

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

**Restauración y plan de mantenimiento preventivo de la rectificadora plana Elliot 618, ubicada en el Taller Máquinas Herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria (FTI) del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios.**

Trabajo Monográfico para optar al título de ingeniero mecánico

**Elaborado por:**

Br. Jefferson Leónidas  
Silva Yesca  
Carnet: 2015-0881U

Br. Kevin Manuel  
Canda Fuentes  
Carnet: 2015-0056U

Br. Juan Carlos  
Cantarero García  
Carnet: 2014-1318U

**Tutor:**

MSc. Mary Triny  
Gutiérrez Mendoza

29 de enero 2024

Managua, Nicaragua

## INDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Justificación.....	2
III.	Antecedentes.....	3
IV.	Objetivos.....	4
	<b>Objetivo general.</b> ....	4
	<b>Objetivos específicos.</b> ....	4
V.	Marco teórico.....	5
	<b>5.1. Maquinas Herramientas</b> .....	5
	<b>6.1.1 Clasificación de las maquinas herramientas.</b> .....	5
	<b>6.1.1 Rectificadora plana</b> .....	7
	<b>6.1.3 Funcionamiento de la rectificadora plana</b> .....	8
	<b>6.2 Diagnostico de fallas en sistemas</b> .....	9
	<b>6.2.1 Diagnostico de fallas en sistema Hidráulico</b> .....	10
	<b>6.2.2 Diagnostico de fallas en sistema mecánico</b> .....	11
	<b>6.2.3 Diagnostico de Fallos del sistema eléctrico</b> .....	11
	<b>6.3 Formula de cálculo de presión en mangueras</b> .....	12
	<b>6.3.1 Herramientas para el cambio de mangueras</b> .....	13
	<b>6.4 Herramientas para ajustes mecánico</b> .....	14
	<b>6.5 Instrumentos de medición en sistema eléctrico</b> .....	16

<b>6.5.1 Medición de corriente con pinza amperométrica</b> .....	16
<b>6.5.3 Medición de RPM en motores</b> .....	17
<b>6.6 Mantenimiento</b> .....	18
<b>6.6.1 Tipos de Mantenimiento</b> .....	18
<b>6.6.1.1 Mantenimiento Correctivo:</b> .....	18
<b>6.6.1.2 Mantenimiento preventivo:</b> .....	19
<b>6.6.1.3 Mantenimiento predictivo:</b> .....	19
<b>6.6.2 Mantenimiento preventivo de la Rectificadora plana Elliot 618</b> .....	20
<b>6.6.2.1 Mantenimiento Preventivo Planificado</b> .....	20
6.6.2.2 Plan global de mantenimiento .....	20
<b>Ciclo de reparación (GRPM)</b> .....	21
VII: Desarrollo de las acciones aplicadas en la maquina.....	23
<b>Capítulo 1: Diagnostico de la rectificadora plana marca Elliot 618</b> .....	23
<b>Capítulo 2: Acciones correctivas en cada uno de los sistemas.</b> .....	31
<b>Capítulo 3: Plan de mantenimiento preventivo planificado de la rectificadora plana Elliot 618.</b> .....	36
VIII. Presupuesto del mantenimiento correctivo aplicado a la maquina mediante los costos incurridos durante el proceso de restauración.....	47
IX. Conclusiones:.....	50
X. Recomendaciones.....	51

XI. Bibliografía..... 52

XII. Anexos..... 54

## **I. Introducción.**

El objeto de estudio del presente trabajo monográfico es la restauración y mantenimiento de la rectificadora plana modelo Elliot 618, perteneciente a la Facultad de Tecnología de la Industria (FTI), ubicada en el Taller de Máquinas Herramientas del Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”.

El presente trabajo se enfoca en los estudiantes e instructores del taller que tengan interés en trabajar con el equipo a pleno rendimiento, con todos sus aditamentos operativos y durante largas jornadas ininterrumpidas, mientras se llevan a cabo los laboratorios prácticos de maquinado de piezas y rectificación de elementos mecánicos que requieran realizar tanto estudiantes como docentes.

La restauración abarca desde la detección de averías en los componentes mecánicos de la rectificadora pasando al desmontaje de cada elemento para ser limpiadas, pulidas, reajustadas y preparadas. Luego, ser pintadas (si es necesario) para finalmente ser ensamblados en la máquina. Además de la revisión en el sistema eléctrico con el fin de corroborar si todo funciona correctamente o en caso contrario reemplazar algún componente o parte del cableado interior.

Adicionalmente, se incluye el plan de mantenimiento preventivo de la rectificadora donde se enlistan las actividades a seguir, el cual contiene los tiempos en los que se debe hacer una inspección a los componentes principales de la máquina herramienta, acciones preventivas y materiales a utilizar además del costo del material para mitigar posibles averías.

## **II. Justificación.**

La rectificadora plana en el cual se basa este trabajo fue donada aproximadamente en el año 1992 junto a otras máquinas herramientas, de parte del gobierno de Gran Bretaña en concepto de ayuda técnica hacia el Instituto Técnico que estaba ubicado donde hoy en día es el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios.

El presente trabajo monográfico se ejecutará dado a la necesidad que tienen los estudiantes y docentes de realizar prácticas y trabajos investigativos.

Con la puesta en marcha de la maquina los estudiantes y docentes contarán con una máquina-herramienta capaz de realizar cualquier maquinado abrasivo que requieran en piezas o elementos con diferencias de altura o exceso de material. De esta manera lograrán cumplir sus objetivos con el pleno funcionamiento de la rectificadora.

Además, los costos de reparación y mantenimientos correctivos realizados a futuro se verán reducidos con la implementación de un plan de mantenimiento para el equipo, así se logrará evitar el paro total de la maquina por una falla de grado mayor provocada por la falta de inspección hacia la rectificadora.

### **III. Antecedentes**

La Rectificadora plana Elliot 618 tiene aproximadamente 30 años desde su última puesta en marcha, por falta de recursos económicos por parte de la institución esta ha quedado en un paro total y con ello ha incurrido a desgastes con posibles daños mayores en sus componentes.

Para el desarrollo del trabajo, se aplicarán los conocimientos adquiridos durante la carrera estudiantil, y, además, utilizando diferentes fuentes de información recopilada de anteriores restauraciones de máquinas herramientas del taller pertenecientes a la Facultad de Tecnología de la Industria.

Según Blanco & Quiroz (2017) en su trabajo monográfico titulado: Reactivación de la Fresadora Universal del taller de máquinas herramientas de la facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, proponen soluciones a las fallas de la fresadora en el apartado mecánico y eléctrico luego de realizar un diagnóstico general, aplicando así un mantenimiento correctivo a los elementos dañados.

Por otro lado, Gonzales (2019) en su trabajo Restauración de Fresadora vertical marca Elliot del taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria en la Universidad Nacional de ingeniería, Tesis para optar al título de ingeniero mecánico, tuvo como objeto de estudio el sistema electromecánico de la máquina herramienta, aplicando un mantenimiento correctivo a sus componentes eléctricos y preventivo en el apartado mecánico.

En relación con nuestro trabajo monográfico, tomamos algunas de las acciones aplicadas en los mencionados trabajos monográficos, debido a la similitud con el nuestro en el apartado de la aplicación del mantenimiento correctivo con la distintiva del sistema al que se le aplicara.

## **IV. Objetivos**

### **Objetivo general.**

Aplicar un mantenimiento correctivo a la máquina rectificadora plana modelo Elliot 618 mediante técnicas y procedimientos ingenieriles para la restauración y conservación de los sistemas con la finalidad de que funcionen en óptimas condiciones en las prácticas de laboratorio por parte de la Facultad de Tecnología de la Industria (FTI).

### **Objetivos específicos.**

- Determinar las condiciones mecánicas, eléctricas e hidráulicas de la rectificadora plana Elliot 618 mediante un diagnóstico para la identificación de las fallas de los sistemas.
- Realizar las reparaciones y ajustes en los sistemas de la máquina aplicando técnicas y procedimientos ingenieriles para su puesta en operación.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de la rectificadora plana Elliot 618 para mejorar la disponibilidad mediante la ejecución de los planes de mantenimiento.
- Presentar el presupuesto del mantenimiento correctivo aplicado a la maquina mediante los costos incurridos durante el proceso de restauración para la identificación de la inversión.

## **V. Marco teórico**

### **5.1. Maquinas Herramientas**

Según Chernov (1974) una máquina herramienta debe tener la capacidad de sujetar y sostener una pieza mecánica junto a la herramienta, para dirigir y guiar al mismo tiempo la herramienta de corte o la pieza mecánica, en busca de dimensionar materiales de diferente dureza superficial. En general suelen ser máquinas estacionarias y la principal característica es el desprendimiento de material en función de las operaciones de maquinado.

Las funciones básicas de una máquina herramienta incluyen la capacidad de sujetar la pieza de trabajo y su herramienta de corte, el sistema para ajustar el avance de la pieza y la velocidad de corte además de realizar diversas operaciones en conjunto con accesorios que faciliten el trabajo.

La profundización del tema se desarrolla a continuación describiendo temas relevantes para la comprensión del trabajo monográfico.

