



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

**PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE  
MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**

**Edson de Jesús Martínez Monzón**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE  
MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDSON DE JESÚS MARTÍNEZ MONZÓN**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

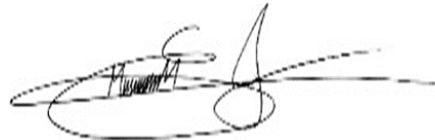
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez.
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma.
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 19 de noviembre de 2021.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and strokes, positioned above the printed name.

**Edson de Jesús Martínez Monzón.**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 09 de septiembre de 2022  
REF.EPS.DOC.302.09.2022.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edson de Jesús Martínez Monzón** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201503450, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**

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. Edwin Estuardo Sarcaño Zepeda  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
EDSZ/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 12 de septiembre de 2022  
REF.EPS.D.261.09.2022

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edson de Jesús Martínez Monzón** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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"



Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.053.2022

El Revisor 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 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES** del estudiante **Edson de Jesús Martínez Monzón, CUI 2985786110114, Reg. Académico No. 201503450** 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. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Revisor – Área Complementaria  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, septiembre de 2022

/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.233.EIM.2022

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, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**, presentado por: **Edson de Jesús Martínez Monzón**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



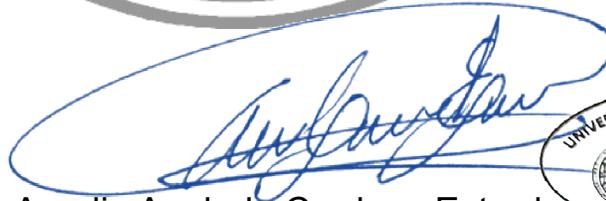
Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, noviembre de 2022.

LNG.DECANATO.OI.201.2023

La Decana 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 DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE MECANIZADO EN SMO SERVICIOS INDUSTRIALES**, presentado por: **Edson de Jesús Martínez Monzón**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el <i>Alma Máter</i> que me formo y moldeo como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme herramientas como profesional.
<b>SMO servicios industriales</b>	Por abrirme las puertas como empresa para poder realizar mi EPS en sus instalaciones.
<b>Ing. Edwin Sarceño</b>	Por siempre tener una agradable actitud de apoyo y asesoramiento para mi proyecto.
<b>Ing. Francisco Rivera</b>	Por su asesoría y apoyo dentro y fuera de SMO.
<b>Mis amigos</b>	Wesley Ramos. Por su sincera amistad, por los buenos y malos momentos que vivimos juntos y el apoyo genuino, y por todos los que formamos parte de esto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación .....	3
1.1.2. Historia .....	3
1.1.3. Misión .....	4
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Valores .....	4
1.1.6. Organigrama.....	5
1.2. Descripción del problema .....	5
1.2.1. Retrasos en producción .....	7
1.2.2. Estado actual de los equipos .....	11
1.3. Marco teórico.....	12
1.3.1. El torno en la industria de metalmecánica .....	12
1.3.1.1. Bancada .....	15
1.3.1.2. Cabezal fijo .....	15
1.3.1.3. Contrapunto o cabezal móvil .....	15
1.3.1.4. Carro longitudinal.....	16
1.3.1.5. Carro transversal .....	16

	1.3.1.6.	Carro superior orientable.....	16
	1.3.1.7.	Puntos .....	16
	1.3.1.8.	Torno paralelo .....	17
1.3.2.		Fresadora.....	17
	1.3.2.1.	Descripción de la fresadora.....	18
	1.3.2.2.	Fresadora horizontal .....	21
	1.3.2.3.	Bastidor .....	21
	1.3.2.4.	Husillo.....	21
	1.3.2.5.	Caja de velocidades del husillo .....	22
	1.3.2.6.	Consola .....	22
1.4.		Tipos de mantenimiento .....	22
	1.4.1.	Mantenimiento correctivo .....	23
	1.4.2.	Mantenimiento preventivo .....	24
	1.4.3.	Mantenimiento predictivo.....	24
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	25
2.1.		Técnica VOSO .....	25
	2.1.1.	Puntos críticos del torno.....	32
		2.1.1.1. Mantenimiento correctivo .....	42
		2.1.1.2. Mantenimiento preventivo .....	44
2.2.		Tareas propias del operario .....	46
	2.2.1.	Plan de mantenimiento diario .....	46
	2.2.2.	Plan de mantenimiento preventivo .....	46
	2.2.3.	Guía de revisión diaria .....	47
	2.2.4.	Control y desarrollo de informes por fallas .....	47
	2.2.5.	Control de excentricidad y planitud del torno.....	47
2.3.		Motor eléctrico.....	48
	2.3.1.	Mantenimiento correctivo .....	49
	2.3.2.	Mantenimiento preventivo .....	49

2.4.	Puntos críticos de la fresadora .....	50
2.4.1.	Capacidad técnica de los mecánicos.....	51
2.4.2.	Análisis de reparaciones en los equipos.....	51
2.4.2.1.	Mantenimiento correctivo.....	51
2.4.2.2.	Mantenimiento preventivo.....	52
2.5.	Caja Norton .....	52
2.5.1.	Mantenimiento correctivo.....	53
2.5.2.	Mantenimiento preventivo.....	53
2.5.3.	Tareas propias del operario .....	54
2.5.4.	Plan de mantenimiento diario .....	54
2.5.5.	Plan de mantenimiento semanal.....	55
2.5.6.	Plan de mantenimiento mensual.....	56
2.6.	Trituradora de rodillos.....	57
2.6.1.	Trituradora de impacto o martillos .....	58
2.6.2.	Trituradora de martillos de eje horizontal.....	59
2.6.3.	Trituradora de martillos de eje vertical.....	60
2.7.	Componentes de la caja de avance .....	61
2.7.1.	Análisis físico del lubricante.....	62
2.7.2.	Análisis y aspecto visual por desgaste .....	62
2.8.	Fabricación y maquinado de ejes con rosca.....	62
2.8.1.	Fallas por maquinado .....	63
2.8.2.	Fallas por mal funcionamiento de los equipos .....	63
2.8.3.	Características de los rechazos.....	63
2.8.3.1.	Evaluación de calibraciones de los equipos .....	64
2.8.3.2.	Porcentajes de rechazos en producción mensual.....	64
2.9.	Estudio de alternativas .....	66

2.9.1.	Alternativa 1: calibración de los equipos conforme al manual del fabricante .....	66
2.9.1.1.	Ventajas de la alternativa 1 .....	67
2.9.1.2.	Desventajas de la alternativa 1 .....	68
2.9.2.	Alternativa 2: implementación del plan de mantenimiento.....	68
2.9.2.1.	Ventajas de la alternativa 2 .....	70
2.9.2.2.	Desventajas de la alternativa 2 .....	70
2.9.3.	Alternativa 3: pruebas y diagnósticos de laboratorio a lubricantes .....	71
2.9.3.1.	Ventajas de la alternativa 3 .....	72
2.9.3.2.	Desventajas de la alternativa 3 .....	72
3.	FASE DE DOCENCIA.....	73
3.1.	Inducción al plan de mantenimiento correctivo post resultados.....	73
3.2.	Técnicas de mejoras sobre actividades preventivas en los equipos.....	75
3.3.	Presentación de resultados y avances.....	76
3.4.	Programación de capacitación mensual de los mantenimientos.....	79
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES .....	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICES.....	89

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	3
2.	Valores de SMO .....	4
3.	Organigrama de la empresa.....	5
4.	Presentación de las ordenes programadas versus las ejecutadas .....	9
5.	Distribución porcentual del tiempo muerto por maquinaria o herramienta .....	10
6.	Clasificación de los tornos.....	14
7.	Objetivos esenciales del mantenimiento .....	23
8.	Orden sincronizado para evaluar los equipos .....	25
9.	Proceso del primer paso VISTA .....	26
10.	Acciones para el segundo paso OLER.....	27
11.	Acciones para el tercer paso SENTIR.....	28
12.	Acciones para el cuarto paso OIR.....	29
13.	Ficha técnica del torno Logan propuesta .....	32
14.	Torno con piezas incompletas.....	37
15.	Problemas con los cables de conexión en torno #4 .....	38
16.	Torno con exceso de grasa o herrumbre .....	39
17.	Caja de registro para contactores de seguridad.....	40
18.	Fresadora #2.....	42
19.	Fusible tipo industrial del equipo .....	43
20.	Motor #1 .....	48
21.	Puntos críticos de la fresadora .....	50
22.	Componentes de la caja de avance .....	61

23.	Comparación del tiempo muerto ante y después de incorporar las técnicas VOSO de monitoreo .....	77
24.	Informe de porcentaje de rechazos versus reducción de rechazos a febrero 2022 .....	78

## TABLAS

I.	Informe de fallas y trabajos trasladados a otro torno interno en el último trimestre del año 2021 .....	8
II.	Inventario de equipo en área de mecanizado y su condición actual .....	11
III.	Inventario de máquinas para trabajos de mecanizado y su condición actual .....	12
IV.	Trabajos de fresado comúnmente encontrados en la industria de metalmecánica.....	19
V.	Lista de chequeo propuesta para cada estación de trabajo.....	30
VI.	Puntos críticos del torno .....	33
VII.	Diagnóstico general de la maquinaria.....	36
VIII.	Manual de procedimientos propuesto a la empresa para el mantenimiento de los equipos .....	41
IX.	Guía de actividades para el mantenimiento preventivo de los tornos.....	44
X.	Acciones destinadas al plan de mantenimiento diario .....	54
XI.	Acciones destinadas al plan de mantenimiento semanal.....	55
XII.	Acciones destinadas al plan de mantenimiento mensual.....	56
XIII.	Actividades a realizar conforme el tiempo de monitoreo.....	57
XIV.	Monitoreo programado para la trituradora de impacto .....	58
XV.	Actividades a realizar para el monitoreo preventivo de la trituradora de eje horizontal.....	59

XVI.	Actividades a realizar para el monitoreo preventivo de la trituradora de martillos de eje vertical.....	60
XVII.	Datos de los rechazos mensuales por estación de trabajo .....	64
XVIII.	Porcentajes de los rechazos mensuales por estación de trabajo.....	65
XIX.	Costos y estatus conforme los manuales de los equipos.....	67
XX.	Temas desarrollados en la fase de docencia conforme al plan de mantenimiento.....	73
XXI.	Resultados al implementar la técnica VOSO en versión beta .....	76
XXII.	Programación de capacitación mensual.....	79



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
GPa	Gigapascales
°C	Grados centígrados
kg	Kilogramo
kV	Kilovoltio
kW	Kilowatt
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> /h	Metro cúbico por hora
m/s	Metro sobre segundo
MPa	Megapascales
mm	Milímetro
Nm	Newton-metro
O <sub>2</sub>	Oxígeno
ft/s	Pies sobre segundo
%	Porcentaje
psi	<i>Pound force per square inch</i>
in	Pulgadas
rpm	Revoluciones por minuto
Fe	Símbolo del elemento químico hierro
ton	Tonelada



## GLOSARIO

<b>Aseguramiento de calidad</b>	Vigilancia continua destinada a garantizar en todo momento los procesos uniformes de mantenimiento para cumplir con las especificaciones de calidad asignadas.
<b>Auditoría técnica</b>	Revisión efectuada por personal externo al fabricante, para asegurar el fiel cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura vigente.
<b>Auto inspección</b>	Inspección efectuada por personal técnico calificado propio de la empresa, que evalúa periódicamente la aplicabilidad y efectividad de las buenas prácticas de salud.
<b>Confiabilidad</b>	Probabilidad de que una parte de la maquina o equipo esté funcionando adecuadamente en un momento preciso y bajo circunstancias definidas.
<b>Desgaste</b>	Partículas pequeñas de material producidas por el rozamiento de dos superficies de contacto.
<b>Disponibilidad</b>	Relación porcentual del tiempo en que una maquina está en condiciones apropiadas para desarrollar su labor.

<b>Eficiencia</b>	Capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable.
<b>Evaluación</b>	Valoración de conocimientos, actitud y rendimiento de una persona o de un servicio.
<b>Incidente</b>	Circunstancia que sucede de manera inesperada y que puede afectar al desarrollo de un proceso o actividad, aunque no llega a provocar lesión.
<b>Lubricación</b>	Tarea con el fin de controlar el desgaste entre dos superficies.
<b>Monitoreo</b>	Proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada.
<b>Orden de trabajo</b>	Instructivo en el cual se describen las tareas de mantenimiento a realizar por el departamento de mantenimiento.
<b>Tiempo muerto</b>	Tiempo en el cual se detiene el proceso productivo.
<b>Tolerancia</b>	Diferencia dimensional entre un agujero y un eje.
<b>Voso</b>	vista, olfato, sentir y oír

## RESUMEN

SMO Servicios Industriales una empresa dedicada a la fabricación y montaje de estructuras y equipos industriales, fabricación o mecanizado de elementos mecánicos aportando soluciones y mejoras a los proyectos asignados en calidad y tiempo requerido por nuestros clientes.

Debido al enfoque de mejora continua se presenta la necesidad de organizar el mantenimiento de los equipos de una manera técnica, debido a la constante utilización del mantenimiento correctivo que no cumplía con las expectativas de la gerencia, además se investiga cual es el estado de las máquinas con respecto a la calidad y producción de las piezas mecanizadas.

La solución planteada en este trabajo que lleva por nombre Propuesta de plan de mantenimiento preventivo en área de mecanizado en SMO Servicios Industriales es una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que establece de manera clara tres actividades relacionadas con lubricación, mantenimiento eléctrico o electrónico y mantenimiento mecánico. Para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo se identificó la información operativa y tecnológica, condiciones de trabajo, calidad del producto fabricado y tiempos de fabricación en las máquinas de esta manera se pretende dar posibles soluciones a la problemática actual de la empresa.

Una vez puesta en servicio la presente propuesta de mantenimiento, se espera lograr la reducción de los daños no programados de máquina, la entrega de productos con la calidad acordada y la reducción de los costos de fabricación.



# OBJETIVOS

## General

Propone el plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos.

## Específicos

1. Alcanzar un valor determinado de disponibilidad de equipo.
2. Identificar los equipos con necesidad de mayor disponibilidad.
3. Mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando reducir las incidencias antes de que estas ocurran por medio del plan de mantenimiento.
4. Evitar y reducir el tiempo de parada del equipo.
5. Identificar en que momentos durante la producción ocurren las fallas.



## INTRODUCCIÓN

La empresa SMO Servicios Industriales posee amplia trayectoria en Guatemala en la fabricación y mecanizado de elementos mecánicos a diferentes clientes industriales en el país, poseen más de diez años de experiencia en satisfacer dicha demanda dentro de la ciudad capital y hacia maquinaria industrial en los departamentos donde la industria se ha posicionado fuertemente.

La intención de la empresa es evaluar, identificar y solucionar los continuos fallos en sus equipos de fabricación, ya que no poseen un programa preventivo que permita identificar las posibles causas que originan los paros inesperados, retrasando el proceso de producción, alargando las fechas de despacho de las piezas fabricadas y generando así un colectivo de problemas entre sus clientes antiguos y clientes nuevos.

De tal forma que se inicia con el ejercicio profesional supervisado para apoyar a dicha empresa, situando las bases iniciales por medio de evaluación técnica y en apoyo con bibliografías empleadas en diferentes cursos donde se llevan a la práctica aquellas actividades que permitan identificar los puntos débiles que suscitan la mala práctica por el personal de mantenimiento en garantizar la continuidad de las operaciones diarias donde no se presenten problemas en los equipos, así mismo, se integra un marco teórico que servirá de fundamento de la teoría empleada en el desarrollo del EPS, se evalúan aspectos puntuales, aspectos críticos, ineficiencias por mala preparación de los mecánicos y se presentan aquellas soluciones consideradas viables, donde se involucre inversión pero con equilibrio óptimo para evitar fallas futuras.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Descripción de la empresa**

SMO Servicios Industriales es una institución privada, fundada por el Ing. Francisco Rivera Fonseca, cabe mencionar que la empresa también se dedica a la manufactura de elementos mecánicos tales como ejes, cuñeros, engranajes, rectos, helicoidales, encamisados, rectificado, poleas, fabricación de todo tipo de piezas a base de planos o según una muestra, contando también así con todo tipo de soldaduras especiales, montaje y ensamblaje de equipo a nivel industrial.

Además, brinda servicios de mantenimientos preventivos y correctivos de maquinaria industrial, así mismo como la conservación de los mismos, otra especialidad de la empresa es prestar servicios de instalación de equipo industrial sin importar el dimensionamiento o la región geográfica dentro de Guatemala. Las instalaciones de la empresa donde se acomodan los departamentos administrativos y operativos se encuentran en el kilómetro 64 Escuintla de donde se organizan los envíos realizados a pedidos en fabricación de estructuras o piezas en tornos.

La plantilla de la empresa ha crecido exponencialmente conforme el crecimiento de ejecución de proyectos, originalmente se trabajaba con 4 torneros y a finales del año 2021 se poseen 8 torneros, 4 fresadores, 8 mecánicos y 8 instaladores, dentro de esa distribución de personal se pueden identificar 3 supervisores y un jefe de área quien prepara mensualmente los informes que serán enviados al fundador de la empresa.

La mayor fuerza de ventas y solicitud de piezas mecánicas a medida es por la industria azucarera que distribuida en la Costa Sur solicita fabricación, rectificación e instalación de un sinfín de artículos, algunos son para maquinaria industrial y otros pueden ser piezas de estructuras metálicas fijas o móviles. Ante el crecimiento de la demanda de fabricar o rectificar piezas en los equipos de SMO se fueron descuidando los programas de mantenimiento, por lo que se dio origen a fallas en cascada, cuando un equipo fallaba se enviaba el doble o triple de trabajo a otro equipo lo que hacía llevar a un punto máximo de exigencia y se generaba una nueva falla.

