



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS  
MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE  
MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA  
MATRIZ**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
electromecánica

**AUTOR:**

Chasiloa Chimbo Mario Javier

**TUTOR:**

Ing.M.Sc Luis Miguel Navarrete López

**LATACUNGA-ECUADOR**

**2023**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chasiloa Chimbo Mario Javier, declaro ser el autor de la presente propuesta tecnológica: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ.”**, siendo el Ing. M.Sc, Luis Miguel Navarrete López tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, es de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2023

**Chasiloa Chimbo Mario Javier**

**C.I. 110412105-6**



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Latacunga, agosto 2023

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ”**, de Chasiloa Chimbo Mario Javier, con cedula de ciudadanía N° 110412105-6, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Ing. M.sc Luis Miguel Navarrete López.

C.C. 180374728-4



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de ingeniería y aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: **Mario Javier Chasiloa Chimbo** con el título de Proyecto de titulación: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
**Ms.C. Segundo Ángel Cevallos Betún**  
**CC: 050178243-7**

**Lector 2**  
**Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso**  
**CC: 175836725-2**

**Lector 3**  
**Ph.D. Enrique Torres Tamayo**  
**CC: 175712194-0**



## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios, a mis padres y hermanas que han sido mis principales fortalezas y han estado ahí para mí en todo momento para culminar cada peldaño que he dado para al fin culminar mi formación universitaria.*

*Agradezco también a todos mis docentes, tutores guías que me han sabido impartir sus conocimientos y enseñanzas, para así poder adquirir las habilidades necesarias para poder abrirme paso en el ámbito laboral que se viene por delante en mi vida.*

*Por último, agradezco a mis compañeros de clases y amistades que he ido haciendo a lo largo de mis estudios que siempre hemos estado dispuestos a colaborar y apoyarnos en nuestra vida estudiantil para así juntos poder alcanzar la tan anhelada meta a pesar de todas las adversidades que se nos han presentado.*

*Mario Chasiloa*



## DEDICATORIA

*La presente tesis va dedicada con mucha alegría y de todo corazón para mis abuelitos Ángel Chimbo y Luz Angelica Montoya, a mis padres Mario Chasiloa y Nancy Chimbo, y a mis hermanas Nataly y Dennise que con sus palabras de apoyo y sabios consejos han sido el principal motivo para siempre seguir adelante con todas las metas que me he propuesto.*

*A personas especiales que han estado siempre tendiéndome su apoyo incondicional a pesar de las dificultades que se me han presentado infinitas gracias.*

*Mario Chasiloa*

# INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1	EL PROBLEMA.....	2
1.1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.1.2	Formulación del problema .....	3
1.2	BENEFICIARIOS .....	3
1.2.1	Beneficiarios directos.....	3
1.2.2	Beneficiarios indirectos.....	3
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4	HIPÓTESIS.....	4
1.5	OBJETIVOS.....	4
1.5.1	Objetivo General.....	4
1.5.2	Objetivos específicos.....	4
1.6	SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
2.1	Antecedentes .....	5
2.2	Marco teórico.....	7
2.2.1	Mantenimiento.....	7
2.2.2	Historia del mantenimiento .....	7
2.2.3	Década de 1960-mantenimiento predictivo .....	8
2.2.4	Plan de mantenimiento.....	9
2.2.5	Ventajas de plan de mantenimiento.....	9
2.2.6	Mantenimiento preventivo .....	9
2.2.7	Mantenimiento predictivo .....	9
2.2.8	Mantenimiento correctivo .....	10
2.2.9	Mantenimiento centrado en confiabilidad .....	10
2.2.10	Funciones y parámetros de desempeño .....	10
2.2.11	Fallos funcionales.....	10
2.2.12	Modos de falla .....	11
2.2.13	Efectos de fallas .....	11
2.2.14	Consecuencias de la falla.....	11
2.2.15	Tareas proactivas .....	12
2.2.16	Acciones predeterminadas.....	13
2.2.17	Máquinas-Herramientas .....	14

2.2.18	Propiedades principales de una máquina herramienta .....	14
2.2.19	Tipos de máquinas herramientas .....	16
2.2.20	Torno .....	16
2.2.21	Fresadora.....	19
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	23
3.1	Metodología.....	23
3.1.1	Metodología cualitativa .....	23
3.1.2	Metodología de campo .....	23
3.1.3	Identificación de máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado .....	24
3.2	Identificadores en mantenimiento (KPI).....	40
3.2.1	Índice de disponibilidad .....	40
3.2.2	Tiempo medio entre fallas (MTBF) .....	40
3.2.3	Tiempo medio de reparación (MTTR) .....	41
3.2.4	Índice de coste .....	41
3.2.5	Estado técnico en el mantenimiento preventivo .....	42
3.3	Elaboración de formatos para las máquinas herramientas .....	43
3.3.1	Formato de fichas técnica .....	43
3.3.2	Análisis modal de fallos y efectos .....	44
3.3.3	Hoja de decisión.....	45
3.3.4	Partes que componen un manual de mantenimiento .....	48
3.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
3.4.1	Cálculo de índice de disponibilidad.....	49
3.4.2	Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF) .....	49
3.4.3	Cálculo del tiempo medio de reparación (MTTR) .....	50
3.4.4	Cálculo del índice de coste .....	50
3.4.5	Trazabilidad del mantenimiento preventivo y correctivo. ....	51
3.4.6	Actividades para el mantenimiento preventivo de las máquinas herramientas.....	53
3.4.7	Estado actual de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado.....	56
3.4.8	Análisis económico .....	60
3.4.9	Desarrollo del plan de mantenimiento .....	62
4.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	63
4.1	Conclusiones .....	63
4.2	Recomendaciones .....	63
5.	Bibliografía.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1.</b> Perspectiva tradicional de la falla .....	12
<b>Figura 2. 2.</b> Seis patrones de fallas .....	13
<b>Figura 2. 3.</b> Esquema cinemático de centro mecanizado de 5 ejes .....	14
<b>Figura 2. 4.</b> Fuerza axial, fuerza de corte y fuerza radical .....	15
<b>Figura 2. 5.</b> Estructura de amortiguación baja y alta <b>Fuente:</b> [4].....	15
<b>Figura 2. 6.</b> Partes principales del torno.....	17
<b>Figura 2. 7.</b> Operaciones del torno.....	17
<b>Figura 2. 8.</b> Torno revolver .....	18
<b>Figura 2. 9.</b> Torno paralelo <b>Fuente:</b> [9].....	18
<b>Figura 2. 10.</b> Partes de una fresadora.....	20
<b>Figura 2. 11.</b> Movimientos realizados por la fresadora.....	20
<b>Figura 2. 12.</b> Fresadora vertical .....	21
<b>Figura 2. 13.</b> Fresadora horizontal .....	22
<b>Figura 2. 14.</b> Fresadora universal .....	22
<b>Figura 3. 1.</b> Torno paralelo vista de frente .....	25
<b>Figura 3. 2.</b> Partes internas del sistema de transmisión del torno paralelo.....	26
<b>Figura 3. 3.</b> Circuito de control y potencia del torno paralelo .....	27
<b>Figura 3. 4.</b> Torno Yucy 6250c - Vista principal.....	29
<b>Figura 3. 5.</b> Torno Yucy 6250c - Vista lateral.....	30
<b>Figura 3. 6.</b> Tablero de control para el torno Yucy.....	30
<b>Figura 3. 7.</b> Fresadora universal - vista principal .....	33
<b>Figura 3. 8.</b> Fresadora universal - vista lateral derecha.....	34
<b>Figura 3. 9.</b> Fresadora universal - vista lateral izquierda .....	35
<b>Figura 3. 10.</b> Cepilladora KLOPP.....	37
<b>Figura 3. 11.</b> Circuito de control de la cepilladora KLOPP .....	37
<b>Figura 3. 12.</b> Afiladora de cuchillas.....	39
<b>Figura 3. 13.</b> Circuito de control de la afiladora de cuchillas.....	39
<b>Figura 3. 14.</b> Trazabilidad del mantenimiento del torno YUCY .....	51
<b>Figura 3. 15.</b> Trazabilidad de la fresadora universal.....	52
<b>Figura 3. 16.</b> Trazabilidad del mantenimiento del torno paralelo.....	52
<b>Figura 3. 17.</b> Trazabilidad de mantenimiento preventivo de la cepilladora KLOPP .....	53
<b>Figura 4. 1.</b> Ficha técnica .....	44
<b>Figura 4. 2.</b> Formato de la hoja de información.....	45
<b>Figura 4. 3.</b> Formato hoja de decisión.....	45
<b>Figura 4. 4.</b> Consecuencias de falla .....	46
<b>Figura 4. 5.</b> Criterios de factibilidad técnica .....	47
<b>Figura 4. 6.</b> Preguntas "a la falta de" .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1.</b> Características de máquinas herramientas.....	16
<b>Tabla 3. 1.</b> Características técnicas del torno.....	27
<b>Tabla 3. 2.</b> Características eléctricas .....	28
<b>Tabla 3. 3.</b> Características técnicas de la fresadora.....	31
<b>Tabla 3. 4.</b> Valores de coeficiente de estado actual .....	43
<b>Tabla 3. 5.</b> Determinación del estado técnico según la eficiencia actual .....	43
<b>Tabla 3. 6.</b> Índice de disponibilidad .....	49
<b>Tabla 3. 7.</b> Tiempo medio entre fallas.....	50
<b>Tabla 3. 8.</b> Tiempo de reparación .....	50
<b>Tabla 3. 9.</b> Índices de coste.....	50
<b>Tabla 3. 10.</b> Actividades preventivas para máquinas herramientas .....	54
<b>Tabla 3. 11.</b> Estado actual del torno paralelo americano.....	56
<b>Tabla 3. 12.</b> Estado actual del torno YUCY .....	57
<b>Tabla 3. 13.</b> Estado actual de la fresadora universal .....	58
<b>Tabla 3. 14.</b> Estado actual cepilladora.....	59
<b>Tabla 3. 15.</b> Estado actual de la afiladora de cuchillas.....	60
<b>Tabla 3. 16.</b> Costos de inversión de mantenimiento preventivo .....	61

**TITULO:** “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ.”

**Autor:** Chasiloa Chimbo Mario Javier

## **RESUMEN**

En el presente proyecto, se realizó la investigación bibliográfica para poder tener conocimiento en cuanto a las maquinas herramientas y las posibles fallas que se ocasionan en ellas, teniendo en cuenta que es de importancia para saber de qué manera actuar ante la misma. Además, se determinará el mantenimiento RMC el cual es el mantenimiento basado en la confiabilidad, ya que es de importancia determinar el tipo de fallas en las distintas partes de una de la máquina herramienta, también los índices de mantenimiento KPI para poder calcular la frecuencia con la que puede presentar una falla en el instante de trabajo. Sin embargo, se llenarán las fichas técnicas de las distintas máquinas herramientas que se encuentran en el laboratorio de mecanizado en el área de viruta, se calcularan los índices de mantenimiento KPI, índices de disponibilidad para verificar el funcionamiento de la máquina herramienta. También, se establecerá el estado de las máquinas herramientas haciendo uso de los coeficientes que contempla el estado actual de los elementos. Además, se llenarán las hojas de información con la finalidad de ver las fallas por componente de la máquina, el tiempo perjudicial de parada. Para lo cual mediante la hoja de decisión se determinará la forma en solucionar dicho inconveniente y los tiempos de reparación y la frecuencia de los mismos, ya sean para mantenimientos preventivos o correctivos. Finalmente, se determinará el costo de inversión del mantenimiento preventivo en un año de las máquinas herramientas.

### **Palabras claves:**

Máquinas herramientas, índices de mantenimiento KPI, ficha técnica, hoja de información, hoja de decisión.

**TITLE:** “DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE PLAN FOR THE MACHINE TOOLS OF THE MACHINING LABORATORY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI LA MATRIZ.”

**Authors:** Chasiloa Chimbo Mario Javier

## **ABSTRACT**

In the present project, bibliographical research was developed to know about the machine tools and their possible failures. In addition, RMC maintenance will be determined, which is reliability-based maintenance, because it is important to determine the type of failures in the different parts of one of the machine tools, as well as the KPI maintenance rates to calculate the frequency of failures at the moment of work. To check the operation of the machine tool, however, the technical sheets of the various machine tools of the machining laboratory will be filled out and the KPI maintenance and availability indices will be calculated. Also, the state of the machine tools will be established using the coefficients that contemplate the current state of the elements. In addition, the information sheets will arise the failures by components of the machine, the harmful stop time. For, through the decision sheet, the way to solve said inconvenience and the repair times and frequency of the same, whether for preventive or corrective maintenance, will be determined. Finally, the investment cost of preventive maintenance in one year of the machine tools will be determined.

**Keywords:** Machine tools, KPI maintenance rates, data sheet, information sheet, and decision sheet.



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



CENTRO  
DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ**, presentado por: Chasiloa Chimbo Mario Javier egresado de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

TANIA  
ELIZABETH  
ALVEAR  
JIMENEZ

Firmado  
digitalmente por  
TANIA ELIZABETH  
ALVEAR JIMENEZ  
Fecha: 2023.08.16  
10:51:19 -05'00'

Tania Alvear Jiménez

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC  
CI: 0503231763



## **INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Elaboración de un plan de mantenimiento para las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Fecha de inicio:** abril 2023

**Fecha de finalización:** agosto 2023

**Lugar de ejecución:** Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Felipe.

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** No vinculado

### **Equipo de trabajo:**

#### **Tutor**

Nombres: Luis Miguel  
Apellidos: Navarrete López  
Cedula de identidad: 1803747284  
Correo electrónico: [luisnavarrete7284@utc.edu.ec](mailto:luisnavarrete7284@utc.edu.ec)

#### **Coordinador 1:**

Nombre: Chasiloa Chimbo Mario Javier  
Cédula de Ciudadanía: 1104121056  
Correo electrónico: [mario.chasiloa1056@utc.edu.ec](mailto:mario.chasiloa1056@utc.edu.ec)

#### **Área de Conocimiento:**

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines

#### **Líneas de investigación:**

Procesos industriales.

#### **Sub línea de investigación de la carrera:**

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 EL PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Se conoce que las máquinas herramientas a nivel mundial son muy empleadas para la manufactura en general, por lo que en la gran parte de países desarrollados cuentan con procesos y planes de mantenimiento para las mismas, con la finalidad de extender la vida útil de las máquinas y que no pierdan su presión al momento de realizar piezas mecánicas de cualquier índole. Además, en países desarrollados las máquinas herramientas van en constante evolución por lo que son más severos al realizar una planificación de mantenimiento.

Sin embargo, en Ecuador gran parte del desarrollo es debido a la manufactura que se obtiene a nivel industrial, por lo que grandes empresas cuentan con una gestión adecuada en cuanto a la organización y planificación de mantenimientos preventivos y correctivos de las máquinas herramientas que poseen en sus instalaciones, conociendo que mediante ellas pueden realizar y fabricar piezas mecánicas de distinta índole para que la producción continúe, en caso de que no posean planes de mantenimiento generarían pérdidas para la misma.

El taller de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi no dispone de un plan de mantenimiento para las diferentes máquinas existentes, tales como tornos, afiladoras de cuchillas, cepillado y fresadora vertical, lo que conlleva a no tener un seguimiento del estado de las mismas.

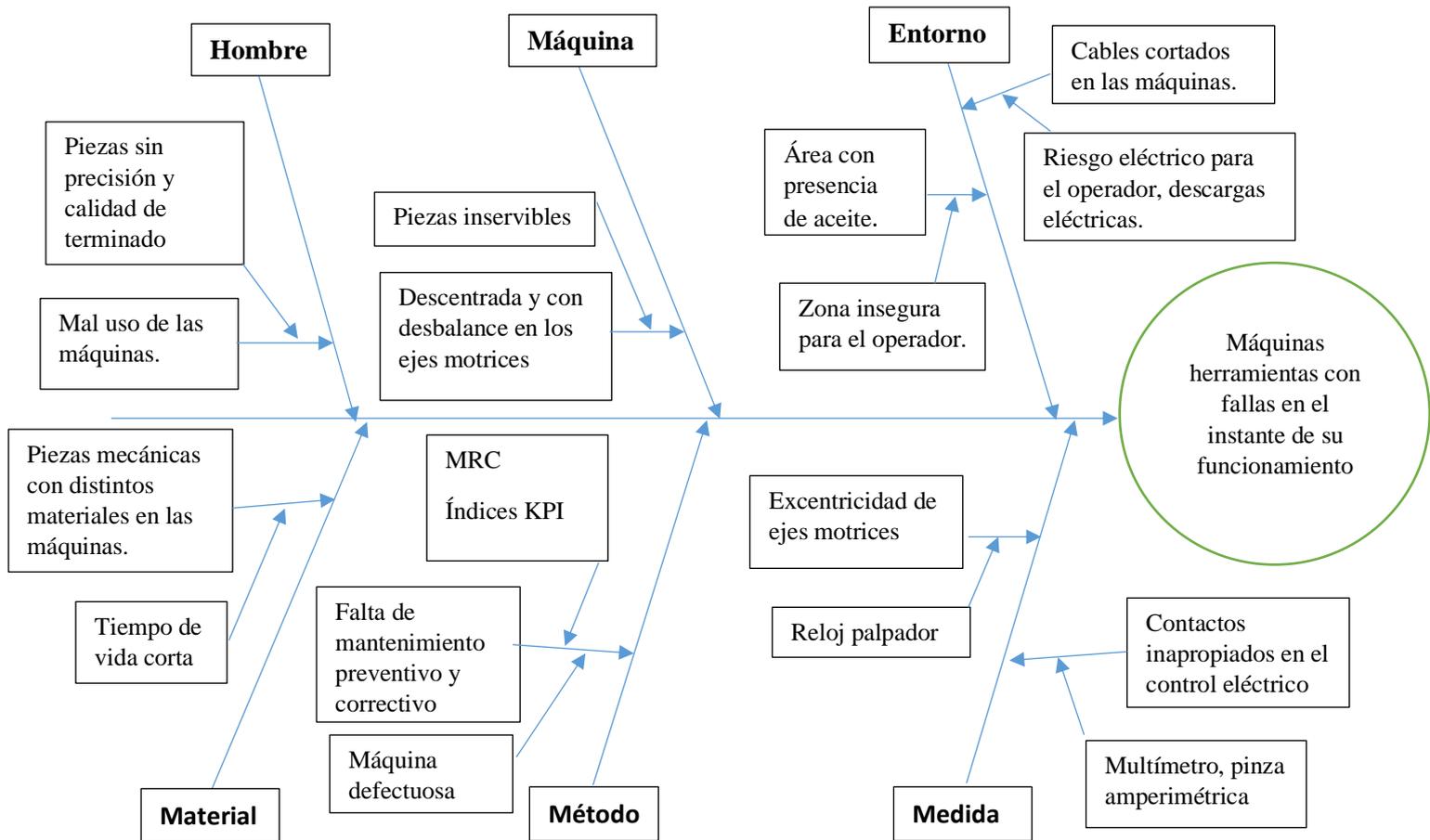
Además, a la no ejecución de un mantenimiento preventivo y mucho menos correctivo de las máquinas herramientas, se producirían fallas mecánicas o eléctricas en las mismas. Teniendo en cuenta que sería perjudicial para los estudiantes en el instante de su uso, ya que si las máquinas presentan algún tipo de falla estas no servirían para dar una adecuada precisión y calidad de terminado a cualquier pieza mecánica que se quiera manufacturar.

En el caso extremo de no tener un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas herramienta del taller, estas podrían quedar fuera de servicio, lo que produciría que se reduzca el nivel académico para los estudiantes, ya que no pudieran hacer uso de las mismas en la parte práctica.

### 1.1.2 Formulación del problema

El laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un plan de mantenimiento de las máquinas herramientas, lo que conlleva a fallos en su funcionalidad.

#### Matriz causa-efecto



## 1.2 BENEFICIARIOS

### 1.2.1 Beneficiarios directos

Estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica y el encargado del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 1.2.2 Beneficiarios indirectos

Estudiantes de otras instituciones educativas en el área técnica, personal técnico de talleres alrededor de la universidad.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Mediante la elaboración de un plan de mantenimiento, se puede tener un control de las actividades que se deben realizar para mantener en buen estado y alargar la vida útil de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

También, se realizará una investigación de la información técnica de las máquinas herramientas, teniendo como finalidad la designación de tareas programadas para realizar un mantenimiento preventivo y correctivo en las mismas. Por lo tanto, los estudiantes que requieran hacer uso de las máquinas tendrán la disponibilidad para que puedan ser ocupadas correctamente sin presencia de fallas y las piezas manufacturadas tengan su calidad y precisión deseada.

