	100
2.2.9.8.6.3. Actividades mecánicas para esmeril de banco .....	100
2.2.9.8.7. Mantenimiento a afiladora .....	102



2.2.9.8.7.1. Actividades de lubricación para afiladora.....	102
2.2.9.8.7.2. Actividades eléctricas para afiladora.....	103
2.2.9.8.7.3. Actividades mecánicas para afiladora.....	104
2.2.9.8.8. Mantenimiento a chaflanadora o biseladora de discos de sierra circular.....	107
2.2.9.8.8.1. Actividades de lubricación para chaflanadora o biseladora de discos de sierra .....	107
2.2.9.8.8.2. Actividades eléctricas para chaflanadora o biseladora de discos de sierra .....	108
2.2.9.8.8.3. Actividades mecánicas para chaflanadora o biseladora de discos de sierra .....	109
2.2.9.8.9. Mantenimiento a control numérico computarizado.....	111
2.2.9.8.9.1. Actividades de lubricación para control numérico computarizado .....	112
2.2.9.8.9.2. Actividades eléctricas para control numérico computarizado .....	114

2.2.9.8.9.3. Actividades mecánicas para control numérico computarizado .....	115
2.2.9.8.10. Mantenimiento a cortadora de sierra vaivén .....	119
2.2.9.8.10.1. Actividades de lubricación para cortadora de sierra vaivén .....	119
2.2.9.8.10.2. Actividades eléctricas para cortadora de sierra vaivén	120
2.2.9.8.10.3. Actividades mecánicas para cortadora de sierra vaivén	121
2.2.10. Presupuesto.....	123
3. FASE DE DOCENCIA .....	129
3.1. Labores de mantenimiento.....	129
3.2. Importancia de los historiales de mantenimiento .....	130
3.3. Presentación del plan de mantenimiento preventivo .....	130
3.4. Capacitación al personal de taller mecánico.....	134
CONCLUSIONES .....	139
RECOMENDACIONES.....	141
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	145



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Materia prima .....	2
2.	Corte de materia prima.....	2
3.	Fabricación de tubo.....	3
4.	Tubo terminado .....	3
5.	Organigrama general .....	5
6.	Organigrama de taller.....	6
7.	Plano del taller mecánico .....	9
8.	Control numérico computarizado.....	13
9.	Torno.....	14
10.	Fresadora.....	15
11.	Cepillo .....	16
12.	Rectificadora .....	17
13.	Taladro .....	17
14.	Esmeril .....	18
15.	Cortadora de sierra vaivén .....	19
16.	Afiladora de sierras circulares .....	19
17.	Chafanadora o biseladora de discos .....	20
18.	Hoja de paros.....	62
19.	Hoja de reporte.....	42
20.	Formato de requisiciones .....	43
21.	Diagrama de Pareto .....	49
22.	Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	51
23.	Historial de mantenimiento .....	53

24.	Relación de los costos de mantenimiento.....	124
25.	Ficha técnica y de inspección .....	132
26.	Formato de plan general de mantenimiento preventivo .....	134
27.	Capacitación de personal de mantenimiento .....	135
28.	Actualización de lista maestra.....	137
29.	Capacitación .....	137

## TABLAS

I.	Maquinaria del taller mecánico .....	10
II.	Resumen de estado actual de la maquinaria.....	23
III.	Características de los equipos del taller mecánico .....	29
IV.	Matriz FODA .....	35
V.	Herramientas básicas .....	37
VI.	Herramientas secundarias .....	38
VII.	Datos tabulados.....	48
VIII.	Equipos críticos .....	56
IX.	Presupuesto mantenimiento correctivo.....	59
X.	Selección de aceites.....	63
XI.	Lista de partes de torno y fresadora .....	73
XII.	Resumen de frecuencia de actividades de torno y fresadora .....	79
XIII.	Lista de partes del cepillo .....	80
XIV.	Resumen de frecuencia de actividades del cepillo .....	84
XV.	Lista de partes del taladro.....	85
XVI.	Resumen de frecuencia de inspección y lubricación del taladro.....	88
XVII.	Lista de partes de la rectificadora de cuchillas .....	89
XVIII.	Resumen de frecuencia de actividades de la rectificadora de cuchillas .....	93
XIX.	Lista de partes de la rectificadora .....	94

XX.	Resumen de frecuencia de actividades de la rectificadora .....	98
XXI.	Lista de partes del esmeril .....	99
XXII.	Resumen de frecuencia de actividades del esmeril .....	101
XXIII.	Lista de partes de la afiladora .....	102
XXIV.	Resumen de frecuencia de actividades de la afiladora .....	106
XXV.	Lista de partes de la biseladora .....	107
XXVI.	Resumen de frecuencia de actividades de la biseladora .....	111
XXVII.	Lista de partes del control numérico computarizado .....	111
XXVIII.	Resumen de frecuencia de actividades del control numérico computarizado.....	118
XXIX.	Lista de partes de la cortadora de sierra vaivén.....	119
XXX.	Resumen de frecuencia de actividades de la cortadora de sierra vaivén .....	123
XXXI.	Análisis de costos .....	126



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
Q	Calidad
%	Porcentaje





## GLOSARIO

<b>API</b>	Instituto Americano del Petróleo.
<b>ASME</b>	<i>American Society of Mechanical Engineers</i> , Sociedad americana de ingenieros mecánicos.
<b>ASTM</b>	<i>American Society for Testing and Materials</i> , Sociedad americana de prueba de materiales.
<b>Centralina</b>	Equipo utilizado en sistemas hidráulicos, que contienen un depósito para el aceite hidráulico, bomba y sistema de enfriamiento.
<b>Chaflán</b>	Corte en ángulo o bisel que se realiza en diversos elementos mecánicos para realizar trabajos específicos.
<b>CNC</b>	Control numérico computarizado.
<b>Confiabilidad</b>	Cualidad de un sistema o elemento que contiene una probabilidad de buen funcionamiento de algo.
<b>DC</b>	Corriente directa.
<b>E</b>	Referencia a trabajo de tipo eléctrico.
<b>Ef</b>	Eficiencia.

<b>Engrane</b>	Elemento mecánico utilizado para transmitir potencia en forma de movimiento giratorio a ejes y demás elementos mecánicos.
<b>EP</b>	Extrema presión.
<b>Equipo</b>	Es un conjunto de instrumentos, utensilios, dispositivos y objetos necesarios para la realización de cierta actividad.
<b>FODA</b>	Método de estudio a través de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas.
<b>H &amp; O</b>	Lubricante con inhibidores de herrumbre y oxidación.
<b>Indicador</b>	Variable o dispositivo que comunica o pone de manifiesto una acción, que puede ser una avería o acciones deseadas o no deseadas.
<b>Inventario</b>	Abastecimiento o surtido de los repuestos.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estándares. Preventivo mediante actividades de lubricación, actividades electricas y actividades mecánicas.
<b>LEM</b>	Método para generar planes de mantenimiento.

<b>Maquinado</b>	Palabra que se utiliza para describir el procedimiento, que se realiza sobre un elemento o su fabricación con la maquinaria del taller mecánico.
<b>Pieza</b>	Cada unidad de cierto elemento que conforma un todo, y que tiene funciones determinadas, y que son necesarios para el buen funcionamiento de los elementos.
<b>Plan</b>	Proyecto o programa de las acciones que se van a realizar y de cómo se realizarán.
<b>SAE</b>	sociedad de ingenieros automotrices.
<b>Td</b>	Tiempo disponible.
<b>Viruta</b>	Hoja delgada de material desprendida por una herramienta de corte.



## **RESUMEN**

En este trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado se describen las funciones y actividades de la empresa Tubex, S.A., se exponen de una forma más completa las funciones del departamento de mantenimiento y las actividades que en él se realizan, además se describe el trabajo realizado en el taller mecánico y la maquinaria que posee.

Esta investigación presenta una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria del taller, que actualmente la empresa Tubex, no cuenta con el plan de mantenimiento de la maquinaria.

En la propuesta se define el método de investigación, las herramientas utilizadas, los departamentos relacionados, periodos de tiempo específicos para realizar las diferentes actividades de mantenimiento; además, se detalla el estado actual de la maquinaria actualmente. El mantenimiento preventivo es importante para prevenir futuras fallas en la maquinaria, al aplicarse correctamente el plan de mantenimiento preventivo se reducen los costos por concepto de reparación de las fallas y aumenta la confiabilidad de los equipos.

Al final se presenta el plan de mantenimiento, junto con la ficha técnica y de inspección, así como los trabajos de mantenimiento correctivo para realizarse previo a la implementación del programa propuesto, de mantenimiento preventivo para la maquinaria del taller.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un plan de mantenimiento preventivo, para la maquinaria del taller mecánico de Tubex, S.A.

### **Específicos**

1. Observar el estado actual de los equipos industriales del taller mecánico.
2. Evaluar las condiciones de instalación y mantenimiento actual de los equipos.
3. Sugerir la aplicación de mantenimiento correctivo en la maquinaria que se requiera, según la observación de las condiciones actuales.
4. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, según las condiciones y necesidades actuales de la maquinaria del taller mecánico, para garantizar su correcto funcionamiento.





## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas guatemaltecas se han visto en la necesidad de formar un departamento de mantenimiento, encargado de velar por el buen estado de su infraestructura. El departamento se encarga de implementar un programa de mantenimiento preventivo, para garantizar el buen funcionamiento de los equipos de producción, despacho y otros.

El plan de mantenimiento preventivo es una herramienta necesaria que las empresas utilizan para aumentar la disponibilidad y mantener la vida útil de la maquinaria, con el propósito de minimizar el tiempo de paro de maquinaria y reducir los costos. Estos planes incluyen actividades de inspección de los sistemas de lubricación, eléctricos, electrónicos y mecánicos.

El presente trabajo de investigación se realizó para proponer un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria del taller mecánico de la empresa Tubex, S.A., a fin de brindar el cuidado necesario y mantener en óptimas condiciones los equipos que se utilizan para realizar las labores de mantenimiento de la infraestructura de la empresa.

A la fecha, se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo general para la planta de producción, pero no incluye la maquinaria del taller mecánico, este plan de mantenimiento está dividido en periodos de seis meses, especificando la semana de la realización de la inspección de los equipos.

Para cumplir con los objetivos de este plan se presenta para cada una de las máquinas una serie de trabajos de mantenimiento correctivo para su

realización antes de implementar el mantenimiento, a fin de mejorar las condiciones de instalación y mantenimiento actuales. También se presenta el plan general y la ficha técnica y de inspección con el formato utilizado actualmente en el departamento de mantenimiento.

# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Descripción de la empresa

Tubex es una empresa guatemalteca líder en la región centroamericana y el Caribe, dedicada a la fabricación de tubería de acero al carbón bajo los estándares internacionales de la norma ASTM. Desde sus inicios hace más de 20 años, la empresa se ha especializado en cubrir todas las necesidades de los clientes, sobresaliendo por la calidad y amplia gama de sus productos.

En la actualidad, Tubex es la única empresa en la región que cuenta con un laboratorio metalúrgico de última generación y certificación de gestión de calidad integrado para las normas internacionales ISO 9001 y 14001.

Tubex cuenta con la certificación más importante para los fabricantes de tubería de acero al carbono, la norma API – 5L, la cual es utilizada para la conducción de gas y petróleo certificada por el instituto americano del petróleo.

En Tubex se fabrica principalmente tubería de acero. Su fabricación inicia desde la materia prima que se importa en bobinas de lámina de acero, estas son cortadas con un ancho específico para formar el diámetro de la tubería.

Figura 1. **Materia prima**



Fuente: [www.tubac.com.gt](http://www.tubac.com.gt) consulta: 12 de septiembre de 2016.

Además de los diferentes tipos y medidas de tubería se fabrica costanera, tubería cuadrada, lámina galvanizada, tubería para pozos, lámina de acero y otros productos derivados del acero.

Figura 2. **Corte de materia prima**



Fuente: [www.tubac.com.gt](http://www.tubac.com.gt) consulta: 12 de septiembre de 2016.

Se cuenta con molinos de fabricación de tubos de diferentes medidas, para satisfacer la demanda de producto.

Figura 3. **Fabricación de tubo**



Fuente: [www.tubac.com.gt](http://www.tubac.com.gt) consulta: 12 de septiembre de 2016.

En la segunda planta se lleva a cabo el proceso de galvanizado de tubería y lámina, el producto galvanizado es trasladado a la bodega para su despacho.

Figura 4. **Tubo terminado**



Fuente: [www.tubac.com.gt](http://www.tubac.com.gt) consulta: 12 de septiembre de 2016.

### **1.1.1. Ubicación**

Tubex se encuentra ubicado en el municipio de San Miguel Petapa, su dirección es: final avenida Petapa Km. 11,5 Finca El Frutal, San Miguel Petapa, Guatemala, C.A. Tubex cuenta con una planta galvanizadora, ubicada en km. 18,5 carretera a San Miguel Petapa.

### **1.1.2. Historia**

Tubex empieza con el nombre comercial de Tubac, en 1994. La empresa inició trabajos de montaje de naves en febrero de 1994 y en marzo se iniciaron trabajos de cimentaciones paralelos a naves. La maquinaria cortadora 1, el molino 483 y el molino 604 se integraron en abril; en junio de ese mismo año se empezaron a realizar pruebas. Durante los siguientes meses de este mismo año se montó la siguiente maquinaria: roscadora *Landis*, roladora de costanera y se iniciaron trabajos de montaje de galvanizadora. Luego, en 1995 se montó la maquinaria cortadora 2. Posteriormente, en 1997 se montaron los equipos, biseladora, barnizadora y prueba hidrostática del molino 604. En 2003 se montó la máquina cortadora 3 y, posteriormente, se realizó el montaje del molino McKay en 2005.

### **1.1.3. Misión**

En Tubex, S.A. el mayor compromiso es, satisfacer las necesidades de sus clientes a través de la fabricación de tubería y comercialización de productos derivados del acero, ofreciendo el mejor servicio, realizando sus procesos con calidad y buscando la rentabilidad que proporcione una fuente de trabajo estable para los empleados dentro de un marco de desarrollo sostenible.

### **1.1.4. Visión**

Su principal visión es ser líderes en innovación y diferenciación de productos en la región centroamericana, México y el Caribe en tubería y otros productos de acero, con el mejor servicio y alta calidad.

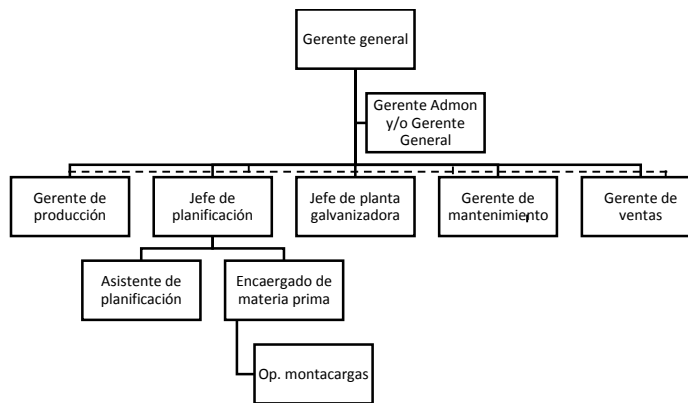
### 1.1.5. Valores

- Responsabilidad: con los clientes, para brindar productos de buena calidad y con los trabajadores, procurando su bienestar.
- Respeto: hacia los trabajadores y hacia los clientes para brindar el mejor servicio.
- Lealtad: con toda la gente que confía en la empresa.
- Colaboración: de parte de todos los trabajadores, para conformar el mejor grupo de trabajo.

### 1.1.6. Organigrama general

En la siguiente figura se muestra el organigrama general de la empresa Tubex.

Figura 5. Organigrama general



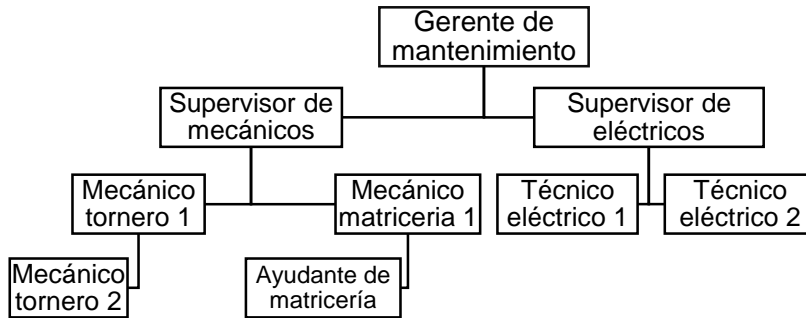
Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

### 1.1.7. Organigrama de taller

En la siguiente figura se desglosa el organigrama del taller.



Figura 6. **Organigrama de taller**



Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

## 1.2. Recursos con que se cuenta

Los recursos son una parte vital para obtener el resultado de los objetivos planteados.

### 1.2.1. Recursos humanos

- Ingenieros de las diferentes áreas
  - Gerente de planta
  - Gerente de mantenimiento
  - Jefe de taller
- Técnicos del taller mecánico
- Personal administrativo y de bodega

### 1.2.2. Recursos materiales

- Manuales de operación de maquinaria
- Manuales de mantenimiento de maquinaria
- Entrevistas con personal

- Observación del proceso de manipulación y manejo de maquinaria
- Historial de operación de maquinaria
- Historial de mantenimiento correctivo y preventivo de maquinaria
- Bibliografías
- Información obtenida en internet
- Material de oficina

### **1.3. Descripción del problema**

En el departamento de mantenimiento de Tubex, S.A., se cuenta con un taller mecánico, en el que se realizan trabajos de mantenimiento con maquinaria industrial, como: torno, fresadora, cepillo, afiladora. El taller mecánico no está incluido en el plan de mantenimiento general, hasta el momento solo se aplica mantenimiento correctivo.

Actualmente, se tiene poca confiabilidad de los equipos del taller mecánico. Al incorporarse un plan de mantenimiento preventivo, se aumentará el grado de confiabilidad, disminuyendo los paros de equipo por posibles fallas.

### **1.4. Campo de acción y determinación de las actividades de la sección de taller**

En el taller mecánico se realizan actividades de mantenimiento, tanto para los equipos de la planta de producción de productos en acero como: tubo redondo y cuadrado de diferentes medidas, costanera, lámina lisa y acanalada. También en el taller mecánico se realizan trabajos de mantenimiento para los elementos físicos de las instalaciones.