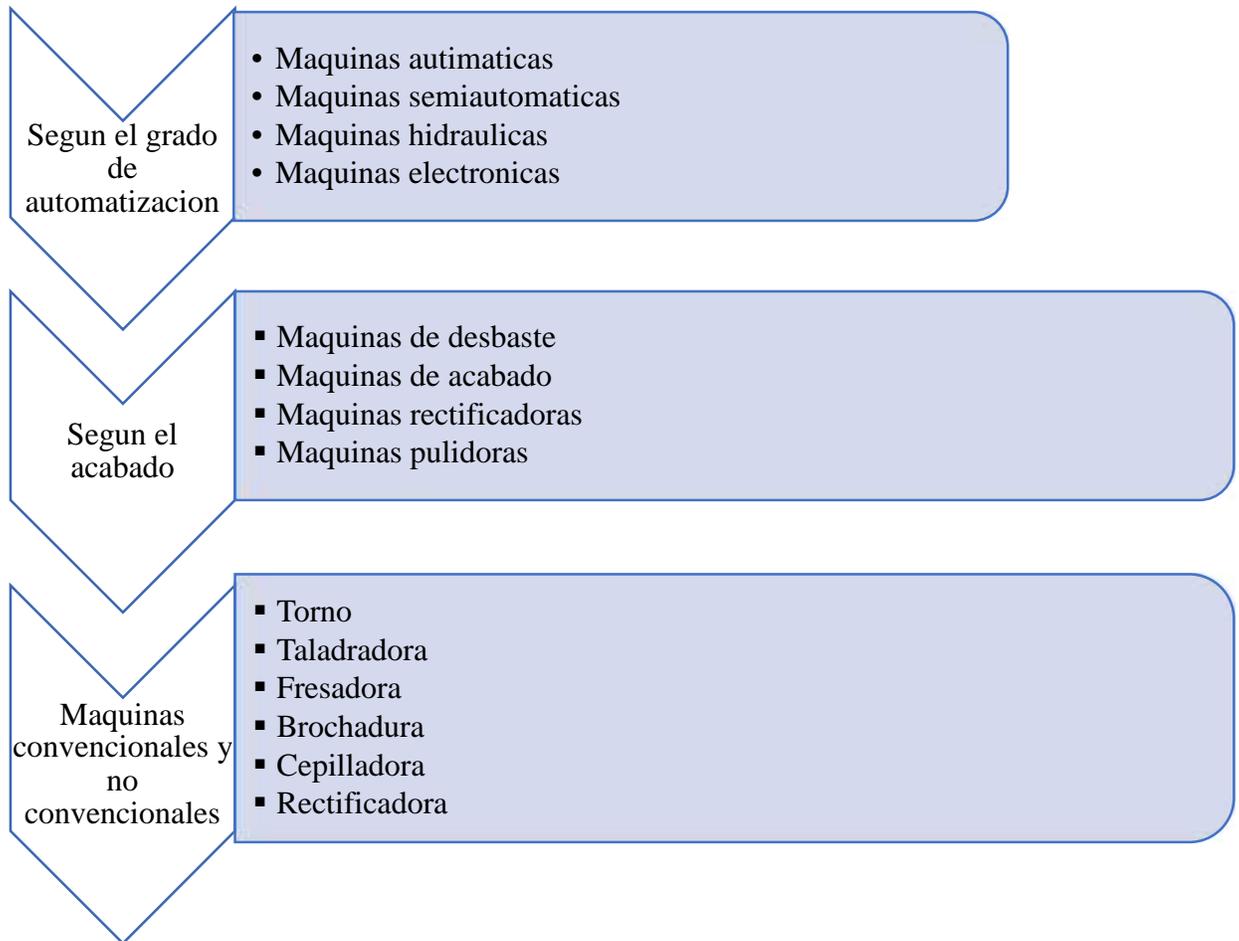
#### **6.1.1 Clasificación de las maquinas herramientas.**

La clasificación de las diferentes maquinas se derivan según grado de automatización, acabo, convencionales y no convencionales en el (Esquema N°1) muestra a que segmento pertenece cada máquina herramienta, además con la denominación de los diferentes grupos de máquinas herramientas, se realiza partiendo de sus características distintivas tales son:

- Método de elaboración.
- Tipo de herramienta.
- Grado de automatización.
- Acabado superficial de la pieza que se elabora.
- Grado de precisión que se alcanza.

- Características constructivas.
- Numero de órganos de trabajo.

Esquema N°1: *Clasificación de las maquinas herramientas.*



### **6.1.1 Rectificadora plana**

Arzola (2010). mencionó que:

las rectificadoras planas se utilizan para lograr acabados suaves y precisos en materiales metálicos y no metálicos. Esta utiliza una muela abrasiva giratoria que esta estacionaria, pero girando mientras la mesa de sujeción con la pieza adjunta se mueve hacia adelante, atrás y de izquierda a derecha debajo de la muela abrasiva. La cantidad especifica de material eliminado se determina tocando ligeramente la pieza con la rueda giratoria y moviendo el cabezal rectificador a una distancia especifica.

### **6.1.2 Componentes principales de rectificadora plana**

Senati (2008), explica que:

Todas las maquinas rectificadoras presentan una serie de componentes básicos comunes; los cuales son: muela, mesa de trabajo, unidad de control, bandeja porta piezas, palanca de avance transversal de muela, palanca de avance transversal (mesa), palanca de avance vertical (de la mesa), base. Dependiendo del tipo de rectificadora y de su complejidad, se añaden otros componentes. Por ser una de las más sencillas, la rectificadora plana (Fig. N°1) tiene solamente las piezas mencionadas

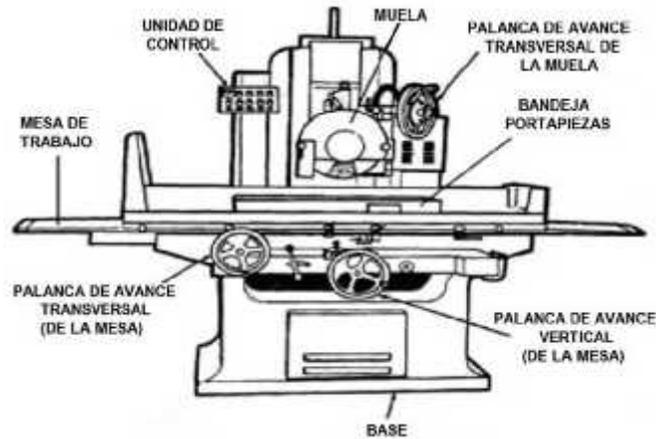


Figura 1: Rectificadora plana o de superficie con sus respectivas partes.

Fuente: Maquinas Herramientas, 2014

### 6.1.3 Funcionamiento de la rectificadora plana

Una maquina rectificadora puede rectificar superficies metálicas para que estas queden perfectamente planas y niveladas. Este es un proceso de maquinado abrasivo, que utiliza una muela que gira a alta velocidad para eliminar las diferencias de alturas o material que contiene en exceso. Las muelas generalmente están hechas de un material compuesto; y este compuesto suele ser un agregado áspero o de curso unido con una matriz de cementación (Kibbe, 1989)

Existen dos componentes básicos en una rectificadora, que son la muela y una mesa móvil. La mesa tiene una cama de trabajo que puede sujetar su pieza a trabajar. Si por alguna razón no pudiera sujetarlo puede utilizar el electroimán para sujetar la pieza o elemento firmemente.

Una vez que la pieza de trabajo o elemento ha sido previamente configurada, se ajusta la altura de la mesa para que las piezas de trabajo estén justo debajo de la muela. A medida que la muela alcanza la velocidad de rectificación deseada la mesa comenzara a moverse de izquierda a derecha, una vez que la plataforma de trabajo se eleve ligeramente la muela rectificara el material.

La pieza de trabajo también se moverá hacia adentro y hacia afuera, lo que permite un rectificado completo y uniforme sobre la pieza de trabajo.

Ademas, Kibbe (1989) menciona que:

la mayoría de las maquinas rectificadora tienen una precisión de  $\pm 0.002\text{mm}$ . Sin embargo, este es un proceso que requiere mucho tiempo. El movimiento de la mesa puede ser accionado hidráulicamente o eléctricamente. Además de contar con algunos diales de ajuste manual, a menudo suelen utilizarse para la configuración inicial.

## **6.2 Diagnostico de fallas en sistemas**

El diagnóstico de averías no se debe limitar a los casos en que el equipo ha fallado, por el contrario, los mayores esfuerzos se deben dedicar al diagnóstico antes que el fallo se presente. Es lo que se ha definido como mantenimiento predictivo. El 99% de los fallos de maquinaria son precedidos por algún síntoma de alarma antes de que el fallo total se presente. Sin embargo, en algunos casos el fallo ya está presente (Ruiz, 2004)

En cualquier caso, se aplica una metodología o procedimiento sistemático para diagnosticar las fallas presentes en los equipos:

➤ Señales o síntomas de observación directa:

) Sobrecalentamiento

) Vibración

) Ruido

) Alta temperatura en cojinetes

) Fugas, Humo, etc.

➤ Síntomas de observación indirecta:

) Presión

) Temperatura

) Caudal

) Posición

) Velocidad

) Vibración

➤ Listado de posibles causas o hipótesis.

➤ Análisis de relación entre síntomas y causas.

➤ Indicar la solución o acción a tomar.

### **6.2.1 Diagnostico de fallas en sistema Hidráulico**

Una de las herramientas a implementar es el análisis mediante el encendido usando un aceite usado, esto con el fin de observar las diferentes fugas que posee la máquina. una vez observados las condiciones en las que este trabajando se realiza el levantamiento de los fallos presentes y con ello las posibles soluciones de problemas y ajustes del sistema.

Para diagnosticar efectivamente un problema hidráulico se usarán los siguientes pasos:

- 1) Identificación del problema mediante pruebas de encendido
- 2) Recopilación de partes dañadas
- 3) Revisión del diagrama
- 4) Solución de problemas y ajustes del sistema

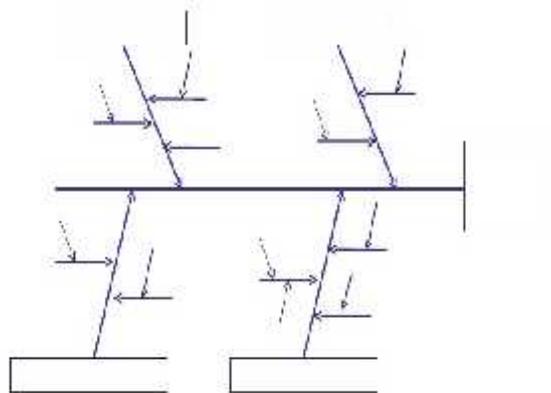
### 6.2.2 Diagnostico de fallas en sistema mecánico

En el análisis de falla existen muchas herramientas que se utilizan para su desarrollo de acuerdo a su respectivo propósito e impacto, sin embargo, en este trabajo monográfico se trataran solamente las dos que son más utilizadas y conocidas, que se describen a continuación.