Además, mediante el correcto funcionamiento de las máquinas herramientas, se pueden emplear las mismas para realizar los respectivos mantenimientos preventivos o correctivos al resto de máquinas que se encuentran en el laboratorio de mecanizado de la universidad y así tener un ahorro económico, ya que no se necesitarían de técnicos externos para dichos trabajos.

### **1.4 HIPÓTESIS**

Con la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo y el control del estado de las máquinas y sus partes en tiempos de ejecución programados aplicando el MRC y los índices KPI se podrán mejorar.

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas herramientas ubicadas en el área de arranque de viruta del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento de información técnica de las máquinas herramientas correspondientes al laboratorio de mecanizado.
- Establecer tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para las diferentes máquinas herramientas.
- Formular recomendaciones de seguridad en el instante de realizar el mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas herramientas.

## 1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Realizar el levantamiento de información técnica de las máquinas herramientas correspondientes al laboratorio de mecanizado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Indagar en libros y en la web sobre el tema de máquinas herramientas.</li> <li>-Solicitar información sobre las máquinas existentes en el laboratorio de mecanizado.</li> <li>-Identificar las distintas partes de las máquinas herramientas y su funcionalidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información sobre máquinas herramientas.</li> <li>-Obtención de características técnicas.</li> <li>-Operaciones y trabajos específicos que desempeñan las máquinas herramientas a nivel profesional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Investigación documental y de campo.</li> </ul>
Establecer tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para las diferentes máquinas herramientas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar fallas en las máquinas herramientas.</li> <li>-Implementación del mantenimiento preventivo a fallas ocasionadas en las máquinas.</li> <li>-Implementación del mantenimiento correctivo para fallas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reconocimiento de fallas para saber qué hacer en el instante de la misma.</li> <li>-Planificación para evitar fallas graves y correcto funcionamiento de las máquinas.</li> <li>-Reconocimiento de fallas críticas de las máquinas herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación de campo y experimental.</li> <li>- Análisis cualitativo</li> </ul>
Formular recomendaciones de seguridad en el instante de realizar el mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas herramientas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectuar recomendaciones ante la ejecución de mantenimientos en las máquinas herramientas.</li> <li>-Recomendar epp para cada actividad de mantenimiento establecido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Conocimiento de la forma correcta de interactuar al momento de falla en las máquinas.</li> <li>-Seguridad personal del técnico encargado de realizar el mantenimiento a las máquinas herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación del plan de mantenimiento.</li> </ul>

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Antecedentes

A partir de una revisión bibliográfica de varios títulos relacionados con los objetivos de la investigación, se detallan diversos estudios para orientar mejor los capítulos posteriores sobre el tema propuesto.

Del trabajo de titulación denominado “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica minera”, cuyo trabajo fue realizado por Elvis Alberto Cansino Flores y Danny Wilmar Lucero Díaz, en la carrera de Ingeniería Mecánica [1]. Consiste en implementar un plan de mantenimiento preventivo y de seguridad industrial para la fábrica Minería y Rocas Ornamentales S.A., MINEROSA realizando un previo análisis de todas las máquinas que conforman la planta para luego mediante herramientas estadísticas como la matriz de Holmes, Diagrama de Ishikawa, Árbol de fallos, el Método de Análisis de Modo de Fallo y efectos, etc. para obtener así. la máquina a la cual se le va implementar el plan de mantenimiento preventivo.

Del trabajo de titulación denominado “Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales del área de ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca”, cuyo trabajo fue realizado por Pablo Andrés Narváez Guznay y Carlos Eduardo Zhigue Tène, en la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca[2]. Este proyecto consiste en presentar el proceso para la gestión de mantenimiento de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Incluirá etapas de la gestión de mantenimiento y la recopilación sobre la evolución del mantenimiento, un breve concepto sobre algunos tipos de mantenimiento, revisión del estado actual de la gestión del mantenimiento, tomando en cuenta indicadores de clase mundial, software GMAO, la normativa para el mantenimiento industrial y la calidad del mantenimiento referido a la norma /SO 9001.

Del trabajo de titulación denominado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes a la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira”, cuyo trabajo fue realizado por Nora Eliana Montealegre Yela, de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira [3]. Consiste en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo con el acompañamiento del CMMS SMPlus pro 3.0 en calidad de comodato. Dicho plan de mantenimiento preventivo abarca los equipos, máquinas e instrumentos de diez laboratorios de los doce con los que cuenta la Facultad en el inicio de dicha práctica. Esto debido a que se encuentra con el trabajo de grado encargado de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el Laboratorio de Máquinas Herramientas y Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado, el cual se realiza en la misma base de datos de SMPlus Pro 3.0.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Mantenimiento**

El mantenimiento es el conjunto de actividades que intentan compensar el deterioro causado por el tiempo y el uso de los equipos e instalaciones. Con esta definición en mente, los departamentos de mantenimiento se esfuerzan por cumplir con cuatro objetivos básicos: disponibilidad, confiabilidad, vida útil y costo. Este artículo describe estos cuatro objetivos y cómo la gestión adecuada del mantenimiento puede ayudarlo a alcanzarlos [1].

El objetivo principal del mantenimiento no es corregir inmediatamente una falla tan pronto como ocurra sino de asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos de acuerdo con el período de amortización de la planta, además lograr todo esto dentro de un presupuesto determinado, generalmente el presupuesto de mantenimiento óptimo para esa instalación [1].

### **2.2.2 Historia del mantenimiento**

Desde la revolución industrial hasta nuestros días, el desarrollo del mantenimiento ha estado ligado a una historia de progreso tecnológico y cultural. En un principio fue cuestionado, pero con el tiempo ha cobrado relevancia y se ha convertido en una tarea básica de productividad de cualquier empresa.

#### **2.2.2.1 Primera generación-mantenimiento correctivo**

La idea del mantenimiento de máquinas surgió cuando la sociedad se dio cuenta de su importancia económica. Esto sucedió durante la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII y principios del XIX. Antes no había máquinas industriales que sujetar. La primera fase del desarrollo del mantenimiento se limitaba a la reparación de máquinas tras averías o averías. Un tipo de mantenimiento, conocido como mantenimiento correctivo o reactivo, que hace que las máquinas afectadas detengan la producción, deteniendo así la producción.

#### **2.2.2.2 Segunda etapa-mantenimiento preventivo**

A mediados del siglo XX, las máquinas utilizadas en los procesos industriales formaban cadenas productivas complejas. Los conceptos de competitividad, reducción de costos y productividad, propuestos originalmente por la industria automotriz, aumentaron la importancia de los activos, que eran críticos para el desarrollo del mantenimiento. Una falla de un elemento

en la cadena de producción significa un retraso inaceptable que puede costarle mucho a la empresa. Esto se hizo durante la Segunda Guerra Mundial.

Los planes de mantenimiento preventivo consistían en: realizar inspecciones rutinarias, detección y monitoreo sistemático de fallas y cambio de algunos componentes en atención al número de horas de funcionamiento.

### **2.2.3 Década de 1960-mantenimiento predictivo**

En 1960 el mantenimiento consistía en la prevención y la corrección las cuales implicaban actividades profundizadas. El sector de mantenimiento se limitaba a electricidad, mecánica, cambio de piezas, lubricación o engrase. Los planes de mantenimiento eran costosos y se realizaba tareas de mantenimiento solo porque estaban programadas, pero en ese momento no sabía si era realmente necesario.

#### **2.2.3.1 Década de 1970-1980: mantenimiento productivo total**

También en la década de 1960, apareció en Japón el concepto de mantenimiento, que revolucionó la industria mundial. La automatización facilita esta práctica al permitir que los operadores lean indicadores y monitoreen su equipo. La capacitación del personal es fundamental para cumplir con las obligaciones del operador, ya que los operadores son responsables de la calidad y confiabilidad de los equipos propiedad de la empresa. Fue un paso revolucionario en la historia del mantenimiento.

#### **2.2.3.2 Actualidad: importancia de la tecnología en el mantenimiento industrial**

En la globalización, el desarrollo de equipos y tecnología cambia todos los días. El mundo industrial cambió de muchas maneras entre 1980 y 2000, pero la revolución informática tuvo un gran impacto en la fabricación, la calidad, los flujos de trabajo y más. Desde entonces hasta hoy, todas las empresas han tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías. El mantenimiento industrial necesita ser modernizado. Hoy en día, el software de mantenimiento es fundamental para gestionar los activos industriales lo cual permite: gestionar los procesos de mantenimiento en un negocio, asignar tareas, realizar monitoreos y diagnósticos de fallas, identificar las prácticas óptimas, mejorar el desempeño a futuro, controlar el cumplimiento de tareas asignadas, registrar el historial de fallas y generar informes con resultados de la inspección [2].

#### **2.2.4 Plan de mantenimiento**

Es un conjunto de tareas realizado para mantener los equipos ya sea de una instalación, de un laboratorio, entre otros. El contenido del plan de mantenimiento ayuda a facilitar de un equipo ya que se podría mantenerlo con un rendimiento óptimo por lo tanto son indispensables para el mantenimiento industrial. Un plan de mantenimiento contiene el proceso del mantenimiento que tiene que llevarse a cabo, además debe incluir un cronograma el cual funcionara como guía para realizar todos los mantenimientos preventivos necesarios [1].

#### **2.2.5 Ventajas de plan de mantenimiento**

Realizar un plan de mantenimiento correcto tiene varios beneficios como: entorno de trabajo más ordenado, aumento de la productividad del mantenimiento con reducción de costos, aumento de vida útil de las máquinas, menos tiempo de inactividad de las máquinas, lugar de trabajo más seguro. Una consolidad planificación del mantenimiento asegura la fiabilidad de los equipos, mejora la producción y aumenta la rentabilidad.

#### **2.2.6 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se basa en la revisión de las máquinas para su buen funcionamiento, el cual evita fallos de las máquinas previniendo que se dañen. Al realizar un mantenimiento preventivo se convierte en un paso fundamental para evitar que sufran averías más costosas de reparar y se pueda alargar la vida útil del mismo. Esto hace que disminuya el gasto de reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas [2].

#### **2.2.7 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo o basado en la condición evalúa la condición de la máquina y recomienda acciones en función de su condición, lo que genera ahorros significativos. El diagnóstico predictivo de maquinaria se desarrolla en la industria en la década que va desde mediados de los ochenta a mediados de los noventa del siglo XX. El mantenimiento predictivo es una serie de herramientas y técnicas de análisis de variables utilizadas para caracterizar el estado de los equipos de producción en relación con posibles fallas. Su tarea principal es optimizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos al menor costo [5].

### **2.2.8 Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste realizar un servicio técnico en respuesta a avisos sobre el mal funcionamiento de alguna máquina. Consiste en un conjunto de tareas de carácter técnico, cuya finalidad es corregir los errores que se producen en el funcionamiento de la máquina. Estas acciones pueden solicitarse de forma inesperada. No forman parte del plan de mantenimiento programado e incluso pueden tardar mucho tiempo si alguien no abre un ticket de soporte [3].

### **2.2.9 Mantenimiento centrado en confiabilidad**

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, también conocido como RCM, es una técnica muy poderosa que, cuando se usa correctamente, puede mejorar significativamente la confiabilidad y el rendimiento del equipo. Al mismo tiempo, asegúrese de optimizar el dinero gastado en programas de mantenimiento predictivo y preventivo [7].

### **2.2.10 Funciones y parámetros de desempeño**

Las funciones del equipo incluyen funciones primarias incluye categoría de funciones como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente. Funciones secundarias son expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales.

Muchos dispositivos pueden tener varias funciones (quizás hasta 20 o 30 en algunos casos). Para cada una de estas funciones, se determinará el nivel de rendimiento requerido cuando sea posible.

### **2.2.11 Fallos funcionales**

Los fallos funcionales para cada función simplemente definen un estado en el que el dispositivo no puede realizar su función. Para cada función, se deben considerar fallas totales (por ejemplo, el equipo no funciona) y fallas parciales (el equipo funciona, pero no a un nivel que cumpla con los criterios de desempeño asociados con esa función). El proceso de RCM lo hace en dos niveles: identifica las circunstancias que llevaron a la falla y luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

### **2.2.12 Modos de falla**

Una vez que se ha identificado cada falla, el siguiente paso en el proceso RCM es identificar todos los eventos que pueden haber contribuido a cada condición de falla. Estos eventos se denominan condiciones de error. La lista debe incluir errores debidos a errores humanos (operador y personal de mantenimiento) y errores de diseño, de modo que todas las causas razonablemente posibles de falla del equipo puedan identificarse y abordarse adecuadamente. También es importante identificar la causa de cada mal funcionamiento con suficiente detalle para garantizar que no se desperdicie tiempo y energía tratando de tratar los síntomas en lugar de la causa [7].

### **2.2.13 Efectos de fallas**

El cuarto paso en el proceso RCM incluye una lista de efectos de falla que describe lo que sucede cuando ocurre cada condición de falla. Estas descripciones deben incluir toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias del error (en el siguiente paso del proceso), como, por ejemplo: que evidencia existe de que fallas ha ocurrido, de qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente, de qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta), que daños físicos han sido causados por la falla, que debe hacerse para reparar la falla.

### **2.2.14 Consecuencias de la falla**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es que el objetivo principal de un programa de mantenimiento preventivo no es necesariamente evitar o minimizar fallas, sino prevenir o minimizar las consecuencias de esas fallas. De esta manera, el proceso de RCM enfoca la atención en las actividades de mantenimiento que tienen el mayor impacto en el desempeño organizacional y desvía los esfuerzos de aquellas que tienen poco o ningún impacto. El quinto paso del proceso RCM clasifica las consecuencias asociadas con cada modo de falla en uno de los siguientes cuatro grupos:

#### **2.2.14.1 Consecuencias de fallas ocultas**

Las fallas ocultas no tienen un impacto directo el cual exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. La mayoría están asociados a sistemas de protección sin seguridad inherente.

### 2.2.14.2 Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente

Una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede herir o matar a alguien. Tiene consecuencias medioambientales si pudiera dar lugar a una infracción de cualquier norma medioambiental corporativa, regional, nacional o internacional.

### 2.2.14.3 Consecuencias operativas

Una falla tiene consecuencias operativas si afecta la producción (producción, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos además del costo directo de reparación)

### 2.2.14.4 Consecuencias no operativas

Las fallas evidentes que entran en esta categoría no afectan ni la seguridad ni la producción, por lo que solo involucran el costo directo de reparación.

### 2.2.15 Tareas proactivas

Las tareas proactivas son tareas que se llevan a cabo antes de que ocurra una falla, para evitar que el elemento entre en un estado de falla. Adoptan lo que tradicionalmente se conoce como mantenimiento predictivo y preventivo, aunque veremos más adelante que RCM usa los términos Restauración programada, Descarte programado y Mantenimiento basado en condiciones. En la figura 2.1 muestra la perspectiva de la falla a intervalos regulares.

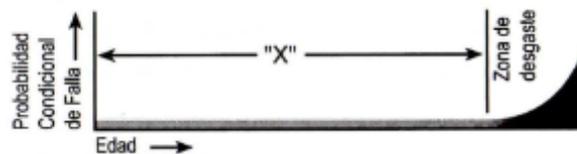


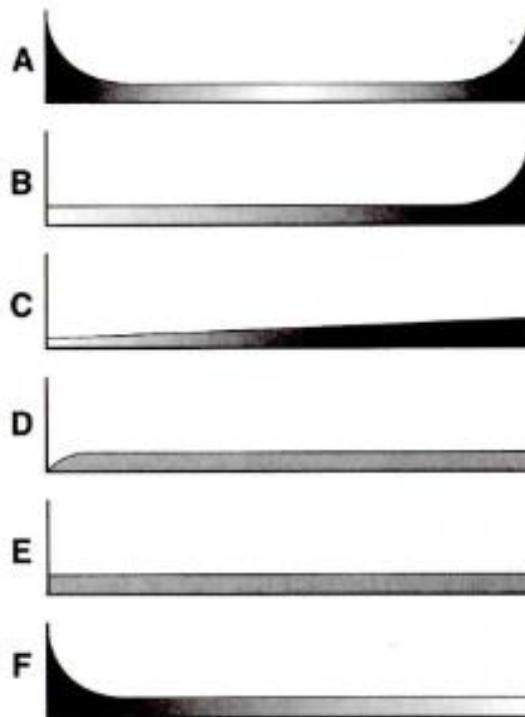
Figura 2. 1.Perspectiva tradicional de la falla

Fuente: [7]

En la figura 2.2 se puede observar la probabilidad condicional de la falla con relación a la edad operacional de la variación de elementos mecánicos y eléctricos. El patrón A es conocido como curva de baño. Comienza con una alta tasa de fracaso llamada mortalidad infantil, seguida de una probabilidad condicional de fracaso constante o que aumenta gradualmente, y luego una zona de desgaste. El patrón B muestra una probabilidad de falla condicional constante o que aumenta lentamente y termina en la zona desgastada.

El patrón C muestra una probabilidad de falla condicional que aumenta lentamente, pero sin una edad de desgaste detectable. El patrón D muestra una probabilidad condicional baja de falla

cuando el elemento es nuevo o recién reacondicionado y luego aumenta rápidamente a un nivel constante. El patrón E muestra una probabilidad condicional constante de falla en todas las edades. El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil y eventualmente declina a una probabilidad condicional de falla constante o que aumenta muy lentamente [7].



**Figura 2. 2.** Seis patrones de fallas

Fuente: [7]

### 2.2.16 Acciones predeterminadas

RCM reconoce tres categorías principales de acciones predeterminadas como: detección de fallas, rediseño, sin mantenimiento programado.

Detección de fallas: las tareas de detección de fallas implican verificar funciones ocultas periódicamente para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en condiciones implican verificar si algo está fallando).

Rediseño: el rediseño implica realizar cualquier cambio único en la capacidad incorporada de un sistema. Esto incluye modificaciones al hardware y también cubre cambios únicos en los procedimientos.

Sin mantenimiento programado: como su nombre lo indica, este valor predeterminado implica no hacer ningún esfuerzo para anticipar o prevenir los modos de falla a los que se aplica, por lo que esas fallas simplemente se permiten que ocurran y luego se reparen [7].

### 2.2.17 Máquinas-Herramientas

Las maquinas-herramientas son aquellas máquinas que permiten realizar las operaciones de mecanizado. Se caracterizan por trabajar con una gran variedad de materiales dando forma a piezas sólidas, especialmente el metal. Las maquinas-herramientas puede ser operada ya sea manualmente o por medio de un control automático. Los sistemas más habituales son: esculpir un bloque de metal eliminando el material mediante procesos como taladrado, fresado, torneado, descargas electromagnéticas, entre otros, posteriormente dar forma a la pieza mediante plegado, estampado y cortar un modelo sobre una placa de metal utilizando herramientas de corte, laser chorro de agua lata presión, etc.

### 2.2.18 Propiedades principales de una máquina herramienta

#### 2.2.18.1 Plataforma cinemática

Las maquinas herramientas son encargadas de aportar los ejes necesarios para que el proceso se lleve a cabo, además permite el movimiento relativo entre herramienta y pieza. Se consigue por medio de la interpolación del movimiento de varios ejes a la vez. En la figura 2.3 se puede observar el esquema cinemático de un centro de mecanizado de 5 ejes [4].



**Figura 2. 3.** Esquema cinemático de centro mecanizado de 5 ejes

**Fuente:** [4]

### 2.2.18.2 Rigidez

Las maquinas herramientas son las encargadas de soportar las fuerzas de corte generadas durante el proceso de mecanizado. Se debe considerar requerimientos como el peso propio de los elementos y la fuerza propia de la maquina en la figura 2.4 se puede observar las fuerza axial, fuerza radial y fuerza de corte.



Figura 2. 4. Fuerza axial, fuerza de corte y fuerza radical

Fuente: [4]

### 2.2.18.3 Amortiguamiento

Dado que las fuerzas que soportan pueden ser dinámicas para absorber las posibles vibraciones. Fuerzas de corte de una operación de fresado en condiciones de acabado, en desbaste pueden ser de hasta un orden de magnitud superior. A continuación, en la siguiente figura se puede observar la estructura de amortiguación baja y alta.