Entre los trabajos de mantenimiento se enlistan los siguientes:

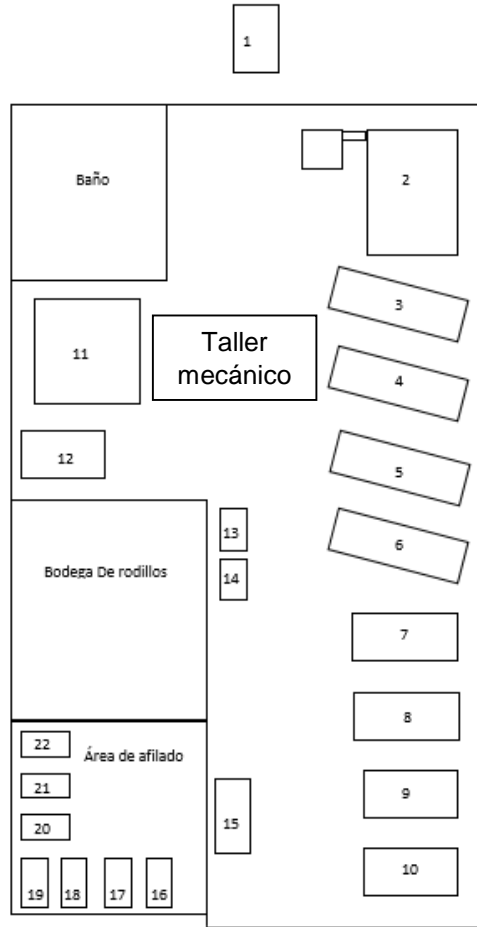
- Rectificación de rodos.
- Rectificación de cuchillas.
- Rectificación y afilado de discos de sierras circulares.
- Fabricación de elementos mecánicos en diferentes materiales.
- Reparación de equipos pequeños (bombas, motores, cilindros hidráulicos, etc.).

El taller mecánico cuenta con diez técnicos mecánicos, que se encargan de realizar las actividades de mantenimiento, adicional hay dos técnicos encargados de realizar trabajos de rectificado y afilado de discos de sierras circulares.

#### **1.4.1. Plano del taller**

En la siguiente figura se muestra el plano del taller mecánico posicionando cada máquina.

Figura 7. Plano del taller mecánico



Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

En la siguiente tabla se encuentran los equipos ubicados en el plano del taller mecánico, según orden de número.

Tabla I. **Maquinaria del taller mecánico**

<b>Maquinaria del taller mecánico</b>	
1	Cortadora de sierra vaivén
2	Control numérico computarizado
3	Torno 1
4	Torno 2
5	Torno 3
6	Torno 4
7	Cepillo
8	Fresadora 1
9	Taladro 2
10	Fresadora 2
11	Rectificadora de cuchillas
12	Taladro 1
13	Esmeril de banco 1
14	Esmeril de banco 2
15	Rectificadora
16	Esmeril de banco 3
17	Afiladora 1
18	Afiladora 2
19	Afiladora 3
20	Chafanadora de discos de sierra circular
21	Afiladora 4
22	Afiladora 5

Fuente: elaboración propia.

## **1.5. Definiciones básicas de mantenimiento**

Conservación: es la acción de mantenimiento o cuidado, de algo con el fin de mantener sus cualidades o propiedades de modo satisfactorio, para que cumpla con el fin al que fue realizado.

Preservación: es la acción de proteger algo para evitar algún problema o daño.

Mantenimiento: se define como la serie de actividades que deben realizarse, con la finalidad de conservar en condiciones óptimas los elementos físicos de una empresa (maquinaria, equipos, instalaciones, etcétera), con el objetivo de mantener la funcionalidad y competitividad de la misma.

Existen dos objetivos fundamentales en el mantenimiento, el primero es: mantener el servicio que prestan los equipos, máquinas o instalaciones. El segundo objetivo, es la preservación y cuidado de los elementos mismos que los constituyen.

### **1.5.1. Mantenimiento preventivo**

Se define al mantenimiento preventivo como, el conocimiento sistemático del estado de la maquinaria, equipos o instalaciones, para la planeación y programación previa de actividades, con la finalidad de evitar daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos en los procesos, de mayor importancia como la producción y despacho, por fallas, considerando que los paros necesarios para esta acción, se realicen en la menor cantidad de tiempo posible.

También se puede definir el mantenimiento preventivo como el conjunto de actividades ejecutadas para prevenir y detectar condiciones de trabajo, que pueden ocasionar interrupciones en los procesos de producción, despacho u otros, por averías y deterioro acelerado del equipo; ejecutadas en un tiempo programado, basado en un plan establecido bajo las condiciones de cada empresa.

El exceso o la insuficiencia de mantenimiento preventivo, que se aplique a los equipos tendrán consecuencias negativas que afectarán la vida útil de los equipos y la disponibilidad, disminuyendo su confiabilidad considerablemente.

#### **1.5.2. Mantenimiento correctivo**

Se define el mantenimiento correctivo como todas aquellas acciones realizadas para corregir averías en maquinaria, equipos e instalaciones, encontradas durante inspecciones de mantenimiento preventivo o al ocurrir fallas, ocasionando el paro de procesos de producción, despacho u otros procesos. Dentro del mantenimiento preventivo se pueden encontrar acciones de reacondicionamiento de maquinaria o equipo, para que su funcionamiento permita obtener el máximo rendimiento.

#### **1.6. Descripción y operación de la maquinaria**

Es el conjunto de equipos utilizados para remover material, rectificar y pulir superficies, entre los cuales mencionamos: torno, fresadora, taladro, control numérico, cepillo, afiladora, rectificadora, sierra, y esmeril.

### **1.6.1. Control numérico computarizado**

Es un sistema en que la máquina-herramienta controla mediante números, los componentes y movimientos mediante un programa de computadora que procesa los datos ingresados por el operario. El programa interpreta movimientos, ciclos, tipos de herramienta, velocidades que conforman un programa para la realización de un determinado objeto. Con el paso de los años se ha ido perfeccionando su funcionamiento y se han dejado de utilizar las tarjetas perforadas para programar, ahora solo se utiliza el programa principal y memoria de la computadora; este tipo de maquinaria también utiliza un emulador de programación, donde muestra la secuencia de las instrucciones ingresadas por el operario y muestra en un plano el ciclo y la pieza durante todo el proceso de maquinado.

Figura 8. **Control numérico computarizado**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.2. Torno**

Se define torno al conjunto de máquinas y herramientas, que permiten realizar los procesos de desbaste, mecanizado, taladrar, roscar, cortar, cilindrar,



todos los procesos en piezas de forma geométrica por revolución. Esta máquina-herramienta opera girando la pieza por mecanizar, centrada y sujeta en el cabezal, mientras una o varias herramientas de corte avanzan con un movimiento regulado por el operario contra la superficie de la pieza, esta herramienta de corte arranca la viruta dejando la pieza de acuerdo con el modelo que se quiera realizar.

Paralelo al eje de giro de la pieza que se desea torneear, va montada la herramienta de corte sobre un carro que se desplaza sobre un riel llamado bancada y este se denomina como eje X. Sobre este carro va montado otro que se mueve perpendicular al eje X y se denomina eje Y, en dirección radial se encuentra un tercer carro, este último tiene una variante muy utilizada, se puede modificar el ángulo de avance para formar figuras cónicas con un ángulo determinado.

Por último, en dirección radial y centrado al cabezal donde va la pieza se encuentra un cuarto carro que avanza en dirección a la pieza (eje X), en el cual pueden sujetarse herramienta de corte para taladrar y realizar agujeros en el centro de la pieza. Cada uno de los movimientos es manejado por el usuario mediante una manivela de avance o puede usar el avance automático.

Figura 9. **Torno**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### 1.6.3. Fresadora

Se define como fresadora una máquina-herramienta de maquinado por arranque de viruta, mediante el movimiento de una herramienta de corte rotativa de varios filos denominada fresa. Mediante el fresado se pueden mecanizar diversos materiales como lo son: madera, acero, metales no ferrosos, hierro fundido y materiales sintéticos; las fresadoras usan cortadoras de muchos dientes, en contraste con las herramientas de una sola punta como las utilizadas en un torno.

Figura 10. Fresadora



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### 1.6.4. Cepillo

El cepillo se conoce comúnmente como una máquina herramienta que realiza la operación mecánica de cepillado o desbastado y acabado de grandes superficies planas, acanalados y otras formas geométricas en las piezas, la única condición para la utilización de un cepillo es que la superficie tiene que ser plana para poder maniobrar.

Las herramientas de cepillo se fijan en el cabezal que contiene un portaherramientas unido a una corredera montada en un carro que, a su vez, es montado en un riel horizontal.

Figura 11. **Cepillo**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.5. Máquina rectificadora**

La máquina rectificadora es una herramienta utilizada para realizar trabajos de mecanizado por abrasión. Estas máquinas garantizan la menor cantidad de rugosidad en la superficie del material que el mecanizado por arranque de viruta. Otra ventaja en este tipo de maquinaria es la de dejar las piezas con una mayor precisión dimensional. En las máquinas rectificadoras se trabajan piezas en su mayor parte de acero, endurecida con tratamiento térmico; se utiliza la herramienta llamada muela, que no es más que un disco abrasivo robusto. Generalmente, después del proceso de rectificado, la pieza pasa por un proceso de pulido.

Figura 12. **Rectificadora**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### 1.6.6. **Taladro**

El taladro se define como una máquina herramienta, utilizada para mecanizar la mayoría de agujeros hechos a las piezas en los talleres mecánicos, otros procesos realizados con el taladro son, roscar, avellanar y perforar piezas, utilizando como herramienta de corte, la broca, que máquina la pieza mediante el corte de viruta. Estos equipos cuentan con dos movimientos el de rotación de la broca y el de avance de penetración de la broca, esto permite ser una de las máquinas herramientas más sencillas de operar.

Figura 13. **Taladro**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.7. Esmeriladora de banco**

Máquina herramienta también llamada amoladora, sus principales usos son: cortar, afilar, abrillantar y pulir metales y las funciones más comunes son utilizar la herramienta para quitar la rebaba de materiales mecanizados y el de afilado de herramientas de corte. El funcionamiento de esta herramienta se describe con un movimiento giratorio, que mueve una muela o herramienta de corte abrasivo, comúnmente este tipo de herramienta cuenta con dos discos o muelas abrasivas, que giran al mismo tiempo y en el mismo sentido.

Figura 14. **Esmeril**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.8. Cortadora de sierra vaivén**

Es una máquina herramienta que se emplea para el corte de metal, la herramienta que utiliza es una hoja de sierra que se categoriza por el número de dientes por pulgada, esta varía entre 14 y 32 dientes por pulgada. Su sistema mecánico permite cortar cilindros de gran diámetro, en menor tiempo que al utilizar una herramienta manual, la variación entre el tipo de sierra tendrá como resultado un corte más fino o un corte más ordinario, la sierra de 32 dientes por pulgada ofrecerá un corte fino y la hoja de sierra de 14 dientes por pulgada tendrá como resultado un corte ordinario y se emplea para materiales suaves como el aluminio.

Figura 15. **Cortadora de sierra vaivén**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.9. Afiladoras de sierras circulares**

Se define como un tipo de máquina herramienta utilizada para realizar trabajos de mecanizado por abrasión, usada exclusivamente para trabajos en disco de sierra, para rectificar la forma y tamaño del diente. Este tipo de sierra utiliza un sistema mecánico para obtener un movimiento intermitente que es el que permite la abrasión en los dientes de la sierra, dándole forma y tamaño requerido para su uso en corte.

Figura 16. **Afiladora de sierras circulares**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.6.10. Chaflanadora de discos**

Se le define como máquina herramienta utilizada para realizar chaflán en los dientes del disco de sierra, utilizando una muela o piedra abrasiva para realizar un corte en ángulo, esto para cortes específicos con el disco de sierra.

En el primer mes del ejercicio profesional supervisado, se conocerá a fondo como está la infraestructura del taller mecánico, la jerarquía de trabajadores, el control de desechos.

Figura 17. **Chaflanadora o biseladora de discos**



Fuente: taller mecánico de Tubex, S.A.

### **1.7. Proceso de mantenimiento**

Para aplicar un plan de mantenimiento preventivo, es necesario realizar un diagnóstico de la maquinaria, esto brinda la información para saber si es necesario aplicar mantenimiento correctivo antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo y obtener mejores resultados.

## **1.8. Diagnóstico de maquinaria y equipo**

Para realizar un diagnóstico de la maquinaria del taller, se debe realizar una serie de inspecciones, cada una aportará información para comprender el estado actual de la maquinaria.

### **1.8.1. Inspección visual**

Este tipo de inspección se realizará utilizando como herramienta el sentido de la vista. En este proceso se puede encontrar piezas dañadas, corrosión, desgaste, fugas, cables eléctricos en mal estado.

### **1.8.2. Inspección auditiva**

En este tipo de inspección se utiliza como herramienta el sentido de la audición, escuchando el funcionamiento se puede encontrar sonidos anormales, esto puede informar si hay piezas flojas, falta de lubricación, vibración.

### **1.8.3. Inspección completa**

Es necesario realizar una inspección completa utilizando herramientas de inspección que ayuden a realizar un diagnóstico más completo y detallado de la maquinaria y equipo que se está inspeccionando.

### **1.8.4. Estado actual de la maquinaria**

La maquinaria en general tiene más de veinte años de antigüedad y su estado es aceptable para la mayoría de las máquinas, pero es necesario realizar



una inspección de los equipos y detallar sus condiciones. Se especificará su estado utilizando los niveles, excelente, bueno, regular y malo.

Los tornos son de los equipos que más se utilizan en el taller mecánico, dos de ellos están en buenas condiciones, y dos están en condición regular, que no se ajusta a los requerimientos de la mayoría de los trabajos que se realizan en el taller. Uno de los aspectos más importantes de estos últimos tornos mencionados, es que han fallado en tiempo que se ha requerido para trabajos críticos.

Una de las fresadoras está en buen estado y es la que más utilizan los mecánicos en trabajos de mantenimiento, la otra por el tamaño ha quedado en uso secundario y, por lo tanto, no se le ha dado el mantenimiento necesario.

El cepillo se encuentra en condición regular, el desajuste y el constante mantenimiento correctivo y su deterioro por falta de uso han dejado evidencia de su estado.

Uno de los taladros está en buena condición, es el taladro que más se utiliza, el otro taladro está en condición regular, la poca iluminación en el lugar ha hecho que se utilice muy poco.

Las rectificadoras están siempre en constante uso y su estado es excelente, la rectificadora de cuchillas es uno de los equipos críticos y es uno de los equipos que menos tiempo tiene que se adquirió para el taller.

El esmeril es uno de los equipos que su uso es constante, su estado es bueno para los tres que están en el taller, uno de los cuales contiene una piedra especial para afilar piezas pequeñas y es el que menos uso tiene de los tres.

Las afiladoras están divididas en dos grupos, el primero que está compuesto por tres afiladoras en condición buena y el segundo grupo que está compuesto por dos afiladoras en mala condición; la falta de repuesto ha hecho que se queden sin utilidad.

La chaflanadora o biseladora de discos de sierra, está en condiciones buenas, pero la falta de uso ha hecho que sus piezas se deterioren.

El CNC está en excelentes condiciones, la falta de capacitación de los operarios ha hecho que se le dé poco uso.

La cortadora de sierra vaivén está en condición regular, el desajuste y la fatiga de sus piezas ha hecho que los cortes no queden finos.

**Tabla II. Resumen de estado actual de la maquinaria**

	<b>Maquinaria del taller mecánico</b>	<b>Estado</b>
1	Cortadora de sierra vaivén	Regular
2	Control numérico computarizado	Excelente
3	Torno 1	Bueno
4	Torno 2	Bueno
5	Torno 3	Regular
6	Torno 4	Regular
7	Cepillo	Regular
8	Fresadora 1	Bueno
9	Taladro 2	Regular
10	Fresadora 2	Regular
11	Rectificadora de cuchillas	Excelente
12	Taladro 1	Bueno
13	Esmeril de banco 1	Bueno
14	Esmeril de banco 2	Bueno
15	Rectificadora	Excelente
16	Esmeril de banco 3	Bueno
17	Afiladora 1	Bueno
18	Afiladora 2	Bueno

Continuación de tabla II.

19	Afiladora 3	Bueno
20	Chaflanadora de discos de sierra circular	Bueno
21	Afiladora 4	Malo
22	Afiladora 5	Malo

Fuente: elaboración propia.

### **1.8.5. Condiciones de instalación y mantenimiento de los equipos**

- Cortadora de sierra vaivén: la cortadora de sierra no tiene pernos de anclaje, esto da lugar a la vibración, tiene desajuste en las guías de avance del arco de sierra y el movimiento de avance automático en ocasiones no funciona. No tiene historial de mantenimiento, solo se cambian las hojas de sierra.
- CNC: su condición de instalación es buena, tiene un problema en el monitor, en ocasiones no es legible la imagen y el poco uso da lugar a que el equipo contenga suciedad, no tiene historial de mantenimiento.
- Torno: los tornos no contienen pernos de anclaje ni sistema de refrigeración, a ninguno se le ha realizado cambio de aceite, dos de los cuatro tornos presentan vibración, el torno 3 presenta un desajuste en el husillo y problema en el sistema eléctrico, el torno 4 presenta vibración y desajuste en el husillo y juego en las manecillas de avance manual, no tienen historial de mantenimiento.

- Cepillo: este no contiene pernos de anclaje, contiene desajuste en el carnero o cabezal y guías del cabezal, también presenta desperfectos en el sistema de velocidades, no cuenta con historial de mantenimiento.
- Fresadora: la fresadora 1 no contiene pernos de anclaje, un leve desajuste en las manecillas de avance manual. La fresadora 2 el poco uso ha deteriorado su pintura, y desajustado las manecillas de avance manual, le faltan dos manecillas, ninguna cuenta con historial de mantenimiento.
- Taladro: ninguno tiene pernos de anclaje, el taladro 1 presenta deterioro en la pintura y un leve desajuste en el cono morse del husillo, el taladro 2 presenta desajuste en el cono morse del husillo y deterioro en la mesa y la pintura. Ninguno tiene historial de mantenimiento.
- Rectificadora: la rectificadora de cuchillas no presenta desperfectos, no se tiene registro de mantenimiento correctivo ni mantenimiento preventivo. La rectificadora tiene deteriorada la pintura y no contiene pernos de anclaje, no tiene historial de mantenimiento.
- Esmeril: el esmeril 2 y 3 presentan un deterioro en la pintura, el esmeril 2 presenta vibración en el eje que sostiene las piedras abrasivas, ninguno contiene historial de mantenimiento.
- Afiladora: las cinco afiladoras no tienen pernos de anclaje, la afiladora 1 presenta un leve desajuste en el mecanismo de avance de disco, no contiene sistema de refrigeración, la afiladora 2 tiene fatiga en el resorte del mecanismo de avance del disco de sierra, la afiladora 2 presenta deterioro en la pintura y desajuste en el cabezal para darle ángulo al filo de los discos de sierra. La afiladora 4 y 5 no están en funcionamiento por

falta de repuestos. Ninguna afiladora cuenta con historial de mantenimiento.

- Chafanadora: presenta deterioro por falta de uso, corrosión en piezas móviles y no contiene historial de mantenimiento.