#### Diagrama Causa – Efecto

Según Gutierrez (2011) define el diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa Fig. N°2, como una herramienta que ubica y esquematiza todas las causas potenciales que generan la falla o el defecto en el servicio de mantenimiento o de producción. Para posteriormente establecer planes para el control y eliminación. Su utilización es práctica, sencilla, grupal y muy aplicada en todo el mundo.

Fig. N°2: Diagrama de Espina de Pescado, de Ishikawa método 5M.



### 6.2.3 Diagnostico de Fallos del sistema eléctrico

Las pruebas de diagnóstico en motores eléctricos pueden decir mucho sobre el estado del mismo y se realizan comúnmente después de que la máquina ha sido fabricada, instalada in situ o

durante periodos repetidos. Estas evaluaciones son métodos de diagnósticos fiables de la condición de aislamiento y otros componentes sus resultados nos dan una indicación sobre cuándo debemos realizar el mantenimiento (Gras, 2013).

Según Gras (2013) nos habla que:

las herramientas de diagnóstico para el monitoreo de condiciones de motores eléctricos ofrecen una evaluación exhaustiva para identificar rápidamente problemas potenciales y riesgo de fracaso. Unas medidas preventivas y correctivas que promueven la fiabilidad de la máquina y extensión de la esperanza de vida son las siguientes:

- ) Realizar evaluaciones de condición regulares o continuas, a través del uso de pruebas de diagnóstico en motores eléctricos.
- ) Invertir la posición del punto de inicio.
- ) Pensar en el rebobinado parcial de piezas desgastadas.
- ) Reemplazar los componentes dañados de la máquina.
- ) Incluir en el plan de mantenimiento herramientas de monitoreo de motores eléctricos y variadores de frecuencia industriales para el diagnóstico de fallas prematuras.

### **6.3 Formula de cálculo de presión en mangueras**

Redondo, s.f, dice que:

el líquido que se transporta a través de mangueras y tuberías tiene como objetivo ejercer una presión en el sistema que accione para su correcto funcionamiento, para su optimo desempeño se debe calcular el caudal y la presión la cual puede ser mayor o menor

dependiendo del sistema que accione. Con los datos que se obtienen del motor se pueden realizar los cálculos mediante las siguientes formulas:

### A. Cauda (Q)

Fórmula para el cálculo del caudal, con la cual se ocupará para la fabricación de las nuevas mangueras a reemplazar:

$$Q = \frac{V}{t} [1]$$

Normalmente el volumen se mide en litros y el tiempo en segundos, por tanto, el caudal vendría Expresado en:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\text{litros (l)}}{\text{segundo (s)}}$$

### B. Presión (P)

Fórmula para el cálculo de presión la cual son sometidas las mangueras en el sistema hidráulico:

$$P = F/S$$

#### 6.3.1 Herramientas para el cambio de mangueras

Los empalmes en cada extremo de las mangueras se retiran con una llave de tuercas, la cual puede variar en tamaño (Fig. N°3) desde 14.29 mm (9/16 de pulgada) hasta 38.1mm (1 ½ pulgadas). Muchos de estos empalmes están diseñados para que "giren" o roten mientras trabajan, por lo que será necesario usar dos llaves para retirarlos. Con una llave, se debe sujetar el lado

estacionario del empalme para evitar que gire y dañe una junta tórica, mientras rotas el otro lado para separar la unión

Figura N°3: Herramientas para el cambio y ajuste de mangueras

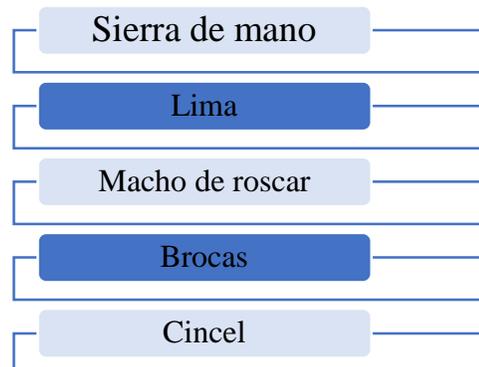


#### 6.4 Herramientas para ajustes mecánico

Las herramientas básicas de un taller mecánico se pueden clasificar en cuatro grupos diferentes, en primer lugar, podemos citar a las herramientas llamadas de corte (Esquema N°2), que sirven para trabajar los materiales que no sean más duros que de un acero normal sin templar.

Esquema N°2:

*Instrumentos mecánicos de corte.*



En segundo lugar, se pueden considerar las herramientas que se utilizan para sujetar piezas o atornillar piezas. En este grupo se pueden considerar las siguientes (Esquema N°3).

Esquema N°3:

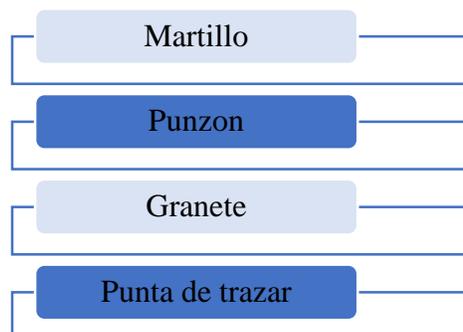
*Instrumentos mecánicos de sujeción.*



En tercer lugar, hay una serie de herramientas de funciones diversas que se pueden catalogar en un capítulo de varios, estas herramientas son las siguientes.

Esquema N°4:

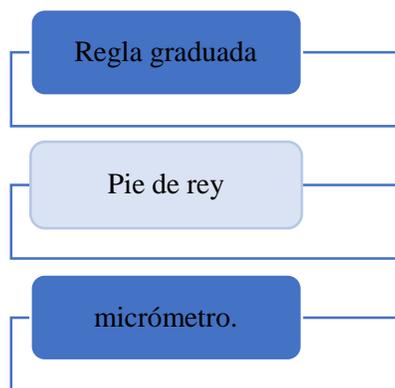
*Instrumentos mecánicos para usos varios.*



En cuarto lugar, pueden citarse como herramientas básicas los instrumentos de medida más habituales en un taller mecánico para su uso variado según la necesidad del usuario en el siguiente (Esquema N°5), se enlista las versátiles y comunes.

Esquema N°5:

*Instrumentos de medición.*



## **6.5 Instrumentos de medición en sistema eléctrico**

Los instrumentos de medición eléctrica son dispositivos que nos permiten calcular diferentes cargas eléctricas para varios usos según el usuario y necesidades que se tengan, con los cálculos obtenidos se puede diagnosticar diferentes fallas que tenga un equipo y lograr resolverlas de forma correcta.

### **6.5.1 Medición de corriente con pinza amperométrica**

Dicho instrumento calcula la corriente con el uso de sus pinzas mediante la medición del campo magnético generado por la corriente, es traducida a valor de corriente en Amperes, permite la medición en corriente continua y alterna. Se debe tener especial cuidado a la hora de medir con la pinza, ya que se debe hacer de un cable a la vez (Fig. N°4) para evitar interferencias.

Figura N°4: Medición de corriente con pinza amperométrica

Fuentes: (Escuela universitaria de oficios)



### 6.5.3 Medición de RPM en motores

La medición de las revoluciones por minutos de un motor eléctrico se realiza a través del instrumento Tacómetro de mano de forma óptica y por contacto mide las revoluciones y velocidad con dichos cálculos se podrá comprobar que los motores estén en su óptimo funcionamiento.

Cuando el usuario trabaja con el tacómetro (Fig. N°5) no se tiene que preocupar por el sentido de rotación, pues este dispositivo mide en ambos sentidos. Es por ello que es un equipo muy útil para el mantenimiento en motores y uno de sus puntos fuertes es poder medir en lugares de difícil acceso con la medición óptica

Figura N°5: Tacómetro de mano

Fuente: Escuela de oficios, 2004



## 6.6 Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de técnicas cuyo fin es realizar una inspección en equipos y máquinas. Dichas técnicas permiten un estudio estadístico de los parámetros más importantes de la condición operacional de cada equipo o máquina. Entre los que tenemos: temperatura, niveles de vibración y ruido, niveles de fluidos, condición de componentes entre otras.

### 6.6.1 Tipos de Mantenimiento

#### 6.6.1.1 Mantenimiento Correctivo:

Involucra todas las actividades de reparación realizadas en el momento de prestarse la falla. Estas pueden traerse desde un simple ajuste de las piezas, hasta el remplazo de las piezas más críticas y si se requiere el camino del equipo o maquina por completo. Dicho esto, este tipo de mantenimiento es conveniente solo en sistemas donde no se pueden predecir las fallas fácilmente como son los electrónicos, o en aquellos equipos o maquinas donde el reemplazo de los mismos no represente un problema mayor (Gras, 2013).

### **6.6.1.2 Mantenimiento preventivo:**

Gras, 2013 Menciona que:

el mantenimiento preventivo posee actividades programadas tales como inspecciones periódicas, reposición y sustitución de fluidos, pruebas y reparaciones con la intención de reducir la frecuencia de las fallas y garantizar la continuidad de la producción. La programación de las actividades se basa principalmente en las recomendaciones de los fabricantes, por lo que muchas veces las tareas de mantenimiento se realicen en momentos aun no necesarios.

### **6.6.1.3 Mantenimiento predictivo:**

Involucra actividades de monitoreo y diagnóstico de las condiciones operacionales de los equipos y máquinas. Mediante este estudio se logra diagnosticar cualquier anomalía operacional y así tomar medidas respectivas ante la presencia de algún síntoma de falla (Gutierrez, 2011).