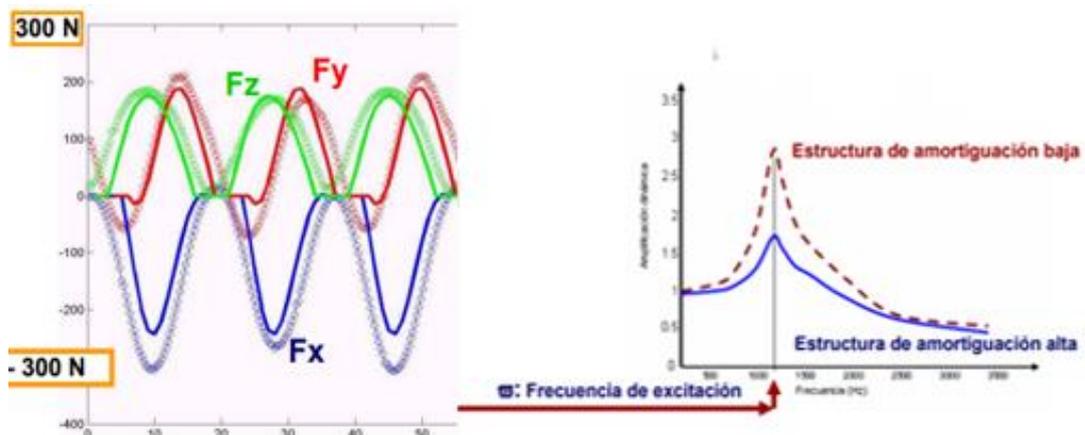


Figura 2. 5. Estructura de amortiguación baja y alta Fuente: [4]

#### 2.2.18.4 Precisión

Al momento de entregar la maquina a un cliente, la posición de cada eje se debe verificar con interferometría laser el cual es un método de medición muy precisa ya que hay que garantizar la precisión del mecanizado por lo que la precisión de cada eje afecta a la presión de manera global.

#### 2.2.19 Tipos de máquinas herramientas

Según el método de elaboración y el tipo de herramienta utilizada las maquinas herramientas se clasifican en torno, taladradora, fresadora, brochadora, acepilladora, rectificadora, talladora de ruedas dentadas, amortajadora y máquinas de control numérico computarizado (CNC). En la tabla 2.1 se puede observar características de máquinas herramientas, sus operaciones, herramientas de corte que utilizan, ente otros.

**Tabla 2. 1.** Características de máquinas herramientas

<b>Máquinas Herramientas</b>					
<b>Características</b>	<b>Torno</b>	<b>Fresadora</b>	<b>Limadora</b>	<b>Taladro</b>	<b>Rectificador</b>
<b>Operaciones realizadas</b>	Cilindrado Ranurado Moleteado Refrendado Roscado Mandrinado	Planeado Ranurado Biselado Corte ángulo, múltiple, forma	Desbaste Afinado	Orificios	Arranque de virutas
<b>Herramienta de corte</b>	Cuchilla	Fresas	Monofilo	Broca	Muela abrasiva
<b>Acabados superficiales</b>	Devastado Acabado Roscado	Devastado Acabado	Devastado Afinado	Devastado	Gran precisión de medidas y de formas
<b>Refrigerantes</b>	Aceites solubles en agua	Aceites Emulsiones Semisintético Sintéticos	Refrigerantes solubles en agua Taladrinas	Aceite soluble diluido Aceite de corte y refrigeración	Taladrinas Aceites de afilado

#### 2.2.20 Torno

El torno es una máquina herramienta que realiza el torneado de piezas de metal, madera y plástico. Es una máquina giratoria común el cual sujeta una pieza y la hace girar mientras un

útil de corte da forma al objeto. Las partes de un torno se puede observar en la figura 2.6 las cuales son: bancada es su estructura sirve de soporte y guía para las diferentes partes del tono, eje principal y plato, carro portaherramientas, carro longitudinal, carro transversal, carro auxiliar, torreta portaherramientas, caja Norton [5].

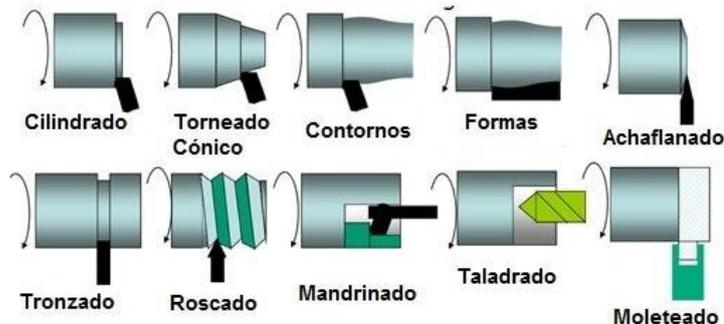


**Figura 2. 6.** Partes principales del torno

Fuente: [6]

### 2.2.20.1 Operaciones de torneado

Existe varias operaciones que se puede realizar en un torno en la siguiente figura se puede observar las más principales, los cuales son: cilindrado, torneado cónico, contornos, formas, achaflanado, tronzado, roscado, mandrinado, taladrado y moleteado.



**Figura 2. 7.** Operaciones del torno

Fuente: [6]

### 2.2.20.2 Tipos de tornos

#### 2.2.21.1.1. Tornos revolver

Es conocido como torno revolver porque tiene montada una torreta el cual tiene varios puntos en el que se puede colocar herramientas, se coloca en posición cada vez que avanza según el movimiento de la palanca. Este tipo de tornos se utiliza para trabajos de alta producción que

necesita una secuencia de cortes sobre la parte. Está diseñado para mecaniza piezas donde sea posible un trabajo de varias herramientas con el objetivo de disminuir el tiempo total de mecanizado. En la figura 2.8 se puede observar un torno tipo revolver [7].



**Figura 2. 8.** Torno revolver

Fuente: [8]

#### **2.2.21.1.2. Torno paralelo**

El torno paralelo es una máquina herramienta el cual permite transformar un sólido en una pieza o cuerpo bien definido en sus dimensiones y forma. Esto lo realiza girando dicho solido alrededor del eje de simetría. Realiza todo tipo de torneado como: taladrado, roscado, escariado, cilindrado, conos, etc. [7].



**Figura 2. 9.** Torno paralelo *Fuente: [9]*

#### **2.2.20.3 Normas de seguridad**

Las manos deben estar apoyadas sobre los volantes del torno, no debiendo apoyarlas nunca sobre la bancada, el carro, el contrapunto, el mandril o la pieza que se está trabajando.

Las ropas deben estar bien ajustadas cerradas por botones o cremalleras hasta el cuello, sin bolsillos en el pecho y sin cinturón. Las mangas deben ceñirse a las muñecas o bien estar remangadas.

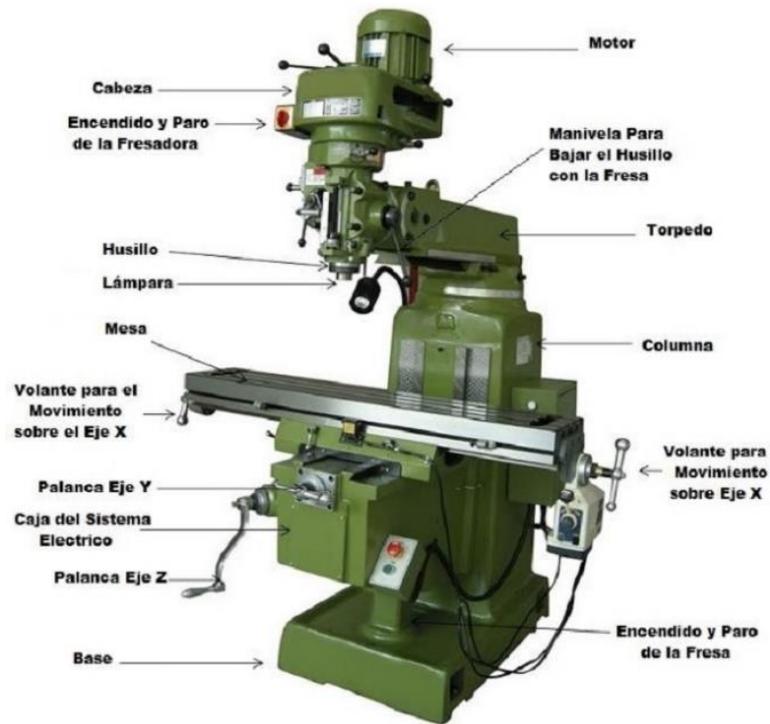
Se prohíbe llevar relojes, anillos, pulseras, cadenas, bufandas, etc., al trabajar con el torno.

Las inmediaciones del torno deberán estar limpias y libres de obstáculos. Se deberán retirar las virutas con regularidad (no esperar al fin de jornada) y eliminar las manchas de aceite utilizando serrín. Los objetos caídos pueden provocar tropezones peligrosos, por lo que deberán ser recogidos antes de que esto suceda.

Las herramientas deberán guardarse en un armario adecuado. No se deberá dejar ninguna herramienta sobre el torno, detrás de él, sobre la cubierta o en lugares similares. Es obligatorio el uso de gafas de protección.

### **2.2.21 Fresadora**

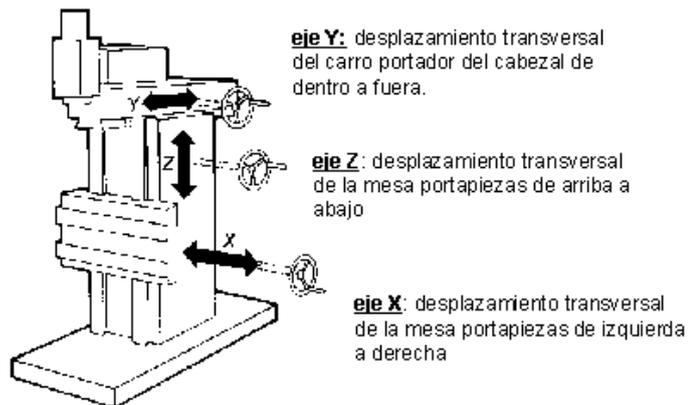
La fresadora es una máquina herramienta la cual mediante el movimiento de una cortadora (fresa), se le genera una pieza a través del arranque de viruta. Por medio del proceso de fresado se puede realizar el mecanizado de piezas de distintos materiales como ser madera, acero, fundición de hierro, metal, etc. En la siguiente figura se puede observar las partes de la fresadora que son: base, botón encendido/apagado, volante para movimiento sobre eje x, eje y, eje z, mesa, columna, torpedo, manivela, husillo, motor [10].



**Figura 2. 10.** Partes de una fresadora

Fuente: [10]

Los movimientos que se puede realizar en una fresadora son: movimiento longitudinal el cual es el movimiento según el eje x, además el movimiento transversal es el movimiento según el eje y. Movimiento vertical es el movimiento según el eje z. A continuación, se puede observar los movimientos de la fresadora.



**Figura 2. 11.** Movimientos realizados por la fresadora

Fuente: [10]

### **2.2.21.1 Tipos de fresadoras**

#### **2.2.21.1.3. Fresadoras Verticales**

La fresadora horizontal tiene un eje orientado verticalmente, este tipo de fresadora permite realizar un corte más profundo. Existe dos tipos la fresadora de banco fijo y la fresadora de torreta. En la figura 2.12 se puede observar la fresadora vertical.



**Figura 2. 12.** Fresadora vertical

**Fuente:** [10]

#### **2.2.21.1.4. Fresadora horizontal**

Este tipo de fresadoras tienen fresas cilíndricas las cuales se montan sobre su eje horizontal, permite ranurar con diferentes perfiles o formas de las ranuras. A continuación, se puede observar una fresadora horizontal.



**Figura 2. 13.** Fresadora horizontal

**Fuente:** [10]

#### **2.2.21.1.5. Fresadora universal**

La fresadora universal se puede acoplar a los dos ejes. Su ámbito de aplicación es limitado por el costo y al tamaño de las piezas que se puede mecanizar. En la figura 2.14 se puede observar la fresadora tipo universal.



**Figura 2. 14.** Fresadora universal

**Fuente:** [11]

#### **2.2.21.2 Normas de seguridad**

Al operar una fresadora, se deben cumplir varios requisitos para mantener un nivel suficiente de seguridad y salud en las condiciones de trabajo. Los riesgos más comunes para tales

máquinas son el contacto accidental con herramientas o partes móviles, atrapamiento de partes móviles de la máquina, partes sobresalientes, herramientas o virutas, dermatitis por contacto con refrigerante y manipulación de herramientas o virutas durante el corte. Debido al riesgo de contacto y atrapamiento, se deben tomar precauciones tales como usar escudos protectores, evitar ropa holgada, especialmente mangas anchas o corbatas, y amarrarse el cabello largo cuando se usa. Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, entre otros. Utilizar ropa de algodón. Utilizar calzado de seguridad [12].

Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina. No vestir joyería, como collares o anillos. Siempre se deben conocer los controles y el funcionamiento de la fresadora. Se debe saber cómo detener su funcionamiento en caso de emergencia. Es recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor.

### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 Metodología**

Para el presente proyecto, se utilizarán diferentes metodologías, como por ejemplo la cualitativa y experimental, debido a que se realizará el plan de mantenimiento de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado.

##### **3.1.1 Metodología cualitativa**

Dicha metodología será empleada para determinar cuáles son las funciones específicas por cada máquina herramienta y que tipos de operación se pueden realizar en las mismas, ya que mediante dicha información se puede determinar a qué tipo de fallas pueden estar expuestas para realizar un correcto mantenimiento preventivo o correctivo y así puedan trabajar efectivamente en la construcción de piezas mecánicas.

##### **3.1.2 Metodología de campo**

Es de importancia para validar datos técnicos con la ayuda de la metodología de campo, ya que, mediante el levantamiento de información, se podrán verificar el estado actual de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado, por lo que se podrá asignar un pronóstico acertado para realizar un correcto plan de mantenimiento para las mismas.

### **3.1.3 Identificación de máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado**

Mediante la investigación que se realizó de campo en el laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se identificaron cinco máquinas en el área de arranque de viruta, estas son: torno paralelo americano, torno yucy 6250c, fresadora universal, cepilladora y afiladora de cuchillas

#### **3.1.3.1 Torno paralelo americano**

Es una máquina herramienta la cual permite realizar piezas mecánicas cilíndricas, teniendo en cuenta que dicho torno ubicado en el laboratorio de mecanizado cuenta con las siguientes características técnicas.

- Longitud máxima de torneado: 1500 mm
- Diámetro máximo del husillo principal: 90mm
- Velocidad máxima de giro del husillo principal: 1600 r/min.
- Rango de roscas métricas: 0,5 a 14mm
- Rango de roscas whitworth: 2 a 56 t.p.i
- Motor del torno: trifásico de 7,5 KW.
- Motor de la bomba de refrigerante: 0,09 KW.

A continuación, en la siguiente figura se observan las partes principales del torno paralelo del laboratorio de mecanizado.

1. Mandril.
2. Palanca de cambios
3. Palanca de roscados
4. Caja Norton.
5. Palancas para el cambio de velocidades.
6. Bases del torno.
7. Botonera de accionamiento eléctrico.
8. Bancada.
9. Palanca para el automático del carro longitudinal.
10. Carro transversal.
11. Carro longitudinal.
12. Freno.
13. Contrapunto.

- 14. Tornillo patrón.
- 15. Riel.
- 16. Lámpara.
- 17. Manguera para el refrigerante.
- 18. Chariot.
- 19. Torrete.



**Figura 3. 1.** Torno paralelo vista de frente

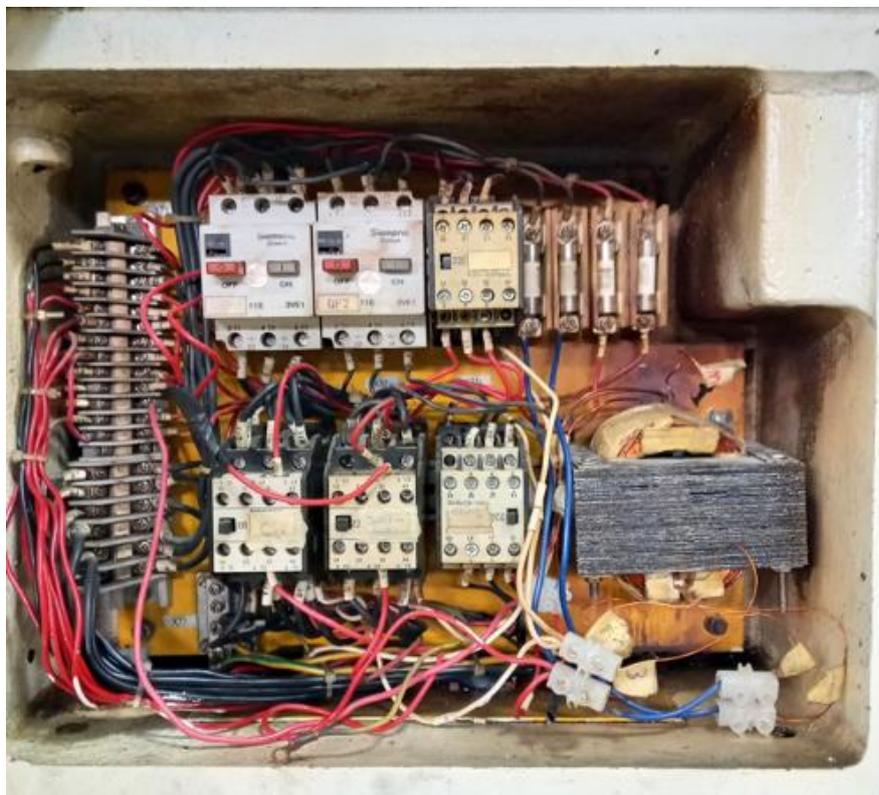
- 20. Ubicación del motor eléctrico principal.
- 21. Sistema de transmisión.
- 22. Husillo principal.

Las partes internas del sistema de transmisión, se pueden observar en la figura 3.3, teniendo en cuenta que está conectada al motor principal para de ahí distribuir el movimiento al resto de partes de la máquina herramienta.



**Figura 3. 2.** Partes internas del sistema de transmisión del torno paralelo

La figura 3.3, muestra el control eléctrico de control y potencia del torno paralelo el cual consta de fusibles para su protección contra sobre carga, contactores para los accionamientos de los motores, transformador para emitir los voltajes correspondientes dependiendo de los circuitos, guarda motores para la protección de los motores, cables para la conexión y borneras para entradas y salidas.



**Figura 3. 3.** Circuito de control y potencia del torno paralelo

### 3.1.3.2 Torno Yucy 6250c

El torno Yucy es una máquina herramienta de origen chino que se encuentra ubicado en el laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el área de arranque de viruta, teniendo en consideración que es empleado para realizar piezas mecánicas para la institución.

A continuación, en la siguiente tabla se observan las características técnicas de la máquina herramienta y la capacidad operativa en cuanto a la parte de la banda, longitud de carros y volteo.

**Tabla 3. 1.** Características técnicas del torno

<b>DATOS</b>	
Tipo:	Paralelo
Color:	Verde
Marca:	Yucy
Modelo:	6250C
Fabricante:	China
<b>DIMENSIONES</b>	
Largo:	3125 mm
Ancho:	1043 mm
Altura:	1315 mm
Peso:	2500 kg
<b>FUERZA</b>	
Fuerza de corte máximo	1400 kgf
Fuerza de avance máxima	350 kgf
<b>CAPACIDAD OPERATIVA</b>	
Volteo sobre la bancada (diámetro)	500 mm
Distancia entre puntos	1500 mm

La siguiente tabla, muestran las características eléctricas del torno en cuanto su voltaje de alimentación, potencia, corriente, velocidad, tipo de motor, sistema de refrigeración entre otros datos que son de importancia conocer antes de accionarlo.

**Tabla 3. 2.** Características eléctricas

<b>MOTOR PRINCIPAL</b>	
Energía:	Eléctrica
Fases:	Trifásico
Motor:	Asincrónico
Voltaje:	380 Vca
Corriente:	12 A
Potencia:	7,5 Kw
Velocidad angular:	1500 RPM
<b>BOMBA</b>	
Energía:	Eléctrica
Fases:	Trifásico
Motor:	Asincrónico
Voltaje:	380 Vca
Flujo:	25 l/min
Potencia:	0,25 Kw
Velocidad angular:	1500 RPM

En la figura 3.4, se observan las partes principales del torno Yucy, mismas que son de importancia identificarlas para su correcto manejo en el instante de la fabricación de piezas mecánicas en distintos materiales de construcción.

1. Mandril.
2. Palanca de velocidades.
3. Riel.
4. Palanca para roscados.
5. Tornillo patrón.
6. Bases.
7. Automático para el carro longitudinal.
8. Bancada.
9. Carro transversal.
10. Carro longitudinal.
11. Embrague.
12. Contrapunto.
13. Manguera de refrigerante.
14. Charriot.
15. Lámpara.
16. Torrete.