De tal forma que solo se implementaba mantenimiento correctivo, originando así otro subconjunto de fallas administrativas, de operaciones y de retrasos, ya que al no poseer la planificación adecuada en los futuros mantenimientos se desconocían las tareas necesarias para sustituir fluidos, piezas con desgaste, bandas o fajas de transmisión entre poleas, entre otros.

El conjunto de problemas se incrementaba al no poseer el stock de repuestos mínimos y necesarios que permitan mantener la maquinaria y todos los equipos en funcionamiento, algo tan sencillo y poco complejo como un fusible puede dejar un torno sin trabajar hasta por 20 días mientras se espera que el fabricante envíe dicho repuesto de Norteamérica o alguna casa matriz sustituta.

Dentro de la empresa no se ha logrado experimentar tareas de monitoreo, tareas preventivas de limpieza, tareas diarias de supervisión por todo el personal que interactúa en el área de maquinado y fabricación, aquellas personas que poseen una cierta tarea asignada solamente buscan el material base que será transformado, solicitan su guía de trabajo y se dirigen al equipo disponible a trabajar, hasta alcanzar los resultados finales deseados.

### 1.1.1. Ubicación

La empresa se encuentra dentro de una lotificación industrial llamada Premier con lote #33 en el kilómetro 64 ruta antigua hacia Escuintla.

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Maps. *ubicación*. <https://www.google.com/maps/search/lotificaci%C3%B3n+industrial+premier/@14.4083202,-90.7002939,13.25z>. Consulta: febrero 2022.

### 1.1.2. Historia

La empresa inicia operaciones en cercanías de Palín a finales del año 2013 presentándose como una opción viable a soluciones de fabricación, rectificación y montaje de estructuras, por lo que el Ingeniero fundador arranca operaciones con un torno y una fresadora, conformando un equipo de 5 ayudantes con múltiples funciones, sus ayudantes poseían diferentes habilidades como el manejo eficiente del torno, conocimiento de soldadura autógena y soldadura eléctrica, maquinado y fabricación de estructuras metálicas a medida, así como la instalación. Luego de dos años trabajando de esa forma inician su expansión en servicios, adquiriendo más equipos e incrementando su mano de obra para lograr masificar sus servicios y productos.

### 1.1.3. Misión

Somos una empresa dedicada a la fabricación y montaje de estructuras y equipos industriales, fabricación o mecanizado de elementos mecánicos aportando soluciones y mejoras a los proyectos asignados en calidad y tiempo requerido por nuestros clientes.<sup>1</sup>

### 1.1.4. Visión

Ser una empresa líder en Guatemala para el mantenimiento industrial fabricación de elementos a través de la mejora continua como empresa y prestar un servicio personalizado a cada uno de nuestros clientes.<sup>2</sup>

### 1.1.5. Valores

Ha destacado el fundador un conjunto de valores que todo el personal deberá aplicar en su diario vivir cuando representa a la empresa.

Figura 2. Valores de SMO



Fuente: SMO Servicios Industriales. *Memoria de labores*. p. 6.

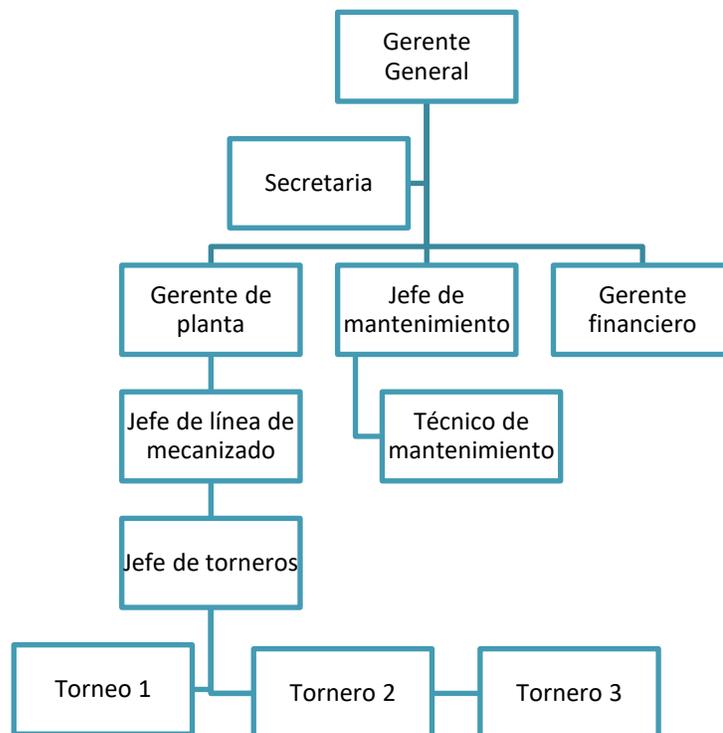
<sup>1</sup> SMO Servicios Industriales. *Memoria de labores*. p. 3.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

### 1.1.6. Organigrama

La empresa posee estructura vertical descendente, con mando medios para trasladar las tareas y programación diaria del trabajo.

Figura 3. Organigrama de la empresa



Fuente: SMO Servicios Industriales. *Memoria de labores*. p. 10.

### 1.2. Descripción del problema

La empresa ha presentado gradualmente problemas en sus equipos, paros inesperados por fallas comunes especialmente en el área de máquinas herramientas o de mecanizado, esto debido al incremento de la demanda de

fabricación de piezas por diferentes industrias circundantes de la costa sur. La mayoría de sus clientes son empresas productoras o procesadoras de alimentos las cuales poseen ritmos de producción intermitente-continuo por lo que sus equipos alcanzan niveles críticos de operación generando desperfectos mecánicos, al incrementarse dichos problemas en la citada industria se traduce en solicitudes de órdenes de trabajo para SMO hacia el área de mecanizado.

La empresa en su gradual expansión de servicios y de fabricación de piezas incluyendo el mecanizado ha descuidado sus programas de mantenimiento, dejando por un lado aquellas tareas preventivas y migrando hacia el modelo correctivo, donde sus labores cotidianas y el alto tráfico de trabajo generan infinitos desgastes prematuros y desperfectos mecánicos a sus equipos, los cuales se verán reflejados en la mala calidad del producto terminado y la poca conservación de sus equipos y de las máquinas herramientas.

SMO Servicios Industriales aunque se ha destacado por su gran aporte a la industria con lo referente a la fabricación de elementos mecánicos de todo tipo adolece de pérdidas en el proceso productivo que parcialmente son debidas a las deficiencias en el sistema de administración del mantenimiento de sus máquinas por aplicar conceptos exclusivos de reparación, que conlleva a la falta de políticas de inventario de repuestos, a la ausencia de programas de capacitación del recurso humano en temas de mantenimiento y conservación de los equipos lo cual impacta negativamente en cuanto a la disponibilidad del recurso productivo en general.

SMO ha estado sumergido en un mantenimiento que básicamente se aplica con el uso de los equipos cuando estos fallan, cabe resaltar que la empresa no cuenta con manuales de fabricante o documentos que es proporcionen referencias adecuadas para realizar actividades de operación y mantenimiento

en los equipos es por eso que se crea la necesidad de implementar guías para mantener un alto grado de confiabilidad de los equipos.

Dada la total relación entre la actividad productiva y el mantenimiento de los equipos involucrados en ella, toda falla de proceso que se presenta actualmente en la empresa representa pérdidas económicas que se reflejan invariablemente en el costo del producto, en el nivel de cumplimiento de las órdenes de compra y, en resumen, en la estabilidad de la empresa.

Ante tan extraordinario nivel de competidores no queda muchas opciones diferentes a la de optimizar a costo rentable los recursos disponibles como un plan inmediato considerando el amplio conocimiento tecnológico del producto, de los requerimientos del mercado y la favorable aceptación de la industria local, actividad que es factible al observar que los equipos seleccionados están en una condición recuperable que descarta su reposición.

### **1.2.1. Retrasos en producción**

El área de mecanizado ha presentado incrementos en fallas mecánicas, fallas en sistema eléctrico, fallas en dispositivos de seguridad eléctricos de los equipos, por lo que la gestión del trabajo se detiene o se traslada hacia una sola estación incrementando la carga a un puesto de trabajo, lo que genera estrés por el alto flujo de trabajo acumulado, el jefe de torneros y el jefe de mantenimiento identifican las fallas para que el técnico de mantenimiento pueda llegar a solucionarlo, que es el momento donde se limitan en solucionarlos por la ausencia de repuestos en bodega, algunos repuestos pueden ser necesarios solicitarlos al extranjero hasta con 15 días de espera para ser despachados en las oficinas de SMO.

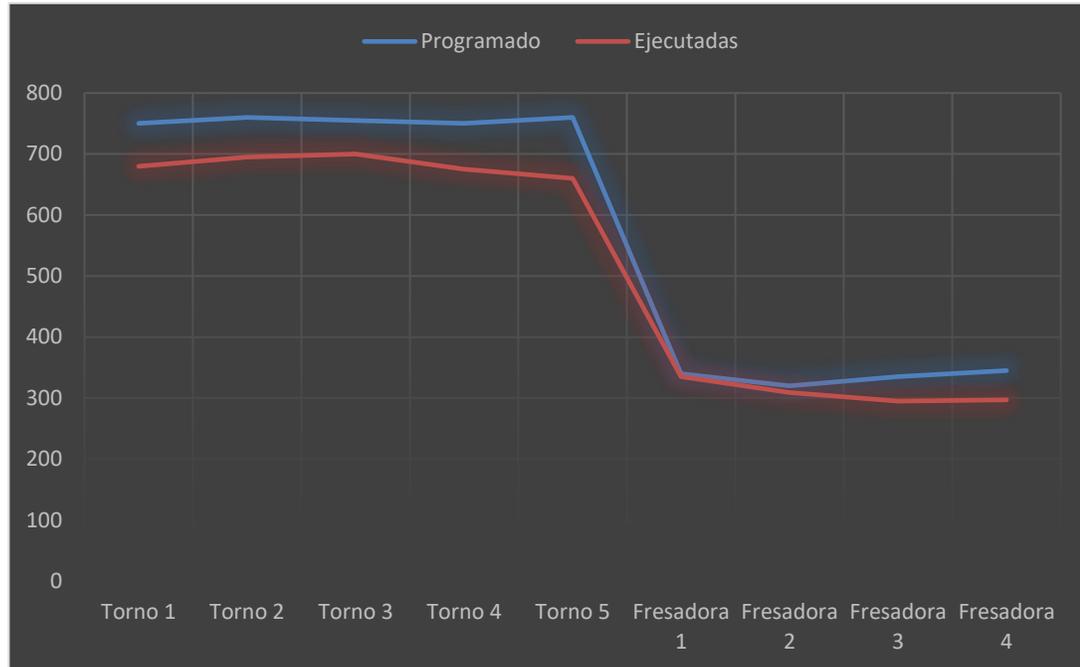
Los retrasos generalmente modifican la programación en la producción estimada, la empresa distribuye el maquinado en sus 5 tornos y los detalles finales o algunos otros trabajos de fabricación de piezas en sus 4 fresadoras, cuando falla 1 o más de los tornos se dividen las tareas hacia el más próximo ya que la distribución es simétrica no se carga más un equipo en trabajos pendientes que otro.

**Tabla I. Informe de fallas y trabajos trasladados a otro torno interno en el último trimestre del año 2021**

<b>Maquinaria o equipo</b>	<b>Ordenes de trabajo programadas para el último trimestre</b>	<b>Ordenes de trabajo ejecutadas en el último trimestre</b>	<b>Estación hacia donde se trasladó la orden de trabajo</b>	<b>Tiempo muerto total considerando 10 horas efectivas al día</b>
Torno 1	750	680	2	120
Torno 2	760	695	3	135
Torno 3	755	700	4	90
Torno 4	750	675	5	105
Torno 5	760	660	2	95
Fresadora 1	340	335	-	6
Fresadora 2	320	309	3	12
Fresadora 3	335	295	4	18
Fresadora 4	345	297	2	15
<b>Total, de tiempo muerto para el área de mecanizado</b>				<b>596</b>
Costo aproximado por hora efectiva de trabajo según SMO (Q 185,00)				<b>Q 110 260,00</b>

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Figura 4. **Presentación de las ordenes programadas versus las ejecutadas**

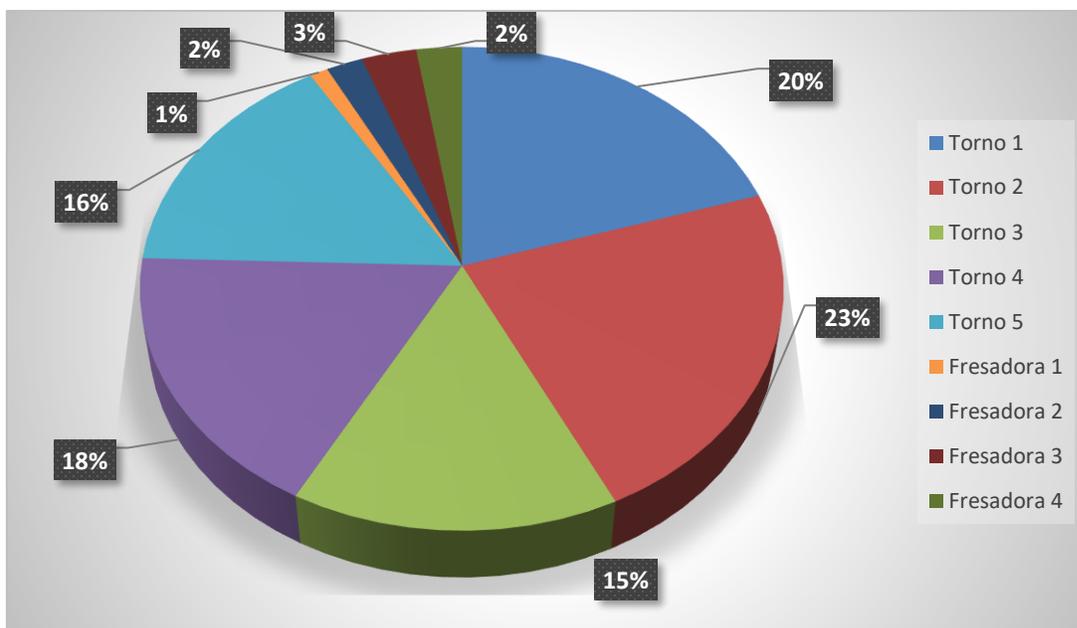


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

La gráfica anterior representa en la curva azul el trabajo programado para los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2021, esas órdenes de trabajo ingresaron para trabajo varios de fabricación y mecanizado, ya que la empresa posee 5 tornos y 4 fresadoras donde se distribuye la mayor cantidad de trabajo se presenta dicho diagrama, la línea roja es la representación del trabajo real alcanzado, se percibe claramente que solamente la fresadora 1 logró cumplir con su carga asignada, a diferencia de los 5 tornos y las otras 3 fresadoras, en la empresa se ha hecho como regla principal que si una estación presenta problemas o inoperación el trabajo será trasladado a la estación más cercana de trabajo, por lo que se carga más volumen de trabajo sin orden o control por asignación efectiva de trabajo.

En general se registraron 596 horas de tiempo muerto que la empresa ha valorado cada hora a un costo de Q 185,00 por lo que el total en pérdidas operativas asciende a Q 110 260,00 sin tomar en consideración otras perdidas asociadas, tales como el costo de oportunidad.

Figura 5. **Distribución porcentual del tiempo muerto por maquinaria o herramienta**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

La fresadora 3 es la que presenta mayor tiempo muerto, para la empresa es prescindible encontrar la causa de las fallas ya que todos sus equipos están trabajando con problemas de producción, el peor de los escenarios es que en un determinado momento los tornos y las fresadoras pueden colapsar al mismo tiempo generando retrasos en despachos a los clientes contratistas, ante esa situación pueden plantearse demandas legales ya que afectaría su producción por esperar los repuestos de sus equipos.

### 1.2.2. Estado actual de los equipos

Se emplearon diferentes técnicas de evaluación para establecer el estado operativo actual de los equipos y de las maquinas herramientas en la empresa, la técnica V.O.S.O. fue la de mayor representación por ser un método directo donde se emplean menores recursos económicos o de análisis de laboratorios como pruebas de lubricantes.

Tabla II. **Inventario de equipo en área de mecanizado y su condición actual**

Ítem	Herramienta	Cantidad	Excelente	Regular	Mal
1	Pulidora	4	1	2	1
2	Barreno	4	2	1	1
3	Cabezal divisor	3	-	3	-
4	Prensa de banco	3	1	1	1
5	Prensa de fresadora	3	1	1	1
6	Buril derecho	15	8	2	5
7	Buril izquierdo	15	9	3	3
8	Buril de centro	15	10	2	3
9	Juego de llaves milimétricas	4	1	2	1
10	Juego de llaves americanas	4	2	1	1
11	Juego de llaves Allen	2	1	1	-
12	Juego de llaves Torx	2	1	1	-
13	Brocas de centro	10	7	2	1
14	Juegos de brocas MM	5	3	2	-
15	Juegos de brocas americanas	5	1	2	2
16	Juegos de machuelos MM	3	2	1	-
17	Juegos de machuelos americanos	3	2	1	-
18	Juego destornilladores	4	2	1	1
19	Juego de pinzas	4	2	1	1
20	Extractor de cojinetes	6	3	2	1
21	Juego de fresas modulares	4	2	1	1
22	Juego de fresas de desbaste	3	2	1	-

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel 2016.

Tabla III. **Inventario de máquinas para trabajos de mecanizado y su condición actual**

Ítem	Herramienta	Cantidad	Excelente	Regular	Mal
1	Torno Logan	3	1	1	1
2	Torno Dainichi	2	-	1	1
3	Fresadora Bridgeport	4	-	3	1
4	Cepillo Industrial	1	-	1	-

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel 2016.

### **1.3. Marco teórico**

Para el desarrollo del mismo se emplea material bibliográfico de diferentes autores nacionales y extranjeros, la idea de incluir este apartado es generar una herramienta hacia el lector para conocer con mayor capacidad los aspectos esenciales de la ingeniería mecánica.