Por otro lado, es importante conocer tres conceptos derivados del estudio del mantenimiento en equipos y máquinas:

- ) **Fiabilidad:** probabilidad de que el equipo o la máquina opere correctamente durante un periodo determinado de tiempo.
- ) **Mantenibilidad:** capacidad de un equipo o máquina de ser llevado a su funcionamiento regular mediante las tareas de mantenimiento necesarias.
- ) **Disponibilidad:** probabilidad de que el equipo o la máquina este en servicio o presto para operar cuando sea requerido.

## **6.6.2 Mantenimiento preventivo de la Rectificadora plana Elliot 618**

### **6.6.2.1 Mantenimiento Preventivo Planificado**

Se llama Mantenimiento Preventivo Planificado a todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante los cuales se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según un plan que asegura el trabajo uniforme de los equipos (García, 2004)

Composición del sistema de mantenimiento preventivo planificado:

- Servicio diario del equipo.
- Trabajos periódicos.
- Revisión.
- Reparación pequeña.
- Reparación mediana.
- Reparación general.
- Reparación imprevista.

### **6.6.2.2 Plan global de mantenimiento**

El plan de mantenimiento se prepara de manera global para todo el año indicando lo que ha de hacerse por meses, en este plan figuran todas las maquinas e instalaciones, indicando el tipo de mantenimiento (reparación, pequeña, revisión, reparación mediana y general) que corresponde en cada uno de los meses (Sandoval, 2018)

El tipo de mantenimiento y su fecha se determina en base a la planificación que se hace con antelación sobre el número de horas que ha de trabajar el equipo, en base a la estructura del ciclo y en base a la duración del ciclo, es decir, después de establecer la estructural del ciclo, el tiempo de duración del mismo en horas y cuantos turnos trabajara el equipo como los expuestos en (Tabla N°1); con ello es que se puede planificar los distintos trabajos de mantenimiento, así como su fecha.

Tabla N°1: Periodicidad de la limpieza para distintos equipos  
 Fuente: (Mantenimiento preventivo planificado, Ing. A. Morales Ruiz.)

**Ciclo de reparación (GRPM)**

EQUIPO	HORAS DE TRABAJO
Equipos de fundición, de limpiar, equipos para hacer formas simples de fundición y otros.	190
Maquinas herramientas que trabajan con abrasivos, rectificadoras, máquinas de afilar, máquinas para la elaboración de madera, equipos de pulir.	190
Martillos, máquinas de forjar, sierras para metales, cizallas, grúas de talleres de fundición.	380
Maquinas herramientas grandes y prensas hidráulicas.	570

El ciclo de reparación constituye la parte más importante del mantenimiento preventivo planificado, la elección de un ciclo adecuado significa un mejor aprovechamiento del equipo, seguridad de operación, ahorro de piezas, materiales, mano de obra, etc. (Sandoval, 2018).

El ciclo de reparación es el tiempo de funcionamiento del equipo entre dos reparaciones generales para que el equipo que se encuentra en funcionamiento o el tiempo entre la puesta en marcha y la primera reparación general para el equipo nuevo las cuales tienen estructuras ya específicas como los muestra la (Tabla N°2) con el ciclo de reparación y periodos de tiempo que muestra la (Tabla N°3).

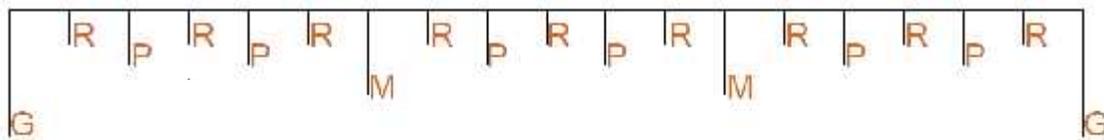
Tabla N°2: Ciclo de reparación de equipos.

Fuente: (Mantenimiento Preventivo Planificado, Morales Armando, 1975)

EQUIPO	ESTRUCTURA DEL CICLO DE REPARACION	Número de operaciones		
		M	P	R
Maquinas herramientas livianas y medianas hasta 10 toneladas.	G-R-P-R-P-R-M-R-P-R-P-R-M R-P-R-P-R-G	2	6	9
Maquinas herramientas grandes y pesadas hasta 100 toneladas.	G-R-R-R-P-R-R-R-P-R-R-R-M R-R-R-P-R-R-R-P-R-R-R-M-R R-R-P-R-R-R-P-R-R-R-G	2	6	27

Tabla 3: periodos de tiempo de reparación

Fuente: (Mantenimiento Preventivo Planificado, Morales Armando, 1975)



## **VII: Desarrollo de las acciones aplicadas en la maquina**

### **Capítulo 1: Diagnostico de la rectificadora plana marca Elliot 618**

La rectificadora plana marca Elliot 618 pertenece a la clasificación de máquinas convencionales y no convencionales según la clasificación de máquinas de más de 10 toneladas y de trabajo con muela abrasiva.

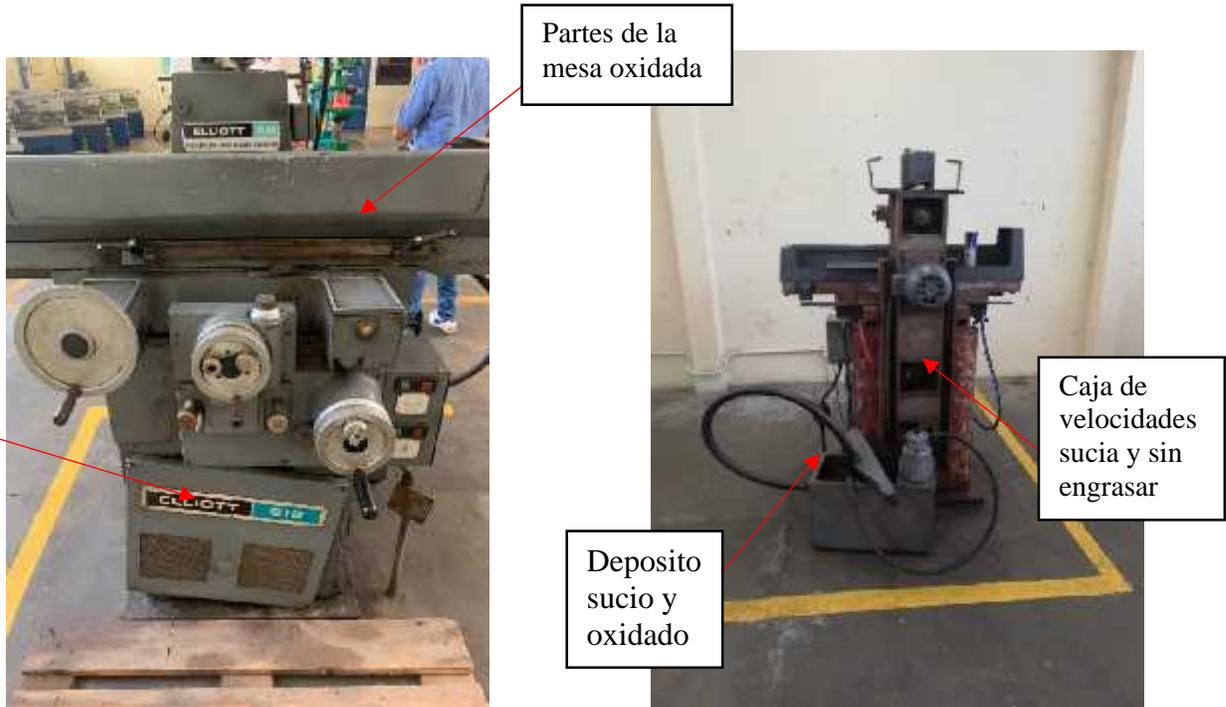
En este punto de desarrollo, el proceso de diagnóstico para cada uno de los componentes en la máquina herramienta se detallarán en los siguientes acápites.

#### **7.1 Estética de la rectificadora**

Se considera como estética la percepción de la maquina desde el punto de vista de presentación, en esta parte de la restauración se toma en cuenta el deterioro de la superficie tanto la pintura como sus placas que contienen los datos de uso.

La pintura en la superficie de la estructura y partes de la maquina se encuentran en un estado de total deterioro como se muestran en las Figuras N°6 - N°7, en algunas secciones de la maquina la pintura está completamente descascaradas y las placas que contienen los datos de uso de la maquina están borradas por los años de uso por lo cual se dificulta distinguir lo escrito en ellas.

Figura N°6 - N°7 – Estética de la maquina



## 7.2 Sistema mecánico

El sistema mecánico en su mayoría no presenta problemas, las piezas con escalas para marcar el avance y penetración de la muela se encuentran secas y con suciedad, por lo que dificulta el libre movimiento para lograr ajustar las unidades deseadas.

La mesa de trabajo contiene mucha suciedad debido a que el sistema de movimiento de la misma posee fugas de aceite lubricante, a causa de los empaques completamente dañados como se muestran en las Figura N°8 - N°9.

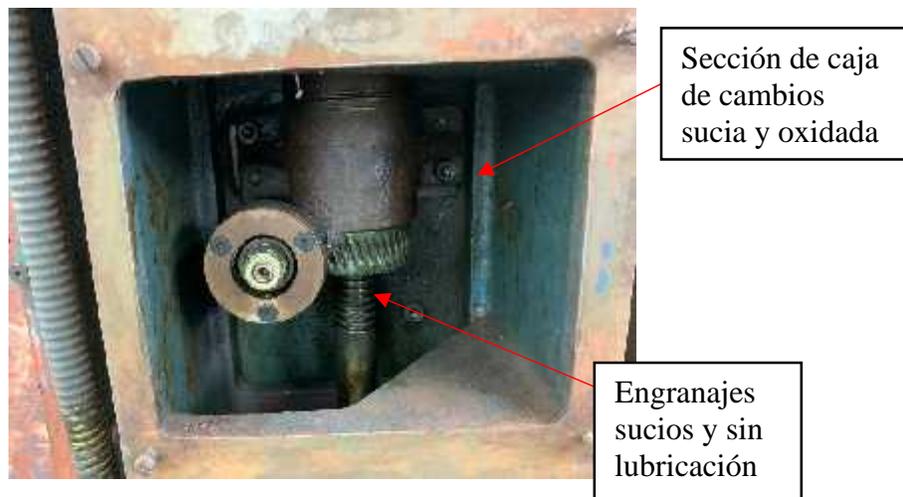
Varias partes de la maquina necesitan estar lubricadas, algunos elementos mecánicos están sin ningún tipo de lubricantes, por lo tanto, impide el movimiento óptimo de las piezas mecánicas en especial engranajes que dan movilidad a las manecillas. También, incide en el desgaste de las piezas y mayor fuerza de torque al momento de vencer la inercia de los cuerpos en reposo.