**Figura 3. 4.** Torno Yucy 6250c - Vista principal

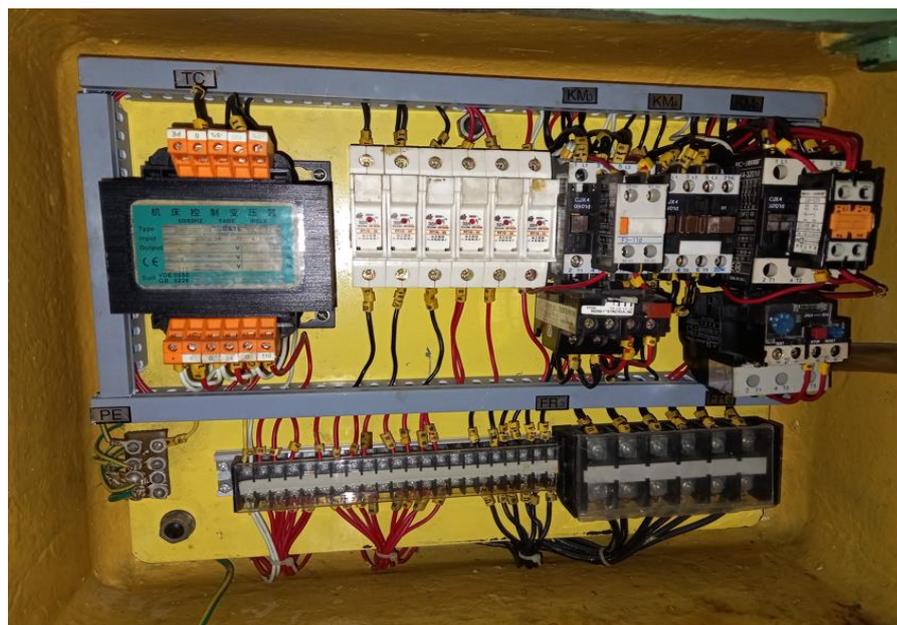
La transmisión del torno Yucy está compuesta por el motor eléctrico principal el cual mediante un sistema de bandas transmite el movimiento a varias partes de la máquina herramienta. Además, posee de un sistema de engranajes para la caja de velocidades del mismo, esto se observa en la siguiente figura.

- 17. Botón de encendido.
- 18. Botón de apagado.
- 19. Botón de encendido de refrigerante.
- 20. Paro de emergencia.
- 21. Ubicación del motor eléctrico principal.
- 22. Sistema de transmisión.
- 23. Husillo.



**Figura 3. 5.** Torno Yucy 6250c - Vista lateral

Sin embargo, dicho torno posee un tablero de control rediseñado, el cual posee fusibles para las sobrecargas que se pueden producir en el mismo, contactores para el accionamiento de los motores. También relés térmicos para la protección de los motores eléctricos, transformador para los diferentes voltajes del circuito de control y potencia, cables y borneras para la conexión respectiva de su funcionamiento.



**Figura 3. 6.** Tablero de control para el torno Yucy

### 3.1.3.3 Fresadora universal X6125A

La fresadora universal es una máquina herramienta la cual permite al operador realizar piezas de distintas figuras y matrices de carácter lineal y circular. Además, la fresadora del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi es empleada para realizar piezas mecánicas para el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas de la institución.

En la siguiente tabla, se observan las características principales de la fresadora universal, las cuales son el recorrido de los carros de los ejes X, Y, Z, velocidades de avance de los carros longitudinal y transversal, potencia del motor, velocidad angular de la máquina herramienta.

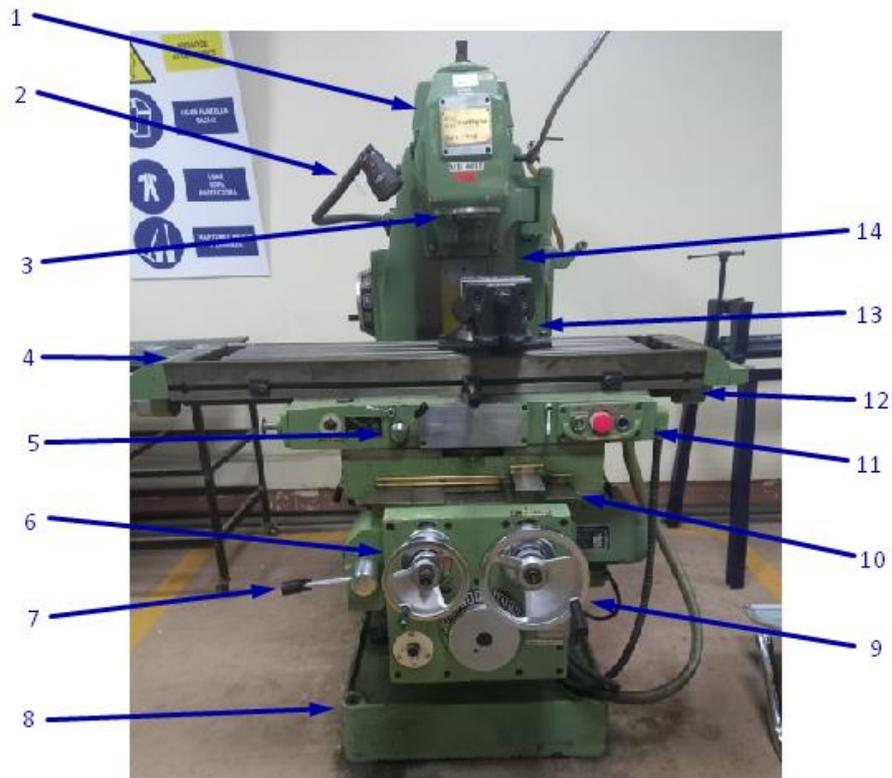
**Tabla 3. 3.** Características técnicas de la fresadora

ESPECIFICACIONES	DATOS
<b>MESA DE TRABAJO</b>	
Superficie de la mesa de trabajo	300 x 1150 mm
Carro eje X	680 mm
Carro eje Z	235 mm
Carro eje Y	400 mm
Angulo de giro	45°
<b>HUSILLO PRINCIPAL</b>	
Rango de velocidad	35-1600 r/min
Diámetro del árbol	22, 27 mm
<b>VELOCIDAD DE LA MESA DE TRABAJO</b>	
Número de velocidades	14
Velocidad del carro eje X	12-720 mm/min
Velocidad del carro eje Z	4-240 mm/min
Velocidad del carro eje Y	700 mm/min
<b>POTENCIA, DIMENSIONES Y PESO</b>	
Motor principal	4 Kw
Velocidad del motor principal	1728 r/min
Motor para carros X,Y,Z	0,75 Kw
Velocidad del motor para carros X,Y,Z	1668 r/min
Motor de la bomba	0,04 Kw
Velocidad del motor de la bomba	3480 r/min
Dimensiones generales	1695 x 1535 x 1630 mm
Peso	2150 Kg

Como se observó en la tabla anterior la fresadora dispone de tres motores eléctricos uno el cual es el que transmite el movimiento al husillo principal para realizar el trabajo de corte o desprendimiento de material mediante una herramienta de corte, posee otro motor que controla los automáticos de los tres carros de la máquina para que avancen al momento de realizar el corte y el tercero es el que se acciona para el refrigerante teniendo en cuenta que es de importancia al momento de desbastar una pieza para alargar la vida útil de la herramienta de corte.

La siguiente figura muestra las partes principales de la fresadora universal X6125A que se encuentra en el laboratorio de mecanizado del área de arranque de viruta.

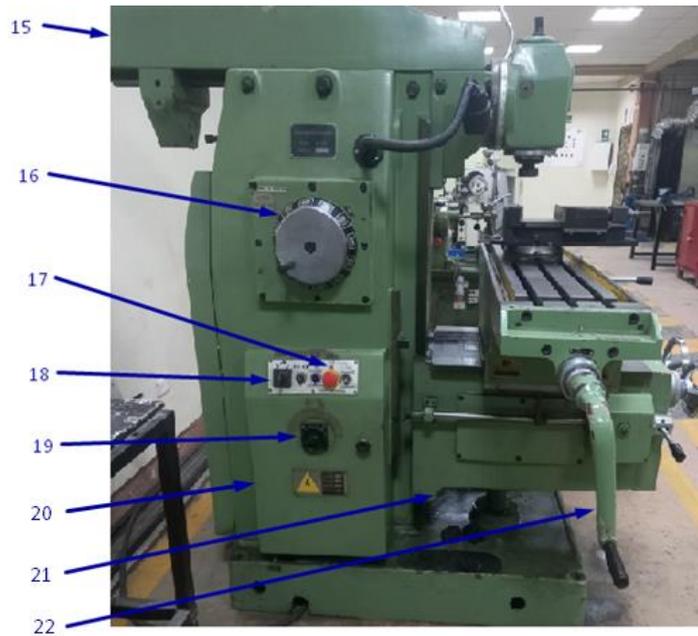
1. Cabezal principal.
2. Lámpara.
3. Husillo.
4. Mesa.
5. Palanca para automático del carro X.
6. Accionamiento para el carro Y.
7. Palanca para el automático del carro Z.
8. Bancada.
9. Accionamiento para el carro X.
10. Riel para el desplazamiento del carro Y.
11. Botonera para accionamiento de la máquina.
12. Tornillo de la mesa de trabajo.
13. Entenalla.
14. Riel para el desplazamiento del carro Z.



**Figura 3. 7.** Fresadora universal - vista principal

A continuación, en la figura 3.8 se observan las partes de la fresadora de la vista lateral derecha las cuales indican controles de mando, controles de velocidad y tablero de control de la misma.

- 15. Corredera superior.
- 16. Palancas de velocidad.
- 17. Paro de emergencia.
- 18. Botón de arranque.
- 19. Selector de encendido.
- 20. Tablero de control.
- 21. Bancada.
- 22. Carro para el eje X.



**Figura 3. 8.** Fresadora universal - vista lateral derecha

En la figura 3.9, se observan las partes de la fresadora universal viéndola desde la vista lateral izquierda.

- 23. Manguera para el refrigerante.
- 24. Control del nivel de aceite de la máquina.
- 25. Palanca para el automático del carro Y.
- 26. Motor eléctrico para el control de los carros X, Y, Z.
- 27. Caja eléctrica de la máquina.



**Figura 3. 9.** Fresadora universal - vista lateral izquierda

Además, dicha máquina cuenta con un tablero de control colocado en el lado lateral izquierdo el cual posee elementos electromecánicos, tales como fusibles cerámicos los cuales servirán para proteger de sobre cargas, temporizador para el control de tiempo programado de la máquina, breaker de un polo para sobre corrientes, contactor para recibir la señal y accionar al motor principal, cables y borneras.



### 3.1.3.4 Cepilladora KLOPP

La cepilladora es una máquina herramienta que permite realizar piezas mecánicas de forma, teniendo en cuenta que su movimiento de desbaste es rectilíneo en los ejes x, y, z. Dicha máquina que se encuentra ubicada en el laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, posee una bancada sólida para la fabricación de piezas mecánicas de cualquier material.

Actualmente, la máquina no cuenta con un manual de operación, ni de funcionamiento para verificar cuáles son sus características técnicas y formas de operación para realizar trabajos. Por lo tanto, mediante una investigación de campo se determinó que cuenta con las siguientes especificaciones técnicas.

- Motor: trifásico de 1,1 KW.
- Voltaje de trabajo: 380Vac.
- Corriente: 2,6 A.
- Velocidad angular 2800 rpm
- Recorrido en el eje x: 300 mm
- Recorrido en el eje y: 400mm
- Recorrido en el eje z: 600mm

A continuación, en la siguiente figura se observan las partes principales de la cepilladora del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

1. Nonio.
2. Porta herramientas.
3. Mesa de trabajo.
4. Sistema de avance.
5. Tornillo graduador de recorrido.
6. Palanca de accionamiento.
7. Polea de embrague.
8. Carnero o carro.



**Figura 3. 10.** Cepilladora KLOPP

En la siguiente figura, se observa el control que posee dicha máquina para arrancarla y esta trabaje de manera eficiente, teniendo en cuenta que es fácil de entender.



**Figura 3. 11.** Circuito de control de la cepilladora KLOPP

### 3.1.3.5 Afiladora de cuchillas TS450 A

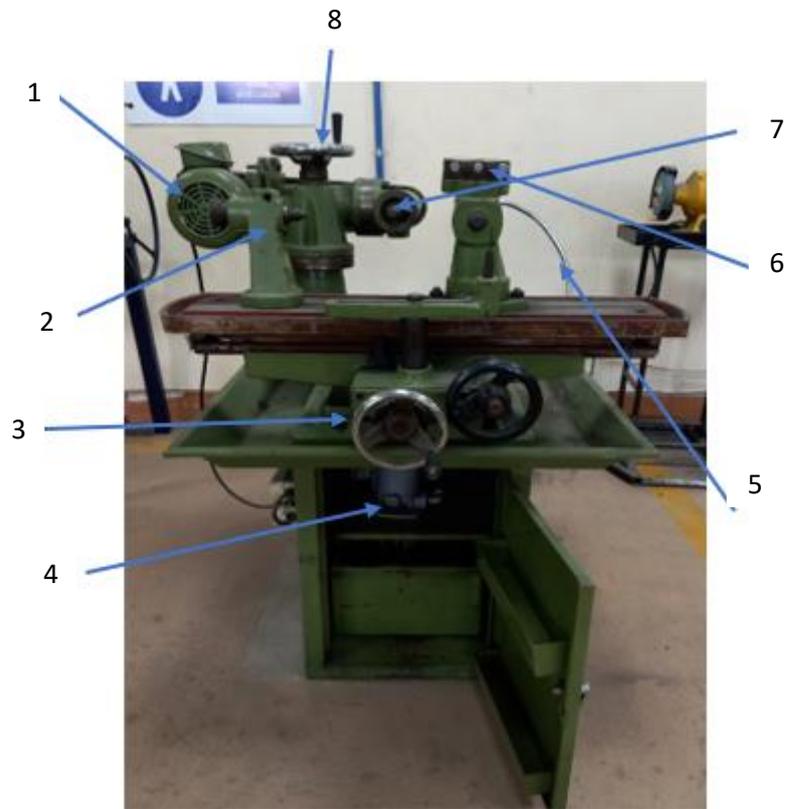
La afiladora o rectificadora de cuchillas es una máquina que nos permite volver a tener filo en las cuchillas que pueden ser utilizadas para los tornos o la cepilladora, la ventaja de esta máquina es la precisión en cuanto a la graduación que tiene el carro longitudinal que se le puede ir dando a la piedra de desbaste. Dicha máquina que se encuentra ubicada en el laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, posee una bancada sólida para la rectificación de cuchillas.

Actualmente, la máquina no cuenta con un manual de operación, ni de funcionamientos para verificar cuáles son sus características técnicas y formas de operación para realizar trabajos. Por lo tanto, mediante una investigación de campo se determinó que cuenta con las siguientes especificaciones técnicas.

- Motor: trifásico de 1 HP.
- Voltaje de trabajo: 120Vac.
- Corriente: 2,0 A.
- Velocidad angular 1720 rpm
- Ciclos: 60 Hz.

A continuación, en la siguiente figura se observan las partes principales de la afiladora de cuchillas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

1. Motor.
2. Contrapunto.
3. Carro transversal.
4. Bomba de lubricante.
5. Manguera para el refrigerante.
6. Porta cuchilla.
7. Porta piedra abrasiva.
8. Carro longitudinal.
9. 3



**Figura 3. 12.** Afiladora de cuchillas

En la siguiente figura, se observa el control que posee esta máquina para arrancarla tanto para el motor de la rectificadora como la del refrigerante, teniendo en cuenta que es fácil de entender.



**Figura 3. 13.** Circuito de control de la afiladora de cuchillas

## 3.2 Identificadores en mantenimiento (KPI)

Se aplicarán los identificadores para un plan de mantenimiento, teniendo en cuenta que es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones en cuanto a las fallas que se pueden generar en diferentes partes de una máquina o procesos. Además, es importante tener en cuenta el valor de un indicador o índice y la evolución de los mismos.

A continuación, se describirán los índices para el mantenimiento que serán empleados para un mantenimiento preventivo y correctivo.

### 3.2.1 Índice de disponibilidad

Es un índice de importancia, ya que mediante el mismo se puede determinar cuál es la disponibilidad de las partes de una máquina o proceso antes de llegar a una falla, mediante la siguiente ecuación, se puede determinar el índice de disponibilidad.

$$D = \frac{HT - HPM}{HT} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

D = Disponibilidad, (adimensional)

HT = Horas totales, (horas)

HPM = Horas paradas por mantenimiento, (horas)

Sin embargo, existe otro índice que es empleado para hacer el mantenimiento preventivo de los equipos el cual es el índice por averías el cual es empleado solo para paradas que no sean programadas, se emplea la ecuación 3.1.

### 3.2.2 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el índice que permite conocer la frecuencia con la que suceden las averías en distintas partes de una máquina en procesos, etc. Mediante la ecuación 3.2, se puede determinar la forma de calcular.

$$MTBF = \frac{NHT}{NA} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

MTBF = Tiempo medio entre fallas, (horas)

NHT = Número de horas totales del periodo de tiempo analizado, (horas)

NA = Número de averías, (adimensional).

### 3.2.3 Tiempo medio de reparación (MTTR)

Dicho índice permite conocer la importancia de las averías que se pueden generar en las máquinas herramientas del laboratorio de manufactura, teniendo en cuenta que se consideran el tiempo medio hasta llegar a su solución. A continuación, mediante la siguiente ecuación se puede determinar el tiempo medio de reparación.

$$MTTR = \frac{NPA}{NA} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

MTTR = Tiempo medio de reparación, (horas).

NPA = Número de horas de paro por avería, (horas).

NA = Número de averías, (adimensional).

Sin embargo, mediante la siguiente ecuación se puede decir la disponibilidad por avería que puede tener una máquina, un proceso, piezas eléctricas o mecánicas.

$$DA = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

DA = Disponibilidad por avería, (adimensional).

MTBF = Tiempo medio entre fallas, (horas).

MTTR = Tiempo medio de reparación, (horas).

### 3.2.4 Índice de coste

Se refiere a los costos que se deberán invertir para realizar el mantenimiento preventivo o correctivo de máquinas o procesos de producción, teniendo en cuenta que son de importancia para verificar presupuesto para su ejecución.

$$CHM = \frac{NHM}{CTMO} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

CHM = Coste de hora medio, (horas/\$).

NHM = Número de horas de mantenimiento, (horas).

CTMO = Costo total de la mano de obra de mantenimiento, (\$).

A continuación, mediante la siguiente ecuación se puede determinar la pérdida de dinero por falla, teniendo en cuenta que es de importancia ya que mediante la misma se puede realizar un análisis económico para verificar en cuanto afecta cuando una máquina, proceso se encuentra parado por averías.

$$\text{Pérdida de dinero por falla} = \text{Costo hora} * \text{MTTR} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

Costo hora = Costo de la hora por mantenimiento según la falla, (\$).

MTTR = Tiempo medio de reparación, (horas).

### **3.2.5 Estado técnico en el mantenimiento preventivo**

Actualmente, el mantenimiento preventivo se lo realiza a las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicados en el área de viruta, teniendo en cuenta que se analizaran el sistema eléctrico, mecánico y de lubricación. Para esto es necesario determinar el porcentaje de la eficiencia de la máquina aplicando la siguiente ecuación.

$$Z_i = e . c \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

Z<sub>i</sub> = Calificación de los elementos con igual evaluación, (adimensional).

e = Número de elementos con igual evaluación, (unidad).

c = Coeficiente que contempla el estado actual del elemento, (adimensional).

Además, se conoce que el coeficiente del estado actual varia en rangos dependiendo del elemento a evaluar. A continuación, en la siguiente tabla se observan los rangos de los respectivos coeficientes.

**Tabla 3. 4.** Valores de coeficiente de estado actual

<b>COEFICIENTE</b>	<b>DETALLE</b>
c = 1	El elemento evaluado es: bueno
c = 0,8	El elemento evaluado es: regular
c = 0,6	El elemento evaluado es: malo
c = 0,4	El elemento evaluado es: muy malo

Sin embargo, para clasificar el estado técnico de las distintas máquinas de acuerdo con la eficiencia, es necesario tomar como referencia la siguiente tabla según la eficiencia actual.

**Tabla 3. 5.** Determinación del estado técnico según la eficiencia actual

<b>Eficiencia actual</b>	<b>Estado técnico</b>	<b>Se comienza por</b>
90 – 100 %	Bueno	Revisión
75 – 89 %	Regular	Reparación pequeña
50 – 74 %	Malo	Reparación media
Menos del 50 %	Muy mal	Reparación general

### **3.3 Elaboración de formatos para las máquinas herramientas**

Los formatos establecidos se basarán en la toma de datos de las máquinas herramientas, en la planificación de mantenimientos preventivos y correctivos de las mismas, teniendo como finalidad el correcto manejo de información.

#### **3.3.1 Formato de fichas técnica**

Dicho formato será de importancia, ya que mediante él se podrá organizar y visualizar las características técnicas de la máquina herramienta que requiera realizar un mantenimiento preventivo o correctivo. Además, servirá para tener un mejor orden y control de la misma, en la siguiente figura se observa el formato establecido.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO			
Máquina - Equipo		Ubicación	
Fabricante		Código de equipo	
Módulo		Fecha	
Marca			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Especificaciones Técnicas		Foto de la máquina	
-			
Función			
-			

**Figura 4. 1.** Ficha técnica

### 3.3.2 Análisis modal de fallos y efectos

Al momento de realizar un análisis modal de fallas, se debe realizar la recopilación de información de sistemas, piezas o elementos que conforman una máquina o un proceso, los cuales tienen que ser colocados en una hoja de información para así identificar de una manera más clara y rápida dicha error.

#### 3.3.2.1 Hoja de información

La hoja de información es de importancia al momento de realizar la recopilación de datos de los diferentes elementos, sistemas o mecanismos que se vayan a evaluar para realizar un mantenimiento, predictivo, preventivo o correctivo, ya que en ella se detallara la causa de falla y los efectos que estas pueden provocar en su funcionamiento, en la siguiente figura se observa el formato de la hoja de información.

		HOJA DE INFORMACIÓN RCM					
		ELEMENTO:	N°	Realizado por:	Fecha:	Hoja	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
1	A			1			
				2			
	B			1			
				2			

**Figura 4. 2.** Formato de la hoja de información

Sin embargo, en la tabla anterior se observa que en dicho formato se colocara la función de cada elemento, sistema o mecanismo que conformen las máquinas tanto en la parte eléctrica como mecánica para detallar la falla funcional, mismas que serán distinguidas mediante una referencia única.

### 3.3.3 Hoja de decisión

La hoja de decisión al momento de realizar un mantenimiento es de importancia, debido a que indica cual debe ser la solución de acuerdo a las diferentes fallas que puedan presentarse en un elemento, sistema o mecanismo. En la siguiente tabla, se observa el formato de la hoja de decisión.

		HOJA DE DECISIÓN RCM										
		ELEMENTO:	N°	Realizado por:	Fecha:	Hoja						
Referencia de información		Evaluación de las consecuencias		H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
				S1	S2	S3	H4	H5	S4			
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3			

**Figura 4. 3.** Formato hoja de decisión

Como se observa, en la tabla anterior de la hoja de decisión esta posee la referencia de información la cual debe ser tomada de la hoja de información con la finalidad de tener un código único para dicha actividad, la evaluación de condiciones, las tareas propuestas para cada falla, ya que puede ser un mantenimiento preventivo o correctivo, la frecuencia con la que se debe realizar dicho trabajo y lo que se debe realizar para que la falla sea corregida y el componente, sistema o mecanismo pueda volver a funcionar de la manera adecuada.

A continuación, en la siguiente figura se indica la forma de evaluar las consecuencias de las actividades para realizar un buen plan de mantenimiento.

Referencia de información			Evaluación de consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				<b>Una falla oculta:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
5	B	2	S	S			<b>Consecuencias para la seguridad:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
2	C	4	S	N	S		<b>Consecuencias para el medio ambiente:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
1	A	5	S	N	N	S	<b>Consecuencias operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación de la falla que pretende prevenir
1	B	3	S	N	N	N	<b>Consecuencias No-operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo de la reparación de las fallas que pretende prevenir

Figura 4. 4. Consecuencias de falla

Sin embargo, para seguir evaluando las técnicas de la hoja de decisión, se las deben realizar mediante los criterios de factibilidad técnica como se observa en la figura 4.5.

H1	H2	H3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3
S											
N	S										
N	N	S									

**¿Es técnicamente factible realizar una tarea para detectar si está ocurriendo una falla o está a punto de ocurrir? :**  
 ¿Hay alguna clara condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible hacer la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?

**¿Es técnicamente factible realizar una tarea de reacondicionamiento programado para reducir la frecuencia de la falla (evitar todas las fallas en el caso en que afecte la seguridad)?**  
 ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad (todos en el caso de consecuencias para la seguridad o el medio ambiente)? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?

**¿Es técnicamente factible realizar una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla (evitar todas las fallas en el caso de que afecte a la seguridad)?**  
 ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad (todos en el caso de consecuencias para la seguridad o el medio ambiente)?

Figura 4. 5. Criterios de factibilidad técnica

La siguiente figura, muestra las preguntas “a la falta de” las cuales deben ser evaluadas para poder realizar un buen mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, teniendo en cuenta que es indispensable para la toma de decisiones.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4
							O1	O2	O3	N1	N2	N3
3	A	1	N				N	N	N	S		
<b>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?</b> Registrar “sí”, si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable.												
4	B	4	N				N	N	N	N	S	
4	C	2	N				N	N	N	N	N	
<b>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?</b> (Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es no.) Si la respuesta a esta pregunta es sí, el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es no, la acción “a falta de” es <b>no realizar mantenimiento programado</b> , pero el rediseño puede ser deseable.												
5	B	2	S	S			N	N	N	S		
2	A	5	S	S			N	N	N	N		
<b>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?</b> “Sí”, si una combinación de <b>dos o más</b> tareas proactivas cualquiera reducen el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es no, el <b>rediseño</b> es obligatorio.												
1	A	5	S	N	N	Y	N	N	N			
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N			
En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada. Como resultado, la decisión “a falta de” inicial es <b>no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</b>												

Figura 4. 6. Preguntas "a la falta de"

### **3.3.4 Partes que componen un manual de mantenimiento**

Para realizar un plan de mantenimiento de un sistema, elemento o pieza de cualquier índole, ya sea en la parte eléctrica o mecánica a nivel general, se deben tener algunos aspectos que son de importancia los cuales son la introducción, objetivos, condiciones, procedimientos, conclusiones y recomendaciones.

A continuación, se describirán cada una de las partes que debe poseer un manual de mantenimiento.

#### **3.3.4.1 Introducción**

Es la parte en la cual se describe una breve historia de todo el manual de mantenimiento, teniendo en cuenta los trabajos a que se deben realizar en las posibles fallas de los diferentes sistemas, piezas o componentes que se van a analizar, en este caso de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado.

#### **3.3.4.2 Objetivos**

Son los que contienen la explicación de las actividades que se deben realizar para tener un buen plan de mantenimiento, mismos que serán cumplidos de acuerdo a los lineamientos con redacción clara y concreta.

#### **3.3.4.3 Condiciones**

En este aspecto se debe describir el funcionamiento de los diferentes sistemas, piezas o elementos que van a conformar las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de las cuales se realizará el plan de mantenimiento, dichas condiciones se las debe llenar en una ficha técnica.

#### **3.3.4.4 Procedimiento**

Se tiene en cuenta la hoja de información de los sistemas, piezas o componentes de las distintas máquinas herramientas a ser evaluadas, ya que mediante las mismas se analizarán el tipo de fallas que se pueden presentar. Además, hace referencia a la hoja de decisiones por motivo de solucionar alguna falla para que la máquina tenga un correcto funcionamiento.

### 3.3.4.5 Conclusiones

Es el punto en el cual se evalúan los objetivos del plan de mantenimiento, teniendo como referencia que son los lineamientos a cumplir para obtener resultados adecuados al momento de realizar el mismo.

### 3.3.4.6 Recomendaciones

Son empleadas como el aporte adicional que se observan al momento de concluir el plan de mantenimiento, teniendo en cuenta que son de carácter positivo para mejorar dicho trabajo.

## 3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.4.1 Cálculo de índice de disponibilidad

En la siguiente tabla, se observa el resultado del índice de disponibilidad que debe tener en caso las máquinas herramientas que se encuentran en el laboratorio de manufactura en el área de viruta.

**Tabla 3. 6.** Índice de disponibilidad

Descripción	Ecuación	Resultado
Índice de disponibilidad	(3.1)	$D = 0,9375$

La tabla anterior, indica que la disponibilidad es alta por motivo que son máquinas con uso de aprendizaje por lo que no tiene mucho uso en todo un año, por lo tanto, tiene probabilidades de fallas mínimas.

### 3.4.2 Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF)

En la tabla 3.7, se observa el tiempo medio de fallas que puede producirse en las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado, teniendo en cuenta que dicho cálculo sirve para el torno, fresadora, cepilladora y afiladora de cuchillas, ya que son empleadas como aprendizaje de los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tabla 3. 7.** Tiempo medio entre fallas

<b>Descripción</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Tiempo medio entre fallas	(3.2)	<i>MTBF = 480 horas</i>

Dicha tabla muestra que por lo general se va a producir mínimo una falla anual en la máquina, ya sea para realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de las mismas.

### 3.4.3 Cálculo del tiempo medio de reparación (MTTR)

En la siguiente tabla, se puede observar los resultados del tiempo medio de reparación que se puede dar por alguna falla y la disponibilidad por avería, teniendo en cuenta si es de carácter leve o fuerte, por lo que se entendería como mantenimiento preventivo o correctivo.

**Tabla 3. 8.** Tiempo de reparación

<b>Descripción</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Tiempo medio de reparación	(3.3)	<i>MTTR = 2,5 horas</i>
Disponibilidad por avería	(3.4)	<i>DA = 0,9947</i>

De acuerdo a la tabla anterior, se observa que por lo general en las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado no tomaría mucho tiempo en rehabilitar a las mismas, teniendo en cuenta que en su mayoría de veces se requiere de un mantenimiento preventivo.

### 3.4.4 Cálculo del índice de coste

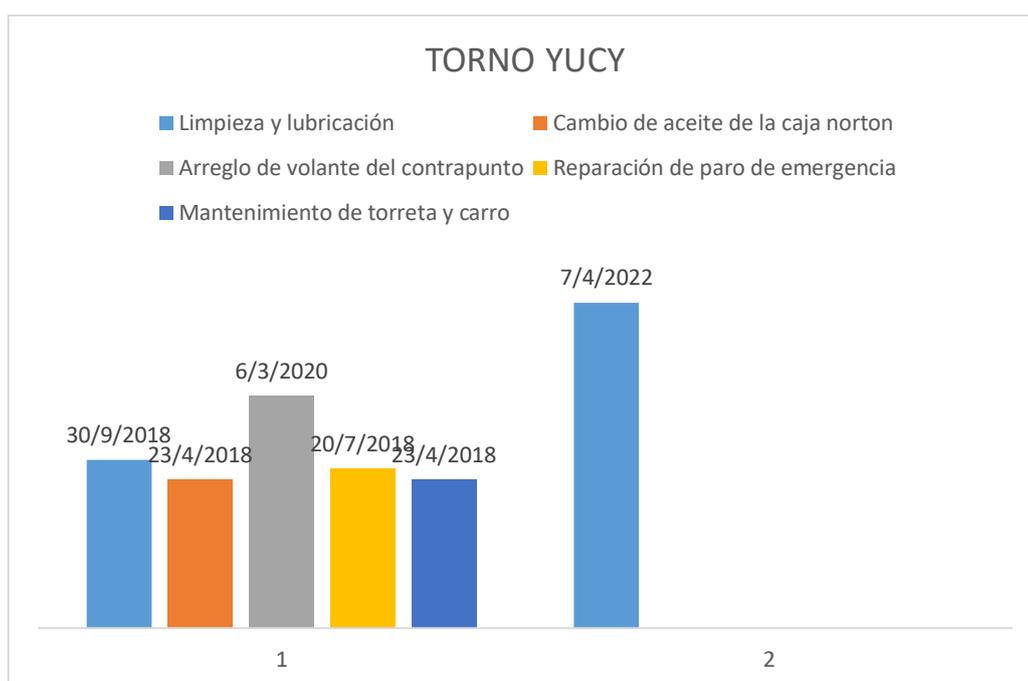
A continuación, mediante el desarrollo de las ecuaciones se muestra en la tabla 3.7, se observan los valores para el coste de hora medio y la pérdida de dinero por falla en las máquinas herramientas, estos pueden ser de manera preventiva, ya que si fueran de fallas correctivas los costos fueran mayores dependiendo de la magnitud de la misma.

**Tabla 3. 9.** índices de coste

Descripción	Ecuación	Resultado
Coste de hora medio	(3.5)	$CHM = 0,05 \text{ horas}/\$$
Pérdida de dinero por falla	(3.6)	$Pérdida \text{ de dinero por falla} = 312,50\$$

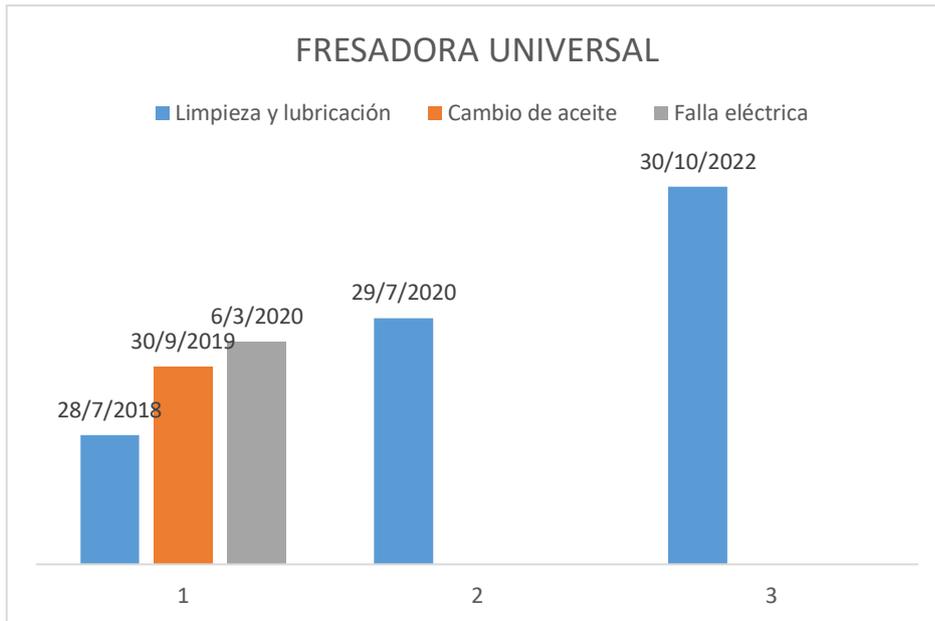
### 3.4.5 Trazabilidad del mantenimiento preventivo y correctivo.

La siguiente figura, muestra la trazabilidad del mantenimiento preventivo y correctivo del torno Yucy, teniendo en cuenta que por lo general la mayor demanda en corrección es la parte de lubricación de la máquina, siendo así de importancia para un correcto funcionamiento en el instante de trabajo.



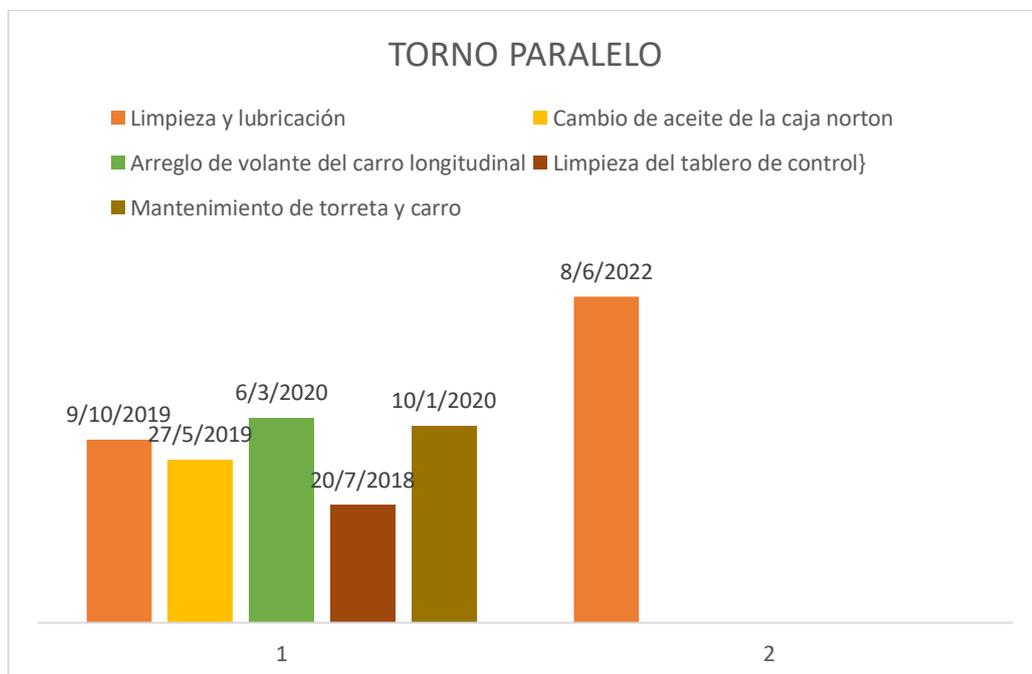
**Figura 3. 14.** Trazabilidad del mantenimiento del torno YUCY

A continuación, se observa la trazabilidad del mantenimiento preventivo y correctivo de la fresadora universal, teniendo en consideración que es una de las máquinas más empleadas en la universidad para la educación de los distintos estudiantes de las carreras técnicas, en la siguiente figura se observan dichas actividades.



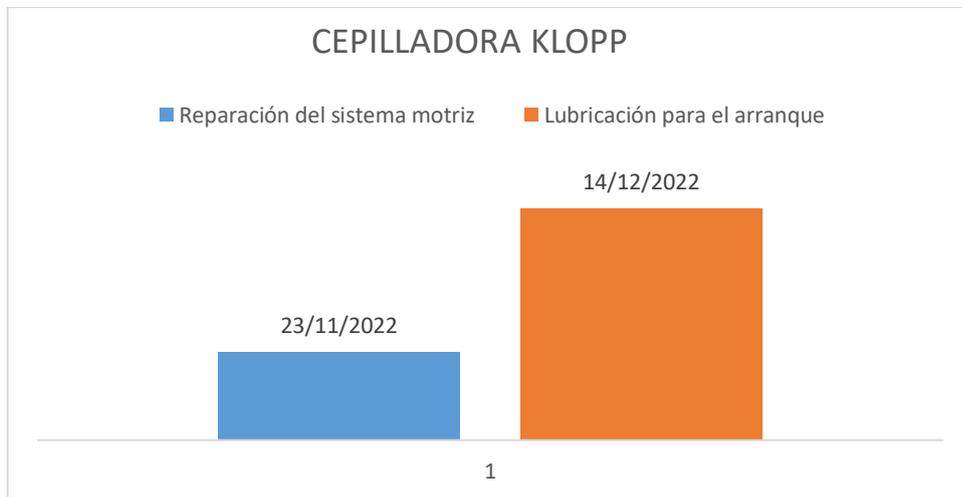
**Figura 3. 15.** Trazabilidad de la fresadora universal

La figura 3.16, muestra las fallas producidas en el torno paralelo, teniendo en cuenta que son los más comunes al momento de la operación del mismo. Además, se observa que con mayor frecuencia se ejecuta un mantenimiento preventivo en la parte de limpieza y lubricación de la máquina.



**Figura 3. 16.** Trazabilidad del mantenimiento del torno paralelo

La siguiente figura, muestra la trazabilidad de los trabajos de mantenimiento correctivo que se han realizado para la cepilladora KLOPP, la cual ha estado fuera de uso por un tiempo extendido debido a que presentaba una falla en el sistema de transmisión, el mismo que de un movimiento circular se transformaba en un rectilíneo uniforme.



**Figura 3. 17.** Trazabilidad de mantenimiento preventivo de la cepilladora KLOPP

De acuerdo a lo que se observa en las figuras 3.14, 3.15 y 3.16 se nota que el mantenimiento preventivo más relevante es la lubricación en las máquinas herramientas, por lo que se les recomienda colocar aceite SAE 75W-85 para la parte de elementos de transmisión rígidos, rieles y grasa KENDAL L-427 para la parte de rodamientos.

En cuanto a la información necesaria para verificar la trazabilidad de mantenimiento preventivos y correctivos de la rectificadora para cuchillas no existe alguna información, por lo que en el ANEXO VII, se observa las posibles fallas que se puede presentar y las soluciones en la hoja de decisión, mismas que ayudaran a realizar una correcta trazabilidad para de esa manera contar con un seguimiento apropiado.

### 3.4.6 Actividades para el mantenimiento preventivo de las máquinas herramientas

A continuación, en la siguiente tabla se observan las actividades más relevantes que se realizan en la elaboración del mantenimiento preventivo de las máquinas herramientas, teniendo en cuenta que por lo general se trata de la limpieza y lubricación de las mismas en la parte mecánica, ya que mediante dichas actividades se puede alargar la vida útil y evitar fallas más graves, mientras que en la parte eléctrica es de importancia medir la calidad de energía que se tenga en la red para su alimentación.

**Tabla 3. 10.** Actividades preventivas para máquinas herramientas

<b>ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Limpieza de máquina operario	Diario	Después de cada jornada de trabajo, primero soplear con aire comprimido el exceso de rebaba por toda la máquina luego con una brocha gruesa retirar todas las rebabas que queden sobre las mesas de ajuste y otras zonas donde hayan brincado residuos de metal o plástico y luego pasar una estopa con desengrasante sobre toda la máquina.
2	Inspección visual (ruidos y vibraciones anormales)	Diario	El operario debe estar pendiente de los síntomas de la máquina si escucha algún ruido o vibraciones demasiadas pronunciadas reportar el problema con su superior, para ver cuál es el problema y se pueda tomar una decisión apropiada.
3	Comprobación del estado de herramienta	Diario	La herramienta debe estar en óptimas condiciones para prevenir los accidentes, el operario debe utilizar la herramienta adecuada para apretar las boquillas de las fresadoras y que el porta-herramienta no sufra desgaste prematuro y para conservar los tornillos de apriete en buenas condiciones, observar si los sujetadores de la máquina aun presionan correctamente la pieza para que esta no se mueva o deslice esto para prevenir accidentes, probar si todas las teclas de la pantalla funcionan correctamente.
4	Comprobación de niveles de aceite	Diario	El operario debe observar si la maquina está plenamente lubricada para eso debe ver los niveles en los depósitos que se encuentran a un costado inferior de la máquina para eso debe observar si el aceite se encuentra en el nivel indicado por la máquina, caso contrario se debe rellenar hasta la marca.
5	Comprobación de la seta de emergencia	Semanal	Mientras se trabaja en la fresadora el operador debe realizar un paro a la maquinaria con la seta de seguridad para comprobar si funciona y detiene la maquina rápidamente, esta debe estar en buenas condiciones en caso de una emergencia.
6	Medición de consumo de corriente	Mensual	En el motor realizar las mediciones de corriente y voltaje que nos está consumiendo la maquina con un multímetro y verificar si los datos obtenidos corresponden a las especificaciones del motor.
7	Revisar líneas de corriente eléctrica (cables, botoneras, switch de encendido, etc.).	Mensual	Revisar todos los cables eléctricos, si hay cables pelados se debe cubrir con una cinta de aislar en el caso de que sean peladuras pequeñas, cubriendo toda la parte dañada. Si el cable está muy dañado reemplazar de inmediato por uno nuevo.

8	Limpieza del cuadro eléctrico	Mensual	Verificar si tiene alguna avería en los cables, si no están pelados o dañados en el caso de estar pelados, reemplazarlos de inmediato con un cable del mismo calibre, toda la actividad debe ser minuciosa y para verificar el voltaje y corriente se debe contar con un multímetro. Verificar los fusibles que no estén flameados, el vidrio del fusible debe estar totalmente transparente
9	Verificar que no exista fuga de aceite, soluble o presión de aire	Mensual	Buscar alrededor de las líneas de aceite si no hay goteo de aceite. Observar si en el suelo no hay derrames. También se debe verificar si no hay fugas en la línea de aire comprimido para esto se hará agua jabonosa y se colocará en los acoples de toda la tubería, si existe fuga deberá intentar tapar la fuga de no lograrlo se programará para revisar el acoplamiento detalladamente o sustituirlo.
10	Revisar y limpiar cables expuestos, si es necesario colocar protección adecuada.	Mensual	Se debe desconectar la maquinaria para evitar choque eléctrico. Luego se procede a limpiar y verificar que los cables no tengan partes expuestas que pudieran dañar los fusibles por corto circuito. Si los hay varios cables que están sueltos se deben unir con cinta de aislar para evitar tropiezos o desconexión por descuidos.
11	Limpieza del depósito de aceite.	Semestral	Se debe destapar el tapón de drenaje para retirar todo el aceite usado y viejo esperar a que drene todo el sistema hasta que se vacíe por completo, luego se debe colocar el tapón de drenaje y colocar aceite nuevo.
12	Verificar las condiciones de lubricidad y niveles del aceite refrigerante.	Semestral	Tomar una muestra de aceite del depósito y examinar con los dedos si la viscosidad y el color del aceite está en buenas condiciones. En caso de no estarlo se recurrirá a cambiarlo por completo para su mejor funcionamiento.
13	Revisión completa de herramientas	Semestral	Verificar la prensa sujetadora que preñe correctamente la pieza a maquinar, si los porta brocas son sujetadas por la máquina y si quedan fijas (sin juego), si las herramientas de corte tienen filo, si la lámpara funciona, observar y revisar los botones de la pantalla sirven, las llaves u otra herramienta están en buenas condiciones.
14	Reparación de todas las averías y problemas de los que se tenga conocimiento	Anual	Si se sabe de algún percance que tenga la máquina, aunque sea mínimo y no dañe el trabajo, es mejor reemplazarla para evitar que en un futuro puedan repercutir en la calidad del producto.

### 3.4.7 Estado actual de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado

En la siguiente tabla, se observa el estado actual del torno paralelo americano antes de realizar cualquier mantenimiento, ya este sea preventivo o correctivo, teniendo en cuenta que es de importancia para que el encargado del laboratorio pueda tener un historial del mismo.

**Tabla 3. 11.** Estado actual del torno paralelo americano

MÁQUINA	COMPONENTE	ESTADO	Zi	e	c	EFICIENCIA	FOTOGRAFÍA
Torno paralelo americano	Palancas de cambio	Bueno	11	11	1	100%	
	Bancada	Bueno	1	1	1	100%	
	Torreta y mandril	Bueno	2	2	1	100%	
	Sistema de transmisión	Bueno	7	7	1	100%	
	Sistema eléctrico	Regular	11	14	0,8	80%	
	Iluminación	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
	Sistema de lubricación	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
<b>Eficiencia del mantenimiento</b>		<b>89,19%</b>	<b>Estado regular</b>				

A continuación, se observa el estado del torno yucy el cual se encuentra en un estado operativo, ya que sus componentes y sistemas principales están correctamente operativos para realizar cualquier tipo de trabajo.

**Tabla 3. 12.** Estado actual del torno YUCY

MÁQUINA	COMPONENTE	ESTADO	Zi	e	c	EFICIENCIA	FOTOGRAFÍA
Torno Yucy	Palancas de cambio	Bueno	7	7	1	100%	
	Bancada	Bueno	1	1	1	100%	
	Torreta y mandril	Bueno	2	2	1	100%	
	Sistema de transmisión	Bueno	8	8	1	100%	
	Sistema eléctrico	Bueno	10,4	13	0,8	80%	
	Contrapunto	Bueno	1	1	1	100%	
	Iluminación	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
	Sistema de enfriamiento	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
<b>Eficiencia del mantenimiento</b>		<b>85,93%</b>	<b>Estado regular</b>				

La tabla 3.13, muestra el estado de los componentes principales de la fresadora universal de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicada en el laboratorio de mecanizado, teniendo en cuenta que se encuentra en buen estado para trabajar y realizar piezas mecánicas con ajuste y precisión.

**Tabla 3. 13.** Estado actual de la fresadora universal

MÁQUINA	COMPONENTE	ESTADO	Zi	e	c	EFICIENCIA	FOTOGRAFÍA
Fresadora Universal	Palancas de cambio	Bueno	1	1	1	100%	
	Mesa de trabajo	Bueno	1	1	1	100%	
	Husillo principal	Bueno	1	1	1	100%	
	Diales	Bueno	3	3	1	100%	
	Sistema eléctrico	Bueno	11,2	14	0,8	80%	
	Iluminación	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
	Sistema de enfriamiento	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
<b>Eficiencia del mantenimiento</b>		<b>81,82%</b>	<b>Estado regular</b>				

Actualmente, se observa que la cepilladora no está en operación por el motivo que el sistema de transmisión de la misma está roto, lo cual pudo haber sido producido por una mala manipulación en el instante de la operación.

**Tabla 3. 14.** Estado actual cepilladora

MÁQUINA	COMPONENTE	ESTADO	Zi	e	c	EFICIENCIA	FOTOGRAFÍA
Cepilladora	Palancas de cambio	Regular	2,4	3	0,8	80%	
	Mesa de trabajo	Bueno	1	1	1	100%	
	Sistema de transmisión	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
	Riel principal	Regular	0,8	1	0,8	80%	
	Sistema eléctrico	Regular	0,8	1	0,8	80%	
	Motor eléctrico principal	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
	Cableado eléctrico	Muy mal	0,4	1	0,4	40%	
<b>Eficiencia del mantenimiento</b>		<b>68,89%</b>	<b>Estado malo</b>				

En la siguiente tabla, se observa que algunos de los componentes de la afiladora de cuchilla se encuentran en mal estado por lo que se puede concluir que dicha máquina requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo para que funcione de forma normal al momento de afilar cuchillas, fresas, entre otras herramientas de corte.

**Tabla 3. 15.** Estado actual de la afiladora de cuchillas

MÁQUINA	COMPONENTE	ESTADO	Zi	e	c	EFICIENCIA	FOTOGRAFÍA
Afiladora de cuchillas	Diales	Excelente	1,6	2	0,8	80%	
	Mesa de trabajo	Excelente	1	1	1	100%	
	Afilador y contrapunto	Excelente	0,4	1	0,4	40%	
	Sistema eléctrico	Malo	0,4	1	0,4	40%	
	Pulsadores	Bueno	1,2	2	0,6	60%	
<b>Eficiencia del mantenimiento</b>		<b>65,71%</b>	<b>Estado malo</b>				

### 3.4.8 Análisis económico

En la siguiente tabla, se observa los costos por mantenimiento preventivo que se requiere para que las máquinas herramientas puedan estar en perfecto funcionamiento en el instante de realizar una pieza mecánica o mantenimiento correctivo a cualquier máquina del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tabla 3. 16.** Costos de inversión de mantenimiento preventivo

<b>COSTOS DE INVERSIÓN EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>HERRAMIENTAS EMPLEADA</b>	<b>COSTOS</b>
1	Limpieza de máquina operario	Diario	Franela y brocha	25,00
2	Inspección visual (ruidos)	Diario	-	25,00
3	Comprobación del estado de herramienta	Diario	-	5,00
4	Comprobación de niveles de aceite	Diario	Aceite SAE 75W-85	5,00
5	Comprobación de la seta de emergencia	Semanal	Multímetro	25,00
6	Medición de consumo de corriente	Mensual	Pinza amperimétrica	25,00
7	Revisar líneas de corriente eléctrica (cables, botoneras, switch de encendido, etc.).	Mensual	Multímetro	25,00
8	Limpieza del cuadro eléctrico	Mensual	Limpia contactos	35,00
9	Verificar que no exista fuga de aceite, soluble o presión de aire	Mensual	Aceite SAE 75W-85	25,00
10	Revisar y limpiar cables expuestos, si es necesario colocar protección adecuada.	Mensual	Franela, taípe, manguera	35,00
11	Limpieza del depósito de aceite.	Semestral	Franela	10,00
12	Verificar las condiciones de lubricidad y niveles del aceite refrigerante.	Semestral	Aceite SAE 75W-85	10,00
13	Revisión completa de herramientas	Semestral	-	20,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 270,00</b>

En la tabla anterior, se observa que el costo del mantenimiento preventivo por máquina herramienta es de 270\$ dólares americanos, teniendo en cuenta que dicho valor es correcto para mantener el buen funcionamiento de las mismas. Además, cabe recalcar que dicho valor fuera invertido durante un año calendario.

#### **3.4.9 Desarrollo del plan de mantenimiento**

De acuerdo a lo mencionado en el presente capítulo se procedió a realizar un plan de mantenimiento haciendo uso de la ficha técnica para identificar las características y funciones de las máquinas herramientas ubicadas en el laboratorio de mecanizado en el área de viruta, también de la hoja de información teniendo en cuenta que la misma será de importancia por motivo que es el indicador para conocer el tipo de falla de los elementos o piezas mecánicas.

Sin embargo, mediante la hoja de decisión se conocerá que tipo de actividad se debe realizar para solventar el inconveniente que se pueda producir en la máquina herramienta, teniendo en cuenta que el encargado puede planificar dichas actividades para un mejor rendimiento en cuanto producción o enseñanza en la institución.

A continuación, en el Anexo VII se observará el desarrollo del plan de mantenimiento para el laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 Conclusiones**

- Se realizó el levantamiento de información de las máquinas herramientas que se encuentran en el laboratorio de mecanizado en el área de viruta, mismas que fueran verificadas las partes mecánicas y eléctricas.
- Mediante el uso de la hoja de información se pudo describir el tipo de fallas que se generan en las diferentes partes o componentes mecánicos de las máquinas herramientas, teniendo en cuenta que mediante una hoja de decisión se pudieron establecer actividades para un mantenimiento preventivo y correctivo, además de facilitar la planificación para un correcto seguimiento de las mismas, por lo que se puede anticipar a cualquier falla y así reducir en un 50% las fallas eléctricas y mecánicas.
- De acuerdo a las actividades a realizarse para un mantenimiento preventivo y correctivo se deben tomar las medidas de seguridad de acuerdo al trabajo, ya que por lo general estarán expuestos varias partes del cuerpo y mediante la hoja de decisión el técnico puede determinar cuál sería la mejor opción de EPP. También se concluye que el costo del mantenimiento preventivo por máquina herramienta es de 270\$ dólares americanos anuales.

### **4.2 Recomendaciones**

- Seguir de manera adecuada el protocolo de la hoja de decisiones para corregir alguna falla que se esté presentando en cualquiera de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado.
- Para garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas herramientas y mantener los componentes mecánicos en buen estado se recomienda la revisión periódica y mantenimiento adecuado de los elementos que componen a los equipos.
- Tener en cuenta que tipo de trabajos realizan cada máquina herramienta, ya que en caso de falla el usuario pueda detectar con mayor eficiencia el error de acuerdo a la hoja de información planteada en el plan de mantenimiento.

## 5. Bibliografía

- [1] E. Cansino y D. Lucero, «Bibdigital,» Abril 2015. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>. [Último acceso: 6 Diciembre 2022].
- [2] A. Guznay y C. Zhigue, «Repositorio ups,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8905/1/UPS-CT005133.pdf>. [Último acceso: 6 Diciembre 2022].
- [3] N. Montealegre, «Repositorio utp,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b07f90ef-b101-4fb3-82df-0e0ef64058d2/content>. [Último acceso: 6 Diciembre 2022].
- [4] AEC, «Mantenimiento,» 26 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].
- [5] G. Mancuzo, «Evolución del Mantenimiento: Historia y Actualidad,» 7 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].
- [6] Euroinnova, «Plan de Mantenimiento,» 23 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.euroinnova.ec/blog/que-es-un-plan-de-mantenimiento>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [7] F. Vidal, «Mantenimiento preventivo,» 18 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].
- [8] Infrasppeak, «El mantenimiento predictivo: qué es, herramientas y ejemplos,» 2018 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://blog.infrasppeak.com/es/mantenimiento-predictivo/>. [Último acceso: 16 Noviembre 2022].
- [9] F. Vidal, «Mantenimiento correctivo,» 21 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-correctivo/>. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].
- [10] J. Moubray, «Mantenimiento Centrado en confiabilidad,» de *Mantenimiento Centrado en confiabilidad*, Argentina , Sueiros y Asociados, 2004, pp. 6-22.
- [11] Ehu, «Maquinas Herramientas, funciones, tipos y arquitecturas,» 30 Octubre 2012. [En línea]. Available: [https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/419\\_ca.pdf](https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/419_ca.pdf). [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [12] Ecured, «Torno,» 4 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Torno>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].

- [13] Area Tecnologica, «Partes del torno,» 21 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/herramientas/torno.html>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [14] Aero Maquinados, «Diferencia entre un torno revolver y paralelo,» 10 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.aeromaquinados.com/diferencia-entre-un-torno-revolver-y-paralelo/>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [15] Instrumentos de medición, «Torno revolver,» 24 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://instrumentosdemedicion.org/maquina-herramienta/torno-revolver/>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [16] Interempresas, «Torno Paralelo,» 13 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Torno-paralelo-Helfer-T-410-1000-49529.html>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [17] J. Ruiz, «Fresadora,» 23 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://como-funciona.co/una-fresadora/>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [18] Heller Maquinaria, «Fresadora universal,» 23 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.hellermaquinaria.com/catalogo/fresadora-universal-heller-fu1600av/>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [19] Perezcamps, «Medidas de seguridad fresadora,» 31 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://perezcamps.com/es/fresadora-medidas-seguridad-riesgos/>. [Último acceso: 8 Noviembre 2022].
- [20] CAREL, «Qué es la refrigeración,» 14 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.carel.es/what-s-refrigeration-#:~:text=La%20refrigeraci%C3%B3n%20es%20el%20proceso,a%20temperaturas%20inferiores%20a%202D60%C2%BAC..> [Último acceso: 5 Mayo 2022].
- [21] J. Ramirez, «Diseño y simulacion cuarto frio,» 11 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/11548/1/15T00718.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2022].
- [22] R. Silvera, «Blogspot,» 22 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://rsilvera-utp-fim-refrigeracion.blogspot.com/2015/07/ciclo-real-de-refrigeracion-por.html>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [23] Mundohvacr, «Los Refrigerantes y sus Propiedades,» 23 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2007/02/los-refrigerantes-y-sus-propiedades/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [24] Arquigrafico, «Lana de Vidrio como Aislante Térmico,» 25 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://arquigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].

- [25] Ipur, «Planchas de poliuretano,» 6 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://aislaconpoliuretano.com/beneficios-planchas-poliuretano/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [26] J. Villalba, «El poliestireno,» 24 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://villalbaestano.wordpress.com/el-poliestireno/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [27] Sagarpa, «Cuartos Frios,» 4 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/firco/articulos/cuartos-frios-dentro-del-proceso-de-proyectos-productivos?idiom=es#:~:text=El%20cuarto%20fr%C3%ADo%20es%20el,ordenados%20en%20las%20distintas%20neveras.&text=El%20cuarto%20fr%C3%ADo%20consigue%20alargarr%20el%20periodo%20.> [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [28] Soluciones Integrales, «Cuartos frios,» 10 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://srt-sas.com/que-es-un-cuarto-frio/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [29] Refrigeracion , «Refrigeración Industrial, Comercial y Marina,» 16 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://rcr.com.mx/evaporadores.php>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [30] A. Rendon, «Mantenimiento de sistema de cuarto frio,» Pereira, 2014.
- [31] L. Cobacha, 25 10 2010. [En línea]. Available: <https://www.lacobacha.com.ec/producto/bandeja-plastica-reforzada/>.
- [32] M. Palomo, «Aislantes Térmicos,» 28 06 2017. [En línea]. Available: [https://oa.upm.es/47071/1/TFG\\_Palomo\\_Cano\\_Marta.pdf](https://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf).
- [33] S. Miguel, «Diseño de Cámara Frigorífica para Conservación de Limones de Exportación,» [En línea]. Available: <http://www.frt.utn.edu.ar/tecnoweb/imagenes/file/mecanica/PROYECTOS%20FINALES/2020/SARASPE%20Y%20URIBIO/Tesis%20-%20Sarasppe%20Miguel-Uribio%20Pedro.pdf>.
- [34] N. I. 2829, «NORMA GENERAL PARA EL QUESO (CODEX STAN 283-1978, MOD),» 08 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2829.pdf>.
- [35] GASSERVEI, «Ficha Técnica R404A,» 08 01 2021. [En línea]. Available: <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>.
- [36] J. M. De Mier Alvarado, «Diseño y ejecución de una nueva cámara de,» Valladolid, 2015.
- [37] C. Toledo, «Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos de la empresa tongod Cajamarca,» Perú, 2016.
- [38] M. Diaz y Z. Juan, «Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque,» Perú, 2020.
- [39] Tecno pro, «Herramientas de corte,» 28 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.tecnoprosl.com/las-herramientas-de-corte/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2022].

- [40] Production tools, «Herramientas de sujeción,» 27 Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://productiontools.es/herramientas-industriales/herramientas-de-sujecion/#:~:text=herramienta%20de%20sujeci%C3%B3n%3F-,Qu%C3%A9%20son%20las%20herramientas%20de%20sujeci%C3%B3n,m%C3%A1s%20fuerce%20o%20m%C3%A1s%20d%C3%A9bil..> [Último acceso: 9 Noviembre 2022].
- [41] Comercturro, «Herramientas sujecion,» 30 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.comercturro.com/tiendaonline/utiles/sujecion/>. [Último acceso: 9 Noviembre 2022].

## ANEXOS

### Anexo I: Informe anti plagio de proyecto de titulación

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Nombre del docente evaluador que emite en informe:</b>	Ing.M.sc Luis Miguel Navarrete López
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta Tecnológica presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.
<b>Autores del documento:</b>	Mario Javier Chasiloa Chimbo
<b>Programa de similitud según el programa utilizado:</b>	Sistema COMPILATIO
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"><li>El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li></ul>	8%
<b>Fecha de realización del informe</b>	14/08/2023
<b>Captura de pantalla del documento analizado</b>	
 <p><b>CERTIFICADO DE ANÁLISIS</b> registro</p> <h3>FINAL Plan de mantenimiento</h3> <p><b>8%</b> Similitud</p> <p><b>2%</b> Texto entre comillas = 1% similitudes entre comillas = 1% idioma no reconocido</p> <p>Nombre del documento: FINAL Plan de mantenimiento.docx ID del documento: 958540e0943a3643b70a3b5d5abdd70805426d Tamaño del documento original: 19,58 MB</p> <p>Depositor: LUIS MIGUEL NAVARRETE LOPEZ Fecha de depósito: 14/8/2023 Tipo de carga: Interface Fecha de fin de análisis: 14/8/2023</p> <p>Número de palabras: 12.981 Número de caracteres: 88.482</p>	
 Ing.M.sc Luis Miguel Navarrete López C.C. 180374728-4	

# FINAL Plan de mantenimiento

**8%** Similitudes  
**2%** Texto entre comillas  
 < 1% similitudes entre comillas  
 < 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: FINAL Plan de mantenimiento.docx  
 ID del documento: 958540e0963da643b7fb7bbfdaabdd7080526d  
 Tamaño del documento original: 19,58 MB

Depositante: LUIS MIGUEL NAVARRETE LOPEZ  
 Fecha de depósito: 14/8/2023  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 14/8/2023

Número de palabras: 12.981  
 Número de caracteres: 88.402

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.mantenimientopetroquimica.com">www.mantenimientopetroquimica.com</a>   ¿Qué es el mantenimiento centrado en ... http://www.mantenimientopetroquimica.com/mcm.html 2 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (448 palabras)
2	<a href="http://www.areametalurgia.com">www.areametalurgia.com</a>   [VIDEO] Torno atrapa a operador y genera brutal acci... http://www.areametalurgia.com/post/Video-accidente-laboral-torno-atrapa-a-operador 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (162 palabras)
3	<a href="http://repositorio.utp.edu.co">repositorio.utp.edu.co</a>   Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los ... http://repositorio.utp.edu.co/items/188f095-8f33-4d52-8648-5a1c7166e85a 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (147 palabras)
4	Documento de otro usuario #12a9f7 El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (142 palabras)
5	<a href="http://repositorio.utp.edu.co">repositorio.utp.edu.co</a> http://repositorio.utp.edu.co/bitstream/607790ef-b101-4fb3-82df-0e0ef540586d/download 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (125 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.upb.edu.co">repositorio.upb.edu.co</a> http://repositorio.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11913/2277/Desarrollo%20del%20plan%20de%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20a%20los%20servicios%20de%20mantenimiento%20de%20un%20torno%20convencional%20a%20uno%20por%20control%20por%20se%C3%B1ales%20de%20vibraci%C3%B3n%20en%20un%20torno%20convencional%20de%20un%20sector%20de%20la%20industria%20metal%C3%B9rgica.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	<a href="http://www.biblioteca.udep.edu.pe">www.biblioteca.udep.edu.pe</a> http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bitstream/UCOP/tesis/pdf/1_44_176_10_294.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	Documento de otro usuario #10deaf El documento proviene de otro grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
4	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a>   Conversión de un torno convencional a uno por control ... http://repositorio.espe.edu.ec/8080/bitstream/21000/7204/4/T-ESPEL-MEC-0014.pdf.txt 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
5	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a>   Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Natural a bas... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5239/1/PC-000325.pdf.txt 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://dspace.upc.edu.ec">dspace.upc.edu.ec</a> http://dspace.upc.edu.ec/bitstream/123456789/1005/1/AUPS-CT005133.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (96 palabras)
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a>   Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a los ser... http://hdl.handle.net/20.500.14076/9863 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (106 palabras)
3	Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para... http://dspace.upc.edu.ec/bitstream/15000/10469/3/CD-6192.pdf.txt 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (97 palabras)
4	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
5	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
6	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a>   Repositorio Digital - EPN: Elaboración de un plan de mante... http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10469 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (86 palabras)



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería  
Electromecánica

**ANEXO I**

Índice de disponibilidad

**Hoja de cálculo**

$$D = \frac{HT - HPM}{HT}$$

$$D = \frac{80 \text{ horas} - 5 \text{ horas}}{80 \text{ horas}}$$

$$D = 0,9375$$



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería  
Electromecánica

**ANEXO II**

Tiempo medio entre fallas

**Hoja de cálculo**

$$MTBF = \frac{NHT}{NA}$$

$$MTBF = \frac{960 \text{ horas}}{2}$$

$$MTBF = 480 \text{ horas}$$



**ANEXO III**

Tiempo medio de reparación

**Hoja de cálculo**

$$MTTR = \frac{NPA}{NA}$$

$$MTTR = \frac{5 \text{ horas}}{2}$$

$$MTTR = 2,5 \text{ horas}$$



**ANEXO IV**

Disponibilidad por avería

**Hoja de cálculo**

$$DA = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

$$DA = \frac{480 - 2,5}{480}$$

$$DA = 0,9947$$



ANEXO V

Índice de coste

Hoja de cálculo

$$CHM = \frac{NHM}{CTMO}$$

$$CHM = \frac{5 \text{ horas}}{100 \$}$$

$$CHM = 0,05 \text{ horas}/\$$$



ANEXO VI

Pérdida de dinero por fallo

Hoja de cálculo

$$\text{Pérdida de dinero por falla} = \text{Costo hora} * \text{MTTR}$$

$$\text{Pérdida de dinero por falla} = (125\$) * (2,5 \text{ horas})$$

$$\text{Pérdida de dinero por falla} = 312,50\$$$



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL  
LABORATORIO DE MECANIZADO**

**Elaborador por:** Chasiloa Chimbo Mario Javier

**Fecha de elaboración:** Agosto 2023

## **1 Teléfonos de emergencia**

Para utilizar en caso de incendio, accidentes por causa de máquinas.

Bomberos	(03) 281-3520
Policía nacional	911
Cruz roja	120
Ambulancia	(03) 299-7503

## **2 Introducción**

El presente manual es elaborado con la finalidad de tener un plan de mantenimiento de las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicada en el área de arranque de viruta, ya que el mismo no cuenta con uno, teniendo en cuenta que es de mucha importancia.

Por lo tanto, los encargados ni los estudiantes tienen un historial con respecto a dichas máquinas para verificar si se ha realizado algún mantenimiento preventivo o correctivo en alguna fecha específica en cuanto sus piezas, partes o sistemas en general.

Sin embargo, para que este plan de mantenimiento tenga resultados positivos al momento de su aplicación, deben los estudiantes y los encargados ejecutarlo de manera correcta de acuerdo a lo mencionado en el mismo.

## **3 Objetivos**

- Reducir el riesgo de falla que se pueden producir en las distintas máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado.
- Tener tiempos de ejecución para diferentes actividades en cuanto a un mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas herramientas.

## **4 Condiciones**

A continuación, mediante la ficha técnica se determinarán las características técnicas de las máquinas herramientas que posee la Universidad Técnica de Cotopaxi, mismas que se encuentran ubicadas en el área de viruta, teniendo en cuenta que son empleadas para la formación de los estudiantes y realizar trabajos de mantenimiento del establecimiento.

#### 4.1 Ficha técnica torno paralelo americano

La presente ficha técnica posee características técnicas del torno paralelo americano, también lo que respecta a las operaciones que se pueden realizar en el mismo y se observa una imagen de la máquina herramienta.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO			
Máquina - Equipo	Torno Paralelo Americano	Ubicación	Área de virutaje
Fabricante	Interamerican	Código de equipo	TP1-UTC
Módulo	CDL6251	Fecha	11/1/2023
Marca	Americano		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Especificaciones Técnicas		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud máxima de torneado: 1500 mm</li> <li>• Diámetro máximo del husillo principal: 90mm</li> <li>• Velocidad máxima de giro del husillo principal: 1600 r/min.</li> <li>• Rango de roscas métricas: 0,5 a 14mm</li> <li>• Rango de roscas whitworth: 2 a 56 t.p.i</li> <li>• Motor del torno: trifásico de 7,5 KW.</li> <li>• Motor de la bomba de refrigerante: 0,09 KW.</li> </ul>			
Función			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de piezas cilíndricas en diversos materiales.</li> <li>• Operaciones de cilindrado, refrentado, roscado, tronzado, taladrado, machuelado, torneado cónico.</li> </ul>			

## 4.2 Ficha técnica torno Yucy

En la presente ficha técnica se detallan las especificaciones de la máquina herramienta, teniendo en cuenta que la misma es empleada para realizar trabajos de cilindrado de piezas mecánicas. Además, se observará las funciones del torno Yucy.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO			
Máquina - Equipo	Torno Yucy	Ubicación	Área de virutaje
Fabricante	China	Código de equipo	Yucy 6250C
Módulo	6250C	Fecha	11/1/2023
Marca	Yucy		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Especificaciones Técnicas		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo: 3125 mm</li> <li>• Ancho: 1043 mm</li> <li>• Altura: 1315 mm</li> <li>• Peso: 2500 Kg</li> <li>• Fuerza de corte máximo 1400 Kgf</li> <li>• Fuerza de avance máxima 350 Kgf</li> <li>• Volteo sobre la bancada (diámetro) 500 mm</li> <li>• Distancia entre puntos 1500 mm</li> <li>• Energía: Eléctrica</li> <li>• Fases: Trifásico</li> <li>• Motor: Asíncrono</li> <li>• Voltaje: 380 Vca</li> <li>• Corriente: 12 A</li> <li>• Potencia: 7,5 Kw</li> <li>• Velocidad angular: 1500 RPM</li> <li>• Energía: Eléctrica</li> <li>• Fases: Trifásico</li> <li>• Motor: Asíncrono</li> <li>• Voltaje: 380 Vca</li> <li>• Flujo: 25 l/min</li> <li>• Potencia: 0,25 Kw</li> <li>• Velocidad angular: 1500 RPM</li> </ul>			
Función			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de piezas cilíndricas en diversos materiales.</li> <li>• Operaciones de cilindrado, refrentado, roscado, tronzado, taladrado, machuelado, torneado cónico.</li> </ul>			

### 4.3 Ficha técnica fresadora universal

Se observa la ficha técnica completa de la fresadora universal, misma que se emplea para realizar piezas mecánicas de diferentes formas por los tres ejes que posee la máquina herramienta.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO			
Máquina - Equipo	Fresadora Universal	Ubicación	Área de virutaje
Fabricante	China	Código de equipo	X6125A
Módulo	X6125A	Fecha	11/1/2023
Marca	JAW		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Especificaciones Técnicas		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie de la mesa de trabajo 300 x 1150 mm</li> <li>• Carro eje X 680 mm</li> <li>• Carro eje Z 235 mm</li> <li>• Carro eje Y 400 mm</li> <li>• Angulo de giro 45°</li> <li>• Rango de velocidad 35-1600 r/min</li> <li>• Diámetro del árbol 22, 27 mm</li> <li>• Número de velocidades 14</li> <li>• Velocidad del carro eje X 12-720 mm/min</li> <li>• Velocidad del carro eje Z 4-240 mm/min</li> <li>• Velocidad del carro eje Y 700 mm/min</li> <li>• Motor principal 4 Kw</li> <li>• Velocidad del motor principal 1728 r/min</li> <li>• Motor de la bomba 0,04 Kw</li> <li>• Velocidad del motor de la bomba 3480 r/min</li> <li>• Dimensiones generales 1695 x 1535 x 1630 mm</li> <li>• Peso 2150 Kg</li> </ul>			
<p><b>Función</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de piezas de formas distintas en diversos materiales.</li> <li>• Operaciones de piñonería, planeado, chaflanados, mortajado, mandrinado.</li> </ul>			

#### 4.4 Ficha técnica cepilladora KLOPP

En dicha ficha técnica se observa las especificaciones técnicas de la cepilladora KLOPP y las funciones de la misma. Dicha máquina herramienta se emplea para desbastar de forma rápida material excesivo para realizar piezas mecánicas de procesos, máquinas entre otras partes.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO			
Máquina - Equipo	Cepilladora KLOPP	Ubicación	Área de virutaje
Fabricante	Alemania	Código de equipo	Elektromotorenwerk
Módulo	KLOPP	Fecha	11/1/2023
Marca	KLOPP		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Especificaciones Técnicas		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Motor: trifásico de 1,1 KW.</li><li>• Voltaje de trabajo: 380Vac.</li><li>• Corriente: 2,6 A.</li><li>• Velocidad angular 2800 rpm</li><li>• Recorrido en el eje x: 300 mm</li><li>• Recorrido en el eje y: 400mm</li><li>• Recorrido en el eje z: 600mm</li></ul>			
<b>Función</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración de piezas que posean canales, desbaste de piezas cuadras y rectangulares.</li><li>• Operaciones de desbaste y ranurado</li></ul>			

#### 5 Procedimiento

Se emplea una hoja de información para poder analizar y determinar qué tipo de fallas se pueden generar en las distintas partes de las diferentes máquinas herramientas, también el modo de fallas y los efectos que generan los mismos. Los cuales deberán ser solucionados de una manera técnica.

### 5.1 Hoja de información para torno paralelo americano.

		HOJA DE INFORMACIÓN RCM					
		ELEMENTO: Sistema de enfriamiento	N°	Realizado por: Mario Chasiloa	Fecha: 11/01/2023		Hoja
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
				1	Bompear refrigerante en el instante de trabajo	A	Incapaz de bombear el refrigerante
				2	Falla en los terminales	Deterioro por tiempo de vida útil en terminales los cuales no poseen un correcto contacto para transmitir corriente eléctrica. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación 2 horas.	
				3	Falla en el eje motriz	Excentricidad del eje por falta de mantenimiento y rodamientos radiales en mal estado. Reparar el daño toma 4 horas y retomar su operación 8 horas.	
				4	Falla en el estator	Por sobrecarga o sobrecorriente el rotor se recalienta por lo que la bomba tiende a quedarse estatica. Se recomienda cambiarlo por uno nuevo.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



<b>ELEMENTO:</b> Sistema de avance longitudinal	<b>N°</b>	<b>Realizado por:</b> Mario Chasiloa	<b>Fecha:</b> 11/01/2023	<b>Hoja</b>
<b>COMPONENTE:</b> Carro longitudinal	<b>Ref</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Fecha:</b> 11/01/2023	<b>de</b>

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
2	Recorrer longitudinalmente para el avance de la torreta poseedora de la herramienta de corte	A	Incapaz de moverse	1	Falla en el tornillo patrón de la máquina herramienta	El carro longitudinal no tiene reacción de movimiento para su deslizamiento por lo que no se puede trabajar. Reparar el daño toma 5 días y retornar a su rango de operación 7 horas.	
				2	Falla en el juego de engranajes del sistema	Atascamiento del carro longitudinal. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación 2 horas.	
				3	Falla en el volante	No permite maniobrar el carro longitudinal para su funcionamiento. Reparar el daño toma 9 horas y retomar a su rango de operación 10	
	B	Exceso de juego en el recorrido	1	Falla en la riel de desplazamiento	Riel con exceso de juego hace que la precisión en el recorrido no se mantenga por lo que llegan a mecanizarse incorrectamente las piezas mecánicas. Reparar el daño toma 10 días y retomar a su rango de operación 12.		



## HOJA DE INFORMACIÓN RCM



**ELEMENTO:** Sistema de avance transversal

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Carro transversal

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
3	A	Incapaz de moverse	1	Falla en el tornillo de desplazamiento	El carro transversal no tiene reacción de movimiento para su deslizamiento por lo que no se puede trabajar. Reparar el daño toma 2 días y retornar a su rango de operación 3 días.		
			2	Falla de excentricidad	Atascamiento del carro transversal. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.		
			3	Falla en el volante	No permite maniobrar el carro longitudinal para su funcionamiento. Reparar el daño toma 9 horas y retomar a su rango de operación 10		
	B	Juego excesivo en el traslado	1	Falla en los rodamientos	Rodamientos rotos por lo que provocan excentricidad en el eje. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 5.		
Recorrer transversalmente para definir la profundidad de corte de piezas mecánicas							



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Sistema de transmisión

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Caja Norton

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

4

Transmitir el movimiento rotativo a los diferentes componentes mecánicos

A

No transmite el movimiento rotativo

1 Falla en los engranajes

No transmite movimiento al resto de componentes por lo que la máquina herramienta quedaría sin funcionar. Reparar el daño toma 5 días y retornar a su rango de operación 7 días.

2 Falla en las poleas

No genera movimiento al resto de organos rígidos para que trabaje la máquina. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.

3 Falla en las bandas

No puede transmitir el movimiento al resto de la máquina. Reparar el daño toma 1 horas y retomar a su rango de operación 2 horas



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Sistema de centramiento

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Contra punto

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

5

Centrar piezas en el momento del mecanizado

A

No centra correctamente las piezas

1 Falla en los rodamientos

No gira para poder centrar piezas a mecanizar. Reparar el daño toma 6 horas y retornar a su rango de operación 8 días.

2 Falla en las guías

No se moviliza el punto por motivo de rieles desgastados. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.

3 Falla en el cono de acople

No se fija correctamente para trabajar. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 5 horas



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM

**ELEMENTO:** Sistema de cambio de velocidades

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Palanca de velocidades

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
6	Cambiar velocidades para el mecanizado de piezas	A	No realiza el cambio de velocidades	1	Falla en los engranajes	No engrana al momento de cambiar la velocidad. Reparar el daño toma 3 días y retornar a su rango de operación 4 días.	
				2	Falla en la palanca de cambios	La palanca rota no permite accionar el cambio de velocidad. Reparar el daño toma 1 día y retomar a su rango de operación 2 días.	
				3	Falla en los resortes de activación	Resorte con perdidas de elasticidad y rotos no acciona correctamente. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 6 horas	
				4	Falla en los ejes y chavetas	Eje roto o excéntrico no permite el correcto engranaje al momento del accionamiento manual. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Motor eléctrico principal

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Motor eléctrico

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

7

Encender la máquina herramienta

A

Incapaz de encender el motor

1 Falla en el rotor

Motor no enciende y suena por el campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación 4 días.

2 Falla en el estator

No enciende el motor. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación en 3 días.

3 Falla en el bobinado

El motor no enciende ya que no genera campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación en 4 días



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



**ELEMENTO:** Sistema de control

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Tablero de control

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
8	Encender el torno la parte de control y potencia	A Incapaz de encender el motor principal	1	Falla en el contactor	No acciona al motor principal. Se requiere cambio completo
			2	Falla en el guarda motor	No permite el paso de corriente por lo que no enciende el motor. Se requiere cambio completo
			3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.
			4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona el motor. Se requiere cambio completo
	Encender el torno la parte de control y potencia	B Incapaz de encender la bomba de enfriamiento	1	Falla en el contactor	No acciona a la bomba. Se requiere cambio completo
			2	Falla en el guarda motor	No permite el paso de corriente por lo que no enciende la bomba. Se requiere cambio completo
			3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica hacia la bomba. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.
			4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona la bomba. Se requiere cambio completo
			5	Falla en el transformador	No genera el voltaje necesario para accionar la bomba. Se requiere cambio completo.