#### **1.3.1. El torno en la industria de metalmecánica**

A través de la historia se han logrado conocer los avances de la tecnología, así como la creación de herramientas, equipos y maquinaria que lograron revolucionar la vida cotidiana como la propia industria en general, dicho así se reconoce el torno como una máquina herramienta construida y diseñada específicamente para la industria de metal mecánica, su función principal es la de transformar y construir piezas mediante el arranque de viruta.

El torno es una de las primeras máquinas inventadas, remontándose su uso aproximadamente al año 1000 y con certeza al 850 a. C. La imagen más antigua que se conserva de los primitivos tornos es un relieve encontrado en la tumba de Petosiris, sumo sacerdote egipcio, que murió a fines del siglo I.

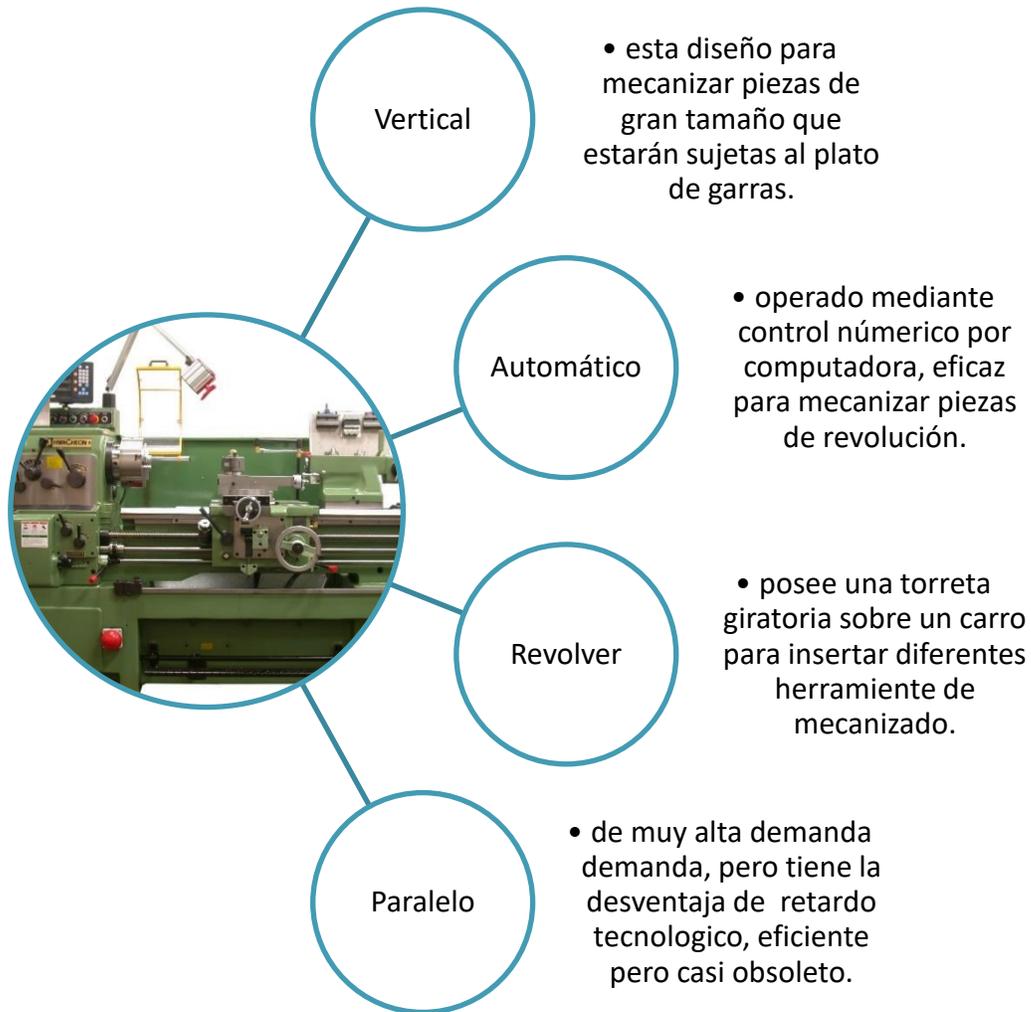
En 1250 nació el torno de pedal y flexible, que representó un gran avance sobre el accionado por arquillo, puesto que permitía dejar las manos del operario libres para manejar la herramienta. A comienzos del siglo XV se introdujo un sistema de transmisión por correa, que permitía usar el torno en rotación continua. A finales del siglo XV, Leonardo da Vinci trazó en su Códice Atlántico el boceto de varios tornos que no pudieron ser construidos en ese entonces, por falta de medios, pero que sirvieron de orientación para futuros desarrollos.

Hacia 1480 el pedal fue combinado con un vástago y una biela. Con la aplicación de este mecanismo nació el torno de accionamiento continuo, lo que implicaba el uso de biela manivela, que debía ser combinada con un volante de inercia para superar los puntos muertos. Se inició el mecanizado de metales no férreos, tales como: latón, cobre y bronce.

Con la introducción de algunas mejoras, este torno se siguió utilizando durante varios siglos. En la primitiva estructura de madera, se introdujeron elementos de fundición, tales como: la rueda, los soportes del eje principal, contrapunto, apoyo de herramientas y, hacia el año 1586, el mandril es una pieza metálica, cilíndrica, en donde se fija el objeto a tornear.

El modo de trabajar en cada paso del torneado, se rige por la forma, tamaño y número de piezas que han de elaborarse, así como la calidad superficial exigida en las mismas.

Figura 6. **Clasificación de los tornos**



Fuente: Stulen, Frank. *Clasificación y segmentación de los tornos*. pp. 76-84.

Es importante mencionar que los tornos convencionales como el de tipo paralelo es el que ha presentado mayor demanda en la industria metalmecánica por diferentes factores, destacando el valor de compra, la robustez del mismo comparado con tecnología CNC donde el trabajo puede ser muy preciso, pero más costoso.

### **1.3.1.1. Bancada**

Área que sirve de soporte y de guía para las otras partes del torno. Comúnmente se encontrarán tornos fabricados con fundición de hierro gris tipo hueca que permite el desahogo de virutas y fluidos refrigerantes, también posee nervaduras interiores para mantenerse rígida. En la parte inferior se encuentran unas guías con perfil especial, son diseñadas de tal forma que se puedan evitar las vibraciones, además se puede desplazar el cabezal móvil o contrapunta y el carro portaherramientas principal. El carro portaherramientas puede ser de acero templado o rectificado.

### **1.3.1.2. Cabezal fijo**

Es de fácil localización en el torno, posee forma cuadrado como de caja, es de material de fundición sólido ubicado en el extremo izquierdo del torno. En esa pieza se encuentran los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Además, se incluye el husillo, el motor, el selector de velocidad, el selector de sentido de avance y el selector de unidad de avance. El cabezal fijo sirve como soporte y rotación de la pieza de trabajo que está siendo apoyada en el husillo.

### **1.3.1.3. Contrapunto o cabezal móvil**

Se conoce así a aquel elemento utilizado para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, también tiene como función la recepción o colocación de otros elementos como mandriles, brocas para taladrados en el centro de las piezas y porta brocas en general.

#### **1.3.1.4. Carro longitudinal**

Pieza del torno que produce el movimiento de avance, se desplaza de forma manual o automática paralelamente al eje del torno. Su movimiento es a lo largo de la bancada.

#### **1.3.1.5. Carro transversal**

Su movimiento es perpendicular al eje del torno de forma automática o manual, por medio de esta parte en especial se puede determinar la profundidad de la pieza que está siendo maquinada. El carro transversal se encontrará situado o colocado sobre el carro anterior.

#### **1.3.1.6. Carro superior orientable**

Su función consiste en poder ser orientado en cualquier dirección angular, mejorando el ataque a la pieza de maquinado, esta pieza está formada a su vez por dos piezas adicionales, una de ellas llamada base y la otra el portaherramientas.

#### **1.3.1.7. Puntos**

Son empleados para sujetar los extremos libres de las piezas a trabajar, pero de longitud considerable que pueden presentar efecto de oscilación al rotar el plato de sujeción. Dichos puntos pueden ser fijos o giratorios, de ser fijos deberán mantener su punta constantemente lubricada, de ser giratorios no necesitan lubricación ya que en su interior cuentan con un juego de rodamientos que le permiten clavar y mantener fija su cola mientras su punta gira a la misma velocidad de la pieza con la que se está en contacto.

### **1.3.1.8. Torno paralelo**

También puede ser considerado como una máquina herramienta de accionamiento mecánico que puede ser utilizada para cortar metal y torneear.

### **1.3.2. Fresadora**

Inventadas a principios del siglo XIX, las fresadoras se han convertido en máquinas básicas en el sector del mecanizado. Gracias a la incorporación del control numérico, son las máquinas herramientas más polivalentes por la variedad de mecanizados que pueden realizar y la flexibilidad que permiten en el proceso de fabricación. La diversidad de procesos mecánicos y el aumento de la competitividad global han dado lugar a una amplia variedad de fresadoras que, aunque tienen una base común, se diferencian notablemente según el sector industrial en el que se utilicen. Asimismo, los progresos técnicos de diseño y calidad que se han realizado en las herramientas de fresar, han hecho posible el empleo de parámetros de corte muy altos, lo que conlleva una reducción drástica de los tiempos de mecanizado.

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Mediante el fresado es posible mecanizar los más diversos materiales como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras y de dentado. Además de las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras requiere de personal cualificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador.

#### **1.3.2.1. Descripción de la fresadora**

Con el uso creciente de las fresadoras de control numérico están aumentando las operaciones de fresado que se pueden realizar con este tipo de máquinas, siendo así que el fresado se ha convertido en un método polivalente de mecanizado. El desarrollo de las herramientas ha contribuido también a crear nuevas posibilidades de fresado además de incrementar de forma considerable la productividad, la calidad y exactitud de las operaciones realizadas.

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.

Las herramientas de fresar se caracterizan por su diámetro exterior, el número de dientes, el paso de los dientes, distancia entre dos dientes consecutivos y el sistema de fijación de la fresa en la máquina. Para lograr comprender que es una fresadora y sus atributos es necesario saber que, según la orientación del árbol principal, respecto a la superficie de la mesa podrán determinar el tipo de fresadora, en la industria metalmecánica destacan 2 tipos de fresadoras principales:

- Fresadora horizontal
- Fresadora vertical de torreta

Tabla IV. **Trabajos de fresado comúnmente encontrados en la industria de metalmecánica**

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
Planeado	La aplicación más frecuente de fresado es el planeado, que tiene por objetivo conseguir superficies planas. Para el planeado se utilizan generalmente fresas de planear de plaquitas intercambiables de metal duro, existiendo una gama muy variada de diámetros de estas fresas y del número de plaquitas que monta cada fresa. Los fabricantes de plaquitas recomiendan como primera opción el uso de plaquitas redondas o con ángulos de 45° como alternativa.
Fresado en escuadra	Variante del planeado que consiste en dejar escalones perpendiculares en la pieza que se mecaniza. Para ello se utilizan plaquitas cuadradas o rómbicas situadas en el portaherramientas de forma adecuada.
Cubicaje	La operación de cubicaje es muy común en fresadoras verticales u horizontales y consiste en preparar los tarugos de metal u otro material como mármol o granito en las dimensiones cúbicas adecuadas para operaciones posteriores. Este fresado también se realiza con fresas de planear de plaquitas intercambiables.
Ranurado de forma	Se utilizan fresas de la forma adecuada a la ranura, que puede ser en forma de T, de cola de milano.

Continuación de la tabla IV.

Ranurado recto	Para el fresado de ranuras rectas se utilizan generalmente fresas cilíndricas con la anchura de la ranura y, a menudo, se montan varias fresas en el eje porta fresas permitiendo aumentar la productividad de mecanizado. Al montaje de varias fresas cilíndricas se le denomina tren de fresas o fresas compuestas. Las fresas cilíndricas se caracterizan por tener tres aristas de corte: la frontal y las dos laterales. En la mayoría de aplicaciones se utilizan fresas de acero rápido ya que las de metal duro son muy caras y por lo tanto solo se emplean en producciones muy grandes.
Corte	Una de las operaciones iniciales de mecanizado que hay que realizar consiste muchas veces en cortar las piezas a la longitud determinada partiendo de barras y perfiles comerciales de una longitud mayor. Para el corte industrial de piezas se utilizan indistintamente sierras de cinta o fresadoras equipadas con fresas cilíndricas de corte. Lo significativo de las fresas de corte es que pueden ser de acero rápido o de metal duro. Se caracterizan por ser muy delgadas del orden de 3 mm aunque puede variar, tener un diámetro grande y un dentado muy fino. Se utilizan fresas de disco relativamente poco espesor de 0,5 a 6 mm y hasta 300 mm de diámetro con las superficies laterales retranqueadas para evitar el rozamiento de estas con la pieza.
Ranurado de chaveteros	Se utilizan fresas cilíndricas con mango, conocidas en el argot como bailarinas, con las que se puede avanzar el corte tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este.
Copiado	Para el fresado en copiado se utilizan fresas con plaquitas de perfil redondo a fin de poder realizar operaciones de mecanizado en orografías y perfiles de caras cambiantes. Existen dos tipos de fresas de copiar: las de perfil de media bola y las de canto redondo o tóricas.
Fresado de cavidades	En este tipo de operaciones es recomendable realizar un taladro previo y a partir del mismo y con fresas adecuadas abordar el mecanizado de la cavidad teniendo en cuenta que los radios de la cavidad deben ser al menos un 15% superior al radio de la fresa.

Continuación de la tabla IV.

Fresado de engranajes	El fresado de engranajes apenas se realiza ya en fresadoras universales mediante el plato divisor, sino que se hacen en máquinas especiales llamadas talladoras de engranajes y con el uso de fresas especiales del módulo de diente adecuado.
Fresadora vertical de torreta	Las fresadoras verticales poseen el husillo portaherramientas de modo que la fresa gira sobre su eje horizontal y perpendicular a la pieza. Una característica de esta herramienta es la posibilidad de moverse verticalmente.

Fuente: STULEN, Frank. *Clasificación y segmentación de los tornos*. pp. 92-96.

### **1.3.2.2. Fresadora horizontal**

Dicho equipo consta de una columna donde una fresa cilíndrica es soportada en uno de sus extremos y en el otro extremo soportada por un rodamiento, posee diversas funciones, pero una de sus funciones principales es la producción de ranuras de distintos grosores, así también, de la fabricación de varias que servirán con fresas especiales paralelas llamadas tren de fresado para optimizar y mejorar la productividad del trabajo.

### **1.3.2.3. Bastidor**

Es una especie de cajón de fundición, de base reforzada y generalmente rectangular. Por medio del bastidor se apoya la máquina en el suelo. Es el sostén de los demás órganos de la fresadora

### **1.3.2.4. Husillo**

Es uno de los elementos esenciales de la máquina, puesto que es el que sirve de soporte a la herramienta y le da movimiento. El husillo recibe el

movimiento a través de la caja de velocidades, que a su vez es movido por el motor.

#### **1.3.2.5. Caja de velocidades del husillo**

Tiene una serie de engranajes que pueden acoplarse según diferentes relaciones de transmisión. Esto permite una extensa gama de velocidades del husillo principal.

#### **1.3.2.6. Consola**

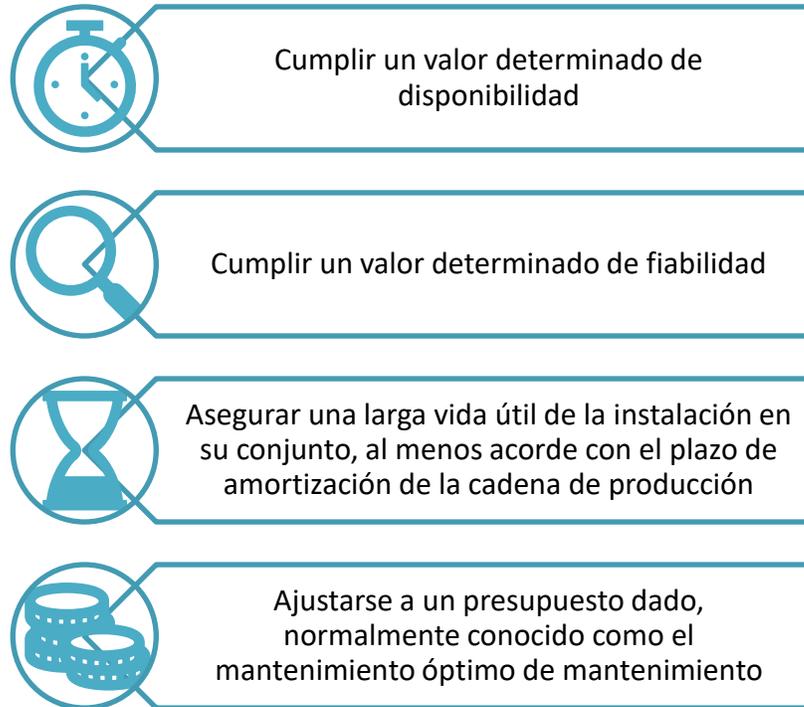
Sirve de apoyo a la mesa y sus mecanismos de accionamiento. Se desliza verticalmente en el bastidor a través de una guía por medio de un tornillo telescópico y una tuerca fija.

### **1.4. Tipos de mantenimiento**

Se denomina mantenimiento al procedimiento mediante el cual un determinado bien recibe tratamientos a efectos de que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias exteriores no lo afecte. Existe gran multitud de campos en los que el término puede ser aplicado, ya sea tanto para bienes físicos como virtuales.

Así, es posible referirse al mantenimiento, de un equipo industrial, de un vehículo, de conjunto de programas o de un sistema. El mantenimiento suele ser llevado a cabo por especialistas en la materia ya que conocen las técnicas necesarias para garantizar la continuidad de las operaciones en el equipo o maquinaria que se desea preservar, es importante reconocer que el mantenimiento efectivo alarga el tiempo de vida útil del equipo.

Figura 7. **Objetivos esenciales del mantenimiento**



Fuente: FREDERIK, Paul. *El mantenimiento y sus aristas en la industria*. p. 145.