Figura N°8 - N°9 Manivelas para el movimiento mecánico de la mesa.



La caja de velocidades de corte se encuentra en buenas condiciones, solo se requiere nueva lubricación como se muestra en la Figura N°10. Por lo tanto no se amerita realizar una reparación.

Figura N°10 Caja de velocidades de corte.



### 7.3. Diagrama de Espina de Pescado, de Ishikawa método 5M.

Mediante la herramienta diagrama Espina de Pescado (Fig. N°11) se analizan 5 componentes, primeramente, en tema de **materiales** que engloba la ausencia de insumos tales como materiales de limpieza, lubricantes de tipos líquidos y semi sólidos. Estos influyen en el componente **maquina** porque los sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos de la máquina herramienta requieren de requerimientos para su conservación, de lo contrario la incidencia de fallas aumentan producto del desgaste y la fricción a causa de agentes propios de la máquina herramienta y agentes externos proveniente del **medio ambiente** tales como partículas de polvo, humedad entre otros.

Es necesario resaltar que el encargado del laboratorio de máquinas herramientas es un **personal** debidamente calificado, sin embargo, la ausencia de materiales impide aplicar las acciones de mantenimiento rutinaria en la máquina, vinculado a esto los métodos dependen de la ejecución de los mantenimientos.

Figura N°11: Diagrama de Espina de Pescado, de Ishikawa método 5M.



### 7.3 Sistema Eléctrico

Los motores eléctricos se encontraron en condiciones de funcionamiento, se realizó mediciones con el instrumento: multímetro marca UNIT-T, estos datos fueron comparados con las especificaciones de cada una de los motores. En la siguiente tabla N°4 y N°5 se muestran los datos de cada uno de los motores según su ficha técnica.

Tabla N°4: especificaciones motor 1

Especificaciones motor N°1	
V	$\Delta / Y$ 220 /440
A	2,9 / 1,6
hp	0.75 hp
Hz	60 Hz
Consumo	0.55 KW
Cos	cos 0.7
Rpm	1700 1/min

Tabla N°5: especificaciones motor 2

Especificaciones motor N°2	
V	$\Delta / Y$ 220 /440
A	2,9 / 1,6
hp	0.75 hp
Hz	60 Hz
Consumo	0.55 KW
Cos	cos 0.7
Rpm	1700 1/min

A continuación, en las siguientes tablas N°6 y N°7 se muestran las mediciones realizadas en los motores los cuales se utilizaron para su comparación con los datos obtenidos de las especificaciones de los motores.

Tabla N°6: mediciones motor 1.

Mediciones Motor 1						
Linea	Potencia de Consumo (KW)	Potencia Reactiva (KVA)	Coseno del angulo	Voltaje de fase (V)	Ampers (A)	Rpm
1	0.32	0.15	0.904	127.5	2.8	1784
2	0.27	0.22	0.773	127.6	2.7	
3	0.05	0.38	0.130	127.6	3	
Promedio	0.21	0.250	0.602	127.567	2.833	

Tabla N°7: mediciones motor 2.

Mediciones Motor 2						
Linea	Potencia de Consumo (KW)	Potencia Reactiva (KVA)	Coseno del angulo	Voltaje (V)	Ampers (A)	Rpm
1	0.26	0.2	0.797	126.1	2.6	1797
2	0.03	0.32	0.113	125.8	2.6	
3	0.29	0.12	0.911	125.9	2.6	
Promedio	0.19	0.21	0.61	125.93	2.60	

Se concluye que ambos motores trabajan en conexión delta de 220V y a 2.9 A, con las mediciones obtenida de cada una de las líneas en los motores se calcula el promedio de cada uno de los resultados. Esto con el fin de realizar una comparación con los datos obtenidos de las fichas técnicas en los motores, de ellos se obtiene una potencia promedio de consumo de 0.21KW arrojando un consumo menor a los 0.55KW según ficha técnica. un voltaje de fase de 255.1V un voltaje mayor a los 220V que muestra ficha técnica en conexión delta. Además, se analiza que las mediciones de voltaje de fase tienen una diferencia de 0.5V lo cual muestra que cada una de las líneas se encuentran balanceadas, luego obtenemos un promedio de 2.8A calculados frente los 2.9A de ficha técnica en conexión delta, un coseno del ángulo promedio de 0.6 con una ligera diferencia respecto los 0.7 de ficha técnica. Se realizo la medición del rpm del motor arrojando una medida de 1784 rpm contra los 1700 obtenidos de ficha técnica. con estos datos comparado se llegó a la conclusión que el motor que ejecuta el funcionamiento de la banda está en óptimas condiciones.

De manera estética ambos motores se encuentran en buenas condiciones sin embargo con detalles de humedad y suciedad como muestran en las figuras N°8 y N°9.

Figura N°8 - N°9 Motores eléctricos



#### 7.4 Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico presenta un deterioro total en varios de sus elementos como son los empaques, O-rines y las mangueras que conducen el aceite hidráulico para el funcionamiento automatizado de la máquina.

Las mangueras al estar totalmente inservibles se les dará un cambio total al igual que los empaques y O-rines que se encuentran desgastados y picados por el tiempo que se les dio uso, el depósito de hidráulico está en buen estado y sin fugas, únicamente posee suciedad producidas por el mismo aceite.

La bomba de enfriamiento está en óptimas condiciones sin embargo posee corrosión en su interior como se muestra en las figuras N°10 y N°11 por lo cual se le dará el mantenimiento que se requiere.

Figura N°10 - N°11 Bomba de enfriamiento

Depósito de refrigerante con suciedad y oxidado



Compartime nto oxidado sin pintura



## Capítulo 2: Acciones correctivas en cada uno de los sistemas.

En este capítulo se describirán las acciones correctivas del mantenimiento realizado a la máquina herramienta Rectificadora plana, durante el proceso de ejecución se elaboró y utilizó el instrumento bitácora de las reparaciones y ajustes en los sistemas con la finalidad de recopilar la información para su posterior procesamiento. La bitácora está compuesta por:

1. Título: El espacio del nombre del formato, este caso es: “Bitácora de las reparaciones y ajustes en los sistemas”
2. Sistema: se coloca el sistema que se está trabajando en base a las actividades de mantenimiento, puede de ser sistema: mecánico, eléctrico, hidráulico, neumático, entre otros...
3. Fecha: Fecha en la que se ejecutó la reparación del sistema que compone la máquina.
4. Máquina: Máquina en la que se realizó el mantenimiento y reparación.

***Bitácora de las reparaciones y ajustes en los sistemas***

**Sistema:** Hidráulico

**Fecha:** 23/11/22

**Maquina:** Rectificadora Plana

**Actividades de mantenimiento:** Cambiar los sellos mecánicos y o-rines en el embolo y caja hidráulica.

Procedimientos para las acciones correctivas

Herramientas y materiales

1. Desmontar la mesa de trabajo.
2. Quitar tuerca y tornillo.
3. Desmontar el cilindro del sistema hidráulico.
4. Desmontar las tapas.
5. Extraer el embolo

1. Llave crece (ajustable)
2. Llave Alen 12mm y 8mm
3. Chavetero de exterior
4. Desarmador de ranura

Cambio de sellos y o-rines.

Fotos

Antes

Después



EL cambio de hidráulico se realizó utilizando ficha técnica de la maquina herramienta donde sugiere utilizar un lubricante que trabaje bajo condiciones severas y que posea propiedad antidesgaste. El hidráulico recomendado es con las especificaciones expuestas en la siguiente tabla:

Tabla N°8: especificaciones del hidráulico utilizado

PRUEBAS	Método ASTM	Resultados
Grado de Viscosidad ISO	D- 2422	32
Color ASTM	D-1500	L1.5
Densidad @ 20 °C, g/mL	D-1250	0.8606
Viscosidad Cinemática @ 40 °C, mm2/s (cSt)	D-445	34.2
Viscosidad Cinemática @ 100 °C, mm2/s (cSt)	D-445	5.6
Índice de Viscosidad	D-2270	104
Demulsibilidad @ 54 °C, mL: 3 mL emulsión (30 minutos)	D-1401	39-38-3 (30')
Espuma Secuencia II, mL	D-892	75/0
Temperatura de Inflamación, °C	D-92	229
Temperatura de Escurrimiento, °C	D-97	-33

<i>Bitácora de las reparaciones y ajustes en los sistemas</i>		
<b>Sistema:</b> <u>Eléctrico</u>	<b>Fecha:</b> <u>29/11/22</u>	<b>Maquina:</b> <u>Rectificadora</u>
<b>Actividades de mantenimiento:</b> Limpiar sistema y aplicar mediciones en los motores y panel eléctrico para rectificar su correcto funcionamiento		
Procedimientos para las acciones correctivas	Herramientas y materiales	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza en el interruptor de encendido y apagado y terminales de cableado eléctrico</li> <li>2. quitamos la tapa del panel eléctrico.</li> <li>3. limpieza</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpiador de contacto</li> <li>2. Desarmador de ranura y estrella</li> <li>3. Multímetro</li> <li>4. Tacómetro</li> </ol>	