### 5.1.1 Hoja de decisión torno paralelo

			HOJA DE DECISIÓN RCM												
			ELEMENTO: Sistema de enfriamiento				N°	Realizado por: Mario Chasiloa			Fecha: 11/01/2023	Hoja			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				COMPONENTE: Bomba eléctrica			Ref.	Revisado por:		Fecha: 11/01/2023	de	
							H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1											Cambiar cables de conexión y colocar una protección para los mismos	c/5 años	Electricista
1	A	2											Cambiar los terminales y etiquetarlos de manera correcta	Anual	Electricista
1	A	3											Cambio de rodamiento radiales y lubricación de los mismos	Anual	Mecánico industrial
1	A	4											Reemplazar por uno nuevo	Depende de la vida útil y uso del equipo	Ing. Electromecánico
2	A	1											Fabricar un nuevo tornillo de potencia para que el carro se desplace correctamente.	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial
2	A	2											Lubricar correctamente el juego de engranajes	Mensual	Mecánico industrial
2	A	3											Revisar tonillos de ajuste y chaveteros que estén correctamente sujetos	Mensual	Mecánico industrial
2	B	1											Rectificación de riel para dar el ajuste y la rugosidad adecuada	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial



## HOJA DE DECISIÓN RCM



Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							ELEMENTO: Torno Paralelo			N°	Realizado por: Mario Chasiloa	Fecha: 11/01/2023	Hoja		
							COMPONENTE: Torno Paralelo			Ref.	Revisado por:	Fecha:	de		
3	A	1										Cambiar o rectificar el tornillo de potencia del carro	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico Industrial	
3	A	2										Lubricar el tornillo de potencia para mantener la rosca en buen estado	c/día	Mecánico Industrial	
3	A	3										Revisar tonillos de ajuste y chaveteros que esten correctamente sujetos	Mensual	Mecánico industrial	
3	B	1										Reemplazar rodamientos en mal estado.	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial	
4	A	1										Lubricar engranajes para una correcta transmisión de movimiento	c/6 meses	Mecánico Industrial	
4	A	2										Verificar chaveteros y chavetas para que traslade correctamente el movimiento y se acople eficientemente al eje motriz	c/6 meses	Mecánico Industrial	
4	A	3										Verificar tensión de la polea para que no exista juego excesivo	c/6 meses	Mecánico Industrial	



## HOJA DE DECISIÓN RCM



Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
5	A	1										Cambiar rodamientos nuevos de carga radial y axial	c/año	Mecánico industrial	
5	A	2										Lubricar las rieles antes de realizar trabajos	c/día	Mecánico industrial	
5	A	3										Rectificar cono para el ajuste en el contra punto	c/5 años	Mecánico industrial	
6	A	1										Lubricar los engranajes para accionar distintas velocidad	c/año	Mecánico industrial	
6	A	2										Mecanizar la palanca en caso de rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial	
6	A	3										Cambio de resorte por perdida de su límite de elasticidad	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial	
6	A	4										Rectificar eje o mecanizado dependiendo si es excentricidad o rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial	



## HOJA DE DECISIÓN RCM



**ELEMENTO:** Torno Paralelo

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Torno Paralelo

**Ref.**

**Revisado por:**

**Fecha:**

**de**

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							01	02	03						
							N1	N2	N3						
7	A	1											Barnizar el rotor en un horno para la homogeneidad del mismo	c/5 años	Electricista
7	A	2											Cambiar rodamientos radiales y dar el respectivo ajuste	Anual	Electricista
7	A	3											Barnizar el bobina y verificar continuidad en todo el sistema	Anual	Electricista
8	A	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	A	2											Cambiar guarda motor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	A	3											Limpiar los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
8	A	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
8	B	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	B	2											Cambiar guarda motor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	B	3											Limpiar los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
8	B	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
8	B	5											Cambiar transformador para obtener voltajes adecuados	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista

## 5.2 Hoja de información para torno Yucy 6250c

		HOJA DE INFORMACIÓN RCM					
		ELEMENTO: Sistema de enfriamiento	N°	Realizado por: Mario Chasiloa	Fecha: 11/01/2023		Hoja
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
1	Bompear refrigerante en el instante de trabajo	A	Incapaz de bombear el refrigerante	1	Falla en la conexión eléctrica	El deterioro del cable debiada a que la bomba se encuentra expuesto a humedad en el interior de la máquina. Reparar el daño toma 2 horas y retornar a su rango de operación 3 horas.	
				2	Falla en los terminales	Deterioro por tiempo de vida útil en terminales los cuales no poseen un correcto contacto para transmitir corriente eléctrica. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación 2 horas.	
				3	Falla en el eje motriz	Excentricidad del eje por falta de mantenimiento y rodamientos radiales en mal estado. Reparar el daño toma 4 horas y retomar su operación 8 horas.	
				4	Falla en el estator	Por sobrecarga o sobrecorriente el rotor se recalienta por lo que la bomba tiende a quedarse estatica. Se recomienda cambiarlo por uno nuevo.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



**ELEMENTO:** Sistema de avance longitudinal

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Carro longitudinal

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
2	Recorrer longitudinalmente para el avance de la torreta poseedora de la herramienta de corte	A	Incapaz de moverse	1	Falla en el tornillo patrón de la máquina herramienta	El carro longitudinal no tiene reacción de movimiento para su deslizamiento por lo que no se puede trabajar. Reparar el daño toma 5 días y retornar a su rango de operación 7 horas.	
				2	Falla en el juego de engranajes del sistema	Atascamiento del carro longitudinal. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación 2 horas.	
				3	Falla en el volante	No permite maniobrar el carro longitudinal para su funcionamiento. Reparar el daño toma 9 horas y retomar a su rango de operación 10	
	B	Exceso de juego en el recorrido	1	Falla en la riel de desplazamiento	Riel con exceso de juego hace que la precisión en el recorrido no se mantenga por lo que llegan a mecanizarse incorrectamente las piezas mecánicas. Reparar el daño toma 10 días y retomar a su rango de operación 12.		



## HOJA DE INFORMACIÓN RCM

**ELEMENTO:** Sistema de avance transversal

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Carro transversal

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
3	A	Incapaz de moverse	1	Falla en el tornillo de desplazamiento	El carro transversal no tiene reacción de movimiento para su deslizamiento por lo que no se puede trabajar. Reparar el daño toma 2 días y retornar a su rango de operación 3 días.		
			2	Falla de excentricidad	Atascamiento del carro transversal. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.		
			3	Falla en el volante	No permite maniobrar el carro longitudinal para su funcionamiento. Reparar el daño toma 9 horas y retomar a su rango de operación 10		
	B	Juego excesivo en el traslado	1	Falla en los rodamientos	Rodamientos rotos por lo que provocan excentricidad en el eje. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 5.		
Recorrer transversalmente para definir la profundidad de corte de piezas mecánicas							



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Sistema de transmisión

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Caja Norton

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

4

Transmitir el movimiento rotativo a los diferentes componentes mecánicos

A

No transmite el movimiento rotativo

1 Falla en los engranajes

No transmite movimiento al resto de componentes por lo que la máquina herramienta quedaría sin funcionar. Reparar el daño toma 5 días y retornar a su rango de operación 7 días.

2 Falla en las poleas

No genera movimiento al resto de organos rígidos para que trabaje la máquina. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.

3 Falla en las bandas

No puede transmitir el movimiento al resto de la máquina. Reparar el daño toma 1 horas y retomar a su rango de operación 2 horas



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Sistema de centramiento

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Contra punto

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

5

Centrar piezas en el momento del mecanizado

A

No centra correctamente las piezas

1 Falla en los rodamientos

No gira para poder centrar piezas a mecanizar. Reparar el daño toma 6 horas y retornar a su rango de operación 8 días.

2 Falla en las guías

No se moviliza el punto por motivo de rieles desgastados. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.

3 Falla en el cono de acople

No se fija correctamente para trabajar. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 5 horas



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM

**ELEMENTO:** Sistema de cambio de velocidades

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Palanca de velocidades

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
6	Cambiar velocidades para el mecanizado de piezas	A	No realiza el cambio de velocidades	1	Falla en los engranajes	No engrana al momento de cambiar la velocidad. Reparar el daño toma 3 días y retornar a su rango de operación 4 días.	
				2	Falla en la palanca de cambios	La palanca rota no permite accionar el cambio de velocidad. Reparar el daño toma 1 día y retomar a su rango de operación 2 días.	
				3	Falla en los resortes de activación	Resorte con perdidas de elasticidad y rotos no acciona correctamente. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 6 horas	
				4	Falla en los ejes y chavetas	Eje roto o excéntrico no permite el correcto engranaje al momento del accionamiento manual. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Motor eléctrico principal

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Motor eléctrico

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

7

Encender la máquina herramienta

A

Incapaz de encender el motor

1 Falla en el rotor

Motor no enciende y suena por el campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación 4 días.

2 Falla en el estator

No enciende el motor. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación en 3 días.

3 Falla en el bobinado

El motor no enciende ya que no genera campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación en 4 días



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM

**ELEMENTO:** Sistema de control

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Tablero de control

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
8	Encender el torno la parte de control y potencia	A	Incapaz de encender el motor principal	1	Falla en el contactor	No acciona al motor principal. Se requiere cambio completo	
				2	Falla en el relé térmico	No permite el paso de corriente por lo que no enciende el motor. Se requiere cambio completo	
				3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.	
				4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona el motor. Se requiere cambio completo	
		B	Incapaz de encender la bomba de enfriamiento	1	Falla en el contactor	No acciona a la bomba. Se requiere cambio completo	
				2	Falla en el relé térmico	No permite el paso de corriente por lo que no enciende la bomba. Se requiere cambio completo	
				3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica hacia la bomba. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.	
				4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona la bomba. Se requiere cambio completo	
				5	Falla en el transformador	No genera el voltaje necesario para accionar la bomba. Se requiere cambio completo.	

### 5.2.1 Hoja de decisión torno Yucy 6250c

			HOJA DE DECISIÓN RCM													
			ELEMENTO: Sistema de enfriamiento				N°	Realizado por: Mario Chasiloa			Fecha: 11/01/2023				Hoja	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				COMPONENTE: Bomba eléctrica			Ref.	Revisado por:			Fecha: 11/01/2023		de
							H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas			Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4							
1	A	1											Cambiar cables de conexión y colocar una protección para los mismos	c/5 años	Electricista	
1	A	2											Cambiar los terminales y etiquetarlos de manera correcta	Anual	Electricista	
1	A	3											Cambio de rodamiento radiales y lubricación de los mismos	Anual	Mecánico industrial	
1	A	4											Reemplazar por uno nuevo	Depende de la vida útil y uso del equipo	Ing. Electromecánico	
2	A	1											Fabricar un nuevo tornillo de potencia para que el carro se desplace correctamente.	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial	
2	A	2											Lubricar correctamente el juego de engranajes	Mensual	Mecánico industrial	
2	A	3											Revisar tonillos de ajuste y chaveteros que estén correctamente sujetos	Mensual	Mecánico industrial	
2	B	1											Rectificación de riel para dar el ajuste y la rugosidad adecuada	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial	



### HOJA DE DECISIÓN RCM



ELEMENTO: Torno Paralelo

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Torno Paralelo

Ref.

Revisado por:

Fecha:

de

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							01	02	03						
							N1	N2	N3						
3	A	1											Cambiar o rectificar el tornillo de potencia del carro	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico Industrial
3	A	2											Lubricar el tornillo de potencia para mantener la rosca en buen estado	c/día	Mecánico Industrial
3	A	3											Revisar tonillos de ajuste y chaveteros que esten correctamente sujetos	Mensual	Mecánico industrial
3	B	1											Reemplazar rodamientos en mal estado.	Depende de la vida útil y uso del equipo	Mecánico industrial
4	A	1											Lubricar engranajes para una correcta transmisión de movimiento	c/6 meses	Mecánico Industrial
4	A	2											Verificar chaveteros y chavetas para que traslade correctamente el movimiento y se acople eficientemente al eje motriz	c/6 meses	Mecánico Industrial
4	A	3											Verificar tensión de la polea para que no exista juego excesivo	c/6 meses	Mecánico Industrial



## HOJA DE DECISIÓN RCM



**ELEMENTO:** Torno Paralelo

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Torno Paralelo

**Ref.**

**Revisado por:**

**Fecha:**

**de**

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							01	02	03						
							N1	N2	N3						
5	A	1											Cambiar rodamientos nuevos de carga radial y axial	c/año	Mecánico industrial
5	A	2											Lubricar las rieles antes de realizar trabajos	c/día	Mecánico industrial
5	A	3											Rectificar cono para el ajuste en el contra punto	c/5 años	Mecánico industrial
6	A	1											Lubricar los engranajes para accionar distintas velocidad	c/año	Mecánico industrial
6	A	2											Mecanizar la palanca en caso de rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial
6	A	3											Cambio de resorte por perdida de su límite de elasticidad	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial
6	A	4											Rectificar eje o mecanizado dependiendo si es excentricidad o rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial



## HOJA DE DECISIÓN RCM



**ELEMENTO:** Torno Paralelo

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Torno Paralelo

**Ref.**

**Revisado por:**

**Fecha:**

**de**

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							01	02	03						
							N1	N2	N3						
7	A	1											Barnizar el rotor en un horno para la homogeneidad del mismo	c/5 años	Electricista
7	A	2											Cambiar rodamientos radiales y dar el respectivo ajuste	Anual	Electricista
7	A	3											Barnizar el bobina y verificar continuidad en todo el sistema	Anual	Electricista
8	A	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	A	2											Cambiar relé térmico para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	A	3											Limpiar los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
8	A	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
8	B	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	B	2											Cambiar relé térmico para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
8	B	3											Limpiar los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
8	B	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
8	B	5											Cambiar transformador para obtener voltajes adecuados	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista

### 5.3 Hoja de información para fresadora universal X6125A

		HOJA DE INFORMACIÓN RCM					
		ELEMENTO: Sistema de enfriamiento	N°	Realizado por: Mario Chasiloa	Fecha: 11/01/2023		
		COMPONENTE: Bomba eléctrica	Ref	Revisado por:	Fecha: 11/01/2023	de	
		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
1	Bombear refrigerante en el instante de trabajo	A	Incapaz de bombear el refrigerante	1	Falla en la conexión eléctrica	El deterioro del cable debido a que la bomba se encuentra expuesto a humedad en el interior de la máquina. Reparar el daño toma 2 horas y retomar a su rango de operación 3 horas.	
				2	Falla en los terminales	Deterioro por tiempo de vida útil en terminales los cuales no poseen un correcto contacto para transmitir corriente eléctrica. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación 2 horas.	
				3	Falla en el eje motriz	Excentricidad del eje por falta de mantenimiento y rodamientos radiales en mal estado. Reparar el daño toma 4 horas y retomar su operación 8 horas.	
				4	Falla en el estator	Por sobrecarga o sobrecorriente el rotor se recalienta por lo que la bomba tiende a quedarse estatica. Se recomienda cambiarlo por uno nuevo.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



**ELEMENTO:** Sistema de recorrido de carros

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Mesa de trabajo

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

2

Desplazar piezas que esten sobre la mesa para mecanizar

A

Incapaz de desplazarse para mecanizar piezas

1 Falla en el tornillo patrón

No engrana al momento de cambiar la velocidad. Reparar el daño toma 3 días y retornar a su rango de operación 4 días.

2 Falla en la palanca manual

La palanca rota no permite accionar el cambio de velocidad. Reparar el daño toma 1 día y retomar a su rango de operación 2 días.

3 Falla en las rieles de desplazamiento

Resorte con perdidas de elasticidad y rotos no acciona correctamente. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 6 horas

4 Falla en los rodamientos

Eje roto o excéntrico no permite el correcto engranaje al momento del accionamiento manual. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM

**ELEMENTO:** Sistema de cambio de velocidades

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Palanca de velocidades

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
3	Cambiar velocidades para el mecanizado de piezas	A	Incapaz de realizar el cambio de velocidades	1	Falla en los engranajes	No engrana al momento de cambiar la velocidad. Reparar el daño toma 3 días y retornar a su rango de operación 4 días.	
				2	Falla en la palanca de cambios	La palanca rota no permite accionar el cambio de velocidad. Reparar el daño toma 1 día y retomar a su rango de operación 2 días.	
				3	Falla en los resortes de activación	Resorte con perdidas de elasticidad y rotos no acciona correctamente. Reparar el daño toma 4 horas y retomar a su rango de operación 6 horas	
				4	Falla en los ejes y chavetas	Eje roto o excéntrico no permite el correcto engranaje al momento del accionamiento manual. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación 3 días.	



### HOJA DE INFORMACIÓN RCM



ELEMENTO: Motor eléctrico principal

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Motor eléctrico

Ref

Revisado por:

Fecha: 11/01/2023

de

#### FUNCIÓN

#### FALLA FUNCIONAL

#### MODO DE FALLA (Causa de la falla)

#### EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)

4

Encender la máquina herramienta

A

Incapaz de encender el motor

1 Falla en el rotor

Motor no enciende y suena por el campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación 4 días.

2 Falla en el estator

No enciende el motor. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación en 3 días.

3 Falla en el bobinado

El motor no enciende ya que no genera campo magnético. Reparar el daño toma 3 días y retomar a su rango de operación en 4 días

B

No transmite el movimiento

1 Falla en la banda de conexión

No transmite el movimiento al resto de la máquina. Reparar el daño toma 1 hora y retomar a su rango de operación en 2 horas.



## HOJA DE INFORMACIÓN RCM



**ELEMENTO:** Sistema de control

**N°**

**Realizado por:** Mario Chasiloa

**Fecha:** 11/01/2023

**Hoja**

**COMPONENTE:** Tablero de control

**Ref**

**Revisado por:**

**Fecha:** 11/01/2023

**de**

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Que sucede cuando falla)	
5	Encender el torno la parte de control y potencia	A Incapaz de encender el motor principal	1	Falla en el contactor	No acciona al motor principal. Se requiere cambio completo
			2	Falla en el termomagnético	No permite el paso de corriente por lo que no enciende el motor. Se requiere cambio completo
			3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.
			4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona el motor. Se requiere cambio completo
			5	Falla en los cables de conexión	No enciende el motor ni los actuadores. Reparar el daño toma 2 días y retomar a su rango de operación en 3 días.
	Encender el torno la parte de control y potencia	B Incapaz de encender la bomba de enfriamiento	1	Falla en el contactor	No acciona a la bomba. Se requiere cambio completo
			2	Falla en el termomagnético	No permite el paso de corriente por lo que no enciende la bomba. Se requiere cambio completo
			3	Falla en los contactos	No genera continuidad para dar paso de energía eléctrica hacia la bomba. Reparar el daño toma 3 horas y retomar a su rango de operación en 4 horas.
			4	Falla en los fusibles	Paso de corriente suspendido por lo tanto no se acciona la bomba. Se requiere cambio completo
			5	Falla en el transformador	No genera el voltaje necesario para accionar la bomba. Se requiere cambio completo.

### 5.3.1 Hoja de decisión la fresadora universal X6125A

			HOJA DE DECISIÓN RCM												
			ELEMENTO: Fresadora Universal					N°	Realizado por: Mario Chasiloa			Fecha: 11/01/2023			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				COMPONENTE: Fresadora Universal			Ref.	Revisado por:			Fecha:	de
							H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a" falta de "			Tareas Propuestas		
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1											Cambiar cables de conexión y colocar una protección para los mismos	c/5 años	Electricista
1	A	2											Cambiar los terminales y etiquetarlos de manera correcta	Anual	Electricista
1	A	3											Cambio de rodamiento radiales y lubricación de los mismos	Anual	Mecánico industrial
1	A	4											Reemplazar por uno nuevo	Depende de la vida útil y uso del equipo	Ing. Electromecánico
2	A	1											Lubricar el tornillo con aceite	c/día	Mecánico industrial
2	A	2											Corrección del juego para tener un ajuste adecuado	c/5 años	Mecánico industrial
2	A	3											Lubricar rieles antes de empezar a trabaja y limpieza de limallas	c/día	Mecánico industrial
2	A	4											Cambio de rodamiento radiales y lubricación de los mismos	c/5 años	Mecánico industrial



### HOJA DE DECISIÓN RCM



ELEMENTO: Fresadora Universal

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Fresadora Universal

Ref.

Revisado por:

Fecha:

de

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a" falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
3	A	1											Lubricar los engranajes para accionar distintas velocidad	c/año	Mecánico industrial
3	A	2											Mecanizar la palanca en caso de rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial
3	A	3											Cambio de resorte por perdida de su límite de elasticidad	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial
3	A	4											Rectificar eje o mecanizado dependiendo si es excentricidad o rotura	Depende de la vida útil y uso	Mecánico industrial
4	A	1											Barnizar el rotor en un horno para la homogenidad del mismo	c/5 años	Electricista
4	A	2											Cambiar rodamientos radiales y dar el respectivo ajuste	Anual	Electricista
4	A	3											Barnizar el bobina y verificar continuidad en todo el sistema	Anual	Electricista
4	B	1											Cambiar banda y ajustarla correctamente hasta que quede tensionada	c/3 años	Mecánico industrial



### HOJA DE DECISIÓN RCM



ELEMENTO: Fresadora Universal

N°

Realizado por: Mario Chasiloa

Fecha: 11/01/2023

Hoja

COMPONENTE: Fresadora Universal

Ref.

Revisado por:

Fecha:

de

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a" falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
5	A	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
5	A	2											Cambiar guarda motor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
5	A	3											Limpia los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
5	A	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
5	A	5											Cambiar cables de conexión	c/5	Electricista
5	B	1											Cambiar contactor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
5	B	2											Cambiar guarda motor para que el sistema funcione correctamente	c/5 años	Electricista
5	B	3											Limpia los contactos de los circuitos con limpia contacto	c/año	Electricista
5	B	4											Cambiar fusibles defectuosos	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista
5	B	5											Cambiar transformador para obtener voltajes adecuados	Depende de la vida útil y uso del equipo	Electricista