#### 1.4.1. **Mantenimiento correctivo**

Se conoce así al mantenimiento de tipo industrial que consiste en reparar o corregir los errores de cierto equipo que según el uso intermitente pueden ir presentando desgastes. El mantenimiento correctivo idealmente debería ser planificado según el uso demandado, así como el tipo de desgaste que ya se ha previsto en el plan de mantenimiento. También puede ser no programada o no planificado, eso ocurre cuando se presenta una falla o defecto en algún momento inesperado. En la industria aeronáutica se han desarrollado tareas de mantenimiento correctivo, aunque la aeronave no haya despegado, eso se realiza por criterio de caducidad de lubricantes o piezas especiales.

#### **1.4.2. Mantenimiento preventivo**

Consiste en una intervención sistemática del equipo, aunque este aún no haya dado señas de desgaste o error. Se tienen en cuenta las vulnerabilidades de la maquinaria y los materiales y se planea el mantenimiento en el momento oportuno para no llegar a necesitar una reparación seria. Requiere un buen plan de mantenimiento industrial.

#### **1.4.3. Mantenimiento predictivo**

Es un mantenimiento industrial que requiere de un correcto plan de mantenimiento industrial, por medio de ese plan se realiza un análisis constante del equipo o maquinaria para poder descubrir si las variables de la maquinaria cambian y así se pueda predecir las averías y los errores previamente a que se produzcan.

Para lograr adoptar ese tipo de mantenimiento industrial es necesario realizar un conjunto de mediciones y monitoreos al equipo de interés. Algunas de sus variables que deberán ser consideradas en especial son la vibración, la temperatura y el consumo de energía en los procesos productivos. Luego de reconocer dichos parámetros se pueden clasificar valores normales y otros fuera de un respectivo rango normal, de donde se podrán obtener variaciones donde se indiquen posibles problemas en el equipo.

Realizando dichas actividades es menos probable que se presenten averías en los equipos, para lograr obtener ese tipo de mantenimiento es mayor recolección de datos y poseer una base informática.

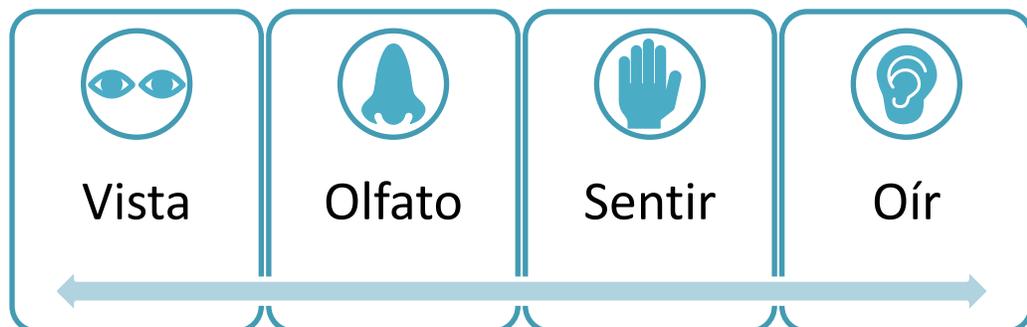
## 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

### 2.1. Técnica VOSO

Las generalidades de la práctica diaria hacen y requieren emplear el conjunto total de conocimientos aprendidos en la carrera universitaria, por lo que al llevar a la rutina del control y monitoreo de los equipos en la empresa SMO se decidió con sus autoridades incorporar una herramienta que por sencilla es eficaz en la evaluación, inspección y clasificación de las causas que originan las fallas en los equipos del área de metalmecánica.

Diferentes autores citan la técnica VOSO como una herramienta efectiva con bajo impacto en el recurso económico ya que son los sentidos de la persona responsable los utilizados para evaluar ciertas condiciones que determinarán la criticidad de los equipos, por lo que será necesario utilizar el sentido de la vista, sentido del olfato, sentido del tacto y sentido auditivo.

Figura 8. Orden sincronizado para evaluar los equipos

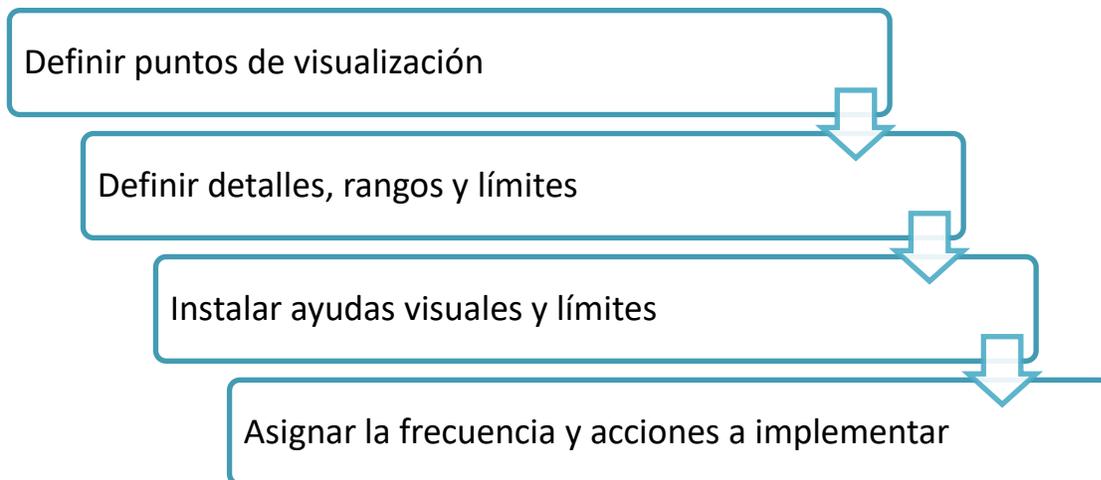


Fuente: BERNAL, Williams. *Mantenimiento predictivo al motor de combustión interna*. pp. 33-35.

Previo a iniciar labores se ha propuesto al departamento de mantenimiento que se realicen un conjunto de tareas de monitoreo preventivas para evaluar las condiciones generales de los equipos, ya que por una mínima falla que puede solucionarse previo al arranque de los equipos se pueden reducir aquellos resultados que comprometan la operatividad de los propios equipos.

Es importante reconocer que en la empresa se trabaja bajo condiciones atmosféricas especiales, el sector en si ya es considerado zona costera, por lo que la temperatura promedio de día puede alcanzar los 33 °C generando ciertos cambios físicos en lubricantes, aditivos o en los propios metales. Antes de dar marcha a los equipos se deberán monitorear las condiciones del medio ambiente, buscar fugas o fracturas en puntos críticos. Ya que la técnica VOSO es sencilla de replicar y de sentido común puede ser enseñada a los llamados torneros y a cada persona que es responsable de un equipo especial en el área de maquinado.

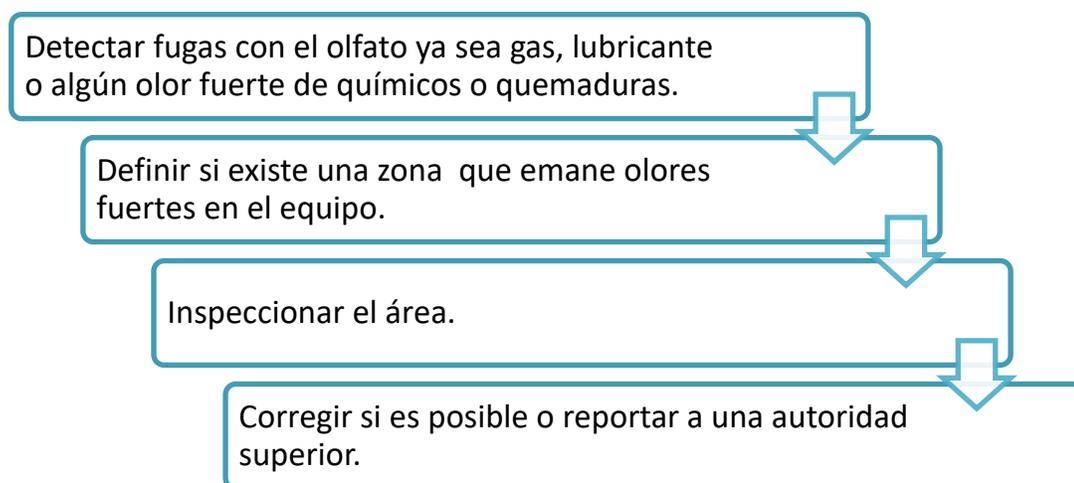
Figura 9. **Proceso del primer paso VISTA**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

En la puesta en marcha de este proceso se trabajó con el jefe de mantenimiento, ya que es la persona que posee mayor experiencia y conocimiento en los equipos, por medio de constantes revisiones se fueron encontrando fallas y puntos críticos en los equipos que no se reconocían por no prestarles la atención necesaria. Durante el transcurso de la puesta en marcha de este proceso también se logró trabajar con cada responsable de cada equipo haciendo un nuevo modelo de rutinas previo a iniciar el trabajo y que las actividades se puedan repetir al concluir las labores.

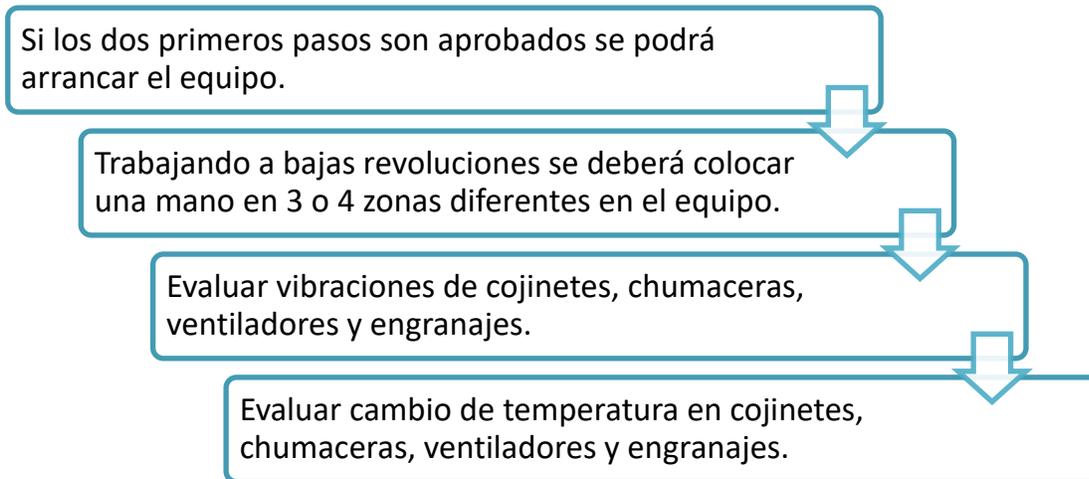
Figura 10. **Acciones para el segundo paso OLER**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Los equipos por su estado de antigüedad poseen ciertas debilidades, ya sea por desgaste, por fricción o por rozamiento se han consumido en poco tiempo las fajas o bandas de rotación, otros aspectos que el operario deberá identificar si al concluir una jornada de trabajo se presentan olores fuertes a metal quemado, caucho quemado o químico quemado que es el efecto de elevar la temperatura en los lubricantes, para así tomar acciones preventivas.

Figura 11. **Acciones para el tercer paso SENTIR**

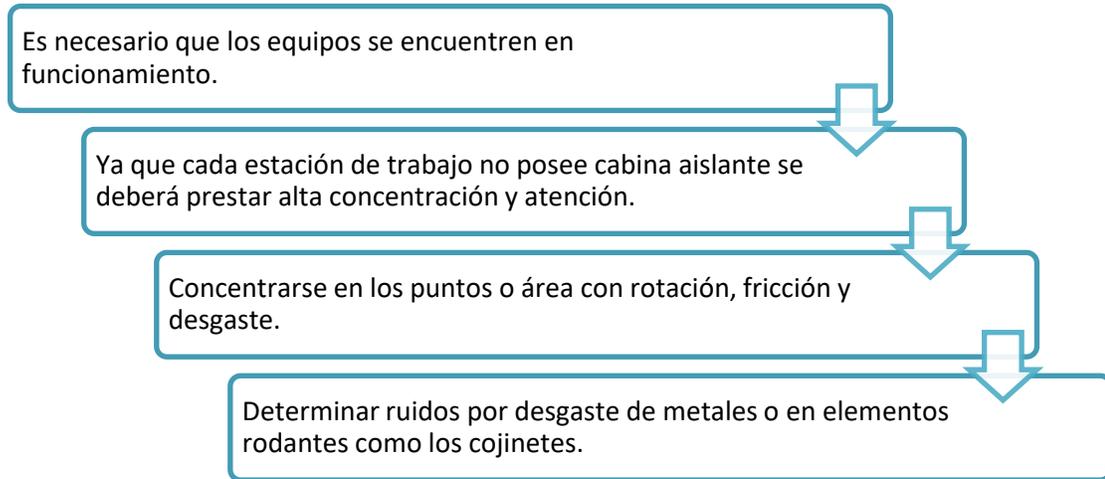


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Durante la inclusión de la teoría a la práctica se informó al personal que participaría en dichas tareas que los equipos poseen cambios de temperatura exponencial, en especial aquellas zonas donde se encuentra fricción o rodamientos, para así evitar quemaduras en manos, también se les informo sobre posibles accidentes por atrapamiento de manos para que al realizar el contacto en las zonas de interés se trabajar con alta concentración y precaución.

Trabajando con el jefe de mantenimiento se estableció que si los dos primeros pasos de la técnica VOSO son positivos o aprobados se podrá encender o arrancar el equipo, pero en el arranque se configurara en su menor zona de trabajo o en bajas revoluciones, la intención de cada prueba será determinar si presenta vibraciones, oscilaciones o algún movimiento fuera de lo normal, si la prueba es satisfactoria con resultados negativos se podrá continuar hacia la última evaluación, todo esto se realiza una vez al día por la mañana.

Figura 12. **Acciones para el cuarto paso OIR**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Ya que es la última tarea o acción previa a iniciar labores se deberá concentrar mucha atención, el área de mecanizado no posee separación física entre estaciones de trabajo, por lo que el arrancar todos los equipos puede superar los 60 decibeles haciendo un poco compleja la evaluación, de tal forma que se pudo llegar a un consenso con el jefe de mantenimiento adquirir un estetoscopio.

Si es posible la adquisición del estetoscopio se le asignaría a una persona de la empresa ha realizar las evaluaciones cotidianas, ya que es un proceso que requiere mayor disponibilidad de tiempo y que absorbería el tiempo efectivo de trabajo del responsable del equipo, durante la gestión de la práctica se realizó solamente con el oído pero en el avance de los días algunos de estos trabajadores identificaron aquellos ruidos provenientes de cojinetes y otros puntos que demostraron ser críticos para fallas futuras, puntos de sujeción en los mandriles o platos que deberían ser alineados con mayor excentricidad.

Tabla V. **Lista de chequeo propuesta para cada estación de trabajo**

<b>Lista de chequeo diario</b>			
Equipo:		Fecha y hora:	
Responsable:		Estación de trabajo #:	
<b>Antes de encender el equipo</b>			
<b>Buscar</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>	<b>Cantidad</b>
Cables sueltos			
Fugas			
Grietas y fisuras			
Nivel de aceite			
Nivel de refrigerante			
Condición en fajas			
Identificar olores			
<b>Arrancar y esperar 5 minutos</b>			
Identificar vibraciones			
Identificar ruidos extraños			
Identificar zonas con olores extraños			
Identificar zonas con cambio de temperatura			
Identificar piezas sueltas o con malas condiciones			
Observaciones:			
Confirmar de traslado a archivo:			
Firma responsable			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Es necesario que la lista de chequeo sea validada cada día en cada estación de trabajo en los tornos y las fresadoras, es responsabilidad compartida

colocar datos certeros evitando pasar por alto las fallas o problemas que puedan estar presentando los equipos ya que de ser así se puede sancionar al operario o trabajador a cargo de dicha actividad.

Cada día que transcurra el responsable del equipo deberá solicitar en la oficina o con la secretaria una nueva lista de chequeo, se trasladará hacia su estación de trabajo e iniciara la inspección, es importante que la inspección sea breve y puntual, en la inducción se realizaron practicas seguidas para familiarizarse con las acciones o tareas necesarias, iniciando con los equipos en reposo y apagados, luego de hacer su 360 y en apoyo a la técnica VOSO se anotarán aspectos relevantes que demuestren fallos en los equipos.

Al concluir la revisión con el equipo apagado se dará arranque y esperar 5 minutos para identificar ruidos, vibraciones, cambios abruptos de temperatura y si existe la presencia de material quemado o alguna zona de contacto con exceso de fricción que también pueda ser considerada zona de fuego, si se presentan alarmas en la inspección deberán ser anotadas y reportadas al jefe de mantenimiento.

La intención de la lista de chequeo es documentar diariamente las fallas o ajustes realizados a los equipos, de esa forma se iniciara la formación de archivo histórico a los equipos, ya que la empresa no posee dicho historial sobre reparaciones, fallas o ajustes a los equipos, dentro de ese nuevo modelo de operación también se podrán citar responsabilidades limitadas o responsabilidades compartidas, ya que al reportar una falla será responsabilidad del jefe de mantenimiento planificar el mantenimiento correctivo necesario, de no realizarse se puede prever una falla o paro no programado.

### 2.1.1. Puntos críticos del torno

Durante la fase de reconocimiento, adaptación, evaluación y clasificación de fallas se solicitó aquella información general a la empresa que pudiese mejorar el panorama general de las actividades diarias a realizar, por lo que se obtuvieron fichas técnicas generadas por una empresa auxiliar que ha prestado servicios de mantenimiento a SMO.

Figura 13. Ficha técnica del torno Logan propuesta

FICHA TÉCNICA DE TORNO  
SMO SERVICIO INDUSTRIAL

<b>Realizado por:</b>		Edson Martínez		<b>Fecha de Adquisición:</b>		10/12/2000	
<b>Máquina-Equipo</b>		Torno paralelo		<b>Ubicación</b>		SMO SERVICIO INDUSTRIAL	
<b>Fabricante</b>		Americano		<b>Sección</b>		Máquinas y herramientas	
<b>Modelo</b>		6560H		<b>Código en inventario</b>		xxxxxxx	
<b>Marca</b>		Logan					
<b>Peso</b>	<b>Potencia</b>	<b>RPM</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>			
4,000 lbs	1.5 kW	2,000	2.10 metros	0.87 metros			
<b>Características Técnicas</b>				<b>Foto de la máquina</b>			
Carro portaherramientas, Bancada, Contrapunto, Plato, Caja de velocidades automatizada.							
<b>Función</b>							
Es utilizada para el mecanizado de todo tipo de piezas de metal.							
<b>Fecha de mantenimiento</b>							
Cambio de aceite	Lubricación por grasera	Reparación y accesorios					
Anualmente	La lubricación de aplica diariamente después del uso.	-Reparación en 2015 -Cambio de rodamientos 2018.					

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

De la figura anterior se puede conocer valores específicos del torno, sobre los rangos de potencia de trabajo, el peso del mismo, sus medidas de bancada en ancho y largo, así como aquellos aspectos relativos al cambio de aceite, lubricación y su última reparación. El trabajo con torno, aunque sea un equipo o maquinaria robusto posee un sinnúmero de piezas móviles, graduaciones o escalas de trabajo, guías de trabajo y mecanismos sensibles que por el mal manejo pueden lastimarse ocasionando pésimos resultados al trabajar piezas de maquinado.

Tabla VI. **Puntos críticos del torno**

<b>Punto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Actividad preventiva</b>
Plato de sujeción de garras universal	Sujeta la pieza de trabajo en el cabezal y transmite el movimiento	Oscilación	Afinación concéntrica
Plato de sujeción de garras blandas	Sujeta la pieza de trabajo en el cabezal a través de una superficie ya acabada. Son mecanizados para un diámetro específico no siendo válidos para otros.	Fractura, oscilación, excentricidad, arranque de viruta asimétrica.	Afinación concéntrica, graduación, torque de apretado según manual del usuario del equipo.
Centros o puntos	Soportan la pieza de trabajo en el cabezal y en la contrapunta	Fractura de la pieza por mal ajuste.	Sujeción de la pieza a maquinar.
Perno de arrastre	Se fija en el plato del torno y en la pieza de trabajo, le transmite el movimiento a la pieza que está montada entre centros.	Ondulación, fractura o deformación del material de aporte que será trabajado.	Afinación concéntrica, afinación concéntrica y apretado a medida según el manual.

Continuación de la tabla VI.

Soporte fijo o luneta fija	Soporta el extremo extendido de la pieza de trabajo cuando no puede usarle la contrapunta.	Golpe en la bancada o en el cuerpo del torno por mal ajuste.	Sujetar la pieza a un punto de anclaje para evitar oscilación.
Soporte móvil o luneta móvil	Se monta al carro y permite soportar piezas de trabajo largas cerca del punto de corte.	Corte devastado o disfuncional. Arruinar la pieza de trabajo y provocar daños al carro en movimiento.	Graduar y calibrar según el ángulo de ataque necesario, trabajar a baja revolución para mejor control en la operación.
Plato de arrastre	Para amarrar piezas de difícil sujeción.	Oscilación, excentricidad al realizar el maquinado, desfasé del punto central.	Graduar y calibrar según el ángulo de ataque necesario, trabajar a baja revolución para mejor control en la operación.
Plato de garras independientes	Como su nombre lo indica, posee 4 garras que actúan de forma independiente unas de otras, sujeta las piezas que serán maquinadas, generalmente las que poseen diámetro mayor a 25 centímetros	Oscilación, excentricidad al realizar el maquinado, desfasé del punto central.	Graduar y calibrar según el ángulo de ataque necesario, trabajar a baja revolución para mejor control en la operación.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

La tabla anterior fue creada durante las actividades desarrolladas en uno de los tornos, conforme la experiencia que se fue adquiriendo al interactuar con las actividades diarias, la columna de riesgo y de actividades preventivas se diseña desde cero ya que el manual del usuario para cada equipo no describe esas acciones, según lo trabajado con algunas piezas complejas que sobresalían de la bancada del torno, así como otras piezas irregulares con mayores proporciones en diámetro a lo cotidiano.

Para los operarios o técnicos responsables de trabajar en los tornos es importante realizar los ajustes descritos en la tabla anterior, que puede considerarse algo común o de rutina pero que al trabajar bajo presión se pueden cometer errores sencillos con consecuencias grandes, al descuidar el apretado de los soportes o de los platos las piezas al girar a ciertas revoluciones pueden salir de su base y golpear al propio operario. Otro tipo de riesgo irreversible por la mala ejecución de dichas tareas es en la ocurrencia de lastimar el propio equipo de trabajo, aunque posea áreas de metal sólido o resistente pueden lastimarse piezas móviles, áreas de graduación que solamente pueden corregirse con el reemplazo de un conjunto de engranajes, que en general representarían altos costos de reparación.

La empresa conforme se le presentan herramientas que mejoren sus actividades cotidianas ha presentado entusiasmo por hacerlas vividas ya que no poseían instrumentos de evaluación que permitiera establecer el panorama general de sus equipos, de sus tareas preventivas y solamente actuaban con tareas correctivas, haciendo así uso ineficiente de los tiempos requeridos para producir trabajos solicitados y emplearlo en hacer funcionando dichos equipos, aunque el trabajo se ha realizado gradualmente ya se ha logrado avanzar hacia nuevos niveles de trabajo, dentro de este proceso se generó una evaluación general de los tornos y otros equipos auxiliares empleados en el trabajo.

Tabla VII. **Diagnóstico general de la maquinaria**

<b>Prueba</b>	<b>Parámetros medidos</b>	<b>Tornos</b>	<b>Fresadoras</b>
Inspección visual	Partes mecánicas, condiciones dinámicas, fisuras, alongamientos, deformaciones, suturas y limpieza del equipo.	Un torno posee una mala limpieza lo que provoca desgaste en la maquinaria, debido a este desgaste ya no se cuenta con una precisión del 100%.	En perfecto funcionamiento.
Aislamiento	Aislamiento de cables, conexiones de la máquina, conexión entre fase y tierra.	En perfecto funcionamiento.	Algunas maquinas poseen mal conexión de fase a tierra por lo que puede provocar en algún momento un corto circuito o la quema del panel de control de una descarga eléctrica.
Temperatura	Temperatura de trabajo, tiempo de enfriamiento.	En perfecto funcionamiento.	En perfecto funcionamiento.
Aparatos de control	Desajustes, comandos de inicio y parada, contactores.	En perfecto funcionamiento.	En perfecto funcionamiento.
Protecciones	Protección de fusibles, botón de emergencia, tiempo de parada.	Algunos de los tornos que se encuentran carecen de paros de emergencia.	En perfecto funcionamiento.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Durante el tiempo de la práctica se obtuvieron fotografías de las condiciones generales de algunos de los equipos presentes, los cuales se presentaron a las autoridades competentes de la empresa y con su aprobación se incluyen en el presente informe de investigación, para mostrar el panorama general de cómo se encuentran operando dichos equipos y en qué condiciones los operarios deberán mejorar sus hábitos de trabajo.

Figura 14. **Fresadora con bajo nivel de lubricante**



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

En la figura anterior se puede apreciar la fresadora #1 la de mayor antigüedad en la empresa, es uno de los que se ha dirigido mayor volumen de trabajo por su fiabilidad en detalles finos, pero se encuentra en condiciones deplorables.

Figura 15. **Problemas con los cables de conexión en torno #4**



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

De la figura anterior se aprecia otro factor común en los equipos del área de mecanizado, por diferentes factores o motivos se ha necesitado reemplazar la cabeza de acople o de conectividad a la corriente eléctrica, algunos de los operarios indicaron que se han sobrecalentado, que han hecho corto entre sus puntas u otros motivos generales.

Es importante para la empresa corregir todo este tipo de fallas que pueden generar accidentes en los puntos de trabajo, arco eléctrico o conato de incendio, durante la gestión se reestablecieron las conexiones de 4 equipos estacionarios, se reorganizó el sentido del empalmado y se instaló una nueva cabeza de tomacorriente con 3 puntas, para dos líneas vivas y una fase neutral, así evitar descarga eléctrica en temporada de invierno o por tempestad.

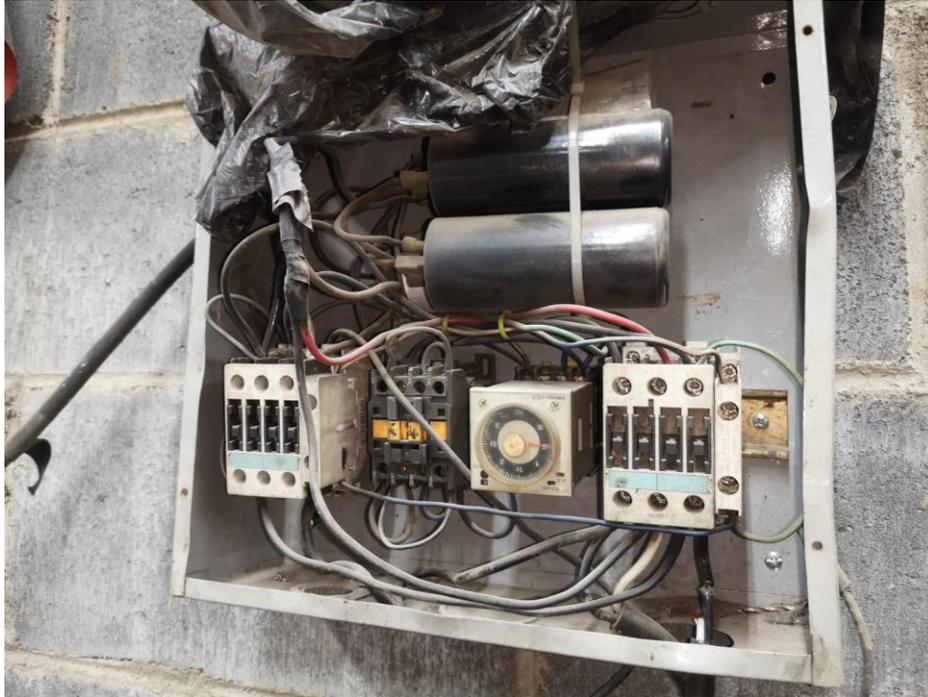
Figura 16. Torno con exceso de grasa o herrumbre



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

La limpieza es uno de los factores que afecta fuertemente a las estaciones de trabajo, en la nave industrial donde están instalados los tornos se construyó con zonas de tiro inducido natural de aire, por lo que el viento puede arrastrar contaminación ambiental externa, aunque se colocaron paneles y filtros para evitar el acceso de estos residuos se han logrado introducir gradualmente, pero, el trabajo del maquinado desprende viruta, polvo y otros elementos contaminantes que al trabajar no se puede estar limpiando, más sin embargo, los responsables de cada estación de trabajo no posee un protocolo general para limpiar adecuadamente sus equipos, por lo que se han diseñado tareas en la guía de mantenimiento preventiva para que al concluir sus labores se retire todo aquel exceso de grasa, exceso de polvo o tierras sueltas, exceso fluidos lubricantes entre otros, la idea es dejar los equipos en condiciones sanas para que no penetre la contaminación en piezas fijas y piezas móviles.

Figura 17. **Caja de registro para contactores de seguridad**



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

La caja de registro donde se ubican los flipones o mecanismos de seguridad eléctrica se distribuye por cada 3 estaciones de trabajo hacia una caja, el problema general de estas cajas es la falta de orden, limpieza y seguridad industrial, ya que no poseen su tapadera, los cables se encuentran sueltos y mal colocados, por lo que se pueden ocasionar accidentes u otro tipo de riesgos hacia la salud física de los que trabajan cerca.

Durante la fase de trabajo se le indico al jefe de mantenimiento sobre las condiciones generales de cómo se encuentran sus instalaciones, diseñando un programa reactivo general para solucionar aquellos puntos críticos que demandan mayor necesidad de recuperarlos y evitar accidentes laborales.

Tabla VIII. **Manual de procedimientos propuesto a la empresa para el mantenimiento de los equipos**

<b>Etapa</b>	<b>Definición de la etapa</b>	<b>Responsable</b>	<b>Registro</b>
Implementación	Implementar el cronograma de mantenimiento con el fin de prever fallas.	Servicios generales	Cronograma de mantenimiento preventivo
Reportar cronogramas	Realizar la entrega del cronograma al personal de mantenimiento		
Cumplimiento	Cumplir con las actividades programadas y registrar.	Personal de mantenimiento	Hoja de vida del equipo
Verificar el cumplimiento o reportar	Verificar que el cronograma se cumpla, de lo contrario, reportar a servicios generales.	Jefe de mantenimiento	Registro de solicitud de acción preventiva

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

El manual de mantenimiento que se propone como una herramienta auxiliar a la empresa servirá para validar que etapas se han logrado desarrollar en determinada temporalidad, por lo que puede ser de apoyo para el jefe de mantenimiento y el personal de mantenimiento, la logística deberá ser desarrollada gradualmente entre la clasificación de aquellos equipos que presentan mayores problemas mecánicos y de aquellos que representan mayor ventaja productiva, los cuales no han sufrido tantos percances o fallas repetitivas que deberán ser monitoreados con mayor intención para evitar que ocurra algún desperfecto general.

### 2.1.1.1. Mantenimiento correctivo

Las acciones involucradas en dicho mantenimiento son inciertas, ya que al ser un tipo de mantenimiento correctivo hace referencia a solucionar la falla presente o el problema que provoca un paro retrasando la producción programada, se establece que algunos equipos si pueden ser clasificados como positivos para ejecutarles algunas tareas contenidas en el mantenimiento correctivo.

Figura 18. Fresadora #2



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

Por ejemplo, la fresadora #2 no arrancaba por lo que se procedió a evaluar sus sistema eléctrico interno, algunos de sus cables internos se encontraron tostados y pelados, ya sea por la continuidad en el trabajo, por exceder de periodos de trabajo sin darle un descanso temporal o por el clima propio del lugar, se sustituyeron las piezas que quemadas y uno de sus fusibles principales, para dar solución al problema, todo esto se realizó en 12 días de inspección, búsqueda y consulta del manual del fabricante.

Figura 19. **Fusible tipo industrial del equipo**



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

En resumen, el mantenimiento correctivo en SMO se determinará por el conjunto de acciones involucradas en la reparación de un equipo que se detiene en sus operaciones por fallas mecánicas, eléctricas o físicas que retardará la línea de producción y la entrega de los pedidos realizados por los clientes.

### 2.1.1.2. Mantenimiento preventivo

Se diseña la guía de tareas necesarias que conforman el plan de mantenimiento preventivo, ya que la empresa no posee un registro y metodología básica para realizar dichas acciones se elaborarán en apoyo al manual del fabricante y sobre las condiciones generales de cómo se encuentran los equipos, la presenta guía de acciones se diseña exclusivamente para los tornos que aún están en operación.

Tabla IX. **Guía de actividades para el mantenimiento preventivo de los tornos**

Actividad	Diario	Quincenal	Mensual
Limpieza general			
Inspección de los rodamientos del motor cabezal			
Inspección del cableado eléctrico del motor cabezal			
Inspección del cableado eléctrico del motor			
Reparación y mantenimiento general del sistema eléctrico			
Rectificado y rasqueteado de la bancada, eje transversal			
Cambio de rodamientos en el cabezal o ejes secundarios del mismo		Dependerá del fabricante y el tiempo de vida estimado	
Sustitución de los rodamientos del motor cabezal.		Dependerá del fabricante y el tiempo de vida estimado	
Alineamientos del cabezal, para evitar conicidad.			
Alineamiento del contrapunto.			
Nivelación.			
Cambio o reparación de los husillos			

Continuación de la tabla IX.

Sustitución de rodamientos en los husillos		Dependerá del tiempo de vida dado por el fabricante	
Reajuste de reglas cónicas de los carros			
Rectificación de la bancada eje Z y X		Puede ser después de mostrar irregularidades	
Inspección y ajuste de bandas			
Inspección de la bomba de refrigerante y nivel de refrigerante			
Inspección de circuito de retorno refrigerante			
Inspección de las instalaciones eléctricas			
Cambio de aceite y engrase		Dependerá del tiempo de vida dado por el fabricante	Propuesto: SHELL: TellusS2 M32 TURBO OIL T 68 JOHN DEERE: GL-5 85W-140

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Se ha establecido que tener un torno sin funcionamiento por un mes puede generar en pérdidas operativas hasta Q 110 000,00 de tal forma que realizar estas inspecciones en los tiempos establecidos generan la ruta idónea de preparación para el jefe de mantenimiento, ya que con los reportes obtenidos en las inspecciones diarias se obtendrán los registros continuos de aquellos puntos débiles o puntos críticos que con anterioridad pasaron por alto.

Es importante para la empresa establecer los costos de compra de los accesorios y repuestos dispensables, ya que algunos de ellos deben ser solicitados al extranjero y el tiempo de despacho puede ser hasta 20 días hábiles, el monitoreo constante permitirá que la empresa pueda establecer la gestión necesaria para adquirir aquellos repuestos de piezas que demuestran pronta

reparación o sustitución, de tal forma que se puedan resguardar en la bodega de repuestos o en el departamento de mantenimiento.

## **2.2. Tareas propias del operario**

Por las mañanas los operarios se deberán basar en las acciones de las técnicas VOSO propuestas, posterior a realizar dichas actividades deberán utilizar el diseño propuesto en la tabla V donde se colocó el listado del chequeo para cada estación, seguidamente deberán realizar las actividades señaladas en la guía de mantenimiento preventivo diseñada especialmente para los tornos.

### **2.2.1. Plan de mantenimiento diario**

Dicho plan de mantenimiento se basará en todas aquellas tareas de revisión, monitoreo y limpieza, por medio de esas actividades los operarios de los tornos y las fresadoras podrán determinar si los equipos presentan desgastes irregulares, ruidos o fallas que ameriten reparación inmediata o programada.

### **2.2.2. Plan de mantenimiento preventivo**

Se conformará por el seguimiento diario de las condiciones de los equipos, también se podrán apoyar en las tareas programadas y recomendaciones establecidas en el manual del fabricante, este plan representa el conjunto de acciones y tareas que evitarán alcanzar los puntos límites o puntos de fractura de piezas importantes de los tornos y las fresadoras que al no presentarles el debido seguimiento inciden en fallas inesperadas. El jefe de mantenimiento recolectara las listas de chequeo que se diseñaron, por medio de un vaciado de datos en su computadora evaluara cuales son aquellos equipos que se

reportaron con fallas o problemas considerables, de no presentar problemas se deberá basar en la guía de actividades del mantenimiento preventivo.

### **2.2.3. Guía de revisión diaria**

Cada operario deberá revisar, monitorear y sentir, VOSO su equipo en general por medio de un 360, la intención es buscar puntos débiles o posibles fallas en cada equipo, durante la práctica se estableció como tiempo promedio de 20 minutos para realizar todas las acciones VOSO propuestas al principio del capítulo.

Si es necesario reportar alguna falla que amerite reparación inmediata se trasladará la orden al jefe de mantenimiento para que se organice con los mecánicos y buscar la solución eficiente que reduzca el tiempo muerto, ya que es un mal que ha afectado a la empresa constantemente.

### **2.2.4. Control y desarrollo de informes por fallas**

La lista de chequeo posee un apartado especial en la parte inferior donde se consignan las observaciones, se diseñó de esa forma para que el operario pueda especificar aquellos aspectos que no pueden ser marcados con un check list, la intención de realizar dichas acciones es para informar al superior inmediato los puntos críticos que fueron encontrados durante la revisión diaria.

### **2.2.5. Control de excentricidad y planitud del torno**

Conforme lo establecido en las actividades para el mantenimiento preventivo, serán realizadas por los técnicos de cada turno, si es necesario se apoyarán con el jefe de mantenimiento o por la empresa externa que realiza

algunos trabajos de mantenimiento a los tornos, es necesario apegarse a la guía de trabajo donde se estableció realizar dichas acciones por lo menos cada quince días.

### 2.3. Motor eléctrico

Algunos de estos motores operan en condiciones deplorables, poseen ruidos en sus elementos rodantes internos, otros han presentado sobrecalentamiento y otros se encuentran fuera de operaciones, el problema general es por la falta de mantenimiento programado, actualmente se espera hasta que ocurra la falla para ser rebobinado o ser despachado a una empresa externa y que realice diferentes acciones para volverlo a poner en funcionamiento.

Figura 20. Motor #1



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.

Este es uno de los motores que se encontraba fuera de uso, dentro del círculo en amarillo se muestra el error y problema común, los cables originales

se han desgastado por diferentes motivos y solamente se le han realizado empalmes sobrepuestos para nueva conexión, lo que genero corto circuito.

Los rotores también han presentado desgaste por el continuo uso o poco margen de descanso entre operaciones, el sobrecalentamiento en las carcasas también es otro factor de ataque hacia estos equipos, ya que son equipos sellados y no pueden realizarles actividades más que de limpieza es necesario programar para cierto tiempo de uso revisión por especialistas en motores eléctricos.

### **2.3.1. Mantenimiento correctivo**

Cuando un motor ha presentado fallas por sobrecalentamiento, chispazos por arco eléctrico, ruidos excesivos y emisión de olores fuertes de quemadura es necesario detenerlos antes de que colapsen por completo, los motores se deberán acondicionar al programa de control y de actividades preventivas para la zona de maquinado ya que son piezas claves en la producción, el jefe de mantenimiento se apoya en una empresa externa para las reparaciones necesarias, ya que en SMO no poseen equipos electrónicos y materiales para rebobinados para realizar el mantenimiento correctivo necesario.

### **2.3.2. Mantenimiento preventivo**

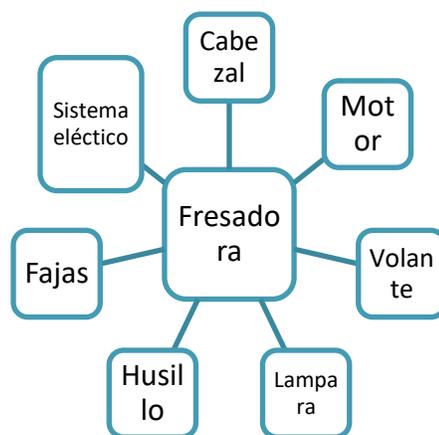
Rectificar los cables sueltos es una de las principales tareas para los trabajadores de la empresa, no sobre cargar en trabajo continuo es parte de ese proceso, ya que exceder 10 horas continuas sin detener los motores pueden incrementar el desgaste, sobre calentar las piezas internas y por lo tanto aumentar la probabilidad de falla, estos motores no poseen puntos de lubricación o zonas a las cuales se pueda acceder para realizar tareas preventivas,

solamente es cuidado especial en no sobre exigir o sobre cargar los tiempos de uso así como las velocidades que se les puede condicionar, las técnicas VOSO también pueden ser empleadas para su monitoreo.

#### 2.4. Puntos críticos de la fresadora

Las fresadoras en el área de trabajo también presentan desgaste por uso, malas condiciones físicas por acumulación de grasa, polvo y otros agentes que pueden atacar la parte externa de la misma, las fresadoras que posee la empresa ya poseen casi 15 años desde su fabricación, son fiables y eficientes, pero su tiempo de vida se acorta por la usencia del mantenimiento preventivo correspondiente. El jefe de mantenimiento explica que las partes críticas de las fresadoras que ellos poseen son los puntos o zonas móviles que posee el equipo, otro punto crítico que ha mostrado fallas continuas es el motor eléctrico, durante el trabajo de campo ejecutado se realizaron un conjunto de revisiones y monitoreos a estos equipos para determinar los puntos críticos de mayor interés y así enfocar más energía para solucionar dichos problemas.

Figura 21. Puntos críticos de la fresadora



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

### **2.4.1. Capacidad técnica de los mecánicos**

Los mecánicos se vieron limitados por el conocimiento técnico, por la experiencia y por la ausencia de repuestos en el departamento de mantenimiento, algunos de ellos reciclan piezas que ya han sido sustituidas, pero son reprocesadas para volver a instalarlas, la mayor debilidad se presenta en el sistema eléctrico, ya que su conexión es un poco compleja por el diseño especial del fabricante.

### **2.4.2. Análisis de reparaciones en los equipos**

Del total de las fresadoras que posee la empresa se necesitó reparar 2 de ellas, que ambas presentaron problemas en los motores eléctricos, uno de ellos solamente fue rebobinado, el otro motor fue necesario el rebobinado, cambio de carbonos, sustitución de rotor o eje central y se pintó la carcasa para una mejor presentación.

#### **2.4.2.1. Mantenimiento correctivo**

Ese tipo de mantenimiento se ha realizado cuando la fresadora o las fresadoras no trabajan acorde a las revoluciones necesarias para barrenar, si el movimiento en X, Y y Z no es como lo requerido, por lo que los mecánicos evalúan las guías, los engranes y el mecanismo completo interno para moverla nuevamente, ya que el retener la fresadora implica detener la producción. Al igual que los tornos, no se poseen repuestos en el departamento de mantenimiento, retrasando las operaciones cuando se entra a reparar el equipo, se considera en común con el jefe de mantenimiento que sería oportuno poseer como mínimo un motor de reemplazo y de preferencia 2, en el mercado de segunda mano pueden alcanzar un valor unitario de Q 3 500,00.

#### **2.4.2.2. Mantenimiento preventivo**

A igual que los tornos es necesario que la persona que trabajará de planta en una fresadora realice un 360 más la inspección general VOSO, evaluar qué puntos débiles se encuentran y si es necesario realizar algunos ajustes, engrase o sustitución de aquellas piezas que demuestren mayor desgaste, se consideró dentro de la guía de actividades para el mantenimiento preventivo un conjunto de acciones de monitoreo para cada día, quince días y un mes de tal forma que generar dichos reportes pueden generar un panorama específico hacia el jefe de mantenimiento de lo que será necesario corregir o reemplazar.

#### **2.5. Caja Norton**

Según la bibliografía, se puede indicar que la caja Norton es un mecanismo que posee un conjunto de engranajes, fue patentado en 1890, dicho mecanismo está incorporado a los tornos, especialmente a los tornos paralelos, con la tecnología desarrollada en dicha caja se da inicio hacia aquellos trabajos donde se veía necesario emplear el cambio manual de engranajes para lograr fijar pasos de las piezas que están siendo roscadas.<sup>3</sup>

La caja puede contener varios trenes desplazables con engranajes o en su defecto uno de tipo basculante con un cono de engranajes, este sistema se conecta al movimiento del cabezal del torno con el carro portaherramientas que lleva posee incorporado el husillo de rosca cuadrada. El torno paralelo se caracteriza por lograr desarrollar roscas de diversos pasos y tamaños ya sea en exteriores sobre eje o en interiores sobre tuercas. Para aquellos tornos universales se presenta la viabilidad de instalar caja Norton, que presenta un conjunto de facilidades en tareas diversas de maquinado y fabricación.

---

<sup>3</sup> PIRELA, Alonso. *Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales*. p. 42.

### **2.5.1. Mantenimiento correctivo**

Los mantenimientos correctivos son realizados por una empresa externa, que se dedica exclusivamente al trabajo de tornos y de las cajas, ocasionalmente se han dañado algunos pasos del eje principal por golpes al soltar las cargas que están siendo maquinadas, algunos otros problemas comunes es la fuga de lubricantes generando desgaste en sus rodamientos y también generando desprendimiento de viruta interna, cuando se trabaja en altas revoluciones se producen sonidos fuertes y molestos para el operario.

### **2.5.2. Mantenimiento preventivo**

El plan de mantenimiento se conformará por todas aquellas actividades y acciones programadas según los días de trabajo, el conjunto de esas tareas está conformada por las tareas propias del operario, así como el plan de mantenimiento diario con otro conjunto de actividades, el plan de mantenimiento semanal y el plan de mantenimiento mensual.

El jefe de mantenimiento autorizo que se trabajara en auxilio a los torneros durante el periodo de la investigación, por lo que se fueron definiendo dichas actividades preventivas que se deberán realizar desde que se inician las operaciones diarias hasta que se concluye el día laboral, es importante que el personal a cargo de sus estaciones de trabajo realice las tareas asignados al pie de la letra, ya que de incumplir con dichas acciones existe el riesgo de comprometer nuevamente la eficiencia de sus equipos.

El mantenimiento preventivo en general se basará en tareas de limpieza diarias, monitoreos preventivos, recolección de datos por medio de la ficha diseñada y el manejo de la información cronológica para establecer su vida útil.

### 2.5.3. Tareas propias del operario

Al igual que las tareas asignadas a los tornos y las fresadoras los operarios incorporarán a su guía de inspección los puntos críticos encontrados durante la inspección matinal, si la caja presenta fugas, holguras o ruidos extraños deberán de ser reportados.

### 2.5.4. Plan de mantenimiento diario

Los técnicos responsables de cada torno o de cada estación de trabajo deberán realizar un conjunto de actividades adicionales al monitoreo 360 con apoyo de las técnicas VOSO.

Tabla X. Acciones destinadas al plan de mantenimiento diario

Tarea	Reporte por falla
Inspección visual de la bancada y del estado de su lubricación.	De no realizarlo se evitaría nivelar la lubricación
Lubricación de puntos accionando dos veces la aceitera manual	De no realizarlo se puede provocar una falla por ausencia de lubricación
Lubricación de carros longitudinal, transversal y carro orientable esparciendo por el área de contacto	De no realizarlo puede provocar daños al área de contacto del carro y sufrir atrapamiento repentino
Lubricación de cabezal móvil, dos veces por cada punto	De no realizarlo el cabezal podría quedarse inmóvil
Verificar los niveles de aceite en el tablero del torno y de la caja de avance	De no realizarlo puede ocasionar fallas por ausencia de lubricación
Limpiar el área de trabajo, especialmente la zona de la caja	De no realizarlo se puede crear acumulación de sedimentos, acumulación de virutas y restos de sedimentos.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Estas tareas serán responsabilidad y obligación de cada técnico.

### 2.5.5. Plan de mantenimiento semanal

Además de verificar aquellas acciones diarias que ya fueron programadas se deberán incorporar otras actividades de monitoreo, evaluación y de corrección para establecer el estado general de la caja.

Tabla XI. **Acciones destinadas al plan de mantenimiento semanal**

Tarea	Acciones preventivas en el proceso
Incorporar las técnicas VOSO programadas para los tornos y fresadores, generar dicho reporte y proseguir con las siguientes acciones	De no realizarlo se podría pasar por alto alguna falla o fuga localizable con menor inversión de energía física
Limpiar el compartimiento donde se encuentran alojados los engranajes cambio de lira, realizarlos con un cepillo con cerdas en nylon, y luego utilizar un whipe absorbente.	El mecánico responsable deberá utilizar guantes de propileno o de nylon para evitar corrosión en las manos, de no realizarlo se podría incrustar viruta en los engranajes.
Limpieza de copa desmontando las mordazas empleando un cepillo con cerdas de nylon o con cerdas de metal de bajo grosor	Se deberá trabajar con cierto grado de precisión y fuerza, no exceder la presión del cepillo porque puede provocar desprendimiento de metal
Realizar una limpieza especial, para eso se deberá emplear nuevamente un 360 más VOSO para evaluar las partes externas e internas de la caja	Es importante calificar responsablemente si presentan fallas o puntos críticos con fugas, de no realizarlo así pueden generarse fallos internos en el engranaje.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Conforme las tareas programadas para el mantenimiento semanal, el mecánico responsable de estas actividades deberá incorporar a sus tareas el uso de la guía de inspección, pero deberá anotar los detalles que no son perceptibles para los técnicos que utilizan los equipos diariamente, además, deberá apoyarse con ellos en solicitar información adicional que aporten por hechos suscitados

que no fueron registrados durante la semana de trabajo, se consideran aquellos eventos donde la caja pudo dejar de trabajar.

### 2.5.6. Plan de mantenimiento mensual

Será necesario que dicho mantenimiento se programe 4 a 5 días antes de concluir el mes calendario, ya que esos días son los de mayor carga de pedidos y donde se saturan las estaciones de trabajo. Para este mantenimiento es necesario contar con el cepillo de cerdas metálicas finas o de nylon, material absorbente, juego de desarmadores, juego de llaves de cola milimétricas y cubo o valde para recibir el lubricante que será sustituido.

Tabla XII. **Acciones destinadas al plan de mantenimiento mensual**

<b>Tarea</b>	<b>Reporte por falla</b>
Limpeza de la guía del tornillo de carro transversal empleando una brocha para retirar virutas por los mecanizados realizados	De no realizarlo se provocaría fallas por fricción, prensado y astillado en el eje de rodamiento
Limpeza y lubricación de cremallera principal del torno, aplicando lubricante en la cremallera principal.	De no realizarlo se puede provocar una falla por ausencia de lubricación
Ajuste de tuercas y tornillos en mecanismos y de la estructura de la caja.	De no realizarlo puede provocar daños al área de contacto del carro y sufrir atrapamiento repentino
Verificar ruidos y anomalías no percibidos en condiciones normales de funcionamiento.	De no realizarlo el cabezal podría quedarse inmóvil
Verificar el nivel de lubricante en la bomba hidráulica.	De no realizarlo puede ocasionar fallas por ausencia de lubricación

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Dichas actividades complementan el mantenimiento preventivo, el diseño adecuado permitirá la probabilidad de fallas inesperadas.

## 2.6. Trituradora de rodillos

Para la empresa es importante que dicho equipo se presente en constante movimiento, ya que diferentes materiales pasaron por dicha estación para poder ser procesados, se estima que diariamente pueden procesarse hasta 300 libras de metal en láminas, perfiles y otras planchas de metal. La estación donde se encuentra la trituradora no posee un operario o técnico asignado, según la demanda del trabajo a realizar el personal del área de mecanizado dejará su estación para acercarse a la trituradora y procesar el material conforme su necesidad.

Tabla XIII. **Actividades a realizar conforme el tiempo de monitoreo**

Actividad	Diario	Quincenal	Mensual
Comprobar si presenta perforaciones			
Comprobar daños en recubrimiento y si existe corrosión			
Comprobar giro libre de las juntas			
Comprobar estado de soldaduras y buscar grietas			
Comprobar si existen daños en las tuberías, mangueras y rodillos estancados.			
Comprobar los puntos de acople del sistema eléctrico			
Comprobar daños y desgastes en las juntas de sellado			
Comprobar estancamiento y daños en las juntas de expansión			
Comprobar daños y desgaste en blindaje y zona de contacto			
Comprobar fijación y posición de los sectores			
Comprobar estado de los bulones de anclaje			
Comprobar daños en los balancines			
Comprobar daños y desgastes en los amortiguadores			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

### 2.6.1. Trituradora de impacto o martillos

El departamento de mantenimiento deberá realizar diferentes acciones, así como el monitoreo general por medio de la técnica VOSO, ya que estos equipos se utilizan conforme la demanda es necesario que alguno de los mecánicos sea asignado para la revisión diaria, quincenal y mensual.

Tabla XIV. **Monitoreo programado para la trituradora de impacto**

<b>Actividad</b>	<b>Diario</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>
Comprobar si presenta perforaciones			
Comprobar daños y desgastes			
Comprobar fijación de bulones			
Comprobar estado de soldaduras y buscar grietas			
Comprobar si existen daños en las tuberías, mangueras y rodillos estancados.			
Comprobar los puntos de acople del sistema eléctrico			
Comprobar daños y desgastes en las juntas de sellado			
Comprobar fugas de aceite			
Comprobar daños y desgaste en blindaje y zona de contacto			
Comprobar nivel de aceite y nivelarlo de ser necesario			
Comprobar estado de los bulones de anclaje			
Comprobar juego en los anillos de aire de sellado y si está tapado con material se deberá limpiar y reemplazar			
Comprobar daños y desgastes en los amortiguadores			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Es importante que los mecánicos realicen dichas actividades de forma preventiva, la intención es reducir las fallas y paros no programados.