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Quitar tapa de la carcasa de motores eléctricos</li> <li>5. Identificar tierra</li> <li>6. Conectar un terminal del multímetro a tierra y el otro terminal a cada una de las líneas</li> </ol> |  |
|--|--|

Fotos pruebas eléctricas a Motores eléctricos

Antes

Después



<i>Bitácora de las reparaciones y ajustes en los sistemas</i>		
<b>Sistema:</b> <u>mecánico</u> y <u>estética de maquina</u>	<b>Fecha:</b> <u>3/12/22</u>	<b>Maquina:</b> <u>Rectificadora</u>
<b>Actividades de mantenimiento:</b> Limpieza y lubricación del sistema		
Procedimientos para las acciones preventivas	Herramientas y materiales	

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Destapar tapa de protección de banda trasera</li> <li>2. Destapar caja de transmisión</li> <li>3. Desarmar perno de seguridad</li> <li>4. Extracción de engranaje</li> <li>5. Limpieza de engranajes</li> <li>6. Lubricación del sistema de transmisión</li> <li>7. Aplicar removedor de pintura</li> <li>8. Lijado a superficie general de maquina</li> <li>9. Aplicación de base</li> <li>10. Pintado general de la maquina</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llave Alen 7mm</li> <li>2. Desarmador de ranura</li> <li>3. Copa 19mm 6puntos</li> <li>4. Ratch 3/8</li> <li>5. Extensión 3/8 x 6</li> <li>6. Removedor de pintura sur</li> <li>7. Diluyente</li> <li>8. Lijas 320 y 280</li> <li>9. Pintura fast Dry color azul y gris.</li> </ol>
--	---

Fotos del sistema mecánico

Antes	Después
	

### **Capítulo 3: Plan de mantenimiento preventivo planificado de la rectificadora plana**

#### **Elliot 618.**

Se expone el siguiente plan de mantenimiento preventivo con el fin de proveer al equipo su utilización y rendimiento óptimo aplicando técnicas ingenieriles y organizativas, mediante las actividades de mantenimiento para la conservación y preservación de los equipos. De este modo mantener la funcionalidad del equipo para las prácticas universitarias.

Las actividades de mantenimiento a desarrollarse en la rectificadoras se llevarán a cabo por el responsable de taller de máquinas herramientas en función de las actividades diarias y semestrales. Estas máquinas se utilizan 15 horas al año equivalente a una semana de laboratorio.

**Mantenimiento diario:** son actividades de revisión antes y después de usarlas, verificando el estado del nivel de líquido Hidráulico y refrigerante, que no haya flojedad en los soportes, revisar ajuste de la banda y no haya elementos que puedan obstaculizar el trabajo a realizar. Esto se debe realizar en tiempo de paro de las máquinas.

**Mantenimientos periódicos:** Las actividades de reparaciones pequeñas y medianas. Las pequeñas a realizarse semestralmente y las medianas cada tres semestre a realizarse actividades de desmontajes de piezas, limpieza de piezas, lubricación, engrase, análisis de sistema eléctrico completo entre otros. A continuación, se detallan estas actividades según Armando Morales (1975):

**Revisión:** Se chequean el estado de todos los mecanismos como son el cabezal porta muelas, chequear mecanismo de avance, sistemas de lubricación y sistema eléctrico.

1. En el cabezal porta muelas revisar el husillo cambiar cojinetes si es necesario.
2. En la mesa revisar cremallera, piñón y cojinete.
3. Chequear todas las vías y eliminar posibles rebabas o rayaduras.
4. Chequear cubiertas de protección de los obreros y de los mecanismos.
5. En el sistema de enfriamiento limpiar filtro, recipiente, chequear tuberías y conexiones.
6. En el sistema de lubricación chequear tuberías y conexiones, limpiar recipientes. Sustituir copillas y retenedores en mal estado; cambiar juntas y empaques.
7. En los mecanismos hidráulico comprobar la ausencia de salideras o pérdidas de presión. Chequear asentamiento de las válvulas, cambiar sus muelles si es necesario.

8. Revisar la parte eléctrica de acuerdo con el reglamento establecido
9. Elaborar la lista de los defectos y piezas a sustituir o reparar en la próxima reparación planificada.
10. Limpiar, montar, ajustar y engrasar mecanismos desarmados. Probar funcionamiento de la máquina, detectar ruidos y calentamiento excesivo.

**Reparación pequeña:** Se chequean el estado de todos los mecanismos como son caja de velocidades, el mecanismo de avance, mesa, sistema de lubricación, revisión de la banda de transmisión que conecta el motor central eléctrico con la muela, elaboración de piezas a sustituir, limpieza y la prueba del recortador en marcha libre.

Se realiza las siguientes actividades de mantenimiento:

1. Chequear y ajustar el juego axial y radial del huesillo del cabezal porta-muela. Cambiar cojinete si es necesario.
2. En el sistema de enfriamiento limpiar el filtro y el recipiente, chequear tubería y conexiones, reparar si es necesario.
3. En la mesa chequear cremallera, piñón y cojinetes, cambiar estos últimos si es necesario.
4. Reparar si es necesario las cubiertas de protección de los mecanismos y de los obreros.
5. En el sistema hidráulico:
  - a) Limpiar completamente y cambiar el hidráulico utilizados.
  - b) Chequear las uniones de los tubos y comprobar la ausencia de salideros en el sistema.
  - c) Cambiar juntas, empaques y retenedores si es necesario.
  - d) Chequear válvulas, cambiar sus muelles, esmerilarlas si es necesario.
  - e) Chequear distribuidores de aceites, limpiar filtro.
  - f) Regular los aparatos hidráulicos de la maquina según el esquema. Esta regulación se realiza con ayuda de manómetros que se colocan en los lugares establecidos por el esquema.
6. En el sistema de lubricación limpiar filtro, recipiente, sustituir boquillas y retenedores en mal estado; cambiar juntas y empaquetaduras, reparar tuberías y condiciones.
7. Eliminar rebabas y rayaduras en todas las guías de la máquina.

8. Elaborar la lista de los defectos y piezas a sustituir o reparar en la próxima reparación planificada.
9. Limpiar, montar, ajustar y engrasar los mecanismos desarmados.
10. Reparar las partes eléctricas de acuerdo con el reglamento establecido.
11. Probar el funcionamiento de la maquina en su marcha libre, detectar ruidos y calentamientos excesivos

**Reparación mediana:** se realiza mantenimiento mayor que durante la revisión equivale a un 60% de la reparación general.

Se realizan las siguientes actividades:

1. Desarmar totalmente la máquina.
2. Regular el juego axial y radial del huesillo del cabezal.
3. En la mesa reparar o cambiar piñón y cojinetes, chequear y reparar si es necesario la cremallera.
4. En el sistema de enfriamiento limpiar y reparar el filtro y la bomba, cambiar tuberías y conexiones en mal estado.
5. Reparar o cambiar las cubiertas de protección de los mecanismos y de los obreros.
6. En el sistema de lubricación limpiar y reparar filtro y la bomba, cambiar copillas, retenedores, juntas, empaquetadura, tuberías y conexiones en mal estado.
7. En el sistema hidráulico:
  - a) Cambiar el aceite usado y limpiar el recipiente y todo el sistema hidráulico.
  - b) Reparar la bomba de aceite.
  - c) Cambiar retenedores si es necesario.
  - d) Revisar válvulas, esmerilarlas, cambiar muelles, limpiar y reparar el filtro.
  - e) Cambiar tuberías, conexiones, juntas, distribuidores de aceite, chequear ausencia de salideros.
  - f) Comprobar el funcionamiento del sistema hidráulico según el ciclo establecido por el fabricante.
8. Elaborar la lista de los defectos y piezas a sustituir o reparar en la próxima reparación planificada.
9. pintar interiormente los recipientes del aceite y de refrigerante.
10. Revisar la parte eléctrica de acuerdo al reglamento establecido.

11. Limpiar, ajustar y engrasar los mecanismos desarmados. Probar el funcionamiento de la maquina en su marcha libre. Detectar ruido y calentamientos excesivos.
12. Pintar exteriormente la rectificadora.
13. Probar la exactitud geométrica de acuerdo a la norma o ensayo de la rectificadora.

**Reparación general:** En esta se realiza desmontaje total de los equipos y de todos los elementos desgastados, así como la reparación de los elementos básicos de los equipos.

Se realizan las siguientes actividades:

1. Desarmar totalmente la máquina.
2. En el cabezal porta-muelas cambiar huesillos y cojinetes si es necesario escrepar sus guías.
3. Escrepar las guías para el desplazamiento de la mesa, reparar o cambiar piñón y cremallera
4. En el sistema de enfriamiento cambiar el filtro y la bomba, sustituir tuberías y conexiones, reparar y limpiar el recipiente del líquido refrigerante.
5. En el sistema de lubricación cambiar el filtro, sustituir o reparar la bomba, cambiar juntas, copillas, retenedores, tuberías y conexiones, reparar y limpiar el recipiente de aceite.
6. Cambiar cubierta de protección de los mecanismos y de los obreros.
7. Sustituir tornillos, tuercas, pasadores, cuñas, pernos, arandelas, etc. que estén en mal estado.
8. En el sistema hidráulico:
  - a) Limpiar todo el sistema y cambiar aceite usado.
  - b) Cambiar retenedores, juntas, empaquetaduras, tuberías, conexiones y el filtro.
  - c) Esmerilar o cambiar bomba y distribuidores de aceite.
  - d) Regular los aparatos hidráulicos según el esquema hidráulico de la maquina y con los datos técnicos y las instrucciones del fabricante este trabajo se realiza con ayuda de manómetros en los lugares indicados en el plano
9. Pintar interiormente la maquina y todos los recipientes.
10. Reparar parte eléctrica de acuerdo al reglamento establecido.

11. Limpiar, montar, ajustar y engrasar los mecanismos desarmados, probar el funcionamiento de la máquina, detectar ruido y calentamientos excesivos.
12. Probar la exactitud geométrica de la máquina de acuerdo a las normas.
13. Ensayo de la rectificadora.
14. Pintar exteriormente la máquina.