## **1.9. Recomendaciones ambientales**

Para el cuidado del ambiente se recomienda lo siguiente.

### **1.9.1. Ahorro de energía eléctrica**

En un taller mecánico la energía eléctrica toma un papel muy importante, se puede resaltar que es una fuente de energía con un costo elevado; el buen funcionamiento de la maquinaria y las buenas prácticas de ahorro utilizando bien los recursos, tienen como resultado un ahorro por concepto de energía eléctrica.

Para lograr un ahorro considerable de energía eléctrica en el taller mecánico se debe de poner en práctica lo siguiente.

Buen uso del aire comprimido. El aire comprimido es una fuente con un costo elevado, para poder abastecer la planta de producción y el taller mecánico es necesario, encender dos compresores en los tiempos de mayor demanda, se deben evitar toda clase de fugas y utilizarlo innecesariamente.

Iluminación. El área del taller mecánico, es una zona con muy buena iluminación en la jornada matutina y vespertina, y la utilización de las lámparas no es necesaria, excepto por los días nublados, la regulación de la utilización de las lámparas tendrá como resultado un ahorro en concepto de energía eléctrica.

Maquinaria. Se ha observado que la maquinaria está en constante utilización, sin embargo, existe muchos periodos de tiempo en los que la maquinaria se queda encendida por horas sin utilizarse, este es el caso de los tornos, esto hace que el motor esté en funcionamiento constante sin aprovecharse. Es necesario regular el tiempo de encendido de la maquinaria para evitar el consumo innecesario de energía eléctrica.

Mantenimiento. Es necesario realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria, el mantenimiento por realizarse se describe en el numeral 2.2.9. de este documento, para que esta funcione de manera óptima. Cuando la maquinaria empieza a presentar desperfectos, la cantidad de energía eléctrica consumida es mayor, si presentan vibración, desgaste, calentamiento excesivo de piezas u otras variantes negativas el consumo aumenta y el equipo se torna poco eficiente.

### **1.9.2. Clasificación de desechos**

Para el cuidado del ambiente en la empresa es necesaria la clasificación de los desechos, esto para minimizar el impacto que trae hacia el medio ambiente, además contando con los desechos clasificados se aprovecha el reciclaje y venta de materiales reciclables como lo es el aluminio, acero, cobre y bronce.

La clasificación de los desechos se realiza de la siguiente manera: se tiene cuatro recipientes, el primer recipiente sirve para desechar lo que son productos orgánicos como por ejemplo, se puede mencionar madera, cascara de frutas o desechos de comida. En el segundo recipiente se desechan materiales metálicos que se pueden reciclar o que se vende como chatarra como, latas de aluminio, pedazos de hierro, pedazos de cobre.

El tercer recipiente sirve para desechar materiales inorgánicos como vidrio, plástico, hule. El cuarto recipiente se utiliza para desechar materiales contaminados como guaipe contaminado con pintura o aceite, viruta contaminada con grasa.

Esto con el fin de cuidar el medio ambiente y velar por el orden y limpieza dentro de las áreas de trabajo, cada recipiente está clasificado por un color, el recipiente para materiales orgánicos está pintado de color amarillo, el recipiente para metales está pintado de color azul, el recipiente para materiales inorgánicos está pintado de color rojo y por último el recipiente que contiene materiales contaminados está pintado de color gris.

## 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

### 2.1. Características técnicas de la maquinaria de taller

Las características técnicas de la maquinaria proporcionan una idea general de su capacidad de trabajo. La siguiente tabla detalla algunas características de los equipos.

Tabla III. Características de los equipos del taller mecánico

No.	Equipo	Marca	No. De serie	Modelo	Voltaje	Motor	Amperios	RPM	Fecha de fabricación
1	Cortadora de sierra vaivén	Uniz	23108		220	3 HP	8.7/5.1	1450	
2	CNC	Fimap	7801766		440				
3	Torno 1	Grazioli	210.462	Danic 250	380	7.5 KW		2000	
4	Torno 2	Coer	B74B	E1620					
5	Torno 3	Sin evidencia							
6	Torno 4	Onak		205					
7	Cepillo	Invigta Major	170204	BLC					
8	Fresadora 1	Toskurim Finesa	26092	FNK 25	220	3.8 KVA			1980
9	Taladro 2	Arboga Maskiner	97472	FR830	380	2.2/1.55	5.7/4.4	3300/1720	
10	Fresadora 2	Victoria	161180/132	UO	220			1460	
11	Rectificadora de cuchillas	Cincinnati Milacron	3543SPE75-0001	430	460			175	
12	Taladro 1				380			1600	
13	Esmeril de banco 1	Acelt Machine	8411	113	210	0.1 KW			2005
14	Esmeril de banco 2	Tommasi & Bonetti	37806	T04S	220				2006
15	Rectificadora	Cincinnati	1D2T5D-235	B-159708	440				
16	Esmeril de banco 3	Aceti Machine	8411	113	220	0.1KW			2005
17	Afiladora 1	Crizoma	99589	R500					1999
18	Afiladora 2	Businaro	1900	Control KS	440	1.2 KVA			2007
19	Afiladora 3	Gernetti	Sin evidencia						
20	Chafanadora	Businaro Micron 650	193	Micron 650	220	0.7 KVA			2001
21	Afiladora 4	Ohler	7335	1500					1966
22	Afiladora 5	Volmer	AD63N2	14806713	220/380	320W		2800	

Fuente: elaboración propia.



## **2.1.1. Tipos de maquinaria**

De las máquinas que se encuentran en el taller mecánico, se pueden diferenciar entre dos tipos de maquinaria y así entender el grado de dificultad de maniobrar y la complejidad de su estructura, de acuerdo con el tipo de máquina será proporcional el mantenimiento preventivo.

Los dos tipos de maquinaria son:

### **2.1.1.1. Maquinaria doméstica**

También se le llama maquinaria liviana, y son las más utilizadas para realizar trabajos de casa, se caracterizan por ser máquinas portátiles y de fácil manipulación; estas máquinas tienen la característica de que no requieren de mayor mantenimiento.

Entre la maquinaria catalogada como doméstica se encuentra el esmeril de banco, este equipo únicamente cuenta con un motor eléctrico.

### **2.1.1.2. Maquinaria industrial**

Este tipo de máquinas se emplean para convertir la materia prima en manufactura, es decir para la fabricación de piezas, y se caracteriza por su complejidad para operar al utilizar sus funciones en su totalidad. Este tipo de maquinaria se conforma por un conjunto de máquinas individuales con una función específica.

Entre los tipos de máquinas se puede mencionar: máquinas manuales, eléctricas, hidráulicas, térmicas. En el caso de la maquinaria del taller sólo esta

comprendidas por máquinas manuales, máquinas eléctricas y máquinas hidráulicas y cada una de estas máquinas necesita de mantenimiento preventivo.

Entre la maquinaria catalogada como industrial se encuentran todos los equipos que encontramos en el taller, con excepción del esmeril de banco.

## **2.2. Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo**

Para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, que nos brinde buenos resultados se necesitan dos aspectos importantes, planeación estratégica y metodología, la planeación estratégica estará basada en la estrategia que se llevará a cabo y la metodología en las herramientas que se utilizarán.

### **2.2.1. Planeación estratégica del departamento de mantenimiento**

La planeación estratégica es una herramienta administrativa para poder alcanzar cada uno de los objetivos trazados, involucra a todas las partes relacionadas con el departamento de mantenimiento.

Las partes relacionadas internamente son:

- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento mecánico

Las partes relacionadas externamente son:

- Departamento de compras
- Departamento de producción
- Departamento de importaciones

- Administración

### **2.2.2. Análisis FODA**

- Fortaleza
  - Personal con conocimiento y experiencia
  - Herramientas adecuadas
  - Inventario de repuestos
  - Acción rápida ante una falla
  - Mejoras en los equipos
- Oportunidades
  - Proveedores
  - Capacitaciones
  - Nuevas metodologías
- Debilidades
  - Maquinaria muy antigua
  - Carencia de manuales de operación y mantenimiento de maquinaria
  - Falta de historial de mantenimiento de maquinaria
  - Poco personal de mantenimiento
  - Mala operación de los equipos
  - Bajo presupuesto
  - Trabajos mal elaborados
  - Utilización de herramientas no adecuadas en maquinaria

- Amenazas
  - Falta de colaboración de otros departamentos.
  - Negligencia en la utilización de los recursos asignados al departamento de mantenimiento.

#### **2.2.2.1. Estrategias**

Las estrategias son un método que ayuda a alcanzar el objetivo trazado en el departamento de mantenimiento, el plan de mantenimiento en sí es una estrategia para disminuir los paros por fallas en los equipos, el uso de estrategias conlleva a una mejora continua.

#### **2.2.2.2. Matriz FODA**

Una matriz FODA no es más que una metodología de estudio, que ayuda a determinar el estado actual de una empresa, organización o departamento específico, analizando sus características internas y la situación externa.

Este método permite estudiar las características positivas y negativas siendo estas las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, que mediante un análisis y una planificación, utilizando una estrategia. Permite, además encontrar, la forma de convertir las debilidades en fortalezas y las amenazas en oportunidades.

Mediante la aplicación de un análisis FODA al departamento de mantenimiento de Tubex, se realiza una matriz FODA, para estudiar los factores internos y externos.

Esta matriz se compone de tres columnas y tres filas, la cual se realiza a través del análisis al relacionar los aspectos que se interceptan uniendo la fila con la columna, estas son las combinaciones por relacionar.

- Fortalezas – Oportunidades
- Fortalezas – Amenazas
- Debilidades – Oportunidades
- Debilidades – Amenazas

Siempre se relaciona un factor interno con un factor externo.

Tabla IV. **Matriz FODA**

<p style="text-align: center;">Factores internos</p> <p>Factores externos</p>	<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal con conocimiento y experiencia</li> <li>• Herramientas adecuadas</li> <li>• Inventario de repuestos</li> <li>• Acción rápida ante una falla</li> <li>• Mejoras en los equipos</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria muy antigua</li> <li>• Carencia de manuales de operación y mantenimiento de maquinaria</li> <li>• Falta de historial de mantenimiento de maquinaria</li> <li>• Poco personal de mantenimiento</li> <li>• Mala operación de los equipos</li> <li>• Bajo presupuesto</li> <li>• Trabajos mal elaborados</li> <li>• Utilización de herramientas no adecuadas en maquinaria</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedores</li> <li>• Capacitaciones</li> <li>• Nuevas metodologías</li> </ul>	<p>La implementación de capacitación de parte de la empresa hacia los trabajadores, puede realizarse de manera interna o externa y fortalecer el plan de mantenimiento.</p>	<p>Se requiere de una evaluación de la maquinaria antigua y la que no se opera, y priorizar en la maquinaria crítica, renovando e invirtiendo para mantenerlos en mejores condiciones, también es necesaria la implementación de fichas de control mantenimiento.</p>
<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de colaboración de otros departamentos</li> <li>• Negligencia en la utilización de los recursos asignados al departamento de mantenimiento</li> </ul>	<p>Para poder reducir las amenazas se debe de involucrar los departamentos de producción, compras e importaciones, para obtener un inventario de repuestos más completo.</p>	<p>La contratación de más mecánicos para apoyo del departamento de mantenimiento, los trabajadores no son suficientes en los tiempos de alta demanda, designar trabajos al personal que operan de manera correcta y evitar que estropeen los equipos por mala operación.</p>

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3. Herramientas básicas**

Las herramientas toman un papel indispensable para el tema del mantenimiento, para garantizar que los procedimientos de mantenimiento se realicen adecuadamente, es necesario tener a la disposición de quien realiza el mantenimiento, también el mecánico o encargado de realizar el trabajo será responsable del cuidado y el buen manejo de su herramienta.

En la siguiente tabla se enlista las herramientas que debe contener la caja de herramientas de un mecánico.

Tabla V. **Herramientas básicas**

No.	Nombre	Tipo
1	Llaves	Corona y cola
		Allen
		De boca ajustable
		De copa
2	Martillo	De uña
		De bola
3	Cinzel	
4	<i>Vernier</i>	Análogo
		Digital
5	Destornillador	Castigadera
		Estrella
6	Machuelo	
7	Alicate	
8	Lima	Plana
		De punta
9	Arco de sierra	
10	Pinzas	De presión
		De punta
		Extractor de seguros
11	Extractor de rodamientos	
12	Linterna	
13	Cuchilla	
14	Cinta métrica	

Fuente: elaboración propia.



Es importante que en las herramientas que vienen en tamaños específicos, se proporcionen en medidas milimétricas y pulgadas. En la siguiente tabla se describen herramientas de trabajo, con la diferencia que estas herramientas son utilizadas en la maquinaria del taller o son muy poco utilizadas para realizar trabajos comunes.

Tabla VI. **Herramientas secundarias**

<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>
1	Torquímetro	Análogo
		Digital
2	Calibrador de rosca	
3	Calibrador de espesor	
4	Butil	Cobalto
		Tungsteno
5	Brocas	
6	Compas	Interno
		Externo
		Punta
7	Fresas	Cobalto
		Tungsteno
8	Gramil	

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4. Equipamiento**

Para ejecutar los trabajos de mantenimiento de la forma más adecuada, el personal del taller mecánico necesita de equipamiento que es indispensable para

garantizar un trabajo óptimo, también equipando el taller se garantiza un mayor confort para el personal.

Es necesario que el taller cuente con bancos de trabajo, estos bancos deben estar en puntos estratégicos y deben ser de metal, para mayor seguridad, estos bancos brindan un lugar adecuado para realizar trabajos con piezas pesadas a una altura cómoda para el personal. Conviene que los bancos de trabajo cuenten con prensas manuales, esto para ayudar a sujetar piezas a las que se realizan mantenimiento.

En el taller es necesario contar con un polipasto manual o eléctrico, este equipo es necesario para levantar objetos pesados, los cuales no pueden ser levantados por una persona, esto para evitar accidentes y que los trabajos se realicen en lugares no adecuados como el suelo.

Es importante que el equipamiento del taller esté en buen estado y que cuente con su mantenimiento, para asegurar un funcionamiento óptimo y disponibilidad.

#### **2.2.5. Metodología de mantenimiento preventivo**

Dentro de la metodología de mantenimiento se tiene que utilizar distintos formatos de reportes para tener un mayor control de los trabajos de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo. Además, se tiene que llevar el control de los paros ocasionados por fallas de los equipos. Es necesario tener el control de las requisiciones o repuestos no existentes en bodega.

### 2.2.5.1. Hoja de paros

La hoja de paros proporciona información importante para llevar un control del tiempo de funcionamiento, esta información ayuda a encontrar el grado de eficiencia de cada máquina, la importancia de documentar los paros es mayor cuando la maquinaria no está en constante uso, si no es puesta en operación cuando se necesita realizar trabajos de maquinado, entonces se detalla el paro de la máquina como número de días de falla, que se documenta como el tiempo menos como medio día.

Figura 18. Hoja de paros

<b>Tubex, S.A.</b>							
<b>Departamento de mantenimiento</b>							
<b>Área: Taller mecánico</b>							
<b>control de paros</b>							
<b>Maquinaria de taller mecánico</b>							
No.	Fecha	Máquina	Tipo de falla	Actividad realizada	Repuesto	Mecánico	Observaciones

Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

### **2.2.5.2. Hoja de reporte**

A comparación de la hoja de paros, la de reporte proporciona información detallada, esta información servirá al departamento de mantenimiento para registrar el tiempo que duro el paro, cual fue la posible causa, la gravedad del estado del equipo y descripción de los procedimientos de mantenimiento realizado.

Cuando ocurre un paro de maquinaria que sea por corte de energía eléctrica no se tomará en cuenta, ya que la maquinaria no está en funcionamiento constante como la maquinaria de planta de producción, la maquinaria del taller se utiliza en trabajos específicos.

La hoja de reportes será archivada y con la hoja se tendrá evidencia de la persona que realizó el trabajo, el tiempo que duró la reparación, detalle de repuestos utilizados y el operador de la máquina en el momento de la falla.

Figura 19. Hoja de reporte

<b>Tubex, S.A.</b>		Reporte No. _____	
Departamento de mantenimiento		Fecha: _____	
Área: Taller mecánico			
<b>Ficha de reporte de paros Maquinaria de taller mecánico</b>			
Mecánico operario:		Hora inicio:	Hora final:
Maquina:	Tipo de falla: Eléctrica <input type="checkbox"/> Mecánica <input type="checkbox"/>	Mecánico / Electricista que reparó:	
Descripción			
Observaciones:			
Vo.Bo. _____ Gerente de Mantenimiento		Vo.Bo. _____ Supervisor de mantenimiento mecánico y/o eléctrico	

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.3. Requisiciones

Las requisiciones brindan información sobre los repuestos adquiridos específicamente para la maquinaria del taller, esto a medida que el tiempo pase se podrá cuantificar el presupuesto que hay invertido para la maquinaria. Estas requisiciones pueden ser generadas por compra de lubricantes, grasas, repuestos, herramientas de corte.

En el departamento de mantenimiento se generan las requisiciones, las cuales contienen datos como: fecha, quien lo solicita, autorización, código, cantidad y descripción. Estos datos proporcionan la información adecuada para que el encargado de compras realice las cotizaciones y pida ser autorizado para su posterior compra. Los repuestos adquiridos son trasladados a bodega y los mismos son suministrados a los mecánicos o eléctricos al ser requerido su uso.

Figura 20. **Formato de requisiciones**

**TUBEX S.A.**  
*Verifique lo que recibe y guarde su copia...*

**REQUISICION DE MATERIALES Y SUMINISTROS**      **Nº 117866**

RE-PL-311      FECHA:      DIA      MES      AÑO

SOLICITADO POR: \_\_\_\_\_ A AUTORIZARSE EN: \_\_\_\_\_

CODIGO	CANTIDAD REQUERIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD EN LETRAS

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

ENTREGADO POR: \_\_\_\_\_ JEFE DE TURNO      Vo.Bo.: \_\_\_\_\_      RECIBIDO POR: \_\_\_\_\_

**HAZ DE LA CALIDAD UN HABITO Y ELLA HARÁ DE TI UN TRIUNFADOR**

Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

#### 2.2.5.4. **Grado de eficiencia de las máquinas**

Para encontrar el grado de eficiencia de la maquinaria se toman en cuenta dos parámetros importantes, el tiempo disponible y la calidad. Para el tiempo se

utilizará como unidad de medida la hora; como tiempo mínimo se tomará el valor de 0,5 hora. Para encontrar el valor de la calidad se tomará en cuenta el número de trabajos realizados, clasificados entre aceptados y rechazados.

En cuanto a la calidad serán aceptados los trabajos que cumplan con los requerimientos, aun así, tengan desperfectos pero que no afecten la funcionalidad de los mismos y como trabajos rechazados, todos aquellos que no cumplan con los requerimientos, y que a causa de los desperfectos no cumplan con la funcionalidad para las que fueron fabricados.

A continuación, se indicará cual es la expresión matemática para encontrar el tiempo disponible y la calidad de los equipos.

Tiempo disponible (Td): es el indicador de tiempo en que la máquina está disponible, dando el resultado en porcentaje; se utilizan los datos de la hoja de paros para determinar el tiempo muerto o tiempo de no utilización.

$$Td = \frac{\text{tiempo activo} - \text{tiempo muerto}}{\text{tiempo activo}}$$

Porcentaje de disponibilidad (%d): factor o porcentaje de disponibilidad de un equipo, se le llama al indicador de tiempo disponible de un equipo, respecto al tiempo total que se desea que el equipo esté disponible. Se calcula con la siguiente expresión matemática.

$$\%d = \frac{Ts - Np - Tr}{Ts} \times 100$$

Dónde:

Ts: tiempo de servicio al mes en horas

Np: número de paros

Tr: tiempo de reparación en horas

Calidad (Q): se denota con una letra “Q” el grado de eficiencia según la calidad de los trabajos realizados, que cumplen los requerimientos y los trabajos con defectos.

$$Q = \frac{\text{cantidad de trabajos} - \text{cantidad de trabajos defectuosos}}{\text{cantidad de trabajos}}$$

La eficiencia es la capacidad de cumplir adecuadamente con el efecto para lo que fue diseñado. Y para el cálculo de la eficiencia de la máquina necesitamos los parámetros de tiempo.

$$\text{Eficiencia (Ef)} = \frac{\text{tiempo real}}{\text{tiempo real} + \text{tiempo muerto}} \times 100$$

#### **2.2.5.4.1. Resultados**

Obtenida la eficiencia de las máquinas se puede analizar esos resultados, determinar cuáles son las causas de dichos resultados, y luego proceder a realizar cambios para así mejorar los resultados.

Estos resultados pueden ser mejorados aplicando rutinas de mantenimiento preventivo, en este caso solo se aplica el mantenimiento correctivo y de alguna forma el mecánico que opera la maquinaria realiza prácticas de mantenimiento, pero en muy poca cantidad.

El objetivo principal es que la eficiencia de los equipos sea lo más cercana al 100 %. Este resultado es el esperado después de la implementación del plan



de mantenimiento preventivo. El plan de mantenimiento tendrá como resultado un aumento de eficiencia a un costo acorde con el presupuesto que se tiene delegado al departamento de mantenimiento.

#### **2.2.5.5. Técnicas de solución de problemas**

Para la resolución de problemas se necesita de una técnica, esta técnica se apoya de los formatos de historial de mantenimiento, reporte de paros, y toda la información obtenida de cada una de las herramientas donde se tiene información de las máquinas que se manejan en el departamento de mantenimiento.

Hay diversas formas de darle solución a los problemas, pero es importante realizar el análisis de causa, que afectan a los equipos y así realizar un plan de mantenimiento que garantice la buena funcionalidad de los equipos.

Para realizar el análisis de solución de problemas se realizará lo siguiente:

- Reunir la información adquirida, esta información puede provenir de un historial de mantenimiento, hoja de paros, hoja de reporte.
- Además de la información recaudada, se utiliza la información del análisis FODA.
- Mediante entrevistas hechas a mecánicos operarios, recabar información sobre la maquinaria y las fallas que ha presentado.
- Realizar el análisis de Pareto.
- Teniendo realizado el análisis de Pareto, se procede a realizar un diagrama de Ishikawa.
- Utilización de una lluvia de ideas para localizar las causas principales del problema.

- Utilización de una lluvia de ideas para determinar la posible solución.
- De localizar varias posibles soluciones, utilizar la principal y dejar en reserva la segunda posible solución, tomando como prioritaria la principal (costo de oportunidad).
- Se realiza un análisis de causa y efecto, para determinar si la solución que se propuso dará resultados positivos y se archiva los posibles resultados.

#### **2.2.5.5.1. Análisis de Pareto**

El análisis de Pareto permite mostrar gráficamente los problemas y en diferenciar entre muchos problemas muy pequeños que no son tan importantes y diferenciar con los problemas más importantes, estos últimos son los que se necesita solucionar con las acciones debidas.

Para realizar el análisis de Pareto se necesita observar los datos obtenidos en un historial de mantenimiento, de no contarse con el historial de mantenimiento se realizará un análisis más general de las causas de las fallas de la maquinaria.

Se ejemplifica un diagrama de Pareto, para lo cual se necesita realizar lo siguiente:

- Se realiza una tabla de datos donde tabulamos los valores ya encontrados.
- En la primera columna se coloca las causas que provoquen paros en la maquinaria.
- En la segunda columna se detallan las horas de paro por cada causa, esto se deberá realizar por un periodo de tres meses.
- Se ordenan de mayor a menos según la cantidad de horas de las causas.

- Antes de llenar la tercera columna se debe calcular el acumulado, esto se realiza sumando la casilla anterior de la casilla correspondiente a las horas, a la primera se le suma el valor de cero.
- Para calcular el porcentaje del acumulado se toma el número de horas y lo dividimos entre el total del acumulado y el resultado se multiplica por 100, en este ejemplo el total del acumulado es 124.

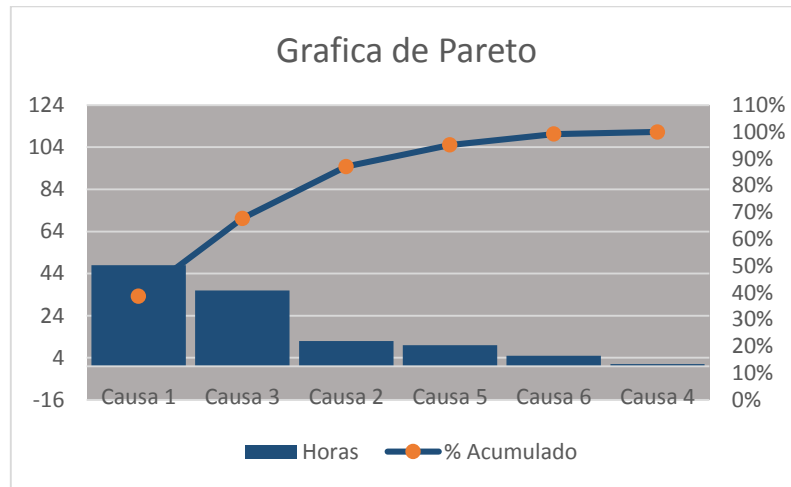
Tabla VII. **Datos tabulados**

<b>Causa</b>	<b>Horas</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Acumulado</b>
Causa 1	48	39 %	48
Causa 3	36	68 %	84
Causa 2	12	87 %	108
Causa 5	10	95 %	118
Causa 6	5	99 %	123
Causa 4	1	100 %	124

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se representan seis posibles causas de paros de maquinaria, para los cuales se representaron datos en la tabla anterior (ver tabla VII). El diagrama de barras verticales representa las causas de paro, y la altura de las barras el tiempo en cantidad de horas. La línea que sobresale representa el porcentaje acumulado descrito en la escala del eje vertical derecho.

Figura 21. Diagrama de Pareto



Fuente: Tubex, S.A.

#### 2.2.5.5.2. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta para representar gráficamente las causas de falla y los efectos a corto o a largo plazo. Es de gran importancia aplicar esta técnica en el departamento de mantenimiento para localizar las causas de falla más comunes y cuáles son los efectos que ocasiona cada causa en cada una de las máquinas. Para realizar el diagrama de Ishikawa es necesario lo siguiente:

- Realizar una lista de posibles causas, para esto se puede involucrar a parte de los mecánicos del taller y al supervisor de mecánicos; podría emplearse utilizando una lluvia de ideas y entrevistas a mecánicos.
- Ninguna idea debe ser excluida, al contrario, se deben tomar en cuenta todas las ideas para tener más claros los problemas y así encontrar las causas.

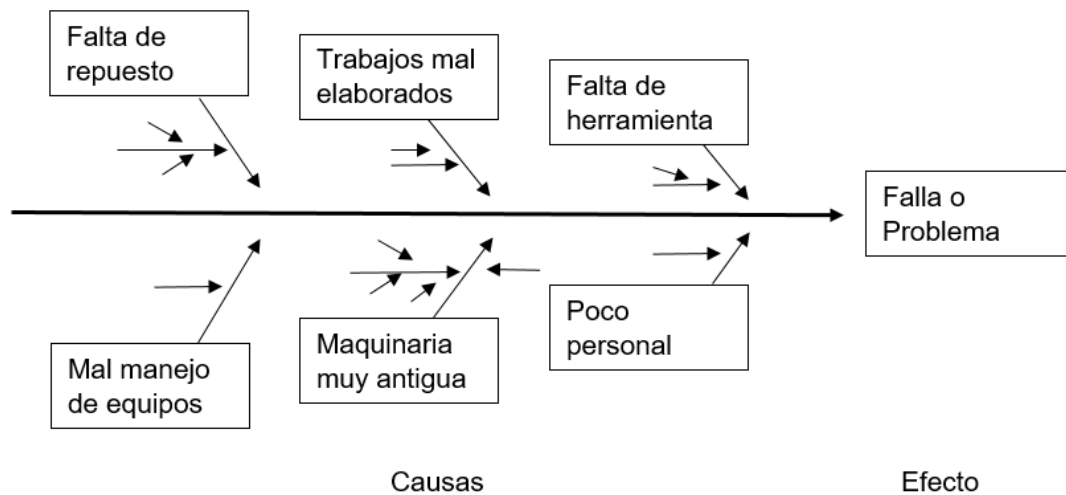
- Realizar una discusión para seleccionar las ideas básicas para anotarlas.
- Al tener escritas las ideas básicas de las causas, se realiza un análisis de las causas críticas, es decir las causas que se encuentren entre las más comunes y que representen mayor porcentaje de paros.
- La finalidad es obtener las causas y determinar cuáles son los efectos que se presentan como resultados de esas causas y así proponer esas acciones que combatirán esas causas.

A continuación, se listan las posibles causas que pueden afectar el rendimiento de la maquinaria del taller mecánico.

- Falta de herramienta
- Maquinaria muy antigua
- Carencia de manuales de operación y mantenimiento de maquinaria
- Falta de historial de mantenimiento de maquinaria
- Falta de repuestos
- Poco personal de mantenimiento
- Mal manejo de los equipos
- Bajo presupuesto
- Falta de colaboración de otros departamentos
- Realización de trabajos mal elaborados

A continuación, se representan las causas con un esquema básico de un diagrama de Ishikawa.

Figura 22. **Ejemplo de un diagrama de Ishikawa**



Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

### 2.2.6. **Historial de mantenimiento**

El tener un registro de los trabajos de mantenimiento brinda información muy importante para realizar un plan de mantenimiento, según lo requieran los equipos tomando en cuenta las causas que traen como consecuencias la mayor cantidad de tiempo sin funcionamiento de la maquinaria.

Para que un historial de mantenimiento brinde la información más importante debe contener los siguientes datos:

- Nombre de la máquina
- Actividad realizada
- Repuesto utilizado
- Nombre del responsable de realizar el mantenimiento
- Fecha

- Tiempo de duración del mantenimiento
- Observaciones

Para que el departamento de mantenimiento pueda llevar el control de las actividades de mantenimiento, conteniendo solo la información importante, se realiza un formato para la documentación en conjunto de todos los equipos.

Esta información brinda datos importantes para mantener un inventario de repuestos completos. En cuanto a las máquinas del taller será de mucha utilidad saber cuándo se realizaron las reparaciones.

El historial de mantenimiento también es una herramienta básica en el sistema de gestión administrativa de la empresa, pues brinda la evidencia necesaria de las actividades realizadas de mantenimiento correctivo, que puede ser requisito de futuras auditorías.

Figura 23. **Historial de mantenimiento**

**Tubex, S.A.**

**Departamento de mantenimiento**

**Hoja de control de historial de mantenimiento**

No.	Equipo	Actividad realizada	Nombre de técnico	Repuesto	Fecha	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.7. Ficha técnica**

La ficha técnica brinda la información detallada del mantenimiento preventivo, es por ello que en el formato de la ficha técnica debe de ser específica en el área, equipo y subequipos, de ser necesario.

La ficha técnica es más detallada que el historial de mantenimiento, el objetivo principal de la ficha técnica es detallar cada una de las partes por inspeccionar de los equipos, esto con el fin de verificar que su estado físico esté en perfectas condiciones o en aceptables condiciones. El formato utilizado para la ficha técnica especifica lo siguiente:

- Encabezado



- Nombre del equipo
- Semana de impresión
- Parte que será inspeccionada
- Trabajos por realizar, especificando si es mecánico o eléctrico
- Lista de verificación
- Fecha de ejecución
- Nombre de la persona que realizó el trabajo
- Observaciones
- Firma de jefe de área y gerente de mantenimiento

Cuando se adquieran nuevos equipos o se modifican los equipos existentes, es necesario actualizar el plan de mantenimiento y la ficha técnica y de inspección e ir creando nuevas fichas técnicas.

### **2.2.8. Inventario de repuestos**

Para garantizar un buen mantenimiento es necesario asegurar la existencia de los repuestos en bodega, es decir que los repuestos requeridos en su momento por los mecánicos del taller, ya estén en la bodega y evitar que los trabajos se extiendan por más tiempo por falta de repuesto.

Es importante que en bodega se realicen inventarios para verificar la existencia de los repuestos y realizar los pedidos antes de que se queden sin existencias.

## **2.2.9. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo**

A continuación, se definen conceptos y se presenta el método para realizar el plan de mantenimiento preventivo.

### **2.2.9.1. Mantenimiento preventivo**

Al haber realizado el análisis necesario, y establecido el método del mantenimiento preventivo, se procede a realizar el conjunto de actividades de verificación e inspección de cada uno de los equipos, esto para aumentar su confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

### **2.2.9.2. Redundancia de equipos**

Consiste en disponer de varios equipos o máquinas que cumplen las mismas funciones, esto para aumentar la disponibilidad en tiempo de paro o de mayor demanda de trabajo. En otras palabras, cuando hay equipos que fallan o están ocupados realizando trabajos y son requeridos se recurre a un equipo auxiliar que reemplaza al que no está disponible.

### **2.2.9.3. Equipos críticos**

En el taller de mantenimiento mecánico hay veintidós equipos de los cuales hay ciertos equipos que tienen mayor prioridad que otros, es decir, que cumplen tareas específicas importantes. Estos equipos críticos deben estar siempre disponibles para cuando se recurra a realizar trabajos de mantenimiento correctivo o preventivo en el taller mecánico.

En la siguiente tabla se enlistan las máquinas del taller y se le agrega un indicador de criticidad, este indicador cuenta con valores uno y dos, el valor uno representa a los equipos críticos y el valor 2 representa a los equipos no críticos.

Tabla VIII. **Equipos críticos**

<b>Maquinaria del taller mecánico</b>		
<b>No.</b>	<b>Máquina</b>	<b>Indicador</b>
1	Cortadora de sierra vaivén	2
2	CNC	2
3	Torno 1	1
4	Torno 2	1
5	Torno 3	2
6	Torno 4	2
7	Cepillo	2
8	Fresadora 1	1
9	Taladro 2	2
10	Fresadora 2	2
11	Rectificadora de cuchillas	1
12	Taladro 1	1
13	Esmeril de banco 1	2
14	Esmeril de banco 2	1
15	Rectificadora	2
16	Esmeril de banco 3	1
17	Afiladora 1	1
18	Afiladora 2	1
19	Afiladora 3	1
20	Chaflanadora de discos de sierra circular	2
21	Afiladora 4	2
22	Afiladora 5	2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se hace referencia a los equipos que se encuentran en el taller mecánico, enumerados según su ubicación en el taller (ver figura 3).

#### **2.2.9.4. Mantenimiento correctivo previo al mantenimiento preventivo**

Para realizar un plan de mantenimiento se debe primero corregir las fallas de los equipos para que estén en óptimas condiciones y así mantener esa condición aplicando el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo para los equipos se describe a continuación.

En la cortadora de sierra se le debe colocar pernos de anclaje, se debe corregir el desajuste en las guías de avance del arco de sierra y revisión para corregir el movimiento de avance automático que en ocasiones no funciona.

Al CNC se debe cambiar el monitor, se debe drenar el recipiente para el refrigerante, limpiarlo y colocarle refrigerante nuevo.

A los tornos se les debe colocar pernos de anclaje y realizar cambio de aceite, además reparar el desajuste en las manecillas de avance manual. A los tornos 3 y 4 se debe reparar el husillo para evitar la vibración, el torno 3 se debe cambiar un contactor para corregir el problema eléctrico y reparación del sistema de velocidades.

El cepillo necesita pernos de anclaje, se debe corregir el desajuste en el cabezal y guías del cabezal, y reparación del sistema de velocidades.

En la fresadora 1 se deben instalar los pernos de anclaje, se debe reparar un leve desajuste en las manecillas de avance manual. En la fresadora 2 se debe reparar el desajuste de las manecillas de avance manual, y colocarle dos manecillas que le faltan.

A los taladros se le debe colocar pernos de anclaje y reparar el cono morse del husillo, al taladro 2 se le debe reparar la mesa puesto que tiene deterioro.

Al esmeril 2 y 3 se le debe corregir el deterioro en la pintura, al esmeril 2 se le debe cambiar los rodamientos y evitar que tenga vibración el eje que sostiene las piedras abrasivas.

Las cinco afiladoras necesitan pernos de anclaje, la afiladora 1 se le debe reparar el mecanismo de avance de disco e instalarle un sistema de refrigeración. A la afiladora 2 se le debe cambiar el resorte del mecanismo de avance del disco de sierra; a la afiladora 2 se debe reparar el desajuste en el cabezal de los discos de sierra. A la afiladora 4 se le debe reparar el mecanismo de avance de la sierra y cabezal, también el desajuste en el cabezal. La afiladora 5 no están en funcionamiento, no tiene motor principal ni motor de cabezal, se le debe reparar el mecanismo de avance del disco de sierra y el mecanismo de transmisión de movimiento del motor. La chaflanadora o biseladora necesita cambio de piezas que tienen corrosión y limpieza y lubricación general.

#### **2.2.10. Presupuesto para mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se puede realizar en un periodo de cuatro meses, y los gastos estimados se describen en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Presupuesto mantenimiento correctivo**

<b>Mantenimiento correctivo</b>			
Periodo de tiempo		<b>4 meses</b>	
Mano de obra	Supervisor de mantenimiento	Q	20 000,00
	Técnicos operarios	Q	72 000,00
	Ayudantes técnicos	Q	16 000,00
Repuestos	Rodamientos	Q	2 000,00
	Eléctricos	Q	5 000,00
	Pernos de anclaje	Q	7 000,00
	Otros	Q	15 000,00
Consumibles	Lubricantes	Q	4 600,00
	Consumibles de taller	Q	2 000,00
	otros materiales	Q	4 000,00
Herramienta	Reposición de herramienta	Q	1 000,00
Contratos externos	Talleres externos	Q	3 000,00
<b>Costo total</b>		<b>Q</b>	<b>151 600,00</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.5. Programación del mantenimiento preventivo**

La programación es la asignación de trabajos por realizar e inspeccionar partes específicas de los equipos, según se establezca en la ficha técnica y de inspección.

#### **2.2.9.5.1. Rutina de mantenimiento**

Las rutinas son base fundamental del plan de mantenimiento preventivo, esta rutina será realizada según la calendarización establecida en la lista maestra del plan de mantenimiento general, como por ejemplo las partes de un torno algunas que deben ser inspeccionadas a cada día, y otras que pueden ser inspeccionadas cada seis meses.

#### **2.2.9.6. Método LEM**

Este método se utiliza para realizar programas de mantenimiento preventivo que se enfoca en tres factores importantes, estos son: lubricación, eléctricos y electrónicos y mecánicos; es de allí que sale el nombre al utilizar las siglas de las tres especialidades.

El método LEM, se especializa en tres actividades para generar un plan de mantenimiento preventivo:

- Actividades de lubricación
- Actividades eléctricas o electrónicas
- Actividades mecánicas

##### **2.2.9.6.1. Actividades de lubricación**

Las actividades de lubricación son de gran importancia para conservar en un grado de ajuste aceptable los equipos, evitando la corrosión y el desgaste de las piezas de acero.

En la lubricación hay factores que se deben de tomar en cuenta, como la viscosidad del lubricante, esta propiedad se considera según la temperatura y la presión, para que realice su función en condiciones de trabajo óptimas.

Generalmente, se utiliza uno de los tipos de aceite que se describen a continuación, y para ello se utilizó textualmente los siguientes párrafos y la tabla sobre selección de aceites, de la tesis de Sergio Guerra: *Implementación de un programa de mantenimiento para la maquinaria y equipo del centro de servicio automotriz, el ingenio, S. A.*

- Aceites con inhibidores de herrumbre y oxidación. Los aceites H & O son aceites de buena calidad con base de petróleo que contienen inhibidores de herrumbre y oxidación. Estos aceites proporcionan protección satisfactoria para engranes cerrados de ligera o moderada carga.
- Aceite para presiones extremas. Los aceites EP suelen ser de alta calidad con base de petróleo que contienen aditivos para presión extrema. Estos productos son de especial ayuda cuando existen condiciones de alta carga y su empleo es obligatorio en la lubricación de los engranes hipoidales cerrados.
- Aceites compuestos. Son usualmente aceites con base de petróleo que contienen de 3 al 5 % de aceites grasos o sintéticos grasos (generalmente grasa animal o sebo sin ácido). Generalmente, se emplean para la lubricación de engranes de gusano donde el contenido grasoso ayuda a reducir la fricción generada en condiciones de alto deslizamiento.
- Compuestos utilizados para engranes abiertos. Son sustancias de cuerpo muy pesado parecidas al asfalto diseñadas para adherirse a las



superficies de metal. Algunas son tan espesas que deben calentarse o diluirse con un disolvente para suavizarlas y facilitar su aplicación. Estos productos se emplean en casos en los que la aplicación de lubricantes es intermitente.

Como regla general, las presiones altas a baja velocidad requieren aceites de gran viscosidad. Las presiones y velocidad intermedias, requieren aceites de viscosidad media y las velocidades altas y las bajas presiones requieren aceites de baja viscosidad. En la siguiente tabla se presentan algunos lineamientos de los lubricantes ya descritos en los párrafos anteriores.

Tabla X. **Selección de aceites**

Servicio	Grado ISO de Viscosidad	Tipo de aceite
<b>Helicoidal, espina de Pescado, diente recto, Diente helicoidal, Impulsores de dientes Rectos</b>		
Operación a velocidad y cargas Normales	220	EP* o H & O**
Operación a velocidad normal y Cargas altas	220	EP
Operación a velocidades altas ( más de 3600 rpm)	68	EP o H & O
Impulsores de gusano	460	Compuesto o EP
Impulsores de engrane hipoidales		
Velocidades normales (1200- 2000 rpm)	220	EP
Velocidades altas ( más de 2000 rpm)	150	EP
Velocidades bajas (menos de 1200 rpm)	460	EP

\*EP: lubricante para extrema presión.

\*H & O: Lubricante con inhibidores de herrumbre y oxidación.

Fuente: GUERRA, Sergio. *Implementación de un programa de mantenimiento para la maquinaria y equipo del centro de servicio automotriz, el ingenio, S. A.* Pag. 83.

### **2.2.9.6.1.1. Criterio para tiempos de cambio de lubricante**

Los tiempos en los que se debe aplicar la lubricación depende de varios factores internos y externos. Los factores internos son los que dependen de la empresa y el uso que se le da al equipo y los factores externos dependen de las recomendaciones y condiciones del fabricante.

El cambio de aceite lubricante está estimado en base a las condiciones de operación de la maquinaria, el mismo se degrada al estar expuesto a oxígeno, agua, contaminación por otros elementos y otros factores como la temperatura, para mantener las condiciones óptimas de desempeño de un lubricante se debe cambiar o darle mantenimiento.

La degradación del aceite lubricante base, se debe a tres factores importantes que se describen a continuación.

- **Oxidación:** es una de las causas más frecuentes de degradación de aceite base, esta se da al reaccionar la base del aceite con oxígeno, la base del lubricante frecuentemente es un hidrocarburo y cuando el aceite se oxida el hidrocarburo se transforma en ácido y lodo y esto afecta las propiedades de desempeño al aceite. El aceite puede tener aditivos inhibidores de oxidación, los cuales se sacrifican para proteger al aceite base para que el mismo no se degrade.
- **Degradación térmica:** se da cuando el aceite entra en contacto con superficies calientes dentro de la máquina, o cuando entran en contacto con burbujas comprimidas de los sistemas hidráulicos, la degradación

térmica deriva de la pérdida de hidrogeno, dejando partículas ricas en carbón en forma de lodos y depósitos.

- Hidrólisis: se llama hidrólisis a la reacción que se da al reaccionar el aceite base con agua, esto hace que se modifique en forma permanente la estructura molecular del aceite, el agua afecta las propiedades de desempeño de los aceites base que utilizan esterres. Los esterres reaccionan con el agua regresando a sus componentes originales, estos son el alcohol y el ácido.

La maquinaria del taller mecánico está expuesta a humedad en al ambiente, aire y a altas temperaturas cuando la maquinaria está en utilización por tiempos prolongados, es por lo descrito que se propone el cambio de aceite en los periodos de tiempo establecidos en el plan de mantenimiento.

En el caso de los aceites hidráulicos, es más prolongado el tiempo, estos están protegidos del aire y del ambiente húmedo de la planta, únicamente afecta el calor.

#### **2.2.9.6.2. Actividades eléctricas o electrónicas**

Las actividades de tipo eléctrico se enfocan en mantener en buenas condiciones a través de revisiones los conductores eléctricos, paneles de control, interruptores, tarjetas electrónicas, monitores, tableros de mando, motores, etcétera. Es muy importante tener un control eléctrico para evitar fallas y accidentes ocasionados por problemas eléctricos.

Además, la revisión de lo anterior descrito, las actividades de tipo eléctrico también incluyen la revisión de consumo de energía de motor y amperaje. Es

importante llevar el control del consumo de energía de los equipos. Si hay una variación en el consumo de energía de un motor, este puede que no esté funcionando de manera óptima y requiere de una revisión más completa.

Las actividades electrónicas son muy pocas, puesto que son pocos los equipos que cuentan con este tipo de elementos, las revisiones se realizan en circuitos electrónicos, pantallas, circuitos integrados, computadoras, etcétera.

#### **2.2.9.6.3. Actividades mecánicas**

La maquinaria en su mayoría utiliza componentes mecánicos, como engranajes, bujes, piñón, cremallera, volantes, ejes, tornillos, tuercas o poleas y es importante que todos los elementos se revisen, puesto que los mismos están en su mayoría en contacto directo entre superficies y están propensos a sufrir desgaste, además estos elementos pueden contener corrosión.

Entre las actividades mecánicas es necesario controlar las vibraciones, si hay desgaste en un elemento que gira, éste presentará vibraciones; si el elemento gira con una velocidad alta el elemento puede entrar en resonancia y provocar fatiga y el elemento fallará. Para evitar las fallas por vibraciones es necesario inspeccionar los elementos mecánicos y verificar que no tengan mucho desgaste.

Entre los elementos mecánicos se encuentran las poleas, fajas y cadenas que son los elementos que se encargan de transmitir la potencia del motor a través de un movimiento rotatorio hacia otros elementos mecánicos, es por eso que es necesario revisar la elongación y desgaste de las fajas, para evitar el paro de la maquinaria.

Se deben inspeccionar las bombas que se utilizan para enfriar y lubricar los elementos mecánicos, así como también los materiales que se están maquinando, y garantizar su funcionamiento, realizando una inspección completa.

### **2.2.9.7. Actividades generales de mantenimiento**

Como se describió al principio del plan de mantenimiento preventivo para la empresa Tubex, se empleará el principio LEM en donde el enfoque primordial se dará a los sistemas de lubricación, eléctricos y/o electrónicos y mecánicos. En su mayoría los equipos utilizan partes similares entre ellas, por lo tanto, en esta sección se describen las actividades que son generales para las máquinas, como por ejemplo en las actividades eléctricas, una parte en común es el motor eléctrico.

#### **2.2.9.7.1. Actividades generales de lubricación**

En esta fase se verificarán las partes que sufren más desgaste de la maquinaria analizada, la descripción de los componentes en movimiento y las revisiones que se realizan en base a las actividades de mantenimiento previamente programadas.

- Revisión de la caja de velocidades: se realiza una inspección del nivel de aceite de la caja de velocidades, estas maquinarias contienen un visor de plástico transparente donde se verifica el nivel de aceite, el cual debe estar por encima de la mitad, también se analiza si no hay contaminación en el aceite, para verificar la contaminación se observa el color del aceite y su viscosidad que es la consistencia del lubricante a la temperatura de operación, esto debe ser enfocado según indicaciones del fabricante.

Se debe revisar los engranajes mediante una inspección visual para encontrar posibles fallas o desgaste por fricción. Las fajas que proporcionan la fuerza motriz del motor hacia los ejes deben estar tensas, si las mismas presentan elongación o desgaste por fricción, se deben cambiar.

Para la revisión de la viscosidad del lubricante se puede realizar con ayuda de un viscosímetro, también puede realizarse utilizando una comparación utilizando el tacto, o comparando los resultados realizando un ensayo de viscosidad utilizando una probeta, una esfera y un cronometro, midiendo el tiempo que transcurre durante la trayectoria de la esfera hasta llegar al fondo de la probeta, comparando con el lubricante nuevo con el que ha sido utilizado.

- Revisión del nivel de aceite: si el nivel de aceite está por debajo de la mitad, se debe verter aceite hasta alcanzar el nivel por encima de la mitad, si el lubricante está contaminado se debe drenar todo el aceite, limpiar los elementos mecánicos y llenar de aceite el depósito.
- Cambio de aceite general: para realizar un cambio de aceite a la caja de velocidades, es necesario retirar el tornillo que se ubica en el fondo del depósito, se realiza desde fuera del depósito, esto para asegurarse de drenar en su totalidad el lubricante, seguidamente se verifica que no queden residuos dentro del depósito o sobre los elementos mecánicos y se procede a verter el nuevo aceite lubricante hasta alcanzar el nivel adecuado.

- Lubricación de rodamientos: se debe verificar que los elementos rodantes estén lubricados realizando una inspección visual, esto para asegurar que contengan grasa para evitar fallas y desgaste. Si el rodamiento no contiene lubricante se le debe aplicar manualmente para asegurar su buen funcionamiento.
- Los rodamientos cumplen una función muy importante en toda maquinaria, si estos no giran con libertad o por desgaste o golpes en su centro de giro, esto perjudica los trabajos que se realicen, ya sea en el torno o la fresadora.
- Revisión del sistema de lubricación: si la maquinaria cuenta con los diferentes sistemas de lubricación como, por ejemplo: lubricación periódica o lubricación por salpicadura, lubricación por sistema de recipiente de aceite, es necesaria la revisión, para garantizar que su función se cumpla.
- Cambio de aceite hidráulico: el aceite hidráulico se debe verificar para que no contenga contaminación, formación de lodos y formación de ácido o humedad.

#### **2.2.9.8.2. Actividades generales eléctricas o electrónicas**

En esta fase del plan de mantenimiento se detallan las partes eléctricas o electrónicas de los equipos, la descripción de su funcionamiento, los periodos o frecuencias de mantenimiento previamente programadas.



- Inspección de motor eléctrico: se debe realizar una inspección de la condición de los contactores, cables conductores y la conexión del motor. Además de inspeccionar se debe realizar limpieza general de conductores, y contactores. Para la inspección del motor se debe revisar el consumo de energía, esto se realiza haciendo una comprobación de amperaje con carga y sin carga. Si el amperaje está por encima de los valores normales se debe realizar una revisión más exhaustiva. Si el motor presenta ruidos o calentamiento excesivo, se debe realizar una inspección completa, desmontando los elementos necesarios.
- Revisión del panel de mando eléctrico: para revisar este panel es necesario limpiar el área, inspeccionar los interruptores, contactores y cables asegurando su correcto funcionamiento, de no funcionar bien se deben cambiar los elementos dañados.

#### **2.2.9.8.3. Actividades generales mecánicas**

En esta parte se desarrollará la descripción del funcionamiento mecánico de cada uno de los componentes de las distintas maquinarias, las actividades programadas y el periodo o frecuencia de mantenimiento.

- Inspección de la caja de velocidades: la caja de velocidades es una parte importante para estas maquinarias, se deben revisar los engranajes mediante una inspección visual para encontrar posibles fallas o desgaste, las fajas que proporcionan la fuerza motriz del motor hacia los ejes deben de estar tensas. Si las fajas presentan elongación o desgaste por fricción, será necesario cambiarlas.

Se debe realizar una inspección auditiva con la máquina en funcionamiento, de este modo si hay piezas mecánicas que presenten vibraciones, se puede ubicar el área del ruido y, posteriormente, realizar una inspección completa, para su oportuna corrección.

- Revisión de bancada: se realiza limpieza general de la bancada y sus guías e inspeccionar que no contengan desgaste o corrosión.
- Revisión de cabezal: para revisar el cabezal se debe limpiar, para que sea más fácil encontrar anomalías, como desgaste, fracturas o corrosión. Es importante la revisión con la máquina en funcionamiento, para verificar que no hay vibración.
- Mecanismo de avance: el mecanismo de avance debe estar en condiciones óptimas; estos generan el movimiento cíclico y están en contacto entre sus superficies y se debe verificar que no sufran desgaste, de tener fractura se debe desmontar la pieza y restaurarla con los procedimientos de metalurgia necesarios.
- Sistema hidráulico: se debe verificar que en el sistema hidráulico no contenga fugas de aceite hidráulico, que las presiones de operación sean las adecuadas, revisión y calibración de instrumentación, es importante que las mangueras de alta presión estén en buen estado, esto se verifica realizando una inspección visual.

Realizar inspección de la centralina, que el aceite hidráulico no esté contaminado y que su nivel sea el adecuado para el sistema siempre tenga el aceite necesario en recirculación.

- Mecanismo de velocidades: en el mecanismo de velocidades la revisión de las poleas se debe realizar junto con la limpieza general, se debe verificar su buen estado, así como también las fajas, que deben estar bien ajustadas verificando su elongación y que no tengan desgaste por la fricción.
- Bomba: las bombas de la rectificadora deben verificarse para evitar la pérdida de presión en el sistema hidráulico y que no funcione el sistema de refrigeración, se debe verificar que no contenga obstrucción en las paletas, y que no contenga desgaste.
- Limpieza: para que una máquina se conserve en buenas condiciones es recomendable realizar limpieza general de toda la máquina, la bandeja para viruta, palancas, contrapunto, entre otras, toda la parte superficial se debe de limpiar y si la carcasa de la maquinaria está deteriorada es recomendable pintarla.

#### **2.2.9.8. Plan de mantenimiento**

Se presenta el mantenimiento de cada una de las máquinas del taller mecánico.

##### **2.2.9.8.1. Mantenimiento a torno y fresadora**

El mecánico encargado del mantenimiento debe realizar las inspecciones necesarias al sistema de lubricación, caja de velocidades, mecanismos de desplazamiento, guías, entre otras, según el plan de mantenimiento y la semana correspondiente a su inspección.

En la siguiente tabla se enlistan las partes que se deben inspeccionar de un torno y de una fresadora, se trabaja general estas dos máquinas al considerar que es el mismo técnico que las revisa y los periodos de mantenimiento y lubricación son similares.

El taller cuenta con 4 tornos de distinta marca, pero con componentes similares, por lo que se considera las mismas y, por ende, es necesario realizar un solo plan de mantenimiento para los tornos, al igual que las fresadoras que son dos con las que dispone el taller. En la tabla se describe entre tipo eléctrico o mecánico con la finalidad de identificar el tipo de actividad de mantenimiento que se le debe realizar.

Tabla XI. **Lista de partes de torno y fresadora**

No.	Torno	Fresadora	Tipo
1	Bancada	Mecanismo de desplazamiento vertical	Mecánico
2	Cabezal fijo	Carro	Mecánico
3	Carro principal de bancada	Mesa	Mecánico
4	Carro de desplazamiento transversal	Mecanismo de desplazamiento transversal	Mecánico
5	Carro superior	Bancada	Mecánico
6	Porta herramienta	Caja de velocidades de avance	Mecánico
7	Caja de velocidades	Caja de velocidades	Mecánico
8	Mecanismo de avance	Porta herramienta	Mecánico
9	Tornillo de roscar o patrón	Cabezal porta husillo	Mecánico
10	Barra de avance		Mecánico

Continuación de tabla XI.

11	Cabezal móvil		Mecánico
12	Husillo		Mecánico
13	Palancas de comando del movimiento de rotación		Mecánico
14	Contrapunta		Mecánico
15	Guía		Mecánico
16	Platos de tres y cuatro mordazas		Mecánico
17	Motor eléctrico	Motor eléctrico	Eléctrico
18	Panel de mando eléctrico	Panel eléctrico	Eléctrico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.1.1. Actividades de lubricación para torno y fresadora**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: bancada, carro principal de bancada, carro de desplazamiento transversal, carro superior, caja de velocidades, mecanismo de avance, barra de avance, cabezal móvil, tornillo de roscar o patrón. Todas estas partes son propias del torno, y para la fresadora se verificarán el mecanismo de desplazamiento vertical, carro, mesa, mecanismo de desplazamiento transversal, bancada, caja de velocidades de avance, caja de velocidades.

- Descripción
  - Revisión de la caja de velocidades: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del nivel de aceite: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Lubricación de barra de avance y tornillo de roscar: es importante la lubricación de las barras en la bancada y tornillos de roscar o patrón, esto se puede realizar vertiendo aceite en un extremo y esparcirlo con ayuda de una brocha o con las manos, esto evitará que las superficies de las piezas entren en contacto directo y evitar el desgaste.
  - Lubricación de carro, mesa, mecanismos de desplazamiento y bancada: verificar que las piezas de la fresadora estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en las medidas de las piezas fabricadas.
  - Cambio de aceite general: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Lubricación de rodamientos: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del sistema de lubricación: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Periodos de tiempo
  - El cambio de aceite se debe realizar una vez al año, según las especificaciones del fabricante.
  - La lubricación en la bancada, barra de avance en la bancada, tornillo de roscar, carro principal de bancada, carro de desplazamiento transversal y carro superior se debe realizar cada día.
  - La inspección y lubricación de los elementos rodantes, que se encuentran en contacto, se debe realizar cada mes. La revisión de los sistemas de lubricación se debe inspeccionar una vez al mes.

#### **2.2.9.8.1.2. Actividades eléctricas para torno y fresadora**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: motor eléctrico, panel de mando eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del panel de mando eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos

- La inspección al motor eléctrico se debe realizar cada seis meses.
- La revisión del panel de mando eléctrico se debe realizar cada seis meses.

#### **2.2.9.8.1.3. Actividades mecánicas para torno y fresadora**

Las partes en las que se debe, realizar actividades mecánicas son: en el torno, bancada, carro superior, de movimiento transversal y principal, caja de velocidades, tornillo de roscar, cabezal móvil, porta herramienta. En la fresadora se realizan en el carro, mecanismo de desplazamiento transversal y vertical, caja de velocidades, cabezal porta husillo, bancada.

- Descripción
  - Revisión de carro superior, principal y de movimiento transversal: se debe realizar limpieza general, así como la verificación de ajuste entre piezas para evitar que a la hora de fabricar piezas no tengan medidas erróneas. Esto sucede cuando hay un desajuste de piezas a causa del desgaste por fricción; deben de ser revisadas las manecillas manuales de avance de cada uno de los carros, para verificar que no tenga desgaste.
  - Inspección de la caja de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.



- Revisión de tornillo de roscar y cabezal móvil: estos elementos deben ser inspeccionados luego de realizarle limpieza general, para observar el estado en que se encuentran, si se encuentra desgaste, fractura o pandeo debe ser desmontado para su restauración; si su condición es buena se procede a lubricar.
- Revisión del cabezal fijo: el cabezal se debe inspeccionar para verificar que no presente vibración, debido al desgaste de las piezas por falta de lubricación o falla de rodamientos.
- Inspección de la porta herramientas: esta pieza es la que debe sostener firmemente la herramienta de corte y está sometida a esfuerzos combinados y no debe haber desajuste porque puede provocar la falla de la herramienta.
- Revisión de bancada: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Revisión de carro: se debe realizar limpieza general, así como la verificación de ajuste entre piezas para evitar que a la hora de fabricar piezas no tengan medidas erróneas. Esto sucede cuando hay un desajuste de piezas a causa del desgaste por fricción.
- Mecanismo de desplazamiento vertical y transversal: estos elementos deben ser inspeccionados luego de realizarle limpieza general, si se encuentra desgaste, fractura o corrosión se debe ir desmontando para su restauración; si su condición es buena se procede a lubricar.

- Limpieza: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
  - Todas las inspecciones de las actividades de mantenimiento, se deben realizar una vez cada seis meses.
  - La limpieza en general se debe realizar una vez a la semana.

**Tabla XII. Resumen de frecuencia de actividades de torno y fresadora**

No.	Torno	Fresadora	Eléctrico / mecánico	Lubricación	
				Torno	Fresadora
1	Bancada	Mecanismo de desplazamiento vertical	6 meses	1 día	1 mes
2	Cabezal fijo	Carro	6 meses		1 mes
3	Carro principal de bancada	Mesa	6 meses		
4	Carro de desplazamiento transversal	Mecanismo de desplazamiento transversal	6 meses	1 día	1 mes
5	Carro superior	Bancada	6 meses		1 día
6	Porta herramienta	Caja de velocidades de avance	6 meses		1 año
7	Caja de velocidades	Caja de velocidades	6 meses	1 año	1 año
8	Mecanismo de avance	Porta herramienta	6 meses	1 día	
9	Tornillo de roscar o patrón	Cabezal porta husillo	6 meses	1 mes	
10	Barra de avance		6 meses	1 día	
11	Cabezal móvil		6 meses	1 mes	
12	Husillo		6 meses		
13	Palancas de comando del movimiento de rotación		6 meses		
14	Contrapunta		6 meses		
15	Guía		6 meses	1 mes	
16	Platos de tres y cuatro mordazas		6 meses		
17	Motor eléctrico	Motor eléctrico	6 meses		
18	Panel de mando eléctrico	Panel eléctrico	6 meses		

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9.8.2. Mantenimiento a cepillo

En esta sección se describe el mantenimiento por realizar en el cepillo.

Tabla XIII. Lista de partes del cepillo

Partes		
No.	Parte	Tipo
1	Cabezal	Mecánico
2	Mesa con desplazamiento vertical y transversal	Mecánico
3	Corredera transversal	Mecánico
4	Mecanismo de avance transversal	Mecánico
5	Motor	Eléctrico
6	Ariete	Mecánico
7	Mecanismo de velocidades	Mecánico
8	Cremallera, biela	Mecánico
9	Panel eléctrico	Eléctrico

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.2.1. Actividades de lubricación para cepillo

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: corredera transversal, mecanismo de avance transversal, mecanismo de velocidades, cremallera y biela.

- Descripción
  - Verificación de lubricación de mecanismo de velocidades: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Lubricación de corredera y mecanismo de avance transversal: Verificar que las piezas estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en las medidas de las piezas fabricadas.
  - Lubricación de cremallera y biela: los elementos mecánicos relacionados con el movimiento lineal del cepillo, son los que transmiten la fuerza en el movimiento del cabezal, estos están en contacto entre sí y para evitar desgaste o corrosión deben de contener una capa uniforme de lubricante, en este caso de grasa. Antes de lubricar las piezas mecánicas se debe realizar la limpieza de los mismos para remover las partículas pequeñas de material provocadas por desgaste.
- Periodos
  - La inspección y lubricación de todos los elementos, se debe realizar una vez al mes.

#### **2.2.9.8.2.2. Actividades eléctricas para cepillo**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: motor eléctrico y panel eléctrico.

- Descripción.
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del panel de mando eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  
- Periodos
  - La inspección al motor eléctrico se debe realizar cada seis meses.
  - La revisión del panel de mando eléctrico se debe realizar cada seis meses.

#### **2.2.9.8.2.3. Actividades mecánicas para cepillo**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: cabezal, mesa con desplazamiento vertical y transversal, mecanismo de avance transversal, ariete, mecanismo de velocidades, cremallera y biela.

- Descripción.
  - Revisión de cabezal: para revisar el cabezal se debe limpiar, para que sea más fácil encontrar anomalías, como desgaste, fracturas o corrosión. Es importante la revisión con la máquina en funcionamiento, para verificar que no hay vibración.
  - Revisión de mesa: la mesa contiene dos movimientos, y es importante verificar el tornillo que provoca el desplazamiento, así como también la prensa que sujeta la pieza que se máquina, si en la revisión se encuentra con desajuste provocado por fricción se debe desmontar la pieza y restaurarla.
  - Inspección de ariete: el ariete es una de las partes móviles más grandes y es importante su buen funcionamiento, se debe verificar el buen estado y que su movimiento sobre las guías sea preciso.
  - Mecanismo de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Mecanismo de avance, cremallera y biela: estos componentes mecánicos deben de estar en condiciones óptimas; estos generan el movimiento cíclico del cepillo y están en contacto entre sus superficies y se debe verificar que no sufran desgaste. Los dientes de los elementos mecánicos no deben contener fractura, de tener fractura se debe desmontar la pieza y restaurarla con los procedimientos de metalurgia necesarios.

- Periodos
  - La revisión del cabezal, mesa y ariete se debe realizar cada seis meses.
  - La revisión del mecanismo de velocidades se debe revisar cada seis meses.
  - La revisión del mecanismo de avance, corredera transversal, cremallera y biela se deben realizar cada seis meses.

Tabla XIV. **Resumen de frecuencia de actividades del cepillo**

<b>Frecuencia de inspección y lubricación</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Cabezal	6 meses	1 mes
2	Mesa con desplazamiento vertical y transversal	6 meses	1 mes
3	Corredera transversal	6 meses	1 mes
4	Mecanismo de avance transversal	6 meses	1 mes
5	Motor	6 meses	
6	Ariete	6 meses	
7	Mecanismo de velocidades	3 meses	1 mes
8	Cremallera, biela	6 meses	1 mes
9	Panel eléctrico		

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9.8.3. Mantenimiento a taladro

En esta sección se describe el mantenimiento por realizar en el taladro.

Tabla XV. Lista de partes del taladro

Partes		
No.	Parte	Tipo
1	Motor	Eléctrico
2	Columna	Mecánico
3	Mesa	Mecánico
4	Mecanismo de velocidades	Mecánico
5	Cabezal	Mecánico
6	Panel de operación o panel eléctrico	Eléctrico
7	Guías de avance	Mecánico
8	Cono morse del husillo	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.3.1. Actividades de lubricación para taladro

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: cabezal y guías de avance.

- Descripción.
  - Lubricación de cabezal y guías de avance: el cabezal es la parte que más piezas móviles contiene, es por ello que es importante lubricar los



rodamientos, engranajes. Las guías de avance se deben de lubricar con grasa para evitar el desgaste al mover el cabezal.

- Periodos
  - La lubricación debe realizarse una vez por semana

#### **2.2.9.8.3.2. Actividades eléctricas para taladro**

Las partes en las que se debe de realizar una inspección eléctrica: motor eléctrico y panel eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del panel de mando eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
  - La inspección al motor eléctrico se debe realizar cada seis meses.
  - La revisión del panel de mando eléctrico se debe realizar cada seis meses.

### **2.2.9.8.3.3. Actividades mecánicas para taladro**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: mecanismo de velocidades, cabezal, guías de avance, cono morse del husillo.

- Descripción
  - Mecanismo de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión de cabezal: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Guías de avance: las guías deben de estar bien calibradas junto al cabezal, esto para que no contenga desajuste y evitar que las piezas que se taladren no sean precisas, se debe revisar que no tenga corrosión ni desgaste por fricción.
  - Cono morse del husillo: este elemento mecánico debe ser inspeccionado cuidadosamente, está siempre en contacto con el elemento portaherramientas y debe sujetarse bien por fricción ya que esto provoca desgaste prematuro. Si el cono se deforma ya no se fijará en el porta herramientas y no se podrá taladrar, en este caso se debe cambiar el cono morse.
  - Limpieza general: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Periodos
  - Todas las revisiones deben realizarse cada seis meses
  - La limpieza general se debe realizar una vez al mes

Tabla XVI. Resumen de frecuencia de inspección y lubricación del taladro

Frecuencia de inspección y lubricación			
No.	Parte	Eléctrico / mecánico	Lubricación
1	Motor	6 meses	
2	Columna	6 meses	
3	Mesa	6 meses	
4	Mecanismo de velocidades	6 meses	
5	Cabezal	6 meses	1 semana
6	Panel de operación o panel eléctrico	6 meses	
7	Guías de avance	6 meses	1 semana
8	Cono morse del husillo	6 meses	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.4. Mantenimiento a rectificadora de cuchillas

En esta sección se describe el mantenimiento por realizar en la rectificadora de cuchillas.

Tabla XVII. **Lista de partes de la rectificadora de cuchillas**

<b>Partes</b>		
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Tipo</b>
1	Panel eléctrico	Eléctrico
2	Tablero de control	Eléctrico
3	Motor eléctrico	Eléctrico
4	Sistema hidráulico	Mecánico
5	Bomba de refrigerante	Mecánico
6	Husillo	Mecánico
7	Mecanismo de avance de cuchillas	Mecánico
8	Contrapunto	Mecánico
9	Bancada	Mecánico
10	Cabezal y piedra abrasiva	Mecánico
11	Mecanismo de avance de piedra abrasiva	Mecánico
13	Electroválvulas	Eléctrico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.4.1. Actividades de lubricación para rectificadora de cuchillas**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: husillo, mecanismo de avance de cuchillas y mecanismo de avance de piedra abrasiva.

- Descripción
  - Lubricación de mecanismos de avance y guías de avance: verificar que las piezas estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en la uniformidad de la medida de las piezas rectificadas.
  - Lubricación de rodamientos: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Lubricación de husillo: el husillo es un elemento que contiene piezas móviles, por ello es importante lubricar los elementos mecánicos para evitar la fricción por el movimiento giratorio. Antes de lubricar se debe realizar limpieza general para evitar que partículas pueden quedar entre superficie de contacto de las piezas móviles y generar desgaste.
  - Cambio de aceite hidráulico: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  
- Periodos
  - Para todas las actividades de lubricación realizar una vez al mes.
  - El cambio de aceite hidráulico se debe realizar cada dos años.

#### **2.2.9.8.4.2. Actividades eléctricas y electrónicas para rectificadora de cuchillas**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: panel de mando eléctrico, tablero de control, motor eléctrico y electroválvulas.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del panel eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Adicional se debe revisar la pantalla led, interruptores y botones, que su funcionamiento sea bueno, posteriormente se revisan los cables conductores y se realiza limpieza general.
  - Revisión de electroválvulas: las electroválvulas están en contacto con agua y aceite y se debe revisar que no contenga fugas y que su accionamiento funcione con normalidad, si se presenta falla en su accionamiento se debe verificar el solenoide, de ser necesario se debe cambiar.
  
- Periodos
  - Para todas las actividades eléctricas y electrónicas, se debe realizar cada 6 meses.

#### **2.2.9.8.4.3. Actividades mecánicas para rectificadora de cuchillas**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: sistema hidráulico, bomba, mecanismos de avance, piedra abrasiva.

- Descripción
  - Mecanismo de avance: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Limpieza general: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Sistema hidráulico: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del cabezal y piedra abrasiva: el cabezal contiene partes móviles, que están bajo esfuerzos combinados esto provocado por el peso de la piedra abrasiva, se verificaran los elementos mecánicos del cabezal, mediante una inspección visual, se debe verificar que no contengan desgaste ni corrosión. La piedra abrasiva se debe verificar, observando su geometría y que esté en posición de trabajo normal.
  - Bomba: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Periodos
  - La revisión de las bombas se debe realizar cada tres meses, sistema hidráulico, cabezal, y mecanismo de avance, se debe realizar cada seis meses.
  - La limpieza general se debe realizar una vez al mes.
  - La revisión del estado de la piedra abrasiva se debe realizar una vez al año.

Tabla XVIII. **Resumen de frecuencia de actividades de la rectificadora de cuchillas**

<b>Resumen de frecuencia de actividades</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Panel eléctrico	6 meses	
2	Tablero de control	6 meses	
3	Motor eléctrico	6 meses	
4	Sistema hidráulico	6 meses	1 año
5	Bomba de refrigerante	3 meses	
6	Husillo	6 meses	1 mes
7	Mecanismo de avance de cuchillas	6 meses	1 mes
8	Contrapunto	6 meses	
9	Bancada	6 meses	1 mes
10	Cabezal y piedra abrasiva	1 año	



Continuación de tabla XVIII.

11	Mecanismo de avance de piedra abrasiva	6 meses	1 mes
13	Electroválvulas	6 meses	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.5. Mantenimiento a rectificadora

En esta sección se describe el mantenimiento por realizar en la rectificadora.

Tabla XIX. Lista de partes de la rectificadora

Partes		
No.	Parte	Tipo
1	Mecanismo de velocidades	Mecánico
2	Motor eléctrico	Eléctrico
3	Guías y mesa móvil	Mecánico
4	Mecanismo de movimiento lateral	Mecánico
5	Piano magnético	Mecánico
6	Cabezal	Mecánico
7	Mecanismo de movimiento transversal	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.5.1. Actividades de lubricación para rectificadora**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: mecanismo de velocidades, guías y mesa móvil, mecanismo de movimiento lateral y transversal y cabezal.

- Descripción
  - Lubricación de mesa móvil y guías: verificar que las piezas estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en la uniformidad de las piezas rectificadas.
  - Verificación de lubricación de mecanismo de velocidades: se realiza una inspección de los elementos mecánicos en el sistema de velocidades, para verificar que estén lubricados y evitar que estos presenten desgaste por fricción y provoquen vibración.
  - Lubricación de mecanismo de avance lateral y transversal: verificar que las piezas estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en las medidas de las piezas rectificadas.

- Periodos de tiempo
  - Todas las actividades de lubricación se deben realizar una vez cada tres meses.

#### **2.2.9.8.5.2. Actividades eléctricas para rectificadora**

La parte en la que se debe realizar una inspección eléctrica es el motor eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
  - La inspección del motor debe realizarse cada seis meses.

#### **2.2.9.8.5.3. Actividades mecánicas para rectificadora**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas: mecanismo de velocidades, guías y mesa móvil, mecanismo de movimiento lateral y transversal, cabezal móvil y piano magnético.

- Descripción

- Mecanismo de avance lateral y transversal: se debe verificar que no contengan desgaste en sus elementos mecánicos, de contener fractura o desgaste se debe desmontar la pieza y restaurarla con los procedimientos de metalurgia necesarios.
- Mecanismo de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Revisión de cabezal: para revisar el cabezal se debe limpiar, para que sea más fácil encontrar anomalías, como desgaste, fracturas o corrosión. Es importante la revisión con la máquina en funcionamiento, para verificar que no hay vibración. Se debe verificar que la piedra abrasiva esté en buenas condiciones y que el rodamiento esté nivelado y alineado.
- Guías y mesa móvil: las guías deben de estar bien calibradas junto al cabezal, esto para que no contenga desajuste y evitar que las piezas que se rectifican no sean precisas, se debe revisar que no tenga corrosión ni desgaste por fricción.
- Revisión del piano magnético: el piano magnético es una pieza que sólo necesita la revisión de su posición sea nivelada y que no presente desgaste.
- Limpieza general: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Periodos

- La revisión del mecanismo de avance lateral y transversal, revisión de las guías y mesa móvil se debe revisar cada seis meses.
- La revisión del cabezal se debe realizar cada tres meses.
- El mecanismo de velocidades se debe realizar cada seis meses.
- La revisión del piano magnético se debe realizar una vez al año.
- La limpieza general se debe realizar cada seis meses.

Tabla XX. Resumen de frecuencia de actividades de la rectificadora

<b>Frecuencia de inspección y lubricación</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Mecanismo de velocidades	6 meses	3 meses
2	Motor eléctrico	6 meses	
3	Guías y mesa móvil	6 meses	3 meses
4	Mecanismo de movimiento lateral	6 meses	3 meses
5	Piano magnético	1 año	
6	Cabezal	3 meses	3 meses
7	Mecanismo de movimiento transversal	6 meses	3 meses

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9.8.6. Mantenimiento a esmeril de banco

En esta sección se describe el mantenimiento preventivo para el esmeril de banco.

Tabla XXI. Lista de partes del esmeril

Partes		
No.	Parte	Tipo
1	Disco o muela abrasiva, grano medio y grano grueso	Mecánico
2	Apoyo para herramienta	Mecánico
3	Motor	Eléctrico
4	Base	Mecánico
5	Protectores de ojos	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.6.1. Actividades de lubricación para esmeril de banco

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: rodamientos de motor eléctrico y de muelas abrasivas.

- Descripción
  - Lubricación de rodamientos: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Periodos
  - La revisión de la lubricación se debe realizar cada tres meses.

#### **2.2.9.8.6.2. Actividades eléctricas para esmeril de banco**

La parte en la que se debe realizar inspección eléctrica es el motor eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos de tiempo
  - La inspección del motor debe realizarse cada seis meses.

#### **2.2.9.8.6.3. Actividades mecánicas para esmeril de banco**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: apoyo para herramientas, base, muelas abrasivas y protector de ojos.

- Descripción
  - Revisión de base, apoyo para herramientas y protector de ojos: estas partes se deben verificar que estén bien ajustadas, con pernos y tornillos, para evitar que estos vibren cuando el esmeril está en

funcionamiento y se fatiguen las piezas y provoquen la ruptura de las piezas.

- Revisión de discos o muelas abrasivas: las herramientas que tienen como objetivo desgastar el metal se debe verificar su perfecta colocación y su diámetro, si el diámetro de la muela abrasiva es pequeño y dificulta su correcto funcionamiento se debe cambiar.

- **Periodos**

- La revisión de base, apoyo para herramientas y protección de ojos, se debe realizar cada cuatro meses.
- La revisión de los discos o muelas abrasivas se debe realizar cada tres meses.

**Tabla XXII. Resumen de frecuencia de actividades del esmeril**

<b>Frecuencia de inspección y lubricación</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Disco o muela abrasiva	3 meses	3 meses
2	Apoyo para herramienta	4 meses	
3	Motor	6 meses	
4	Base	4 meses	
5	Protectores de ojos	4 meses	

Fuente: elaboración propia.



### 2.2.9.8.7. Mantenimiento a afiladora

En esta sección se describe el mantenimiento preventivo para la afiladora.

Tabla XXIII. Lista de partes de la afiladora

Partes		
No.	Parte	Tipo
1	Cabezal	Mecánico
2	Mecanismo de velocidades	Mecánico
3	Motor eléctrico de cabezal	Eléctrico
4	Disco o muela abrasiva	Mecánico
5	Columna y soporte de discos de sierra	Mecánico
6	Motor eléctrico	Eléctrico
7	Guías de avance de cabezal y disco o muela abrasiva	Mecánico
8	Mecanismo de avance de disco de sierra	Mecánico
9	Panel eléctrico	Eléctrico

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.9.8.7.1. Actividades de lubricación para afiladora

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: mecanismo de velocidades, Guías de avance y cabezal, mecanismo de avance de disco de sierra.

- Descripción
  - Lubricación de mecanismo de velocidades: se realiza una inspección de los elementos mecánicos en el sistema de velocidades, para verificar que estén lubricados y evitar que estos presenten desgaste por fricción y provoquen vibración o desajuste.
  - Lubricación de mecanismo de avance de disco de sierra: verificar que las piezas estén limpias y lubricadas, esto para evitar el desgaste por fricción, de encontrarse demasiado desgaste, se debe desmontar la pieza para rectificarla o restaurarla, para evitar que esto provoque error en la uniformidad de los dientes afilados.
  - Lubricación de cabezal y guías de avance: es importante lubricar los rodamientos, engranajes, las guías de avance se debe lubricar con grasa para evitar el desgaste al mover el cabezal.
  
- Periodos
  - Todas las actividades de lubricación se deben realizar cada tres meses.

#### **2.2.9.8.7.2. Actividades eléctricas para afiladora**

Las partes en las que se debe realizar inspección eléctrica son: panel eléctrico y motor eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión del panel eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
  - La revisión del panel eléctrico se debe realizar cada seis meses.
  - La revisión del motor eléctrico se debe realizar cada cuatro meses.

#### **2.2.9.8.7.3. Actividades mecánicas para afiladora**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: cabezal, mecanismo de velocidades, disco o muela abrasiva, columna y soporte de disco de sierra, guías de avance de cabezal, mecanismo de avance de disco de sierra.

- Descripción
  - Mecanismo de velocidades. Ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión de cabezal. Ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Guías de avance de cabezal. Las guías deben de estar bien calibradas junto al cabezal, esto para que no contenga desajuste y evitar que las piezas que se taladren no sean precisas, se debe revisar que no tenga corrosión ni desgaste por fricción.
  - Mecanismo de avance de disco de sierra. Se debe verificar que no contengan desgaste en sus elementos mecánicos, de contener fractura o desgaste se debe desmontar la pieza y restaurarla con los procedimientos de metalurgia necesarios.
  - Columna y soporte de disco de sierra. la columna debe estar fija para que el disco de sierra se afile uniformemente, para esto se debe verificar el mecanismo que sujeta la sierra. También se deben verificar los elementos mecánicos, como rodamientos, cojinetes y resortes que componen el soporte. Se debe revisar que no contengan desgaste los rodamientos y engranes, los resortes no deben estar fatigados.
  - Disco o muela abrasiva. La herramienta principal es una muela abrasiva, se debe verificar la geometría de la pinta del disco, para que cumpla con su función y el diámetro de la misma, si el diámetro es muy pequeño la muela abrasiva debe ser remplazada.
- Periodos
    - La revisión de las guías de avance y cabezal se debe realizar cada seis meses.
    - El mecanismo de velocidades se debe revisar cada tres meses.

- El mecanismo de avance de disco de sierra y la columna se deben revisar cada seis meses.
- La columna y el soporte de sierra se deben verificar cada seis meses.
- El disco o muela abrasiva se debe revisar cada mes.

Tabla XXIV. **Resumen de frecuencia de actividades de la afiladora**

<b>Frecuencia de inspección y lubricación</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Cabezal	6 meses	
2	Mecanismo de velocidades	6 meses	3 meses
3	Motor eléctrico de cabezal	4 meses	
4	Disco o muela abrasiva	1 mes	
5	Columna y soporte de discos de sierra	6 meses	
6	Motor eléctrico	4 meses	
7	Guías de avance de cabezal y disco o muela abrasiva	6 meses	3 meses
8	Mecanismo de avance de disco de sierra	3 meses	3 meses
9	Panel eléctrico	6 meses	

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.9.8.8. Mantenimiento a chaflanadora o biseladora de discos de sierra circular**

En esta sección se describe el mantenimiento preventivo para la chaflanadora o biseladora de discos de sierra circular.

**Tabla XXV. Lista de partes de la biseladora**

<b>Partes</b>		
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Tipo</b>
1	Cabezal	Mecánico
2	Mecanismo de velocidades	Mecánico
3	Panel eléctrico	Eléctrico
4	Disco o muela abrasiva	Mecánico
5	soporte de discos de sierra	Mecánico
6	Motor	Eléctrico
7	Guías de avance de cabezal	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.8.1. Actividades de lubricación para chaflanadora o biseladora de discos de sierra**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: cabezal, mecanismo de velocidades, guías de avance de cabezal.

- Descripción
  - Lubricación de mecanismo de velocidades: se realiza una inspección de los elementos mecánicos en el sistema de velocidades, para verificar que estén lubricados y evitar que estos presenten desgaste por fricción y provoquen vibración o desajuste.
  - Lubricación de cabezal y guías de avance: es importante lubricar los rodamientos, engranajes, las guías de avance se debe lubricar con grasa para evitar el desgaste al mover el cabezal.
  
- Periodos
  - Todas las actividades de lubricación se deben realizar cada seis meses.

#### **2.2.9.8.8.2. Actividades eléctricas para chaflanadora o biseladora de discos de sierra**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: panel eléctrico y motor eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: Ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Revisión del panel eléctrico: Ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
  - La revisión del panel eléctrico se debe realizar cada seis meses.
  - La revisión del motor eléctrico se debe realizar cada seis meses.

#### **2.2.9.8.8.3. Actividades mecánicas para chaflanadora o biseladora de discos de sierra**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: cabezal, mecanismo de velocidades, muela abrasiva, guías de avance de cabezal y soporte para discos de sierra.

- Descripción
  - Mecanismo de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión de cabezal: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Guías de avance de cabezal: las guías deben estar bien calibradas junto al cabezal, esto para que no contenga desajuste y evitar que las piezas que se taladren no sean precisas, se debe revisar que no tenga corrosión ni desgaste por fricción.



- Soporte de disco de sierra: se debe verificar el mecanismo que sujeta la sierra, así también se deben verificar los elementos mecánicos, como rodamientos, cojinetes y resortes que componen el soporte. Se debe revisar que no contengan desgaste los rodamientos y engranes, los resortes no deben estar fatigados.
  - Disco o muela abrasiva: la herramienta principal es una muela abrasiva, se debe verificar la geometría de la pinta del disco, para que cumpla con su función y el diámetro de la misma. Si el diámetro es muy pequeño la muela abrasiva debe ser remplazada.
- Periodos
    - La revisión de las guías de avance y cabezal se debe realizar cada seis meses.
    - El mecanismo de velocidades se debe revisar cada tres meses.
    - El mecanismo de avance de disco de sierra y la columna se debe revisar cada seis meses.
    - El disco o muela abrasiva se debe revisar cada mes.

Tabla XXVI. **Resumen de frecuencia de actividades de la biseladora**

<b>Frecuencia de inspección y lubricación</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Cabezal	6 meses	6 meses
2	Mecanismo de velocidades	3 meses	6 meses
3	Panel eléctrico	6 meses	
4	Disco o muela abrasiva	1 mes	
5	soporte de discos de sierra	6 meses	
6	Motor	6 meses	
7	Guías de avance de cabezal	6 meses	6 meses

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.9. Mantenimiento a control numérico computarizado**

En esta sección se describe el mantenimiento preventivo para el control numérico computarizado.

Tabla XXVII. **Lista de partes del control numérico computarizado**

<b>Partes</b>		
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Tipo</b>
1	Computadora	Eléctrico
2	Motor eléctrico	Eléctrico

Continuación de tabla XXVII.

3	Panel de control	Eléctrico
4	Mecanismo de cambio de herramienta	Mecánico
5	Bancada	Mecánico
6	Cabezal fijo	Mecánico
7	Carro principal de bancada	Mecánico
8	Carro de desplazamiento transversal	Mecánico
9	Carro superior	Mecánico
10	Caja de velocidades	Mecánico
11	Mecanismo de avance	Mecánico
12	Barra de avance	Mecánico
13	Cabezal móvil	Mecánico
14	Husillo	Mecánico
15	Gabinete eléctrico	Eléctrico
16	Mandril	Mecánico
17	Sistema hidráulico	Mecánico
18	Bomba de refrigerante	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.9.1. Actividades de lubricación para control numérico computarizado**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: mecanismo de cambio de herramienta, carros de desplazamiento, caja de velocidades, mecanismos de avance, guías y cabezal móvil.

- Descripción

- Caja de velocidades: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Lubricación de guías y mecanismo de avance: es importante la lubricación de las guías en la bancada y tornillos de avance, esto se puede realizar vertiendo aceite en un extremo y esparcirlo con ayuda de una brocha o con las manos.
- Cambio de aceite general: ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Lubricación de rodamientos. Ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Revisión del sistema de lubricación. Ver sección 2.2.9.7.1. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Revisión del mecanismo de cambio de herramienta. Se debe revisar los elementos mecánicos que transmiten el movimiento al carro principal, para que esté se pueda mover libremente, conteniendo una capa uniforme de lubricante.

- Periodos

- El cambio de aceite se debe realizar una vez al año.

- La lubricación en las guías de avance en la bancada y tornillo de avance se debe realizar cada día.
- La inspección y lubricación de los elementos rodantes y demás componentes, donde se presenta movimiento por contacto de elementos mecánicos, se debe realizar a cada mes.
- La revisión de los sistemas de lubricación se debe inspeccionar una vez al mes.

#### **2.2.9.8.9.2. Actividades eléctricas para control numérico computarizado**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: computadora, panel de control, motor eléctrico y gabinete eléctrico.

- Descripción
  - Revisión de computadora: la computadora debe incluir los componentes físicos como: monitor, circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, teclado, y los componentes lógicos, como: sistema operativo, programa general y controladores. Los componentes físicos se deben limpiar con limpia contactos si son electrónicos.
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.

- Revisión del panel de mando eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Revisión de gabinete eléctrico: el gabinete eléctrico contiene placas, contactores, circuitos, deben estar limpios y aislados, es por ello que se debe revisar su estado para evitar cortos circuitos o que los cables conductores se deterioren.
- Periodos
    - La inspección al motor eléctrico se debe realizar cada seis meses.
    - La revisión del panel de mando eléctrico y computadora se debe realizar cada seis meses.
    - Revisión de gabinete eléctrico se debe realizar cada año.

### **2.2.9.8.9.3. Actividades mecánicas para control numérico computarizado**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: mecanismo de cambio de herramienta, bancada, carros de desplazamiento, caja de velocidades, mecanismos de avance, bancada, cabezal, sistema hidráulico y bomba de refrigerante.

- Descripción

- Revisión de bancada: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Revisión de carros de desplazamiento: se debe realizar limpieza general, así como la verificación de ajuste entre piezas para evitar que a la hora de fabricar piezas no tengan medidas erróneas, esto sucede cuando hay un desajuste de piezas a causa del desgaste fricción; deben ser revisadas los volantes de avance de cada uno de los carros, para verificar que no tenga desgaste. Si los elementos mecánicos como engranajes contengan demasiado desgaste será necesario cambiarlos.
- Inspección de la caja de velocidades: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Guías de avance de cabezal: las guías deben estar bien calibradas junto al cabezal, esto para que no contenga desajuste y evitar que las piezas que se taladren no sean precisas, se debe revisar que no tenga corrosión ni desgaste por fricción.
- Revisión de cabezal y mandril: estos elementos deben ser inspeccionados luego de realizarle limpieza general, para poder observar el estado en que se encuentran, si se encuentra desgaste, fractura o pandeo debe ser desmontado para su restauración; si su condición es buena se procede a lubricar.

- Mecanismo de cambio de herramienta: los elementos mecánicos que hacen girar el cabezal porta herramienta deben estar bien ajustado y libres de desgaste, para proporcionar un buen posicionamiento de la herramienta de corte, se debe inspeccionar el accionamiento neumático y rodamiento.
  - Sistema hidráulico: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Bomba: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  - Limpieza: ver sección 2.2.9.7.3. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
- Periodos
    - Para todas las inspecciones de las actividades de mantenimiento, se deben realizar una vez cada seis meses.
    - La limpieza en general se debe realizar cada mes.



Tabla XXVIII. Resumen de frecuencia de actividades del control numérico computarizado

Frecuencia de inspección y lubricación			
No.	Parte	Eléctrico / mecánico	Lubricación
1	Computadora	6 meses	
2	Motor eléctrico	6 meses	
3	Panel de control	6 meses	
4	Mecanismo de cambio de herramienta	6 meses	1 mes
5	Bancada	6 meses	1 día
6	Cabezal fijo	6 meses	
7	Carros	6 meses	1 mes
8	Caja de velocidades	6 meses	1 año
9	Mecanismo de avance	6 meses	1 mes
10	Barra de avance	6 meses	1 día
11	Cabezal móvil	6 meses	1 mes
12	Husillo	6 meses	
13	Gabinete eléctrico	1 año	
14	Mandril	6 meses	
15	Sistema hidráulico	6 meses	
16	Bomba de refrigerante	6 meses	

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.10. Mantenimiento a cortadora de sierra vaivén**

En esta sección se describe el mantenimiento preventivo para la cortadora de sierra vaivén.

**Tabla XXIX. Lista de partes de la cortadora de sierra vaivén**

<b>Partes</b>		
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Tipo</b>
1	Motor eléctrico	Eléctrico
2	Sistema de refrigeración	Mecánico
3	Hoja de sierra	Mecánico
4	Mecanismo de desplazamiento de hoja de sierra	Mecánico
5	Mecanismo automático de avance de hoja de sierra	Mecánico
6	Prensa manual	Mecánico

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.8.10.1. Actividades de lubricación para cortadora de sierra vaivén**

Las partes en las que se debe verificar la lubricación son: mecanismo de desplazamiento de hoja de sierra y mecanismo automático de avance de hoja de sierra.

- Descripción.
  - Lubricación de mecanismo de desplazamiento. EL desplazamiento del arco que sujeta la hoja de sierra es constante y para evitar desgaste en las guías, debe ser revisado verificando que esté lubricado con grasa, si las guías presentan mucho desgaste se debe desmontar y restaurar.
  - Lubricación del mecanismo automático de avance. Al igual que el mecanismo de desplazamiento, este presenta un movimiento constante, el cual está guiado por un tornillo que realiza el desplazamiento de la hoja de cierra contra la cara del cilindro de acero que se corta, se debe verificar su correcta lubricación para evitar corrosión y desgaste por fricción.
- Periodos
  - Los mecanismos de avance y de desplazamiento deben ser revisados cada tres meses.

#### **2.2.9.8.10.2. Actividades eléctricas para cortadora de sierra vaivén**

Las partes en las que se debe realizar una inspección eléctrica son: motor eléctrico.

- Descripción
  - Inspección de motor eléctrico: ver sección 2.2.9.7.2. de actividades generales de mantenimiento en este documento.
  
- Periodos
  - El motor debe ser revisado cada seis meses.

### **2.2.9.8.10.3. Actividades mecánicas para cortadora de sierra vaivén**

Las partes en las que se debe realizar actividades mecánicas son: sistema de refrigeración, hoja de sierra, mecanismo de desplazamiento de hoja de sierra, mecanismo automático de avance de hoja de sierra, prensa manual.

- Descripción
  - Sistema de refrigeración: el sistema de refrigeración contiene una bomba la cual debe verificarse para evitar la pérdida de presión y que no funcione el sistema de refrigeración, se debe verificar que no contenga obstrucción en las paletas, y que no contenga desgaste. También debe ser limpiado y verificar los ductos de refrigerante y el depósito del mismo para evitar que se obstruya el paso de refrigerante en el ducto.
  - Revisión de hoja de sierra: la hoja de sierra puede perder dientes o quedarse sin filo por el desgaste prematuro y dejar de cortar, así como

puede fracturarse. Debe verificarse la hoja de sierra para evitar los cortes erróneos.

- Mecanismo de desplazamiento y mecanismo de avance: los mecanismos de avance tienen poleas y fajas las cuales se debe verificar que no contengan desgaste o fisuras, también los engranajes y ejes que transmiten la potencia del motor, estos deben estar bien alineados y sin desgaste para evitar vibración en el sistema.
  - Prensa manual: está compuesta por un tornillo y las mordazas, se debe verificar que el tornillo esté recto y su rosca no contenga desgaste, las mordazas se debe verificar que no contenga desgaste para evitar que la pieza que se corta se desplace y el corte no quede recto.
- Periodos de tiempo
    - La revisión del sistema de refrigeración, prensa manual y mecanismo de avance se debe realizar cada seis meses.
    - La revisión de la hoja de sierra se debe realizar cada quince días.

Tabla XXX. **Resumen de frecuencia de actividades de la cortadora de sierra vaivén**

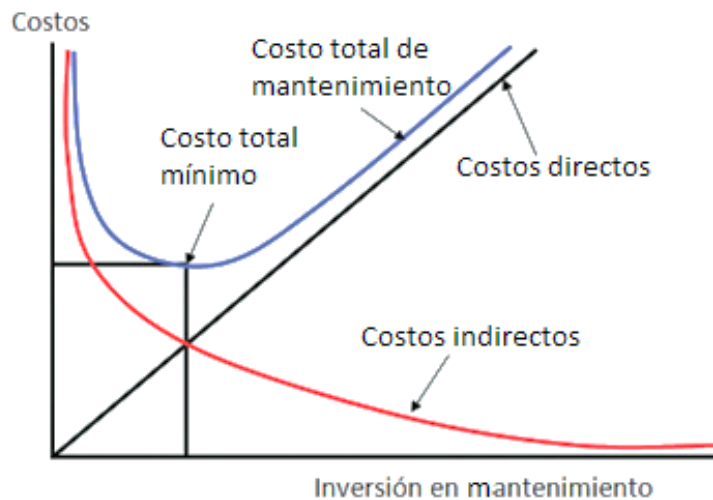
<b>Resumen de frecuencia de actividades</b>			
<b>No.</b>	<b>Parte</b>	<b>Eléctrico / mecánico</b>	<b>Lubricación</b>
1	Motor	6 meses	
2	Sistema de refrigeración	6 meses	
3	Hoja de sierra	16 días	
4	Mecanismo de desplazamiento de hoja de sierra	6 meses	3 meses
5	Mecanismo automático de avance de hoja de sierra	6 meses	3 meses
6	Prensa manual	6 meses	

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.10. Presupuesto**

En el presupuesto anual de mantenimiento hay una parte del coste que es aproximadamente constante, como la mano de obra habitual o el coste de las reparaciones programadas, pero hay otros costes que son variables y están relacionados con las averías que se produzcan. No todos los años se producen las mismas averías ni de la misma gravedad, por lo que el apartado referente a materiales y a contratos puede variar sensiblemente de un año a otro, esto se puede apreciar en la siguiente figura en donde se muestra la relación entre los costos variables y directos respecto al mantenimiento.

Figura 24. **Relación de los costos de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Al realizar el presupuesto anual de mantenimiento es importante distinguir entre los costes iniciales de implantación, relacionados con la compra inicial de herramienta, la compra del inventario de repuesto y el periodo de formación del personal, que no se repite, y el coste anual, que se repite un año tras otro con algunas variaciones.

Todos estos aspectos habrá que tenerlos en cuenta al elaborar el presupuesto anual, teniendo en cuenta que si el presupuesto es más elevado de lo que realmente se requiere se estará afectando a la cuenta de resultados, pero si el presupuesto se queda corto y no aporta suficientes recursos para realizar un mantenimiento correcto no solo proliferarán las averías, sino que además la vida útil de la planta disminuirá. Es pues un mal negocio calcular mal el presupuesto de mantenimiento, ya sea al alza o a la baja.

Según el libro *Ingeniería del mantenimiento* el costo anual de mantenimiento puede estimarse entre el 2 % y 3 % del valor de los equipos más gastos de

montaje, el costo mayor es a causa de salarios de personal de mantenimiento. En el caso de Tubex, no se puede estimar el valor de los equipos por su antigüedad, se realizará una presupuesta tomando en consideración los costos que se describen a continuación.

El presupuesto debe incluir los siguientes costos:

- Costo anual de personal de mantenimiento
- Costo anual en repuestos y consumibles
- Costo anual en herramientas
- Costo anual en contratos externos
- Gastos de paradas y grandes revisiones
- Seguros
- Imprevistos

En la siguiente tabla se hace un desglose de los costos del mantenimiento preventivo para los equipos analizados.



Tabla XXXI. **Análisis de costos**

<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>		
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TUBEX, S.A.</b>		
		<b>Costo anual</b>
Mano de obra	Supervisor de mantenimiento	Q 60 000,00
	Técnicos operarios	Q 42 000,00
	Ayudantes técnicos	Q 36 000,00
Repuestos	Rodamientos	Q 12 400,00
	Electroválvulas	Q 12 000,00
	Hojas de sierra	Q 1 375,00
Consumibles	Lubricantes	Q 20 250,00
	Filtros	Q 750,00
	Consumibles de taller	Q 1 500,00
	otros materiales	Q 2 000,00
Herramienta	Reposición de herramienta	Q 7 500,00
	Alquiler de maquinaria	Q 2 500,00
Contratos externos	Talleres externos	Q 3 000,00
Seguros	Bancos del sistema	Q 7 500,00
Imprevistos	10 % de los costos	Q 20 877,50
<b>Costo total</b>		<b>Q 229 652,50</b>

Fuente: elaboración propia.

En base a la tabla previamente analizada, se puede estimar un presupuesto que cubra los costos totales que suman la cantidad de Q 229 652,50 anuales

sobre el concepto del plan de mantenimiento preventivo para el taller mecánico de Tubex, S. A.



### **3. FASE DE DOCENCIA**

#### **3.1. Importancia del orden en las labores de mantenimiento**

En mantenimiento el orden se puede definir, como la forma correcta de colocar todo elemento físico y de realizar de forma adecuada llevando una secuencia de pasos o procedimientos según una norma o criterio, que facilita el realizar una acción.

#### **Labores de mantenimiento**

En los elementos físicos, es de gran importancia tener al alcance todos los insumos, repuestos y herramientas para realizar adecuadamente los trabajos de mantenimiento, pero además de tenerlos al alcance deben estar en lugares específicos para que se puedan localizar de forma rápida.

Para la realización de actividades, se debe llevar una secuencia lógica para que los procedimientos se realicen adecuada y eficientemente en cuanto a tiempo y calidad.

En el plan de mantenimiento se detallan las semanas en las que se debe realizar las labores de mantenimiento en los equipos específicos, esto para llevar un control en orden en el departamento de mantenimiento.

### **3.2. Importancia de los historiales de mantenimiento**

Los historiales de mantenimiento sirven de evidencia de la realización de los trabajos de mantenimiento, además los historiales brindan la información necesaria para utilizar la retroalimentación y poder mejorar el plan de mantenimiento preventivo.

Para el mantenimiento correctivo es necesario detallar en el historial de mantenimiento la información completa de la falla, los repuestos utilizados, la persona que realizó el mantenimiento, la posible causa y la solución a la falla presentada, esta información se utiliza para llevar el control en el departamento de mantenimiento y así mejorar el plan de mantenimiento.

Uno de los detalles más importantes que debe de tener el historial de mantenimiento, son las fechas de ejecución y firma de autorización y firma de quien ejecuto el mantenimiento, esto para determinar al mecánico encargado del equipo para darle seguimiento a su mantenimiento.

### **3.3. Presentación del plan de mantenimiento preventivo**

El plan de mantenimiento preventivo se presenta al departamento de mantenimiento con el formato utilizado actualmente. El formato incluye las fichas técnicas y de inspección, lista maestra de mantenimiento preventivo semestral, el formato de la ficha del historial de mantenimiento es independiente al formato utilizado internamente en el departamento de mantenimiento. El plan general de mantenimiento y las fichas técnicas y de inspección están elaborado en una hoja electrónica de Excel detallando toda la información necesaria para el departamento de mantenimiento.

El formato de la ficha técnica y de inspección presenta un encabezado con información de la máquina y general de fecha de ejecución, en cuerpo de la ficha contiene una primera columna con las partes del equipo, la segunda columna presenta la inicial del tipo de trabajo, esta columna puede tomar dos valores M y E, la inicial M representa el tipo mecánico y la tetra E representa el tipo eléctrico.

En la tercera columna sin separación con línea de la segunda columna se detallan los trabajos de mantenimiento preventivo por realizar, en la cuarta columna se presenta un cuadro de verificación de los trabajos realizados, también por categoría de mecánico y eléctrico. La quinta columna se presenta la casilla para escribir la fecha de ejecución y, por último, la sexta columna contiene la casilla para colocar el nombre del trabajador encargado de realizar los trabajos de mantenimiento.

En la parte inferior se presenta un espacio para anotaciones y observaciones, además contiene espacio para firma de gerente de mantenimiento y supervisor de eléctricos o mecánicos. A continuación, se presenta en la figura 20 el modelo de ficha técnica y de inspección.



- Infraestructura: es el sistema de instalaciones, edificios, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de la organización.
- Área: es el espacio físico donde se ubica un tipo de maquinaria específico.
- Línea: es una subdivisión de área, pero para equipos específicos, por ejemplo: “área de afilado”.
- Equipo. es una subdivisión de la línea, solo que específicamente para un equipo.

El plan de mantenimiento se desglosa como cronograma, conteniendo veintiséis semanas para el primer y segundo semestre, distribuidos de tal forma que no se sature de trabajo en periodos de tiempo corto.

A excepción de unos equipos que debe ser inspeccionado por partes separadas en semanas diferentes, hay equipos pequeños que pueden ser inspeccionados en la misma semana en su totalidad.



Figura 26. Formato de plan general de mantenimiento preventivo

RE- AI- 101																													
Lista Maestra de Infraestructura																													
Plan Semestral de Mantenimiento Planta Tubo Negro																													
Fecha de Actualización: 20 DE AGOSTO DE 2016 1 ra. Revisión																													
Actualizado por: Byron René Godínez Navarro																													
Área	Línea	Equipo	Infraestructura	Semana ( 1er semestre )																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Taller	Manufactura	Cortadora de sierra vaivén	Uniz																										
mecánico	Manufactura	CNC	Fimap																										
	Manufactura	Torno 1	Grazioli																										
	Manufactura	Torno 2	COER																										
	Manufactura	Torno 3	Sin evidencia																										
	Manufactura	Torno 4	Onak																										
	Manufactura	Cepillo	Invicta Major																										
	Manufactura	Fresadora 1	Toskurin Finesa																										
	Manufactura	Taladro2	Arboga maskiner																										
	Manufactura	Fresadora 2	Victoria																										
	Manufactura	Rectificadora de cuchillas	Cincinnati Milacron																										
	Manufactura	Taladro 1	Sin evidencia																										
	Manufactura	Esmeril de banco 1	Acelt machine																										
	Manufactura	Esmeril de banco 2	Tommasi & Bonetti																										
	Manufactura	Rectificadora	Cincinnati																										
	Afilado	Esmeril de banco 3	Aceti Machine																										
	Afilado	Afiladora 1	Crizoma																										
	Afilado	Afiladora 2	Businaro																										
	Afilado	Afiladora 3	Gemetti																										
	Afilado	Chafanadora	Businaro Micron 650																										
	Afilado	Afiladora 4	Ohler																										
	Afilado	Afiladora 5	Vollmer																										
Observaciones:		Para algunos equipos es necesario realizar inspecciones fuera de la semana establecida en el plan de mantenimiento, para realizar inspecciones en periodos de tiempo mas cortos.																											

Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

### 3.4. Capacitación al personal de taller mecánico

La capacitación al personal del taller mecánico es parte importante para garantizar que un programa de mantenimiento preventivo de resultados positivos, la experiencia no es suficiente cuando se carece de conceptos de mantenimiento preventivo y eficiencia.

Para implementar nuevos equipos, se debe actualizar el plan general de mantenimiento preventivo y los encargados de realizar la inspección son el

mecánico tornero 1, mecánico tornero 2, técnico eléctrico 1 y técnico eléctrico 2. Deben ser capacitados al realizar la actualización y son los encargados de realizar tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo. En conjunto con los demás mecánicos y eléctricos deben ser capacitados sobre el uso de las herramientas de trabajo y el equipo de protección personal.

En la siguiente figura se muestra a un grupo de mecánicos siendo capacitados sobre los temas ya descritos.

Figura 27. **Capacitación de personal de mantenimiento**



Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

Los temas impartidos en la capacitación son los siguientes:

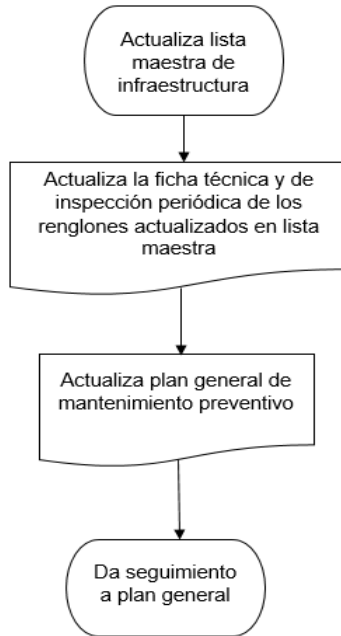
- Concepto de mantenimiento
  
- Tipos de mantenimiento
  - Mantenimiento preventivo
  - Mantenimiento correctivo
  - Mantenimiento predictivo

- Conceptos
  - Infraestructura
  - Área
  - Línea
  - Equipo
  
- Lista maestra de infraestructura (plan de mantenimiento)
  
- Ficha técnica y de inspección periódica
  
- Orden de trabajo y de mantenimiento correctivo
  
- Proceso de actualización de los formatos
  
- Herramientas de trabajo
  
- Equipo de protección personal

El concepto de mantenimiento y tipos fueron tomados en el contenido de la fase de investigación de este documento (ver página 36), los conceptos con su respectiva definición son los descritos en la fase de docencia de este documento.

El proceso de actualización de la lista maestra o plan general de mantenimiento se describe en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 28. **Actualización de lista maestra**



Fuente: departamento de mantenimiento de Tubex, S.A.

Se capacitó a diez personas, entre mecánicos uno, mecánicos dos, matricero uno y ayudante de matricaria.

Figura 29. **Capacitación**



Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Los equipos del taller mecánico se encuentran en un estado aceptable en su mayoría. Un pequeño grupo de máquinas está en mal estado. Es importante la recuperación de esos equipos, ya que con el paso del tiempo es más difícil conseguir repuestos. Actualmente no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria.
2. La maquinaria no cuenta con historial de mantenimiento, el departamento de mantenimiento no cuenta con registro, manuales de usuario y de mantenimiento de los equipos con excepción de la rectificadora de cuchillas y dos afiladoras. Por eso que se sugiere utilizar herramientas como internet y manuales de usuario de maquinaria similar para cubrir la carencia de manuales, realizar un formato de historial de mantenimiento y reporte de paros, esto para que el departamento de mantenimiento tenga un mejor control de la maquinaria.
3. Para garantizar el buen funcionamiento y aumentar la confiabilidad de la maquinaria es necesario corregir las fallas de cada máquina. Se presenta una serie de trabajos de mantenimiento correctivo para aumentar la funcionalidad y los resultados a la hora de aplicar el plan de mantenimiento preventivo que se sugiere.
4. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo brinda un mayor grado de confiabilidad en los equipos. También ayuda a disminuir los gastos por concepto de reparación y los paros al ocurrir fallas. Al adquirir herramienta y repuestos con lo que actualmente no cuenta Tubex,

se garantiza el implementar el plan de mantenimiento, utilizando la misma cantidad de recurso humano, los mismos insumos y aumentando el presupuesto; aunque la maquinaria es antigua se puede mantener en funcionamiento al invertir en el mantenimiento preventivo.

## RECOMENDACIONES

1. La capacitación al personal técnico operativo la debe realizar el Departamento de Mantenimiento según las necesidades requeridas, debido a que se capacita para el correcto uso de la maquinaria, el uso de las herramientas y equipo de protección personal, por lo que tener una buena programación de capacitaciones ayudaría a ser más eficiente el proceso productivo.
2. Actualizar el plan de mantenimiento preventivo, verificando si los equipos han sido reemplazados, modificados o ya no se utilizan, esto con el fin de realizar el mantenimiento preventivo necesario sin omitir partes o equipos de un área de la empresa.
3. Involucrar a los demás departamentos para apoyo del departamento de mantenimiento, como lo son los departamentos de compras, producción e importación, esto con el fin de coordinar el tiempo de mantenimiento, los repuestos en bodega estén a tiempo para realizar los trabajos, que los repuestos que se deben importar se pidan con anticipación para no atrasar los trabajos de mantenimiento.
4. Es importante que el mantenimiento se realice de manera adecuada, ya que la falta de repuestos o herramienta trae consecuencias críticas al proceso productivo, es importante que el presupuesto del departamento de mantenimiento se incremente gradualmente para satisfacer la demanda de repuestos y de herramientas, y así obtener mejores resultados al realizar los mantenimientos programados.



5. Priorizar los procesos de mantenimiento preventivo, sobre las actividades de mantenimiento correctivo, con el objetivo de obtener mejor rendimiento de la maquinaria y evitar que se disminuya la vida útil de las mismas.
  
6. Es importante que el departamento de mantenimiento, cuente con manuales de operación y de mantenimiento preventivo del fabricante, para la maquinaria del taller, las máquinas en su mayoría cuentan con más de quince años de fabricación, para obtener los manuales de la maquinaria se puede utilizar como herramienta el internet y poder saber las recomendaciones e información que detalla el fabricante. De no encontrarse los manuales del fabricante se puede utilizar manuales de equipos similares, aunque sea de maquinaria menos antigua.
  
7. El mantenimiento correctivo debe realizarse antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, para obtener mejores resultados. Se estima que en un periodo de cuatro meses se realizarían los trabajos de mantenimiento correctivo utilizando cinco mecánicos y dos ayudantes de mecánico, contando con un presupuesto que se describe en la sección 2.2.9.4. de este documento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CANTORAL VERAS, Harry Hallan. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café quetzal*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 36 p.
2. División nacional de salud ocupacional. *Manual para la adquisición y manejo seguro de medios de trabajo*. Universidad Nacional de Colombia, 2006. 26 p.
3. GUERRA AYALA, Sergio Leonardo. *Implementación de un programa de mantenimiento para la maquinaria y equipo del centro de servicio automotriz, El ingenio, S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 83 p.
4. Marks y Baumeinster. *Manual del ingeniero mecánico*. Ed. Mc Graw Hill, 1988.
5. PIRELA AÑES, Alonso Elías y PIRELA GONZÁLEZ, Alonso José. *Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales en el departamento de mecánica del IUTC*. Formación gerencial, 2012. 39p.