### 2.6.2. Trituradora de martillos de eje horizontal

Este equipo es muy similar a la trituradora de rodillos convencional, solamente se diferencian en la cantidad de rodillos, la velocidad de trabajo y la mayoría de sus funciones son similares por lo que se adecuada el mismo programa de actividades.

Tabla XV. **Actividades a realizar para el monitoreo preventivo de la trituradora de eje horizontal**

<b>Actividad</b>	<b>Diario</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>
Comprobar si presenta perforaciones			
Comprobar daños en recubrimiento y si existe corrosión			
Comprobar giro libre de las juntas			
Comprobar estado de soldaduras y buscar grietas			
Comprobar si existen daños en las tuberías, mangueras y rodillos estancados.			
Comprobar los puntos de acople del sistema eléctrico			
Comprobar daños y desgastes en las juntas de sellado			
Comprobar estancamiento y daños en las juntas de expansión			
Comprobar daños y desgaste en blindaje y zona de contacto			
Comprobar fijación y posición de los sectores			
Comprobar estado de los bulones de anclaje			
Comprobar daños en los balancines			
Comprobar daños y desgastes en los amortiguadores			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

### 2.6.3. Trituradora de martillos de eje vertical

El departamento de mantenimiento deberá realizar diferentes acciones, así como el monitoreo general por medio de la técnica VOSO, ya que estos equipos se utilizan conforme la demanda es necesario que alguno de los mecánicos sea asignado para la revisión diaria, quincenal y mensual.

Tabla XVI. **Actividades a realizar para el monitoreo preventivo de la trituradora de martillos de eje vertical**

<b>Actividad</b>	<b>Diario</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>
Comprobar si presenta perforaciones			
Comprobar daños y desgastes			
Comprobar fijación de bulones			
Comprobar estado de soldaduras y buscar grietas			
Comprobar si existen daños en las tuberías, mangueras y rodillos estancados.			
Comprobar los puntos de acople del sistema eléctrico			
Comprobar daños y desgastes en las juntas de sellado			
Comprobar fugas de aceite			
Comprobar daños y desgaste en blindaje y zona de contacto			
Comprobar nivel de aceite y nivelarlo de ser necesario			
Comprobar estado de los bulones de anclaje			
Comprobar juego en los anillos de aire de sellado y si está tapado con material se deberá limpiar y reemplazar			
Comprobar daños y desgastes en los amortiguadores			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

## 2.7. Componentes de la caja de avance

La caja de avances o también conocida como la caja Norton utiliza un conjunto de engranajes que según el diámetro interno de los mismos puede generar diversas velocidades de avance, este mecanismo está conectado con unas barras cilíndricas o de roscar que también giraran transmitiendo el desplazamiento final al carro, la caja de avance posee un tren de engranaje en forma cónica por medio de la cual se puede seleccionar la rueda dentada necesario que mejor pueda ser adapta al mecanizado que se estará realizando.

Figura 22. Componentes de la caja de avance

1	Barra de roscar
2	Barra cilíndrica
3	Palancas del dispositivo de roscar
4	Piñón de salida del inversor
5	Rueda intermedia 2 y 3
6	Rueda de salida del tren
7	Barra de cilindrar
8	Eje del paquete Norton
9	Engranajes del paquete Norton
10	Rueda de engranaje móvil
11	Piñón deslizante del dispositivo
12	Palanca Norton

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

### **2.7.1. Análisis físico del lubricante**

Dentro de las técnicas de inspección se deberá obtener una muestra de aceite al momento de realizar el mantenimiento, dicha muestra deberá ser evaluada si presenta sedimentos, lodos, metales u otros elementos extraños que puedan demostrar imperfecciones internas en los equipos.

### **2.7.2. Análisis y aspecto visual por desgaste**

Comúnmente los lubricantes que son sustituidos y han cumplido su ciclo de lubricación sin problemas y sin desgaste considerables en el interior de los equipos pueden presentar una capa regular sin olores fuertes, esta evaluación deberá de ser realizada por los mecánicos si alguno de ellos alerta por alguna imperfección encontrada deberá avisar al jefe de mantenimiento para que se dedique mayor análisis en búsqueda de problemas serios en los equipos.

## **2.8. Fabricación y maquinado de ejes con rosca**

La empresa dispone de la mayoría de sus equipos del área de mecanizado para realizar los trabajos de fabricación y maquinado de ejes con rosca, todos los trabajos se realizan a medida conforme los requerimientos especiales del cliente. El área de mecanizado inicia el trabajo con una barra de metal en forma cilíndrica, a la cual se le realizan medidas y marcas para iniciar a desbastar aquellos puntos que servirán de rosca interna o externa en cierto equipo industrial.

El maquinado es un proceso de trabajo que se realiza a bajas revoluciones, de lo contrario las piezas que se están fabricando pueden ser irregulares, con fallos en áreas de contacto o fuera de los márgenes solicitados.

### **2.8.1. Fallas por maquinado**

Las fallas más comunes en las actividades del maquinado se presentan por el mal calcado y mala transferencia de las medidas conforme el diseño original de la pieza que se desea fabricar, del área de dibujo se genera una plantilla y se traslada al técnico del torno, generalmente la plantilla posee las medidas, los ángulos y las especificaciones necesarias para realizar el trabajo, ya que algunos técnicos poseen larga carrera de experiencia en la empresa trabajan arduamente para reducir dichos factores de error a su mínima expresión.

### **2.8.2. Fallas por mal funcionamiento de los equipos**

Lo que generalmente provoca el pésimo programa de mantenimiento en los equipos asignados al maquinado se presenta en paros inesperados, los carros de avance se quedan estancados, algunos buriles se fracturan por la oscilación al estar maquinando, entre algunos otros aspectos que interfieren diariamente en dichos procesos.

### **2.8.3. Características de los rechazos**

Los productos maquinados con mayor índice de rechazo son aquellos con medidas irregulares conforme al diseño original, algunas piezas circulares con diámetros menores a 2" y largo en rangos de 20" a 25" presentan curvaturas en diferentes zonas, al montar estas piezas generan oscilación en la maquinaria industrial donde se desea encajar con otros mecanismos especiales pero por los factores de fallos deberán ser regresados a rectificación o crear una nueva pieza, es importante destacar que los rechazos diarios pueden oscilar entre 10 a 15 piezas maquiladas.

### 2.8.3.1. Evaluación de calibraciones de los equipos

Ante la ausencia del programa de mantenimiento preventivo los equipos no poseen el conjunto de actividades necesarias para poder ser calibrados, los mecánicos realizan actividades aprendidas por la propia experiencia y guiándose en las enseñanzas del jefe de mantenimiento. Cuando un equipo no puede ser calibrado se recurre a la contratación de los servicios de una empresa que se dedica exclusivamente a mantenimientos industriales de equipos estacionarios.

### 2.8.3.2. Porcentajes de rechazos en producción mensual

Se evaluaron los meses de diciembre, enero y febrero hacia el 2022.

Tabla XVII. **Datos de los rechazos mensuales por estación de trabajo**

Equipo	Diciembre		Enero		Febrero	
	Asignado	Rechazo	Asignado	Rechazo	Asignado	Rechazo
Torno 1	180	15	190	21	160	17
Torno 2	190	20	210	17	170	19
Torno 3	210	18	180	22	180	21
Torno 4	170	21	170	19	150	20
Torno 5	160	16	200	16	160	17
Fresa 1	130	19	160	14	110	16
Fresa 2	120	21	140	12	120	12
Fresa 3	150	25	150	15	130	11
Fresa 4	140	20	160	16	140	16
Cepillo	210	25	220	11	150	14

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Tabla XVIII. **Porcentajes de los rechazos mensuales por estación de trabajo**

Equipo	Diciembre		Enero		Febrero	
	Porcentaje	Costo por rechazo	Porcentaje	Costo por rechazo	Porcentaje	Costo por rechazo
Torno 1	8	18 000	11	25 200	6	20 400
Torno 2	11	24 000	8	20 400	4	22 800
Torno 3	9	21 600	12	26 400	5	25 200
Torno 4	12	25 200	11	22 800	4	24 000
Torno 5	10	19 200	8	19 200	6	20 400
Fresa 1	15	22 800	9	16 800	3	19 200
Fresa 2	18	25 200	9	14 400	4	14 400
Fresa 3	17	30 000	10	18 000	5	13 200
Fresa 4	14	24 000	10	19 200	4	19 200
Cepillo	12	30 000	5	13 200	3	16 800
Costos por rechazos en tres meses	<b>Q 240 000,00</b>		<b>Q 195 600,00</b>		<b>Q 195 600,00</b>	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Ecuación I para el cálculo del costo del rechazo por la empresa

$$\text{Costo por rechazo} = U \times 8 \text{ horas} \times Q 150.00 \text{ la hora}$$

Donde

U= son las unidades rechazadas por cada estación

Presentan un número estándar de 8 horas efectivas de trabajo al día a razón de Q 150,00 la hora.

El total de pérdidas cuantificadas por los rechazos solamente analizando los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022 asciende a Q 631 200,00 una pérdida que es amortizada exclusivamente por la empresa.

## **2.9. Estudio de alternativas**

Conforme se fueron encontrando las debilidades que generan mayor impacto en las estaciones de trabajo se fueron creando mecanismos y métodos de solución paralelos al trabajo diario de los técnicos, de esa forma se plantearon diferentes escenarios al jefe de mantenimiento donde se pudiera solucionar aquellas fechas que detienen la producción, arruinan el material de aporte o material que está siendo trabajado y que finalmente impactan en la economía diaria de la empresa.

El gerente de mantenimiento identifico que dentro de las propuestas se debería considerar emplear los recursos presentes como recurso humano, recurso físico y recurso económico, así como la distribución presente de las estaciones de trabajo.

### **2.9.1. Alternativa 1: calibración de los equipos conforme al manual del fabricante**

Algunos de los equipos no poseen manual, pero se puede acceder a diferentes plataformas digitales para ser descargados, de los equipos que posee la empresa algunos de sus fabricantes todavía se encuentran en operaciones por lo que es una alternativa viable de solicitarles sus manuales, es importante reconocer que el poseer el manual del fabricante representaría inversión económica eficiente, ya que por medio del mismo se podrán realizar aquellas tareas de monitoreo y actividades preventivas que reduzcan la causa de las fallas, algunos manuales pueden ser enviados físicamente, pero la mayoría de ellos son impresos y enviados digitalmente en inglés, es una barrera idiomática que deberá superar el jefe de mantenimiento con sus mecánicos responsables de los equipos.

Tabla XIX. **Costos y estatus conforme los manuales de los equipos**

<b>Equipo</b>	<b>Físico</b>	<b>Digital</b>	<b>Posee</b>	<b>Posee en digital</b>
Torno 1	\$ 350	\$ 325	En mal estado	Versión beta
Torno 2	\$ 475	\$ 400	No	No
Torno 3	\$ 750	No posee	No	No
Torno 4	\$ 575	\$ 500	No	No
Torno 5	\$ 450	\$ 425	Si	No
Fresa 1	-	\$ 950	En mal estado	No
Fresa 2	\$ 845	\$ 750	No	Versión beta
Fresa 3	\$ 650	\$ 500	En mal estado	No
Fresa 4	-	\$ 700	No	No
Cepillo	\$ 850	No posee	No	No
<b>Total</b>	<b>\$ 4 945,00</b>	<b>\$ 4 550,00</b>		

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

La alternativa de comprar o adquirir los manuales físicos y digitales asciende a Q 75 960,00 la empresa deberá evaluar si es una opción viable para ellos donde se demuestre que el poseer ese material puede simplificar la programación de las tareas para los mecánicos, que en su buena práctica permitirá operar los equipos con fallas menores, evitando los paros continuos y los resultados negativos en los trabajos de mecanizado por lo que se esperaría reducir el número total de rechazos obtenido por cada mes.

### **2.9.1.1. Ventajas de la alternativa 1**

La empresa al adquirir los manuales físicos puede disponer de ellos inmediatamente en el equipo donde se desea trabajar, de poseer inquietudes o dudas se puede buscar en el sitio, de poseerlos físicos puede servir como una copia de respaldo para futuras consultas. La inversión en la compra de dichos recursos puede generar incertidumbre en la empresa, pero es importante basarse conforme lo que el fabricante ha generado como guía de inspección, listas de

tareas, listas de chequeos, tiempos de vida estimados de ciertos lubricantes o ciertas piezas móviles que poseen alto porcentaje de desgaste.

En general, no se puede considerar un modelo con mayor fiabilidad que el basarse en lo que el fabricante diseña para su equipo, si la empresa opta por esta opción le representaría un conjunto de beneficios a futuro, especialmente reducir los gastos que impactan diariamente por los reprocesos, los paros inesperados, las fallas en equipos que han sido consideradas irreparables y otros grupos de aspectos en general.

#### **2.9.1.2. Desventajas de la alternativa 1**

La barrera idiomática es la principal desventaja, por lo que será necesario capacitar al jefe de mantenimiento en cursos de actualización de inglés o en el idioma que posea el material solicitado, además de la espera de 45 a 60 días aproximadamente para que aquellos manuales físicos sean entregados en sus oficinas, respecto a los formato en digital se pueden acceder inmediatamente desde que se realiza el pago, pero es necesario poseer un equipo de computación para poder ser estudiado, no se pueden imprimir partes o páginas de información.

#### **2.9.2. Alternativa 2: implementación del plan de mantenimiento**

Durante los primeros tres meses de iniciada la práctica supervisada se fueron realizando cambios leves pero positivos, se inició a trabajar con las técnicas VOSO y las guías de inspección rutinarias de diario, eso represento un costo de impresión, inversión de tiempo para la persona responsable de ejecutar las tareas a diario y la inversión de una persona que debería realizar el vaciado

de la información diariamente, por lo cual fue una de las funciones que se me otorgo para no generar mayor gasto más que el de las impresiones.

Dentro de esta alternativa se ocuparían más tareas físicas de observación y de acción que compras de materiales o de herramientas, ya que la empresa posee hasta cierto punto un inventario útil con el que se puede trabajar tranquilamente sin necesidad de comprar más herramienta. El plan de mantenimiento se fortalecerá por tres fases, una de ellas es el uso y perfeccionamiento de las técnicas VOSO, el segundo será implementar a diario el uso de la guía de inspección, el tercero se concretará con la recopilación de la información.

En adelante el jefe de mantenimiento es la persona con jerarquía absoluta para determinar que si los informes diarios están marcando fallas en ciertos equipos deberá ser necesario diseñar la gestión del mantenimiento preventivo acorde a la carga de producción que se posea para ser distribuida en los otros equipos restantes. Se considera que el plan de mantenimiento estará basado y respaldado por las tareas de la tabla XIX donde se han colocado aquellas acciones necesarias de monitoreo por mes, más, sin embargo, esto se puede fortalecer con las acciones de la tabla XX donde se desarrolló el control de mantenimiento y actividades para 50 horas de uso en cada uno de los equipos.

Se podría indicar que según lo establecido por el jefe de mantenimiento que el presentar un nuevo plan de mantenimiento donde se limitara a desarrollar una propuesta viable bajo el precepto de aprovechar los recursos disponibles y con el personal disponible demuestra ser una opción más con esa viabilidad, ya que el único recurso inmediatamente necesario para ellos será el imprimir las guías de inspección diarias, a futuro uno de sus mecánicos puede realizar el vaciado de la información diariamente en la computadora del taller.

### **2.9.2.1. Ventajas de la alternativa 2**

Iniciar a generar un verdadero historial sobre el estado físico y operativo de todos los equipos del área de mecanizado, ya no poseen información de reparaciones o sustituciones de piezas de ciertos equipos, además, el jefe de mantenimiento podrá estar programando eficientemente las tareas de mantenimiento conforme el tiempo de uso de cada equipo, se podrá disponer de la guía de compras anticipadas para ciertos repuestos o ciertas piezas que han dejado a los equipos fuera de operaciones hasta por 30 días.

Se reducirán los costos de mantenimientos correctivos, los técnicos iniciarán a conocer sus equipos con mayor detalle, lograrán reconocer ruidos por fallas o ruidos por resequedad, ruidos por falta de lubricantes o ruidos por exceso de revoluciones al trabajar maquinados con buriles en mal estado.

### **2.9.2.2. Desventajas de la alternativa 2**

Se obtuvo como tiempo medio de 30 minutos en realizar las inspecciones diarias por los técnicos, se introdujo una capacitación breve para demostrar la forma adecuada de como ejecutar esas tareas VOSO y de cómo llenar la ficha de inspección, ese tiempo afecta la producción, ya que los técnicos indican que sus labores inician a las 7:00 am por lo que no llegarán media hora antes para evaluar sus equipos, indicaron que eso se tomaría como una estrategia de la empresa por lo que el tiempo efectivo de trabajo deberá ser utilizado y no un tiempo adicional, la media hora de retraso si impacta a la empresa ya que al ser 9 equipos detenidos por media hora genera la sumatoria 270 minutos, tiempo que es considerado como tiempo muerto o tiempo en desuso, en general se retrasa la operación y se castiga el tiempo estimado de producción. No se ha logrado reducir ese tiempo de evaluación.

### **2.9.3. Alternativa 3: pruebas y diagnósticos de laboratorio a lubricantes**

En el cuerpo del trabajo no se ha incluido la opción de incorporar al plan de mantenimiento la toma de muestra de cada equipo al sustituirles sus lubricantes, es una opción adicional que conforme a la evaluación de laboratorio se podrá determinar la concentración de hierro, fósforo, azufre, cloro y otros químicos que pueden afectar a los equipos internamente. Dichas pruebas se pueden enviar a laboratorios privados o al centro de investigaciones de la facultad de ingeniería de la USAC.

Las pruebas de laboratorio aunque un poco costosas demuestran ser una alternativa segura y viable, se evita el sesgo de interpretación del usuario conforme a los sedimentos encontrados al sustituir los lubricantes, el tiempo total desde que se toma la muestra, se entrega en el centro de investigación y se procesa puede ser de 7 a 8 días hábiles, no es necesario detener las operaciones del equipo, hasta obtener los resultados para obtener un mejor panorama y prepararse para el próximo mantenimiento. Esto beneficiaría a la empresa, ya que por la antigüedad de operaciones de los equipos puede ser necesario cambiar la viscosidad y las propiedades actuales del lubricante que está siendo empleado desde hace más de 10 años.

Las pruebas de laboratorio por cada muestra pueden oscilar de Q 250,00 a Q 500,00 dependerá de lo solicitado por la persona, para el jefe de mantenimiento será esencial solicitar evaluaciones sobre metales pesados, calidad final del lubricante, grado de lubricación estimada a diferentes temperaturas, entre otros. Esta alternativa puede ser adicional al plan de mantenimiento, ya que las piezas fijas, piezas externas, piezas de caucho u otros materiales no pueden ser parte de esta muestra.

### **2.9.3.1. Ventajas de la alternativa 3**

Esta alternativa se presenta para trabajar en conjunto con el plan de mantenimiento, especialmente para la caja Norton y aquellos elementos rodantes con lubricación interna, los elementos expuestos solamente se pueden engrasar y no se les pueda realizar dicho muestreo. La mayor ventaja de esta alternativa es disponer de resultados puntuales donde el jefe de mantenimiento puede crear un mapa mental acerca de los resultados, si sus resultados están demostrando que se posee fricción, desprendimiento de viruta interna, niveles presentes de hierro, niveles presentes de estaño, hierro y otros metales que conforman el sistema de engranajes o rodamientos internos para programar la próxima sustitución de los mismo.

### **2.9.3.2. Desventajas de la alternativa 3**

Algunas empresas lo consideran costos e innecesario, ya que al someter a sus equipos a un conjunto de técnicas de monitoreo pueden prescindir de estas acciones. Otra desventaja puede verse reflejada en la falta de preparación académica del lector de dichos resultados, porque, si la persona no posee conocimiento de química general, de desgaste internos de los equipos, de tribología y de lubricación no podrá llevar a la práctica los valores numéricos que se le están mostrando.

### 3. FASE DE DOCENCIA

#### 3.1. Inducción al plan de mantenimiento correctivo post resultados

Durante el tiempo de la práctica supervisada se creó un programa o fase de docencia donde participaron los técnicos u operadores de los equipos y el jefe de mantenimiento, en total participaron 10 personas, en diferentes jornadas luego de su horario de trabajo, fue necesario alquilar una cañonera y se entregó material impreso.

Tabla XX. **Temas desarrollados en la fase de docencia conforme al plan de mantenimiento**

Tema principal	Sub temas	Sesiones	Tiempo empleado
Objetivos esenciales del mantenimiento	Preventivo Correctivo Emergente	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Técnicas de monitoreo	Visión Olfato Sentir Oír	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Lista de chequeo diario	¿Qué evaluar? Qué anotar	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Puntos críticos del torno	Puntos de lubricación Zonas de contacto	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Diagnóstico general de la maquinaria	Áreas de contacto Zonas lubricadas Puntos de lubricación Rodamientos en buen estado	1 para cada subtema	30 minutos por sesión

Continuación de la tabla XX.

Guía de actividades para el mantenimiento preventivo	Diario Quincenal Mensual	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Motor eléctrico	Fallos Acciones inseguras Mala practica	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Puntos críticos de la fresadora	Uso eficiente Mala practica Acciones inseguras	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Caja Norton	Lubricación Desgaste Engrase	1 para cada subtema	30 minutos por sesión
Acciones destinadas al plan de mantenimiento	Diario Semanal Mensual	1 para cada subtema	30 minutos por sesión

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Durante las sesiones de trabajo se abordaron aquellos aspectos importantes que servirán de apoyo al personal de la empresa en realizar eficientemente sus rutinas diarias, es trascendente para el personal que participo en el programa de capacitación demostrar sus opiniones acerca de las técnicas propuestas que se incorporarán para evaluar su nivel de comprensión y así poder ser llevada a la práctica, en el proceso de capacitación se trabajó paralelamente con cada uno de ellos en su estación de trabajo para familiarizarse con la secuencia ordenada de cómo se debe realizar la inspección 360 con las técnicas VOSO. Al personal que demostró mayor debilidad se le presto mayor capacitación, atención e inducción personalizada pera reducir los posibles errores, el jefe de mantenimiento inicio la recolección de la información a partir de la última semana de febrero.

### **3.2. Técnicas de mejoras sobre actividades preventivas en los equipos**

La propuesta incluye actividades de monitoreo, dentro de estas actividades de monitoreo se propusieron tareas diarias, además se construyó la programación de tareas a realizar a los equipos conforme el tiempo de uso, en general se trabaja simultáneamente el control de mantenimiento en apoyo con los técnicos de cada estación de trabajo, ya que ellos son los responsables de recopilar la información que alimentara el sistema de la base de datos.

La información se presenta al jefe de mantenimiento diariamente, se logró percibir en los responsables de cada estación de trabajo el compromiso en la realización de las nuevas tareas asignadas, su compromiso se fortalece por participar en aquellas mejoras hacia la empresa que garanticen la continuidad de sus labores y el buen estado de los equipos, ya que dependen totalmente de ellos para realizar los trabajos hechos a medida.

Las técnicas VOSO son parte de una nueva estrategia a incorporar en su programa de mantenimiento, dicha técnica es 100 % preventiva por medio de la cual se podrán determinar variaciones por simples pero detectables con la prestación de atención constantemente, por muy sencillo o poco complejo que se interprete es una de las mejores acciones que desarrollarán en la empresa, no es el hecho de corregir o reparar fallas, es el hecho de crear un programa estricto de monitoreo continuo donde la menor variación puede ser comparada entre un día a otro o de un evento común a un evento fuera de lo común.

Aunque el personal en general posea de 3 a 5 años trabajando en el mismo equipo y que aseguren que conocen su equipo es necesario incorporar esta técnica con un ordenado registro en su base de datos.

### 3.3. Presentación de resultados y avances

Luego de diferentes acciones realizadas en conjunto con los responsables de cada estación de trabajo se realizó un levantamiento general del estado actual de los equipos, dicho resumen se presentó en la Tabla I, a partir de la primer semana de febrero 2022 se incorpora una prueba beta en monitoreo, inspección, uso de técnica VOSO y levantamiento de información 360 con la guía de inspección, generando como resultados preliminares reducción en los tiempos muertos de las 9 estaciones de trabajo monitoreadas.

Tabla XXI. **Resultados al implementar la técnica VOSO en versión beta**

<b>Equipo</b>	<b>Antes (T. M.)</b>	<b>Después (T.M.)</b>
Torno 1	120	80
Torno 2	135	75
Torno 3	90	65
Torno 4	105	90
Torno 5	95	65
Fresadora 1	6	4
Fresadora 2	12	3
Fresadora 3	18	8
Fresadora 4	15	4

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Al incorporar las tareas y técnicas de monitoreo se redujeron los tiempos muertos gradualmente en algunas estaciones de trabajo, presentando mejoras inmediatas en la ejecución de la propuesta, el condicionante que marco una diferencia entre el antes y el después fue el poder establecer un control sistemático en los equipos, detectando puntos críticos que al prolongar el uso bajo dichas condiciones de trabajo culminaría con fallas prematuras, el orden y la secuencia del monitoreo se fue desarrollando gradualmente.

Figura 23. **Comparación del tiempo muerto antes y después de incorporar las técnicas VOSO de monitoreo**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

De la gráfica anterior se muestra en la curva azul los reportes de paros inesperados de diciembre 2021 a febrero 2022, en la gráfica roja se presentan una evaluación paralela luego de incorporar gradualmente aquellas actividades relacionadas a la inspección diaria y los reportes diarios por medio de las técnicas VOSO. Las guías de inspección se tuvieron a la vista y se generaron informes diarios al jefe de mantenimiento, donde se informaba de las fallas primarias que se presentaban en los equipos, programando así las reparaciones necesarias que evitarán que los equipos pararán por una falla inmediata. Es crucial para la empresa que a futuro se pudiese asignar a una persona del taller para realizar estas actividades ya que los técnicos y responsables de cada equipo no poseen el tiempo necesario para realizar el vaciado, en apoyo a la empresa se creó dicho registro en una hoja de cálculo en el software de Excel, generando historial por día para cada equipo.

Figura 24. **Informe de porcentaje de rechazos versus reducción de rechazos a febrero 2022**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Se evaluaron las 9 estaciones de trabajo la línea azul representa la zona del porcentaje de reclamos por fallas encontradas en los productos procesados dicha zona es del 8 % al 18 % siendo el valor más alto, para finales de enero se redujo la zona de reclamos del 5 % al 12 % de reclamos y para febrero donde se da inicio con el plan beta de monitoreo, uso de las técnicas VOSO, control de la información, aplicación de las técnicas del plan de mantenimiento preventivo se logra reducir el espectro de reclamos en zona del 3 % al 6% representado en la línea verde, por lo que se nota una eficiencia gradual al reducir fallas en las piezas procesadas en las mismas 9 estaciones, el valor total estimado en pérdidas por reclamos en fallas por los tres meses asciende a Q 631 200,00 según los valores expuestos en la tabla XVIII, dichas cifras se desean reducir para el primer año en un 30 % según estimaciones del jefe de mantenimiento.

### 3.4. Programación de capacitación mensual de los mantenimientos

Para la empresa es importante disponer del mayor tiempo posible de sus empleados, por lo que se ha diseñado una propuesta donde se necesitará de 30 minutos luego de la jornada laboral de la participación para la programación de capacitación planteándola de la siguiente forma.

Tabla XXII. Programación de capacitación mensual

Tema	Programación por semana							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Objetivos esenciales del mantenimiento								
Técnicas de monitoreo								
Lista de chequeo diario								
Puntos críticos del torno								
Diagnóstico general de la maquinaria								
Guía de actividades para el mantenimiento preventivo								
Motor eléctrico								
Puntos críticos de la fresadora								
Caja Norton								
Acciones destinadas al plan de mantenimiento								

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2016.

Se utilizarán 5 días de la semana, al concluir las labores y verificando que no se posee retrasos en las líneas de procesamiento se podrá dar inicio a la capacitación para cada día, la programación se estableció para principios de febrero y se estima que concluya a finales del mes de marzo, por lo que únicamente se han logrado evaluar los módulos que ya fueron presentados al personal.

El jefe de mantenimiento a destinado un conjunto de tareas propias de la empresa para evaluar la comprensión y desarrollo de las habilidades aprendidas durante los ciclos de capacitación, es necesario obtener dichas métricas para analizar qué áreas deberán de ser fortalecidas hacia sus colaboradores, de ser necesario se deberá desarrollar una línea alterna de capacitación ya que dependerá de los resultados finales establecer que tanto ha sido el alcance en la capacitación o si el personal presenta rechazo a la nueva preparación.

## CONCLUSIONES

1. La empresa SMO brindo un conjunto de oportunidades, herramientas y beneficios para desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado en modalidad de seis meses, mediante el cual se logró evaluar la forma en que se realizan y ejecutan sus tareas de mantenimiento correctivo al solucionar los problemas mecánicos de los equipos industriales con que se producen artículos o elementos metálicos, permitiendo así trabajar función de sus necesidades para diseñar el plan de mantenimiento preventivo que se ajuste a su propuesto y necesidades primarias de mantener en operación sus líneas de producción.
2. Con apoyo del supervisor de mantenimiento se identificaron las fallas comunes en fresadoras y tornos, además de establecer algunas causas generales que provocan fallas repetitivas, de tal forma que en SMO se operaba con una disponibilidad total del 85 % de sus equipos en óptimas condiciones, el 15 % restante se encontraba en reparación o en espera de algún repuesto despachado exclusivamente por el fabricante.
3. Con trabajo combinado donde influyeron los operadores de tornos y fresadoras se identificó que el mayor volumen de procesamiento de trabajo se efectúa en los tornos, casi el 75 % del total de las ordenes de trabajo son para los tornos y el otro 25 % se asigna a las fresadoras, por lo que los tornos son los equipos detectados con mayor disponibilidad.
4. Otro aspecto importante detectado en el personal de mantenimiento es la falta de cronograma de monitoreo y tareas de supervisión diarias, ante

tal debilidad se trabajó en conjunto con el supervisor de mantenimiento para delimitar cuales son las tareas diarias que realizan los operarios de cada fresadora y torno, identificando las de menor representación que puedan ser sustituidas he incorporar un conjunto de acciones preventivas que permita recolectar información diaria y sea enviada a una base de datos de control constante.

5. El tiempo muerto y paradas inesperadas ha sido un evento recurrente en SMO, los mecánicos indicaron que una de sus acciones inmediatas es el programar técnicas de mantenimiento preventivo una vez por semana a cada uno de los equipos industriales presente, en total se pueden registrar hasta 25 paros semanales no programados, por lo que afecta mensualmente los índices económicos de la empresa.
6. Se identifico con apoyo de los mecánicos y del supervisor que durante la producción los fallos en los equipos se presentaban casi al concluir la jornada de trabajo en el día 13 o 14 del mes, para ese momento el equipo presentaba desbaste en sus lubricantes intercambiados y desgastes en sus piezas externas móviles.

## RECOMENDACIONES

A la empresa SMO servicios industriales:

1. Proponer al gerente de planta y a jefe de mantenimiento que mejoren sus acciones diarias con el personal a su cargo, ya que es una de las mayores debilidades presentes, al involucrarse constantemente con evaluación de reportes y registros de quejas podrán obtener un informe detallado diario que permita evaluar las condiciones generales de los equipos asignados a sus departamentos.
2. Incorporar las guías de revisión diarias en las líneas de mecanizado, en los tornos y en las fresadoras, donde se identifiquen las acciones preventivas a monitorear antes de iniciar sus labores, para que así se reduzcan las fallas comunes que generan retrasos al iniciar labores donde los equipos han presentado fugas de lubricantes, cables sueltos o piezas auxiliares mal instaladas.

Al jefe de mecánicos:

3. Incluir cada ficha de inspección por cada estación de trabajo incorporando los detalles específicos de cada maquinaria o equipo, para iniciar el proceso de desarrollo de datos informáticos que presenten estadísticamente las condiciones generales de los equipos monitoreados, a través de eso se obtendrá el control total de sus equipos y se programarán de forma eficiente los mantenimientos preventivos en una filosofía de justo a tiempo.

4. Capacitar al personal bajo su responsabilidad en uso y aplicación de tareas de monitoreo y evaluación de los equipos con técnicas VOSO durante sus labores cotidianas, esto permitirá trabajar con el apoyo de los sentidos en la detección temprana de vibraciones, ruidos excesivos o fuera de rango normal y sentir olores fuertes por efectos de exceso de fricción o quemaduras, de tal forma que se puedan identificar el equipo o maquinaria y detenerlo antes de que la falla sea de mayor repercusión.

A los mecánicos y operadores de los equipos industriales:

5. Ejecutar las tareas de limpieza, monitoreo y recolección de muestras por desprendimiento o por desgaste de los puntos críticos detectados en tornos y fresadoras, para poder así determinar el tipo de falla futura que se estará alcanzando si no se realiza el mantenimiento o las reparaciones necesarias en un tiempo prudente.
6. Promover tareas de monitoreo y prevención de fallas en sus equipos para evitar los fallos inesperados, además de acondicionar las acciones propuestas por jefe de mantenimiento.
7. Utilizar semanalmente el diagrama para clasificación y selección de fallas, así como el control de mantenimiento y de actividades para cada 50 horas según la tabla XX, para anticiparse a aquellas fallas que se consideraron repetitivas pero que pueden evitarse con un programa de mantenimiento preventivo eficiente.
8. Capacitar constantemente el uso de las técnicas VOSO, ya que al hacer uso de ellas se pueden gestionar algunas tareas sencillas como la

lubricación, engrase y limpieza general de diario que evitará reducir las paradas no programadas de los equipos.

9. Incorporar las tareas diarias propuestas por los mecánicos de la empresa, quienes identificaron como viable, necesario y oportuno sustituir por lubricantes necesarios y refrigerante específico de cada equipo conforme el manual del fabricante para evitar recalentamientos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CARDONA, Alberto. *Mantenimiento preventivo industrial*. México: McGraw-Hill. 2014. 220 p.
2. CRUZ, Francisco. *Control numérico y programación*. México: Coromant. 2019. 290 p.
3. FONG, Richard. *Análisis de organización para el mantenimiento de los servicios generales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 2017. 250 p.
4. HARRINGTON, James. *Cómo incrementar la calidad productiva en su empresa*. Colombia: McGraw-Hill. 2015. 295 p.
5. HERNANDEZ, Raúl. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill 2006. 210 p.
6. HERRERA, Hugo. *Diagnóstico del mantenimiento reactivo*. Guatemala: s.e. 2007. 190 p.
7. LARA, Bermúdez. *Propuesta de diseño de un Sistema de mantenimiento eficiente para maquinaria industrial*. Colombia: Pontifica Universidad Javeriana. 2011. 204 p.
8. MALAGÓN, Luis. *Administración en la automatización industrial*. Colombia: Editorial Médica Internacional. 2008. 284 p.

9. NIEVES, Francis. *La estrategia de la productividad en el mantenimiento*. México: s.e. 2018. 175 p.
10. ORDOÑEZ, Carlos. *Diagnóstico del proceso administrativo utilizando la evaluación integral*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. 2004. 180 p.
11. VALOR, Jaime. *Gestión de en la empresa metalmecánica*. España: Universidad de Navarra. 1990. 230 p.



Apéndice 2. **Torno #3 con mala conexión eléctrica**



Fuente: elaboración propia, utilizando Photoshop 2016.