En base a las recomendaciones de planificación de mantenimiento propuesto por Armando Morales (1975) se propone la siguiente metodología para determinar los tiempos de reparación:

### **Ciclo de reparación**

El ciclo de reparación constituye la parte más importante del mantenimiento preventivo planificado, la elección de un ciclo adecuado significa un mejor aprovechamiento del equipo, seguridad de operación, ahorro de piezas, materiales, mano de obra, etc. Las operaciones a realizar en el ciclo han sido divididas en 4 categorías: revisión (R), reparación pequeña (P), reparación mediana (M) y reparación general (G).

Tabla N°9: Ciclo de reparación. (MMP)

Equipo	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones		
		M	P	R
Maquinas herramientas livianas y medianas hasta 10 ton.	G-R-P-R-R-R-M-R-P-R-P-R-M-R-P-R-P-R-G	2	6	9

### **Duración Del Ciclo de Reparación**

La duración del ciclo no es más que las horas que debe trabajar un equipo entre dos reparaciones generales o entre puesta en marcha y la primera reparación general, y se determina mediante la formula:

$$T = (N * M * Y * Z * K)h$$

Donde:

N: Coeficiente que relaciona el tipo de producción.

M: Coeficiente que relaciona el tipo de material que trabaja la máquina.

Y: Coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo

Z: Coeficiente que relaciona el peso del equipo

K: Duración teórica del ciclo

Tabla N°10: Valor del coeficiente (N)

Tipo de producción	N
En masa	1,0
En serie	1,3
En serie pequeña o individual	1,5
Para todo tipo de equipos menos grúas y elevadores	

Tabla N°11: Valor coeficiente (M)

Máquina Herramienta	Acero de construcción	Acero de alta calidad	Aleación de aluminio	Hierro fundido y bronce
De precisión normal y de precisión	1,0	0,7	0,75	0,8-0,9
Para máquinas que trabajan con abrasivos M= 0,9				

Tabla N°12: Valor coeficiente (Z)

Maquinas herramientas	Z
Livianas y medianas hasta 10 toneladas	1,0

Grandes y pesadas hasta 100 toneladas	1,35
Muy pesadas y únicas más de 100 toneladas	1,75

Tabla 13: Valor de coeficiente (Y)

Maquinas herramientas		Condiciones de abrasivo seco	Trabaja en condiciones normales	Trabaja en locales con polvo y humedad	Trabaja en locales separados especialmente
De precisión normal		-	1,0	0,8	-
De precisión		-	1,2	-	1,4
Trabaja con abrasivos	Precisión normal	0,7	1,0	0,8	-
	Alta precisión	-	1,1	-	1,3

Tabla N°14: Valor de (k) para distintos equipos

Valor de (K) para distintos equipos	
Equipos	K
Maquinas herramientas	
Livianas y medianas hasta 10 ton.	
a) Con tiempos de explotación hasta 20 años	26,000
b) Con tiempos de explotación mayor de 20 años	23,400

Entonces:

Para el coeficiente N el valor es de 1,5 porque las cepilladoras trabajan en condiciones semestrales lo cual no requiere de mucha producción

Para el coeficiente M es de 1,0 ya que las cepilladoras trabajan con acero de construcción en el taller de máquinas herramientas

El coeficiente Z es de 1,0 debido a que las maquinas herramientas en el taller son para trabajos livianos menores a 10 toneladas

El coeficiente de Y es de 1,0 este valor lo tomamos por que se trabaja en condiciones normales en el taller.

El coeficiente K es de 23,400 ya que los años de las cepilladoras en el taller han estado trabajando por más de 20 años

Una vez obtenido los datos aplicamos la fórmula para encontrar en cada cuanto tiempo se debe realizar un mantenimiento general.

Por lo tanto:

$$T = (1.5 * 1 * 1 * 1 * 23,400)h = 35,100h$$

De este modo cada 35,100h lo que equivale a 4 años, se debe realizar un mantenimiento general en la rectificadora.

### **Tiempo entre operaciones del ciclo**

El tiempo entre las operaciones del ciclo se obtienen tomando los valores de R, P y M de la tabla 2. Se determina mediante la formula:

$$t_0 = \frac{T}{R + P + M + 1} (h)$$

Donde:

R: Cantidad de revisiones en el ciclo

P: Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo

M: Cantidad de reparaciones en el ciclo

De acuerdo a la estructura del ciclo tenemos:

$$t_0 = \frac{35,100}{9 + 6 + 2 + 1} (h) = 1,950h$$

Entonces, cada 1,950 horas de trabajo del equipo debe efectuarse un trabajo de MPP, considerando que en el transcurso pueden ocurrir alteraciones ya que estos son cálculos teóricos, pero pueden adaptarse a la realidad.

### Tiempo entre reparaciones.

El tiempo entre reparaciones se determina mediante la fórmula:

$$t_r = \frac{T}{P + M + 1} (h)$$

Donde:

$t_r$ : tiempo medio entre reparaciones

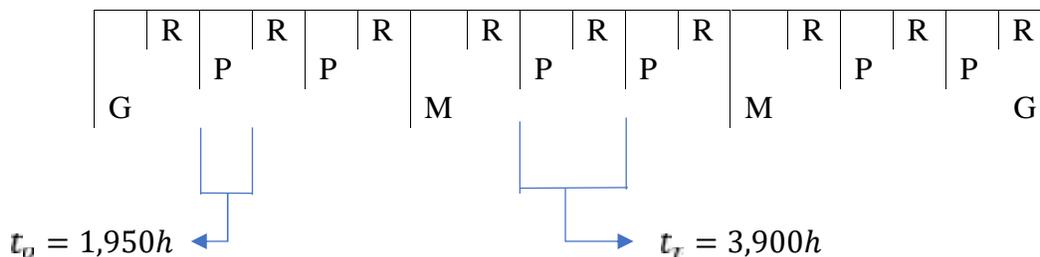
P: cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo

M: cantidad de reparaciones medianas en el ciclo

Entonces,

$$t_r = \frac{35,100}{6 + 2 + 1} (h) = 3,900h$$

Cada 3,510 horas de trabajo del equipo deberá efectuarse una reparación.



Según los cálculos se concluye, entre reparaciones grandes 33,288 horas equivalentes a 3 años y 8 meses, entre reparaciones pequeñas 3,900 horas equivalentes 5 meses y 7 días; entre

reparaciones medianas 11,700 horas equivalentes a 1 año y 3 meses; entre revisión y reparación pequeña 1,950h equivalente a 2 meses y 16 días

Tomando como referencia los datos anteriores se propone la siguiente Planificación de Mantenimiento anual compuesto por un plan de mantenimiento preventivo Tabla N°13, en el cual se podrá ajustar las actividades correctivas en tiempo y forma de la máquina, todo esto para mantener la disponibilidad y funcionabilidad de las misma donde estará conformado: equipo, marca, actividad, materiales, costos, inicio, periodo, semanas.



De esta manera concluimos que el costo de mantenimiento preventivo de la Rectificadora plana Elliot 618 es de **C\$3,162 córdobas** (\$86.34 dólares), lo cual cubre herramientas y materiales.

### **VIII. Presupuesto del mantenimiento correctivo aplicado a la maquina mediante los costos incurridos durante el proceso de restauración.**

Para mantener la funcionalidad de las máquinas y herramientas es imprescindible la ejecución de un mantenimiento esto se logra a través de cambios y reparaciones lo cual se generan costos, a continuación, se muestra la siguiente tabla que muestra los costos y gastos total que se realizó.

Este costo puede aumentar debido al incremento del mercado del día a día

El costo total para el mantenimiento de la rectificadora plana es:

$$\text{Costo total} = (\$720.68) = \text{C}\$25,944.54$$

El costo total en dólar se calculó con fecha de 16 de febrero del 2023 cabe recordar que a medida que pasa el tiempo el valor va variando entonces

En conclusión, para la realización del mantenimiento en la rectificadora plana y mantenerlas en funcionalidad para las practicas estudiantiles en el taller de máquinas herramientas se necesitó un total de \$720.68, por lo cual la universidad se beneficia en estos gastos y habilita la oportunidad a los estudiantes de poner en prácticas lo aprendido en la carrera, en las siguientes tablas N°12, N°13, N°14, N°15 y N°16 se detallan los gastos individuales por sistema para la restauración de la Rectificadora plana Elliot 618.

Tabla N°16: Tabla de costos en estética y protección personal.

<b>Gastos de reparación de la rectificadora plana Elliot 618</b>			
<b>Estética y protección personal</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>costo Unit.</b>	<b>Costo Total</b>
Lentes de protección transparentes	2	C\$ 150.00	C\$ 300.00
guantes de cuero para protección	2	C\$ 150.00	C\$ 300.00
removedor de pintura (1/4 gl)	1	C\$ 250.00	C\$ 250.00
Lija 400	3	C\$ 20.00	C\$ 60.00
Lija 220	3	C\$ 20.00	C\$ 60.00
lija 180	3	C\$ 20.00	C\$ 60.00
Espátula Metálica 2"	1	C\$ 200.00	C\$ 200.00
Rollos de Papel	2	C\$ 40.00	C\$ 80.00
Masking Tape	2	C\$ 90.00	C\$ 180.00
Thinner 1 Gl	1	C\$ 330.00	C\$ 330.00
Base acrílica 3/8 gl	1	C\$ 480.00	C\$ 480.00
senner	1	C\$ 220.00	C\$ 220.00
pintura azul fast dry 1/8 gl	1	C\$ 200.00	C\$ 200.00
Pintura gris fast dry 1/4 gl	1	C\$ 350.00	C\$ 350.00
Brocha 2"	2	C\$ 45.00	C\$ 90.00
Mano de obra	1	C\$ 2,000.00	C\$ 2,000.00
		Subtotal	C\$ 5,160.00

Tabla N°17: Tabla de costos sistema hidráulico.

<b>Sistema hidráulico</b>			
<b>Material</b>	<b>cantidad</b>	<b>Costo Unit.</b>	<b>Costo total</b>
Manguera de 1/4 de 26" S/M	1	C\$ 768.54	C\$ 768.54
Manguera de 1/4 de aceite S/M	1	C\$ 614.21	C\$ 614.21
Manguera de 3/8 de 28" S/M	1	C\$ 910.68	C\$ 910.68
Manguera de 3/8 de 40" S/M	1	C\$ 1,072.72	C\$ 1,072.72
Manguera de 3/8 de 32" S/M8	1	C\$ 910.68	C\$ 910.68
Manguera de 3/8 de 39" S/M	1	C\$ 1,018.71	C\$ 1,018.71
Manguera de 1/4 de 26" S/M	1	C\$ 768.00	C\$ 768.00
Manguera de 3/8 de 28" S/M	1	C\$ 910.00	C\$ 910.00
Sellos Hidráulicos 9.5x19x9.5	2	C\$ 650.00	C\$ 1,300.00
O-ring 2x20	2	C\$ 15.00	C\$ 30.00
O-ring 3x32	2	C\$ 18.00	C\$ 36.00

O-ring	3	C\$ 17.00	C\$ 51.00
Sello alto	2	C\$ 140.00	C\$ 280.00
Cubeta de hidráulico	1	C\$ 3,500.00	C\$ 3,500.00
Tapón metálico para el depósito hidr.	1	C\$ 200.00	C\$ 200.00
Refrigerante 1lt	1	C\$ 200.00	C\$ 200.00
Tapa metálica del cilindro	1	C\$ 3,200.00	C\$ 3,200.00
Cubeta Hidráulico Usado para prueba	1	C\$ 1,500.00	C\$ 1,500.00
Mano de obra	1	C\$ 2,500.00	C\$ 2,500.00
		Subtotal	C\$ 19,770.54

Tablas N°18 y N°19: Tablas de costo sistema mecánico y eléctrico.

Sistema mecánico			
Materiales	Cantidad	Costo Unit.	Costo total
Rodamiento	1	C\$ 100.00	C\$ 100.00
Pasador del coplin de bomba hidráulico	1	C\$ 100.00	C\$ 100.00
		Subtotal	C\$ 200.00

Sistema Eléctrico			
materiales	Cantidad	Costo Unit.	Costo total
Limpiador de Contacto	1	C\$ 220.00	C\$ 220.00
Terminal eléctrica	2	C\$ 20.00	C\$ 40.00
		Subtotal	C\$ 260.00

Tabla N°20: Tabla de accesorios y total gastado.

Accesorios			
Materiales	Cantidad	Costo Unit.	Costo total
Arandela plana	2	C\$ 11.00	C\$ 22.00
Torillo de ranura	2	C\$ 21.00	C\$ 42.00
Vaselina	1	C\$ 90.00	C\$ 90.00
Tarro de grasa	1	C\$ 180.00	C\$ 180.00
hilaza 5 lb	5	C\$ 20.00	C\$ 100.00
silicona	1	C\$ 120.00	C\$ 120.00
		Subtotal	C\$ 554.00
		Total	C\$ 25,944.54
		Total \$	\$ 720.68

## **IX. Conclusiones:**

A lo largo del desarrollo de este trabajo monográfico se determinó:

- Se llevo a cabo un diagnóstico a la rectificadora marca Elliot 618 evaluando la parte estética, el sistema hidráulico, sistema mecánico y sistema eléctrico, encontrando deterioro en la pintura, sistema de lubricación caducado, mangueras hidráulicas rotas y empaques picados.
- Se propusieron Soluciones de acuerdo al diagnóstico realizado estableciendo como resultado la ejecución de un mantenimiento correctivo dando así la solución total a todos los problemas encontrados en la maquina: mantenimiento al sistema mecánico, a los motores eléctrico y panel eléctrico, reemplazo de o-rines y empaques, reemplazo de mangueras hidráulicas, renovación de la pintura y la ejecución de lubricación a la máquina, quedando en perfecto funcionamiento todos los elementos de las máquina.
- Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo de la máquina, en el cual determina el tiempo y actividad a realizar.
- Se realizo una valoración de costos de reparación que incluye la mano de obra y los materiales que se utilizaron para la reactivación de las maquinas herramientas lo cual se determina el cálculo económico para su debido mantenimiento.

## **X. Recomendaciones**

A lo largo del desarrollo del trabajo monográfico se llegó a las siguientes recomendaciones:

- Se debe seguir el plan de mantenimiento descrito en el documento para evitar posibles fallos en la máquina herramienta.
- Si ocurriera cualquier fallo hidráulico en la maquina se debe sustituir por piezas que cumplan las mismas especificaciones para evitar un posible fallo.
- El tipo de grasa que se usa puede ser para temperaturas bajas, debido a los engranes permanecen en temperaturas admisibles.
- Esta máquina debe ser manipuladas por operarios o personal capacitado previamente.
- El hidráulico recomendado a utilizar debe ser 85W-140.

## **XI. Bibliografía**

Arzola, L. D. (s.f.). *Yamazen*. Obtenido de Yamazen: <https://www.yamazen.com.mx/>

*Badger Meter* . (s.f.). Obtenido de Badger Meter : <https://www.badgermeter.com/>

Blanco Solorzano, B., & Quiroz Zepeda, C. V. (2017). REactivación de la Fresadora Universal del Taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios.

*Blog Seguas mantenimientos*. (s.f.). Obtenido de Blog Seguas mantenimientos:

<https://www.seguas.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-instalaciones-industriales/>

Chernov, N. N. (1974). *Maquina herramientas para metales*. Moscu : Editorial Mir.

*Escuela universitaria de oficios*. (s.f.). Obtenido de Escuela universitaria de oficios:

<https://unlp.edu.ar>

Gonzales, I. F. (22 de Agosto de 2019). "Restauracion de la Fresadora vertical marca Elliot del taller de maquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria en la Universidad Nacional de Ingeniería". Tesis para optar al titulo de ingeniero mecanico. Managua.

Gras, M. O. (2013). Mantenimiento Industrial. En M. O. Gras, *Mantenimiento Industrial*.

Gutierrez, A. M. (2011). Mantenimiento . En A. M. Gutierrez, *Mantenimiento planeacion, ejecucion y control*. Alfaomega.

HERRAMIENTAS, D. M. (2014). *DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS* . Obtenido de DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS : <https://www.demaquinasyherramientas.com/>

Kibbe, R. R. (1989). Manual de la Rectificadora. En R. R. Kibbe, *Manual de la rectificadora* (pág. 17).

Libro de Mantenimiento Industrial. (2004). En I. A. Ruiz, *Libro de Mantenimiento Industrial* (pág. 109).

*PCE Ibérica S.L.* (s.f.). Obtenido de PCE Ibérica S.L: <https://www.pce-iberica.es/>

Redondo, M. A. (s.f.). *iagua*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/>

Ruiz, A. A. (s.f.). Manual mantenimiento preventivo planificado. En A. A. Ruiz, *Manual mantenimiento preventivo planificado*.

Sandoval, E. A. (Diciembre de 2018). Programa integral de mantenimiento y restauracion del taladro fresadora Gate Elliot OO perteneciente al taller de Maquinas Herramientas de la Facultad de Tecnologia de la Industria de la Universidad Nacional de Ingenieria.  
*Programa integral de mantenimiento y restauracion del taladro fresadora Gate Elliot OO perteneciente al taller de Maquinas Herramientas de la Facultad de Tecnologia de la Industria de la Universidad Nacional de Ingenieria. Managua.*

Senati. (s.f.). *energia azcapotzalco*. Obtenido de energia azcapotzalco: [energia.azc.uam.mx](http://energia.azc.uam.mx)

*wikihow*. (s.f.). Obtenido de wikihow: <https://es.wikihow.com>

## XII. Anexos

Anexo 1:



Anexo 2:



Anexo 3:



Anexo 4:



Anexo 5:



Anexo 6:



Anexo 7:



Anexo 8:



Anexo 9:



Anexo 10:



Anexo 11:



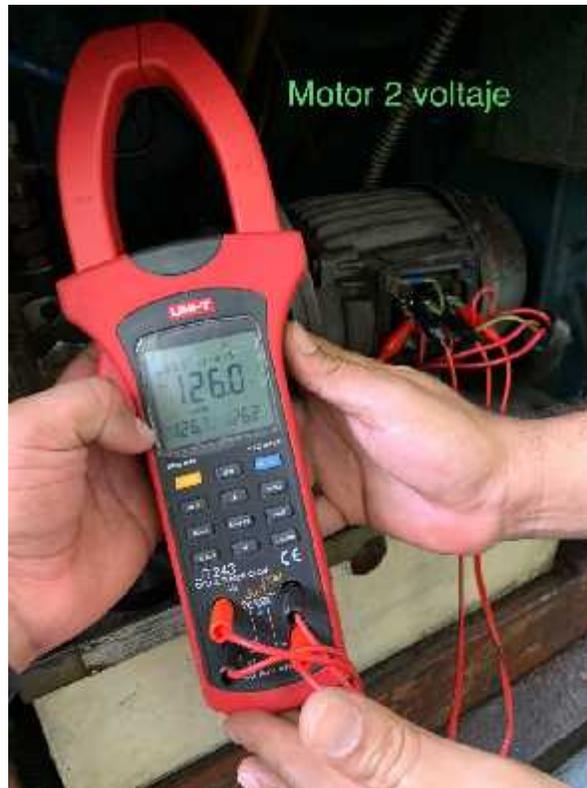
Anexo 12:



Anexo 14:



Anexo 15:



Anexo 16:



Anexo 17:



Anexo 18:



Anexo 19:



Anexo 20:



Anexo 21:



Anexo 22:



Anexo 23:

