



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA  
PORTÁTIL PARA REPARACIÓN DE ORIFICIOS DE  
MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN, PERTENECIENTE A LA  
EMPRESA SEMAG EN LA CIUDAD DE NUEVA LOJA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTORES:**

**GARCÍA SUÁREZ BRYAN FERNANDO**

**VALLEJO HERNÁNDEZ FRANKLIN EDUARDO**

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA  
PORTÁTIL PARA REPARACIÓN DE ORIFICIOS DE  
MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN, PERTENECIENTE A LA  
EMPRESA SEMAG EN LA CIUDAD DE NUEVA LOJA”.**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTORES:** GARCÍA SUÁREZ BRYAN FERNANDO  
VALLEJO HERNÁNDEZ FRANKLIN EDUARDO

**DIRECTOR:** Ing. GABRIEL VINICIO MOREANO SÁNCHEZ

Riobamba - Ecuador  
2021

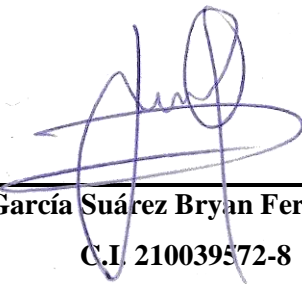
**©2021, García Suárez Bryan Fernando y Vallejo Hernández Franklin Eduardo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, García Suárez Bryan Fernando y Vallejo Hernández Franklin Eduardo, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

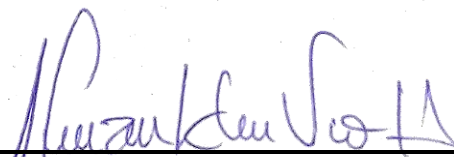
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de febrero del 2021.



---

**García Suárez Bryan Fernando**  
C.I. 210039572-8



---

**Vallejo Hernández Franklin Eduardo**  
C.I. 210058275-4

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo Propuesta Tecnológica denominado **REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL PARA REPARACIÓN DE ORIFICIOS DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA SEMAG EN LA CIUDAD DE NUEVA LOJA**, realizado por el señor: **GARCÍA SUÁREZ BRYAN FERNANDO** y **VALLEJO HERNÁNDEZ FRANKLIN EDUARDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. José Antonio Granizo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JOSE ANTONIO</b>	2021-02-12
Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado digitalmente por <b>JULIO EDUARDO CAJAMARCA VILLA</b>	2021-02-12
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS</b>	2021-02-12

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación dedico en particular a mis padres quienes me apoyaron para el logro de este anhelo; el esfuerzo que puse para el desarrollo del presente trabajo, espero que algún día será valorado, el conocimiento adquirido, no únicamente servirá para beneficio personal, sino, para el logro de un mejor estilo de vida de mi familia y para quienes más pudiera ayudarlos.

A mis hermanos, quienes también son el fiel reflejo de la educación percibida de mis padres, de igual forma me ayudaron en todo momento, a mis amigos, por los aprecio que me demostraron.

Bryan

Aún recuerdo el día en que emprendí esta aventura para conseguir un título universitario, dejando atrás todo lo que conocía y amaba, era necesario.

Dedico con mucho amor este paso en mi vida profesional a la mujer que me regaló la vida y desde mi primer día ha luchado por verme feliz y realizado, lo dedico a mi madre Mercy Vallejo, sin usted nada lo hubiera logrado. Con amor, su hijo.

Franklin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de manera infinita a Dios por obrar en mí y permitirme hacer realidad este gran sueño, mi agradecimiento a la Carrera Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, sus autoridades y docentes por su aporte en mi formación profesional, de manera especial a quienes fueron parte de este trabajo de titulación por su apoyo y predisposición, de la misma manera a la empresa “SEMAG” por la oportunidad y la confianza para el desarrollo del presente proyecto.

Bryan

Un agradecimiento sincero a toda mi familia, que con su amor y afecto me han guiado durante este periodo de mi vida, a mis amigos y compañeros de universidad que con su amistad sincera hemos formado lazos que perduran por muchos años.

A Roxana, que siempre estuvo pendiente de mí, te quiero mucho.

En especial a la Escuela de Mantenimiento que, con sus docentes, me fue capacitando hasta prepararme para la vida laboral, siempre los llevaré en mi corazón.

Franklin

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación y actualidad.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>2</b>
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>2</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>2</i>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Máquina mandrinadora portátil.....</b>	<b>3</b>
<i>2.1.1 Mandrinado.....</i>	<i>3</i>
<i>2.1.2 Máquina mandrinadora portátil.....</i>	<i>3</i>
<i>2.1.3 Elementos de la máquina mandrinadora.....</i>	<i>4</i>
<b>2.2 Repotenciación de máquinas industriales.....</b>	<b>4</b>
<i>2.2.1 Repotenciación.....</i>	<i>4</i>
<i>2.2.2 Posibilidades y límites.....</i>	<i>5</i>
<i>2.2.3 Ventajas de una repotenciación.....</i>	<i>5</i>
<b>2.3 Controlador Lógico Programable Schneider TM221CE24R.....</b>	<b>5</b>
<i>2.3.1 Generalidades.....</i>	<i>5</i>



2.3.2	<i>Estructura de un PLC</i> .....	6
2.3.3	<i>Lenguajes de programación para PLC</i> .....	6
2.4	<b>Final de carrera AZ-7121 NAIS</b> .....	9
2.5	<b>Motor paso a paso</b> .....	10
2.5.1	<i>Generalidades</i> .....	10
2.5.2	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	10
2.5.3	<i>Tipos de motores paso a paso</i> .....	10
2.5.4	<i>Motor paso a paso NEMA 23</i> .....	12
2.5.5	<i>Driver de potencia TB660</i> .....	13
2.6	<b>Motor de inducción</b> .....	15
2.6.1	<i>Generalidades</i> .....	15
2.6.2	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	15
2.6.3	<i>Control de velocidad del motor</i> .....	15
2.6.4	<i>Motor SIMOTICS GP 1hp</i> .....	16
2.7	<b>Variador de frecuencia</b> .....	16
2.7.1	<i>Generalidades</i> .....	16
2.7.2	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	16
2.7.3	<i>Variador de frecuencia DELTA VFD-EL 1hp</i> .....	16
3.	<b>ESTADO INICIAL, SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL</b> .....	18
3.1	<b>Identificación de la máquina mandrinadora portátil</b> .....	18
3.2	<b>Estado técnico de los componentes principales de la maquina mandrinadora portátil</b>	
	<b>20</b>	
3.2.1	<i>Motor monofásico jaula de ardilla</i> .....	20
3.2.2	<i>Reductor de velocidad</i> .....	21
3.2.3	<i>Motor servo type 140 Power Feed</i> .....	21
3.2.4	<i>Eje porta cuchilla</i> .....	22

3.2.5	<i>Manzanas de sujeción</i> .....	23
3.2.6	<i>Ejes guía</i> .....	24
3.3	<b>Selección de equipos para repotenciación</b> .....	26
3.3.1	<i>Criterios de selección de componentes para repotenciación</i> .....	26
3.3.2	<i>Selección de dispositivos eléctricos y electrónicos</i> .....	27
3.4	<b>REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA</b> .....	29
3.4.1	<i>Mantenimiento realizado a elementos de la mandrinadora portátil</i> .....	29
3.4.1.1	<i>Mantenimiento de manzanas de sujeción de la mandrinadora</i> .....	29
3.4.1.2	<i>Pintura total de la estructura</i> .....	30
3.4.2	<b>Implementación de los equipos seleccionados para la mandrinadora portátil</b> .....	30
3.4.2.1	<i>Montaje motor principal</i> .....	30
3.4.2.3	<i>Montaje motor de pasos</i> .....	32
3.4.2.4	<i>Diseño y montaje sistema de lubricación</i> .....	34
3.4.2.5	<i>Desarrollo del tablero de control</i> .....	36
4.	<b>ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL, RESULTADOS DE REPOTENCIACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DEL PROYECTO</b> .....	40
4.1	<b>Programación PLC</b> .....	40
4.2	<b>Cálculo velocidades de trabajo</b> .....	42
4.2.1	<i>Control de velocidad del movimiento de corte</i> .....	42
4.2.2	<i>Control de velocidad del movimiento de avance</i> .....	43
4.3	<b>Resultados obtenidos de la repotenciación</b> .....	43
4.3.1	<i>Resultados pruebas de funcionamiento</i> .....	43
4.3.1.1	<i>Resumen resultados del proceso de mandrinado</i> .....	44
4.4	<b>Comparativa condición inicial versus estado después de la repotenciación</b> .....	44
4.5	<b>Memoria fotográfica pruebas de funcionamiento</b> .....	45
4.6	<b>Valoración económica del proceso de repotenciación</b> .....	47

<b>4.7</b>	<b>Operación y mantenimiento .....</b>	<b>48</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Guía de inicio rápido .....</b>	<b>48</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Normativa de seguridad .....</b>	<b>48</b>
<b>4.7.3</b>	<b>Plan de mantenimiento .....</b>	<b>49</b>
<b>4.8</b>	<b>Gestión del proyecto .....</b>	<b>50</b>
<b>4.8.1</b>	<b><i>Cronograma de trabajo</i> .....</b>	<b>50</b>
<b>4.8.2</b>	<b><i>Presupuesto</i> .....</b>	<b>51</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>52</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>53</b>

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-2:</b> Tipo de motores paso a paso de imanes permanentes .....	11
<b>Tabla 2-2:</b> Configuración micro pasos con los interruptores DIP .....	14
<b>Tabla 3-2:</b> Configuración de corriente de salida con los interruptores DIP .....	14
<b>Tabla 1-3:</b> Detalle componentes mandrinadora portátil .....	18
<b>Tabla 2-3:</b> Parámetros de funcionamiento motor eléctrico .....	20
<b>Tabla 3-3:</b> Parámetros de funcionamiento moto reductor .....	21
<b>Tabla 4-3:</b> Parámetros de funcionamiento motor servo type 140 .....	22
<b>Tabla 5-3:</b> Resumen falencias de funcionamiento general encontradas .....	25
<b>Tabla 6-3:</b> Componentes evaluados para repotenciación .....	25
<b>Tabla 7-3:</b> Criterios para la selección de componentes .....	26
<b>Tabla 8-3:</b> Componentes electrónicos y eléctricos seleccionados .....	27
<b>Tabla 9-3:</b> Elementos eléctricos de control y señales de aviso (Interfaz física) .....	29
<b>Tabla 10-3:</b> Parámetros eléctricos nominales de los componentes principales .....	36
<b>Tabla 1-4:</b> Asignación entradas y salidas PLC .....	40
<b>Tabla 2-4:</b> Velocidades de corte .....	42
<b>Tabla 3-4:</b> Velocidades de avance preestablecidas diámetro 70 mm .....	43
<b>Tabla 4-4:</b> Velocidades de avance preestablecidas diámetro 80 mm .....	43
<b>Tabla 5-4:</b> Parámetros de funcionamiento configurados para la máquina mandrinadora portátil. .....	43
<b>Tabla 6-4:</b> Resultados del proceso de mandrinado. ....	44
<b>Tabla 7-4:</b> Evaluación condición inicial versus resultado de la repotenciación .....	45
<b>Tabla 8-4:</b> Ahorro económico para la empresa SEMAG .....	47
<b>Tabla 9-4:</b> Ganancia para el cliente .....	47
<b>Tabla 10-4:</b> Recuperación de la inversión .....	47
<b>Tabla 11-4:</b> Plan de mantenimiento .....	49

<b>Tabla 12-4:</b> Actividades desarrolladas cronológicamente .....	50
<b>Tabla 13-4:</b> Costos Directos de implementación.....	51
<b>Tabla 14-4:</b> Costos Indirectos de implementación. ....	51
<b>Tabla 15-4:</b> Costos Totales.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2:</b> Máquina mandrinadora portátil .....	3
<b>Figura 2-2:</b> Partes Máquina Mandriladora Portátil.....	4
<b>Figura 3-2:</b> PLC Schneider TM221CE24R .....	6
<b>Figura 4-2:</b> Estructura de un PLC .....	6
<b>Figura 5-2:</b> Ejemplo de programación diagrama Ladder.....	7
<b>Figura 6-2:</b> Ejemplo de programación lista de instrucciones.....	8
<b>Figura 7-2:</b> Ejemplo de programación .....	9
<b>Figura 8-2:</b> Final de carrera AZ7121 NAIS .....	10
<b>Figura 9-2:</b> Devanado motor de pasos.....	11
<b>Figura 10-2:</b> Motor de pasos bipolar.....	12
<b>Figura 11-2:</b> Motor paso a paso híbrido .....	12
<b>Figura 12-2:</b> Motor paso a paso NEMA 23 .....	13
<b>Figura 13-2:</b> Driver TB6600 .....	13
<b>Figura 14-2:</b> Motor NEMA 23 con driver TB6600 .....	14
<b>Figura 15-2:</b> Motor SIMOTICS GP .....	15
<b>Figura 16-2:</b> Variador VDF-3L 1hp.....	17
<b>Figura 1-3:</b> Máquina mandrinadora portátil empresa SEMAG. ....	18
<b>Figura 2-3:</b> Componentes principales mandrinadora portátil .....	19
<b>Figura 3-3:</b> Componentes principales mandrinadora portátil .....	19
<b>Figura 4-3:</b> Movimientos de corte para mandrinado .....	20
<b>Figura 5-3:</b> Motor y reductor de velocidades .....	21
<b>Figura 6-3:</b> Reductor de velocidad .....	21
<b>Figura 7-3:</b> Motor servo type 140 Power Feed.....	22
<b>Figura 8-3:</b> Eje porta cuchilla.....	23
<b>Figura 9-3:</b> Manzanas de sujeción.....	23

<b>Figura 10-3:</b> Bujes manzanas de sujeción .....	24
<b>Figura 11-3:</b> Ejes guía.....	24
<b>Figura 12-3:</b> Eje principal con manzanas reparadas .....	29
<b>Figura 13-3:</b> Máquina mandrinadora portátil vista exterior.....	30
<b>Figura 14-3:</b> Montaje motor trifásico .....	31
<b>Figura 15-3:</b> Porta cuchillas regulación de profundidad de corte .....	31
<b>Figura 16-3:</b> Reloj palpador sobre punta de cuchilla.....	32
<b>Figura 17-3:</b> Montaje motor de pasos .....	32
<b>Figura 18-3:</b> Configuraciones posibles del driver .....	33
<b>Figura 19-3:</b> Vista interior de la carcasa mariposas finales de carrera .....	33
<b>Figura 20-3:</b> Vista exterior de la carcasa mariposas finales de carrera.....	34
<b>Figura 21-3:</b> Sistema de lubricación.....	34
<b>Figura 22-3:</b> Proceso de lubricación.....	35
<b>Figura 23-3:</b> Componentes del sistema para determinación del flujo de aceite .....	35
<b>Figura 24-3:</b> Botonera colgante Camsco .....	37
<b>Figura 25-3:</b> Vista frontal tablero de control.....	37
<b>Figura 26-3:</b> Vista interna tapa del tablero.....	37
<b>Figura 27-3:</b> Vista interna tablero de control .....	38
<b>Figura 28-3:</b> Vista ventilador del tablero .....	38
<b>Figura 29-3:</b> Vista externa disipador de calor .....	38
<b>Figura 1-4:</b> GRAFCET Proceso .....	41
<b>Figura 2-4.</b> Sistema de lubricación y botonera de mano mandrinadora.....	45
<b>Figura 3-4.</b> Mandrinadora portátil montada y lista para utilizarse .....	46
<b>Figura 4-4.</b> Colocación del eje y soldadura de manzanas en el elemento a mandrinar .....	46
<b>Figura 5-4.</b> Colocación y ajuste de la mandrinadora al eje principal. ....	46

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PROGRAMACIÓN CARGADA EN ARDUINO NANO

**ANEXO B:** CARACTERÍSTICAS DRIVER MOTOR PASO A PASO TB6600

**ANEXO C:** CÓDIGOS DE CONFIGURACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA

**ANEXO D:** APLICACIÓN DE MANDRINADORA REPOTENCIADA

**ANEXO E:** VELOCIDADES DE CORTE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL

**ANEXO F:** CARACTERÍSTICAS ACEITE SAE-90

**ANEXO G:** ESQUEMAS ELÉCTRICOS

**ANEXO H:** PROGRAMACIÓN PLC

**ANEXO I:** CHECK LIST PARA REVISIÓN DE MÁQUINA MANDRINADORA



## RESUMEN

Se llevó a cabo la repotenciación de la máquina mandrinadora portátil para reparación de orificios de maquinaria de construcción, perteneciente a la empresa SEMAG en la ciudad de Nueva Loja; esta tarea se ejecutó acorde a cinco etapas principales: Evaluación del estado técnico de todos los elementos y componentes de la máquina, análisis técnico de la repotenciación, búsqueda y selección de materiales y equipos, implementación de los equipos, desarrollo e implementación de un tablero de control y realización de pruebas de funcionamiento. Los parámetros se evaluaron en base a la comparación de los criterios de funcionamiento inicial versus las características de la máquina después del proceso de repotenciación al someter a la misma a su utilización en procesos de mandrinado en condiciones de taller y en su campo usual de aplicación industrial. El control exacto de los factores anteriormente mencionados, mejora la fiabilidad y precisión de los trabajos realizados, evitando que se produzcan pérdidas por trabajos mal hechos, rechazados o que deban ser reprocesados. Se calcularon las velocidades de trabajo para desbaste o acabado fino en base al tipo de material, y se concluye que la repotenciación fue exitosa brindando características mejoradas de funcionamiento con un control preciso y estable de los movimientos de avance longitudinal del eje principal y del movimiento de corte, también se obtuvo un método para la regulación precisa de la profundidad de corte utilizando un acople porta cuchillas. Se recomienda colocar un soporte externo a la estructura de la mandrinadora portátil para distribuir el peso de la misma y reducir el desgaste por fricción y rozamiento de los bujes de bronce naval del eje principal.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MANTENIMIENTO MEJORATIVO>, <MANDRINADORA PORTÁTIL>, <LUBRICACIÓN>, <DESBASTE>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <SOMACHINE BASIC (SOFTWARE)>, <GRAFSET (LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN)>.



Firmado digitalmente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

2225-DBRA-UPT-2021

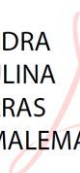
2021-12-09

## SUMMARY

The repowering of the portable boring machine for the repair of construction machinery holes, belonging to SEMAG company, in Nueva Loja city was carried out. This task was executed according to five main stages: evaluation of the technical state of all the elements and components of the machine, technical analysis of repowering, search and selection of materials and equipment, implementation of equipment, development and implementation of a dashboard. control and performance tests. The parameters were evaluated based on the comparison of the initial operating criteria versus the characteristics of the machine after the repowering process, when subjecting it to its use in boring processes under workshop conditions and in its usual field of application. industrial. The exact control of the aforementioned factors improves the reliability and precision of the work carried out, avoiding losses due to poorly done, rejected or reprocessed work. The working speeds for roughing or fine finishing were calculated based on the type of material. It is concluded that the repowering was successful, providing improved operating characteristics with a precise and stable control of the longitudinal advance movements of the main axis and the cutting movement. A method was also obtained for the precise regulation of the cutting depth using a blade holder coupling. It is recommended to place an external support to the frame of the portable boring machine to distribute the weight of the portable boring machine and reduce the friction wear and friction of the naval bronze bushings of the main shaft.

**Keywords:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES> <IMPROVEMENT MAINTENANCE> <PORTABLE BORING MACHINE> <AUTOMATIC CONTROL> <SOMACHINE BASIC (SOFTWARE)> <GRAFCET (PROGRAMMING LANGUAGE)>.

SANDRA  
PAULINA  
PORRAS  
PUMALEMA



Firmado digitalmente por  
SANDRA  
PAULINA PORRAS  
PUMALEMA  
Fecha: 2021.12.17  
17:54:27 -05'00'

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En el sector de la construcción el buen funcionamiento de los equipos es un factor decisivo en la rentabilidad y competitividad global, sin un adecuado mantenimiento la maquinaria y equipos se deterioran, lo cual acarrea pérdidas por paradas no programadas, debido a lo expuesto se considera que todo tipo mantenimiento implica un ahorro a mediano y largo plazo en las empresas.

En empresas que proveen servicios externos de mantenimiento, la aparición de fallos imprevistos de la maquinaria podría ocasionar paro de la actividad productiva incluyendo el incumplimiento de contratos, provocando pérdidas económicas y daño a la imagen global de la empresa con respecto a sus clientes, debido a esto es indispensable que exista el mantenimiento necesario para garantizar el buen funcionamiento y disponibilidad de los equipos de trabajo.

La máquina mandrinadora portátil para reparación de orificios en maquinaria de construcción es un activo diseñado, fabricado y perteneciente a la empresa SEMAG, ubicada en la ciudad de Nueva Loja, y presta servicios de mantenimiento preventivo y correctivo a instituciones públicas y privadas de la región norte amazónica del país.

El equipo a repotenciar cumple una función primordial dentro del proceso de rediseño y adaptación de agujeros de pasadores cilíndricos superiores a 70 milímetros de elementos de maquinaria de construcción, por ejemplo para las orejas del cucharón de la excavadora Caterpillar 320D, el proceso de mandrinado de los agujeros ocupa el 95% del tiempo de la actividad de mantenimiento desarrollada, y como estadístico se tiene que 1 de cada 5 trabajos realizados es rechazado al no cumplir con los requerimientos necesarios, cada trabajo rechazado implica costos de reprocesamiento y provoca pérdidas a la empresa SEMAG, e incrementa el tiempo que toma la reparación afectando de igual manera a la empresa que contrató el servicio, por tal motivo es esencial mejorar la funcionalidad y calidad de trabajo realizado por la máquina mandrinadora a través de repotenciación o rediseño.

### 1.2 Justificación y actualidad

Mediante la repotenciación de la máquina mandrinadora portátil se tratará de disminuir en lo máximo posible el tiempo de mecanizado de agujeros, encontrando soluciones técnicas para crear un sistema de control de revoluciones del motor monofásico de arranque por condensador y del

motor de avance, implementando un sistema que permita regular el avance de la cuchilla, y la creación de un sistema de lubricación automática para los cojinetes de fricción.

A través de la instalación de actuadores se logrará controlar eficazmente la velocidad de mandrinado de la máquina portátil, optimizando progresivamente el tiempo de mecanizado, y mejorando el acabado final del mismo. Al reducir el tiempo de operación y mejorar la calidad del mandrinado, se disminuyen las pérdidas económicas implicadas por costos de reprocesamiento para la empresa SEMAG, además que se realiza un servicio rápido lo cual reduce los costos por el tiempo de parada del activo en las empresas contratantes públicas y privadas.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Repotenciar la máquina mandrinadora portátil para reparación de orificios de maquinaria de construcción perteneciente a la empresa SEMAG en la ciudad de Nueva Loja.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Realizar un diagnóstico técnico sobre el estado actual de la máquina mandrinadora.

Seleccionar adecuadamente los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para la repotenciación de la máquina mandrinadora.

Instalar los equipos actuadores, sensores y controladores seleccionados para la repotenciación y creación de una interfaz hombre-máquina para la máquina mandrinadora.

Realizar una guía de operación de la máquina mandrinadora portátil que incluya los parámetros de funcionamiento de velocidad de avance de la cuchilla de desbaste en los ejes axial y radial, rango de revoluciones por minuto del motor principal y la lubricación de cojinetes de fricción.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

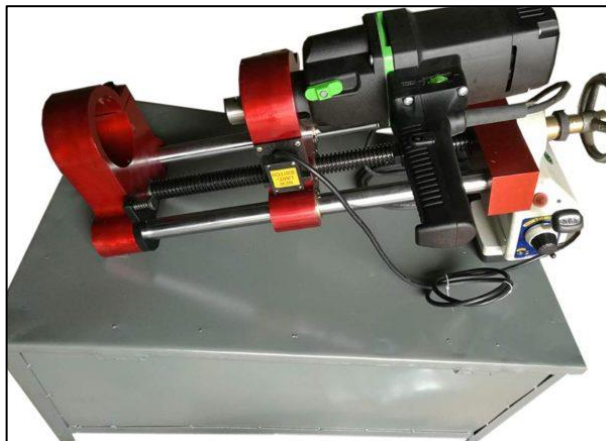
#### 2.3 Máquina mandrinadora portátil

##### 2.1.1 Mandrinado

Es un procedimiento de mecanizado que se ejecuta en los agujeros de piezas ya elaborados para poder obtener alta precisión dimensional, alta precisión geométrica y una menor rugosidad de la superficie del material, este procedimiento se utiliza en agujeros cónicos y cilíndricos, como también para elaborar roscas interiores. En sí, la ejecución del mandrinado está estrechamente relacionado con la ampliación de un agujero en el cual se realizan trabajos de acabado superficial (Poblete Fernández, 2017, p.15).

##### 2.1.2 Máquina mandrinadora portátil

La mandrinadora portátil (Figura 1-2), puede efectuar los mismos procesos que una mandrinadora regular, y comúnmente se emplea para reparar los orificios de máquinas de gran tamaño o peso que alojen ejes sujetos a cargas de trabajo muy grandes. Las piezas de gran tamaño no pueden ser trasladadas a un taller industrial o el costo de traslado es muy elevado, por lo que es necesario realizar la reparación en el mismo lugar de trabajo.



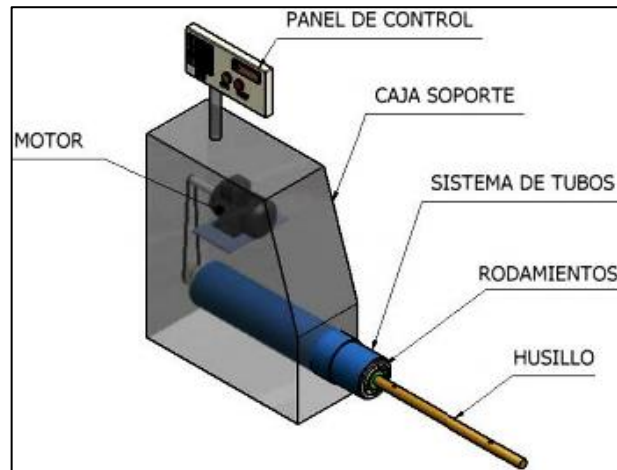
**Figura 1-2:** Máquina mandrinadora portátil

Fuente: (TOPORTABLE, 2019).

Una aplicación común de la mandrinadora portátil es en máquinas retroexcavadoras, donde por el uso continuo, se origina una excentricidad por desgaste del material en los orificios de los ejes que unen el cucharón con el brazo de la excavadora, también se utiliza para reparación de los orificios que alojen los ejes en una turbina hidráulica (Hernández China, 2015, p.7).

### 2.1.3 Elementos de la máquina mandrinadora

En la Figura 2-2 se muestran los principales elementos que posee una máquina mandrinadora portátil con control automático.



**Figura 2-2:** Partes Máquina Mandriladora Portátil

Fuente: (SEMAG,2015).

## 2.2 Repotenciación de máquinas industriales

### 2.2.1 Repotenciación

Es el proceso de actualización o mejoramiento de un equipo o sistema, que, tras su utilización en un transcurso de tiempo, ha perdido el funcionamiento eficiente de sus partes, cayendo en la obsolescencia. El resultado de la repotenciación de una máquina por lo general implica: “el mejoramiento de la capacidad de carga, de la operación del equipo y el mejoramiento tecnológico de todos los sistemas involucrados en la máquina” (Barros, y otros, 2013).

Repotenciar una máquina implica que alguna de las partes que la componen se modifican o reemplazan debido a que dejan de ser funcionales, la opción más conveniente en términos económicos, es la modificación de las partes afectadas manteniendo el sistema o elemento original dañado, tras realizar reforzamientos o actualizaciones tecnológicas (Barros, y otros, 2013).

Dentro de los avances y elementos tecnológicos más significativos para repotenciar maquinaria industrial se incluyen los sistemas de servomotores, manipuladores eléctricos, sensores, controles numéricos, controladores PLC, softwares, componentes de seguridad, dispositivos robóticos y equipos ambientalmente amigables (Barros, y otros, 2013).

“En la repotenciación debe considerarse la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como objetivo la satisfacción de los nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes” (Barros, y otros, 2013).

### **2.2.2 Posibilidades y límites**

No todas las máquinas son susceptibles de ser repotenciadas, previo a una repotenciación se deben analizar las características propias de cada equipo con un diagnóstico técnico de las posibilidades y límites de los sistemas (Barros & Yajamín, 2013).

“Algunos de los componentes que con mayor frecuencia se pueden intervenir en una máquina son: motores, sistemas de transmisión de potencia, controlador, interfaz hombre máquina, finales de carrera, paro de emergencia, fuentes y regulador de potencia. Depende de las características que se quieran para el equipo estos componentes pueden variar, a la vez que sus características” (Barros & Yajamín, 2013).

“La reconstrucción mecánica puede incluir desde el reajuste de guías, la reparación del cabezal hasta la eliminación de holguras, mientras que la reconstrucción electrónica puede implicar desde una simple actualización del software hasta el reajuste de parámetros dinámicos en los controladores de potencia ('drivers')” (Barros & Yajamín, 2013).

### **2.2.3 Ventajas de una repotenciación**

Al modernizar una máquina, sistema o elemento según los accesorios y el grado de reformas (Barros & Yajamín, 2013), se obtienen las siguientes ventajas:

- Mejor disponibilidad y aumento de productividad.
- Operación y programación más convenientes.
- Ciclos más rápidos para el procesamiento de componentes complejos.
- Mejor precisión y acabados superficiales.
- Reducción de pausas y tiempos de parada.
- Mayor capacidad de almacenamiento.
- Reducción de la inversión en comparación con la adquisición de maquinaria nueva.

## **2.3 Controlador Lógico Programable Schneider TM221CE24R**

### **2.3.1 Generalidades**

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos definen al PLC como: “Un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como puede ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos” (Calero & Cujilema, 2017).

Llevan algunos años en el mercado, controlan y supervisan las operaciones de los procesos industriales de una manera sostenible, flexible, eficiente y segura. Estos PLC proporcionan

tecnología punta con conectividad Ethernet/ModBus, ciberseguridad incorporada y la potencia de procesamiento necesaria para el análisis de datos masivos y la protección contra vulnerabilidades de los activos industriales conectados, a través de dispositivos o en la nube (Schneider, 2016).

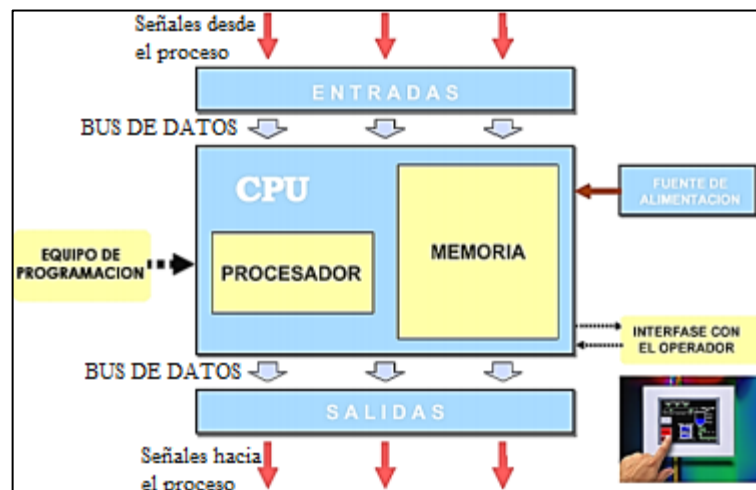


**Figura 3-2:** PLC Schneider TM221CE24R

Fuente: (Schneider, 2018).

### 2.3.2 Estructura de un PLC

Sus características de fabricación son similares a las de un computador, debido a que ambos cumplen la función principal de almacenar información para que pueda ser procesada, las partes fundamentales de un PLC son: la unidad central de proceso o CPU y las interfaces de entrada/salida (Figura 4-2). La CPU es el cerebro del PLC, está formada por el procesador y la memoria.



**Figura 4-2:** Estructura de un PLC

Fuente: (Calero & Cujilema, 2017).

### 2.3.3 Lenguajes de programación para PLC



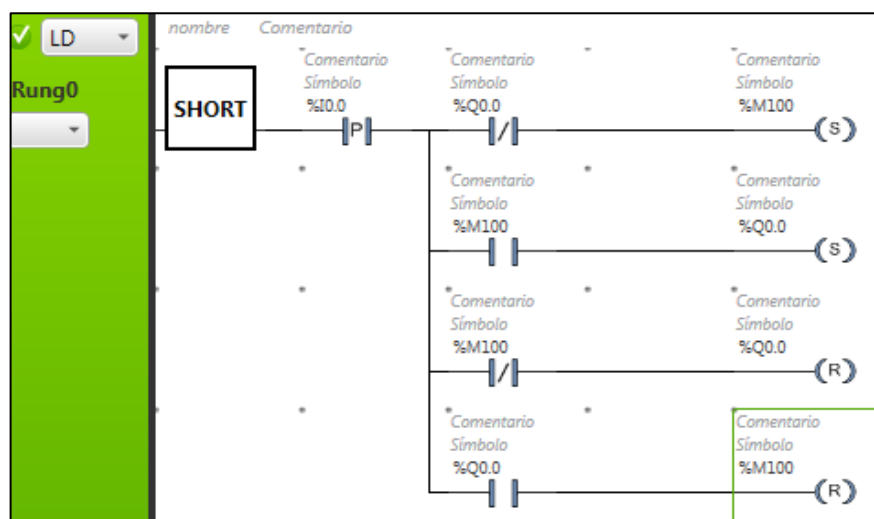
Un programa es un conjunto de acciones cuyo fin es demostrar las instrucciones, órdenes y símbolos identificables por el PLC seleccionado, mediante su unidad de programación la cual permite ejecutar un control secuencial deseado. Por su parte, el lenguaje de programación es el que permite ingresar al usuario un programa de control en la memoria del PLC, utilizando una sintaxis establecida (Yumisaca & Daquilema, 2016).

El PLC Schneider TM221CE24R se puede programar desde el software oficial de Schneider llamado SoMachine Basic, bajo los lenguajes de programación que son compatibles con la norma IEC 61131-3 que se detallan a continuación:

- LD: Diagrama de contactos
- IL: Lista de instrucciones
- GRAFCET (SFC)

**a. Diagrama de contactos o escalera (LD):** También conocido como lenguaje de programación Ladder, es un lenguaje gráfico utilizado para escribir el programa que se cargará desde el computador hacia el controlador lógico, este lenguaje está basado en esquemas eléctricos clásicos, por ende, facilita al usuario la utilización del mismo para la programación y desarrollo de trabajos. Este esquema es utilizado por la mayoría de fabricantes de PLC a nivel mundial para el desarrollo de la programación de sus dispositivos (Yumisaca & Daquilema, 2016 pág. 13).

(IEC 61131-3, 2003), menciona las características de utilización del diagrama Ladder: un programa LD permite al controlador programable probar y modificar datos por medio de símbolos gráficos estandarizados, estos símbolos se presentan en redes de manera similar a un "peldaño" de un diagrama lógico de escalera de relés, las redes LD están limitadas de izquierda y derecha por rieles de alimentación. En la Figura 5-2 se puede observar un ejemplo de diagrama Ladder.



**Figura 5-2:** Ejemplo de programación diagrama Ladder

Fuente: (Schneider, 2016).

**b. Lista de instrucciones (IL):** Utiliza una sintaxis de algebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control, se lo conoce también como lenguaje booleano, utiliza funciones del tipo AND, OR y NOT para implementar programas de control (Yumisaca & Daquilema, 2016 pág. 14).

Una lista de instrucciones se compone de una secuencia de instrucciones, cada instrucción empieza en una nueva línea y contiene un operador con modificadores opcionales, de ser necesario para una operación particular, contiene uno o más operadores separados por comas, los operadores u operandos pueden ser cualquiera de las representaciones de datos, valores numéricos o variables definidas (IEC 61131-3, 2003). En la Figura 6-2 se puede observar un ejemplo de programación utilizando lista de instrucciones para el enclavamiento de una carga.



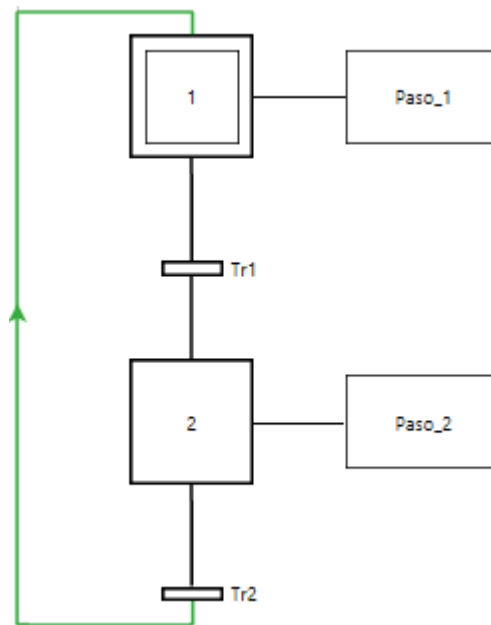
nombre	Comentario
0000	LD 1 Comentario
0001	AND ( %I0.1 inicio
0002	OR %Q0.0 enclavamiento
0003	) Comentario
0004	ANDN %I0.0 paro
0005	ST %Q0.0 set carga

**Figura 6-2:** Ejemplo de programación lista de instrucciones

Fuente: (Schneider, 2016).

**c. Lenguaje de funciones secuenciales (SFC):** El programa de funciones secuenciales es similar a un diagrama de flujo, es utilizado por programadores de mayor trayectoria debido a que explota la concepción algorítmica para que el proceso cumpla con una secuencia, este lenguaje ayuda a constituir subprogramas o subrutinas, es decir sigue una secuencia donde un programa fluye de un punto a otro cuando haya satisfecho una condición. Así entonces cuando el programa activa una de las etapas al mismo tiempo, desactiva la anterior que ya fue ejecutada. (Yumisaca & Daquilema, 2016 pág. 15).

Es decir, este diagrama describe gráficamente el comportamiento secuencial de un programa de control. Los elementos del SFC proporcionan un medio para subdividir en un conjunto de etapas y transiciones interconectadas por medio de enlaces directos una unidad de organización de Programa (POU) de un autómata programable. “Cada etapa lleva asociados un conjunto bloques de acción, y cada transición va asociada a una condición de transición, que cuando se cumple, causa la desactivación de la etapa anterior a la transición y la activación de la siguiente. Los bloques de acción permiten realizar el control del proceso” (IEC 61131-3, 2003).



**Figura 7-2:** Ejemplo de programación GRAFCET POU

Fuente: (Schneider, 2016).

Los lenguajes bajo los cuales se puede programar un PLC están interrelacionados y permiten su empleo en conjunto para resolver un problema común según la experiencia del usuario. La norma IEC 61131-3, 2003 menciona que la selección del lenguaje de programación de trabajo, comúnmente depende de:

- Los conocimientos del programador,
- El problema a tratar,
- El nivel de descripción del proceso,
- La estructura del sistema de control,
- La coordinación con otras personas o departamentos requeridos.

#### 2.4 Final de carrera AZ-7121 NAIS

Es un interruptor de límite que puede ser utilizado en varios mecanismos para controlar la posición de las partes móviles de máquinas industriales, este elemento está diseñado para controlar el movimiento de una parte mecánica, normalmente se utiliza en aplicaciones de control industrial para monitorear automáticamente e indicar si se han excedido los límites de viaje o recorrido de un dispositivo en particular. Este elemento posee un contacto normalmente abierto (NA) y un contacto normalmente cerrado (NC), además, puede funcionar tanto en voltaje de corriente continua y corriente alterna (Industriales Andes, 2019).



**Figura 8-2:** Final de carrera AZ7121 NAIS

**Fuente:** (Industriales Andes, 2019).

## **2.5 Motor paso a paso**

### **2.5.1 Generalidades**

Un motor paso a paso no es nada más que un motor de corriente continua que no posee escobillas, además puede ser de imanes permanentes o reluctancia variable cuya característica de trabajo es el de rotar en ambas direcciones, moverse con incrementos angulares, también pueden sostener un torque de retención a velocidad cero y controlarse con circuitos digitales. Son utilizados en la mayoría de mecanismos donde requiera de movimientos muy precisos, cuya característica principal es el hecho de poder moverse un paso a la vez por cada pulso que se le aplique.

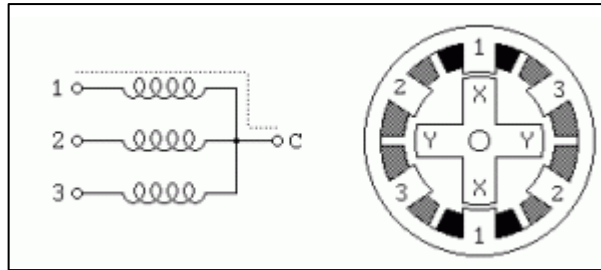
### **2.5.2 Principio de funcionamiento**

Un motor de paso a paso está normalmente constituido por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras, estas a su vez forman parte del estator. Además, se debe tomar en cuenta que toda la conmutación de alimentación eléctrica debe ser manejada por un controlador.

### **2.5.3 Tipos de motores paso a paso**

Se pueden distinguir los siguientes tipos de motores de paso a paso:

*Motor paso a paso de reluctancia variable.* - Este motor no posee un campo magnético permanente, como resultado puede moverse sin limitaciones o sin un par de parada. Este tipo de montaje es el menos común y se utiliza, habitualmente, en aplicaciones que no requieran un alto grado de par de fuerza, como puede ser el posicionamiento de un mando de desplazamiento (Ingeniería Mecafenix, 2017).



**Figura 9-2:** Devanado motor de pasos

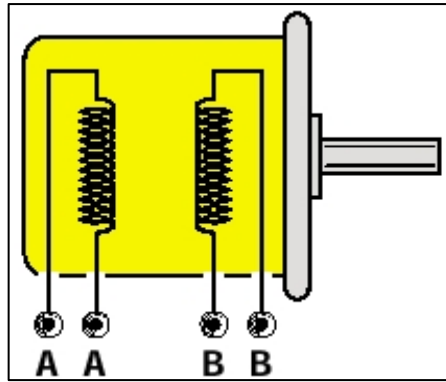
**Fuente:** (Ingeniería Mecafenix, 2017).

*Motor paso a paso de imanes permanentes.* - Estos motores son los más utilizados en aplicaciones de robótica, dentro de este grupo existen motores unipolares y bipolares.

**Tabla 1-2:** Tipo de motores paso a paso de imanes permanentes

Tipo de motor	Descripción	Secuencias de activación
Unipolar	Suelen tener 5 o 6 cables de salida dependiendo de su conexión interna, de los cuales sus 4 cables son los que reciben los pulsos que indican la secuencia y duración de los pasos, en cuanto a los cables restantes sirven como alimentación del motor.	<p><b>Secuencia normal:</b> En esta secuencia el motor avanza un paso por vez, siempre existen dos bobinas activadas, obteniendo un alto torque de paso y retención.</p> <p><b>Secuencia paso completo:</b> También conocido como secuencia de bobina simple ya solo activa una bobina por vez, esto brinda un funcionamiento más suave, con un torque de paso y retención menor que la secuencia normal.</p> <p><b>Secuencia medio paso:</b> Con esta secuencia se logra que las bobinas se activen de tal manera que se combinen las secuencias anteriores, el resultado que se ocasiona es un paso más corto, primero se activa dos bobinas para posteriormente se active solo una y así sucesivamente (Ingeniería Mecafenix, 2017).</p>
Bipolar	Poseen por lo general 4 cables de conexión, requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento, esto se hace a través de la tarjeta controladora. Su uso no es tan común como en el caso de los de tipo unipolar.	<p><b>Secuencia para manejarlo:</b> Como se dijo, estos motores requieren de la inversión de la corriente que circula por sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, el sentido de giro está determinado por la secuencia seguida (Ingeniería Mecafenix, 2017).</p>

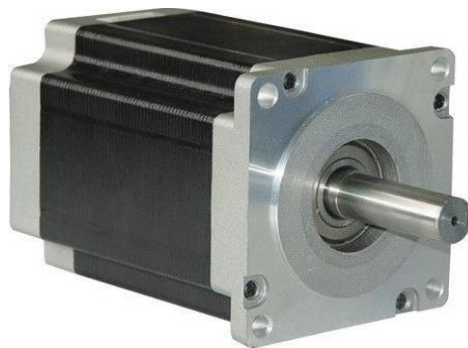
**Fuente:** (Ingeniería Mecafenix, 2017).



**Figura 10-2:** Motor de pasos bipolar

**Fuente:** (Ingeniería Mecafenix, 2017).

*Motor paso a paso híbrido.* - La expresión Motor paso a paso híbrido se refiere a un motor eléctrico del tipo paso a paso, cuyo funcionamiento se basa en la combinación de los otros dos tipos de motores paso a paso, el Motor de reluctancia variable y el motor de magnetización permanente (Ingeniería Mecafenix, 2017).



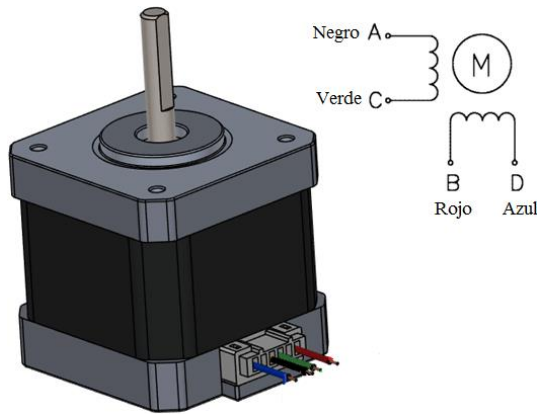
**Figura 11-2:** Motor paso a paso híbrido

**Fuente:** (Ingeniería Mecafenix, 2017).

#### 2.5.4 *Motor paso a paso NEMA 23*

Es un motor bipolar híbrido de alto torque que posee un ángulo de paso de  $1.8^\circ$  equivalente a 200 pasos/revolución. Cada fase a un voltaje de 3.2 V consume 2.8 A, lo que permite un par o torque de 19 kgf-cm. Este motor se utiliza generalmente en impresoras 3D, máquinas CNC, máquinas de control preciso, cortadores láser, actuadores lineales y discos duros (Components 101, 2019).

El motor tiene cuatro cables codificados por colores (negro, verde, rojo y azul) terminados con cables desnudos, el cable negro con el cable verde está conectado a una bobina, y el cable rojo con el azul está conectado con la otra bobina. Este motor gira solo si las bobinas se energizan en una secuencia lógica, esta secuencia se puede programar usando un microcontrolador o diseñando un circuito digital. Por lo general este motor se controla mediante dos puentes en H, pero se recomienda utilizar un controlador de motor paso a paso (Components 101, 2019).



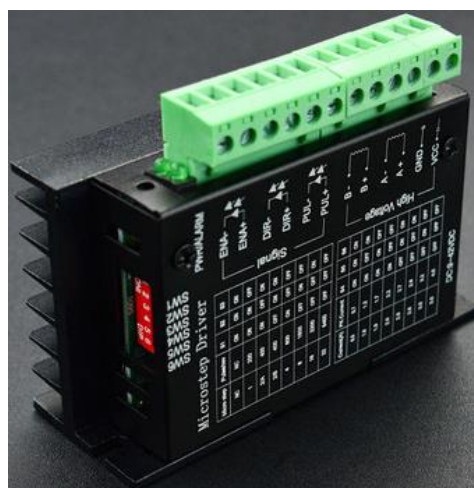
**Figura 12-2:** Motor paso a paso NEMA 23

**Fuente:** (Components 101, 2019).

### 2.5.5 *Driver de potencia TB660*

Es un controlador profesional fácil de usar para motores paso a paso de dos fases, es compatible con Arduino y otros microcontroladores que emitan un pulso de señal digital de 5 Vcd. Este controlador tiene una entrada de alimentación de amplio rango, de entre 9 a 42 Vcd, y es capaz de soportar una corriente máxima de 4 A, que es suficiente para trabajar con la mayoría de los motores paso a paso (DFROBOT, 2017).

El controlador TB6600 (Figura 13-2), permite el control de velocidad y de dirección de giro, se pueden configurar el tipo de pasos de secuencias y la corriente de salida del driver utilizando los 6 interruptores DIP que posee. En total existen 7 tipos de micro pasos disponibles y 8 valores de configuración de corriente de salida. Todos los terminales de señal adoptan aislamiento de opto acoplador de alta velocidad, mejorando su capacidad de interferencia anti-alta frecuencia (DFROBOT, 2017).



**Figura 13-2:** Driver TB6600

**Fuente:** (DFROBOT, 2017).

Los micro pasos se controlan utilizando los tres primeros interruptores DIP, las configuraciones posibles se muestran en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Configuración micro pasos con los interruptores DIP

Micro pasos	Pulsos / revolución	S1	S2	S3
NC	NC	ON	ON	ON
1	200	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OFF

Fuente: (DFROBOT, 2017).

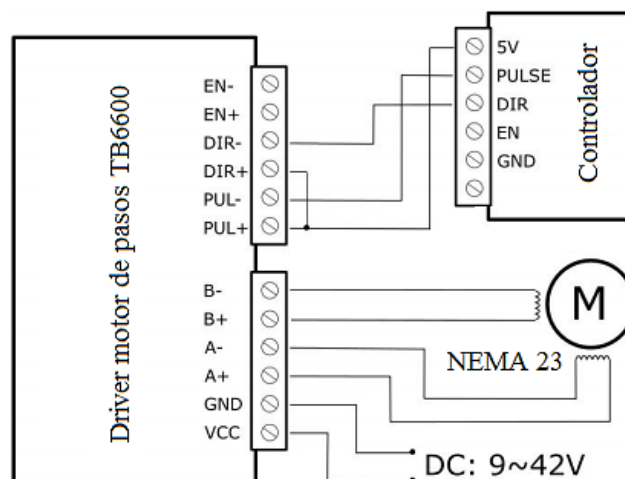
La corriente de consumo permitida por el motor de pasos se configura utilizando los tres últimos interruptores DIP del driver, las configuraciones posibles se muestran en la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Configuración de corriente de salida con los interruptores DIP

Corriente de salida (A)	S4	S5	S6
0.5	ON	ON	ON
1.0	ON	OFF	ON
1.5	ON	ON	OFF
2.0	ON	OFF	OFF
2.5	OFF	ON	ON
2.8	OFF	OFF	ON
3.0	OFF	ON	OFF
3.5	OFF	OFF	OFF

Fuente: (DFROBOT, 2017).

En la Figura 14-2 se observa el esquema de conexión de un motor NEMA 23 conectado al driver TB6600, a su vez se utiliza una tarjeta arduino para controlar el funcionamiento del motor.



**Figura 14-2:** Motor NEMA 23 con driver TB6600

Fuente: (DFROBOT, 2017).



## 2.6 Motor de inducción



**Figura 15-2:** Motor SIMOTICS GP

Fuente: (SIEMENS, 2019).

### 2.6.1 Generalidades

Es un motor de corriente alterna, todos los motores de inducción están formados por un rotor y un estator. El rotor puede ser de dos tipos, jaula de ardilla o bobinado, y en el estator se encuentran las bobinas inductoras, este tipo de motor fue diseñado por Nikola Tesla (Piñero & Maza, 2015 pág. 2).

### 2.6.2 Principio de funcionamiento

El funcionamiento de los motores de inducción está basado en la interacción del rotor y el estator por medio de la inducción electromagnética. Al aplicar una corriente alterna trifásica a las bobinas del estator, se produce un campo magnético conocido como campo rotante. Este campo induce corrientes en el rotor, que a su vez produce un campo magnético giratorio a velocidad síncrona con respecto al estator. Por el principio de inducción mutua, se produce un par motor que hace que el rotor gire, la velocidad del rotor será ligeramente inferior a la del campo rotante, de ahí el nombre de motores asíncronos. A esta diferencia de velocidades se denomina deslizamiento (Piñero & Maza, 2015 pág. 2).

### 2.6.3 Control de velocidad del motor

La velocidad de giro de un motor asíncrono se determina en base a la frecuencia de la red de tensión de alimentación y el número de polos del motor. (Piñero & Maza, 2015), mencionan que, al controlar cualquiera de las variables mencionadas, se obtiene una variación de la velocidad del motor. El método más sencillo y utilizado en la industria es el de variar la frecuencia de alimentación, lo que provoca que varíe proporcionalmente la velocidad de los campos magnéticos del motor, lo que implica el cambio de velocidad del mismo, este método permite la obtención de

un amplio rango de velocidades, un par máximo del motor, y un buen rendimiento para arranque/parada (Piñero & Maza, 2015).

#### **2.6.4 Motor SIMOTICS GP 1hp**

Es un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico, está diseñado para aplicaciones generales que requieran movimientos continuos o periódicos, así como movimientos potentes con velocidad fija o variable, se utilizan comúnmente en bombas, ventiladores, compresores, cintas transportadoras, elevadores, equipos de elevación y desplazamiento, bobinadoras, mezcladoras, amasadoras y centrífugos (SIEMENS, 2019).

### **2.7 Variador de frecuencia**

#### **2.7.1 Generalidades**

Un variador de frecuencia (VDF), es un dispositivo electrónico capaz de controlar completamente la velocidad rotacional de un motor de inducción por medio del control de la frecuencia de corriente alterna de alimentación suministrada al motor (Arana, 2017).

#### **2.7.2 Principio de funcionamiento**

Convierte la frecuencia y tensión fija de la red en magnitudes variables, para ello, un variador de frecuencia realiza el siguiente proceso: conversión de corriente alterna a corriente continua, filtrado de la onda de corriente directa, convertir la corriente continua a la variable de corriente alterna mediante un inversor o conmutación utilizando transistores, en la etapa final el variador calcula y ajusta continuamente la frecuencia y tensión de suministro al motor dentro de los valores mínimos y máximos de la frecuencia de operación para proporcionar solo la potencia y velocidad configurada (Arana, 2017).

#### **2.7.3 Variador de frecuencia DELTA VFD-EL 1hp**

Este variador se puede conectar a una red de alimentación monofásica o trifásica, y solo se utiliza para controlar motores de inducción de 3 fases, posee una protección completa contra sobrecarga, protección contra cortocircuitos, protección contra sobrecalentamiento del motor, además, posee un ventilador amovible para un fácil mantenimiento del dispositivo, y se puede configurar e integrar a otros elementos utilizando el protocolo de comunicación ModBus estándar vía un puerto RS-485 (DELTA, 2008).



**Figura 16-2:** Variador VDF-3L 1hp

**Fuente:** (DELTA, 2008).

## CAPÍTULO III

### 3. ESTADO INICIAL, SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL

La mandrinadora portátil perteneciente a la empresa SEMAG, es una máquina de fabricación artesanal, y no cuenta con datos de funcionamiento nominales emitidos por un fabricante, por lo cual se requiere una evaluación del funcionamiento de la misma, en conjunto con un análisis del estado técnico de todos los componentes que posee la máquina.

La evaluación del estado de la máquina mandrinadora, permite establecer los parámetros actuales de funcionamiento de la misma, siendo el punto de partida para determinar las actividades de mantenimiento mejorativo o repotenciaci3nes requeridas.

#### 3.1 Identificaci3n de la máquina mandrinadora portátil

La Figura 1-3 muestra una vista lateral de la máquina mandrinadora portátil previo al proceso de repotenciación.



**Figura 1-3:** Máquina mandrinadora portátil empresa SEMAG.

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 1-3:** Detalle componentes mandrinadora portátil

Ítem	Elemento	Ítem	Elemento
1	Motor principal	7	Pulsador de arranque
2	Moto reductor de velocidad	8	Pulsador de paro
3	Carcasa	9	Conector alimentaci3n eléctrica
4	Ejes guía	10	Mecanismo husillo
5	Estructura de soporte principal	11	Motor de avance
6	Carro longitudinal		

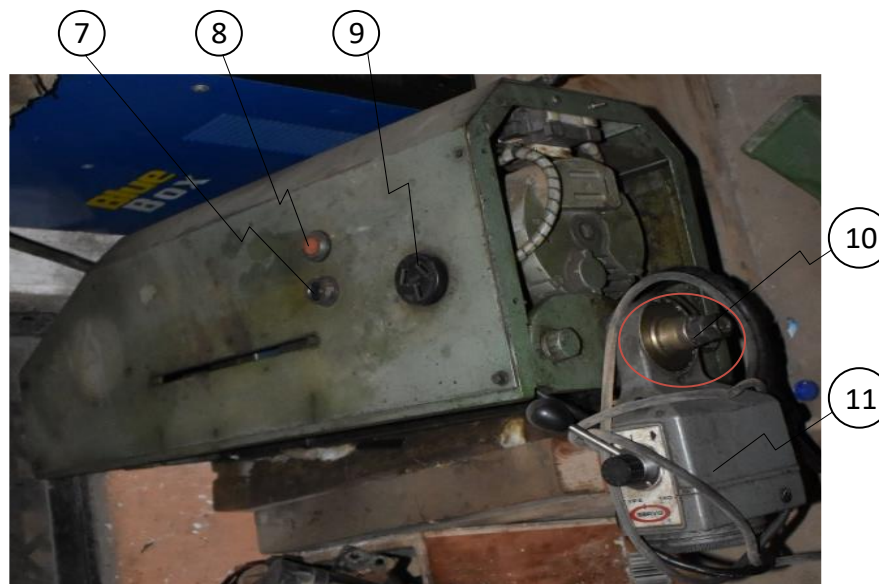
Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

En la Tabla 1-3, se enlistan los componentes principales de la mandrinadora portátil, mismos que se pueden observar en las Figuras 2-3 y 3-3.



**Figura 2-3:** Componentes principales mandrinadora portátil

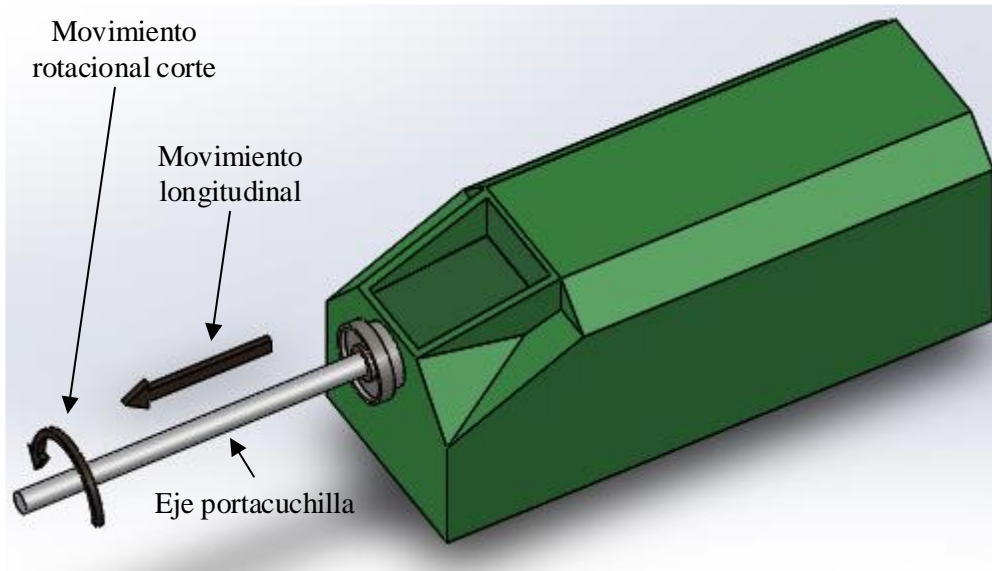
Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 3-3:** Componentes principales mandrinadora portátil

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

Para la actividad de mandrinado, la máquina produce en su eje porta cuchilla dos tipos de movimiento de trabajo, un movimiento de avance/retroceso longitudinal y un movimiento rotacional o de corte (Figura 4-3).



**Figura 4-3:** Movimientos de corte para mandrinado

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2 Estado técnico de los componentes principales de la maquina mandrinadora portátil

A continuación, se detallan los componentes principales de la mandrinadora portátil con su estado técnico de funcionamiento.

#### 3.2.1 Motor monofásico jaula de ardilla

Este elemento genera el movimiento rotacional de corte de la mandrinadora portátil, se acopla con un reductor de velocidad al que se enlaza el eje porta cuchilla.

Este motor trabaja a una velocidad de giro fija, lo cual implica que, para todos los tipos de materiales de trabajo, así como para las actividades de desbastado o de acabados de superficies solo se pueda utilizar la misma velocidad rotacional de corte.

La Tabla 2-3, muestra los parámetros de funcionamiento del motor instalado en la mandrinadora.

**Tabla 2-3:** Parámetros de funcionamiento motor eléctrico

Ítem	Parámetro	Detalle
1	Tipo motor	Monofásico con condensador de arranque
2	Alimentación eléctrica	110 Vca
3	Intensidad máxima de trabajo	14,6 A
4	Frecuencia	60 Hz
5	RPM	3535

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 5-3 muestra el acoplamiento entre el motor eléctrico y el reductor de velocidades, al momento de la evaluación el motor monofásico cumple con su función principal, pero muestra un deterioro externo e interno de sus componentes.



**Figura 5-3:** Motor y reductor de velocidades

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2.2 *Reductor de velocidad*

Este elemento internamente se compone de un sistema de engranajes que cumple el objetivo de reducir las revoluciones de giro que recibe del motor monofásico y aumentar el torque de trabajo que se entrega al eje porta cuchilla para la realización de actividades de corte/desbastado.

La Figura 6-3 muestra el reductor de velocidad, mismo que presenta un estado óptimo de trabajo, y presenta un buen estado físico de sus componentes al momento de la evaluación.



**Figura 6-3:** Reductor de velocidad

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 3-3:** Parámetros de funcionamiento moto reductor

Ítem	Parámetro	Detalle
1	Relación de reducción moto reductor	21, 94:1
2	Peso moto reductor 25/2	15,5 kg

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2.3 *Motor servo type 140 Power Feed*

Este elemento se conecta al mecanismo con husillo que es el encargado de desplazar al carro longitudinal sobre los ejes guía de la máquina mandrinadora, es decir, controla el sentido de avance o retroceso del eje principal de la máquina.

Este motor se activa únicamente de forma manual, posee una palanca para el control de la dirección de avance/retroceso, utiliza una perilla para variar la velocidad de dicho movimiento, al momento de la evaluación existe un control impreciso en la regulación de velocidad del movimiento longitudinal, siendo la experiencia y perspicacia de los usuarios la que determina el ajuste correcto de la misma.

La Figura 7-3 muestra el motor con sus elementos, al inspeccionar el componente entero se aprecia la existencia de un deterioro externo, y desgaste de sus elementos internos.



**Figura 7-3:** Motor servo type 140 Power Feed

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 4-3:** Parámetros de funcionamiento motor servo type 140

Ítem	Parámetro	Detalle
1	Alimentación eléctrica	110 Vca
2	Intensidad máxima de trabajo	2,5 A
3	Frecuencia	50/60 Hz
4	Peso aproximado	6,8 kg
5	Relación de reducción de engranajes (motor al eje del tornillo):	72: 1
6	Par máximo (motor en serie de media onda):	a 140 in - lb. / 15.8 NM torque
7	Velocidad de alimentación variable:	0.75-25 IPM / 19-635 mm / min (tabla y cruz) 0.5-12 IPM / 13-305 mm / min (rodilla)

**Fuente:** (Servo Products Company, 2019)

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2.4 Eje porta cuchilla

En este elemento se aloja la cuchilla de corte, y se regula la profundidad de corte en base al diámetro final deseado, dicha distancia al momento se regula manualmente y se asegura mediante la utilización de un prisionero transversal.



La Figura 8-3 muestra el eje porta cuchillas con la respectiva cuchilla de trabajo, siendo el principal problema que presenta este elemento la calibración exacta del avance transversal o profundidad de corte de la cuchilla que se regula en el eje principal de la mandrinadora portátil.



**Figura 8-3:** Eje porta cuchilla

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2.5 *Manzanas de sujeción*

Su función principal es acoplar de manera efectiva la mandrinadora al elemento a mandrinar mediante soldadura de los pernos de sujeción y su respectivo ajuste posterior.

En la Figura 9-3 se puede observar una de las manzanas, misma que muestra desgaste de los pernos de sujeción debido a los procesos de soldadura repetitiva, a los que se halla sometida para acoplar y garantizar un buen ajuste y estabilidad de la mandrinadora portátil con respecto al objeto a mandrinar.



**Figura 9-3:** Manzanas de sujeción

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

Los bujes de los cojinetes de fricción mostrados en la Figura 10-3, presentan desgaste debido a las cargas radiales de peso y fricción a las que trabajan, su estado actual implica un ajuste impreciso de las manzanas con respecto al eje principal de la mandrinadora lo cual puede ocasionar una leve excentricidad en el movimiento de corte de la máquina, y producir un proceso de mandrinado deficiente que implica la necesidad de reproceso del trabajo realizado y pérdidas monetarias por mano de obra e insatisfacción del cliente.



**Figura 10-3:** Bujes manzanas de sujeción

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.2.6 Ejes guía

Sobre estos elementos se desplazan las partes móviles que se encargan de la actividad de mandrinado, están diseñados para soportar el peso de los elementos, así como el movimiento de trabajo de los mismos sobre ellos.

La Figura 11-3 muestra los ejes guía, también se puede apreciar un estado aceptable de los mismos significando que aún se encuentran dentro de la vida útil de trabajo.



**Figura 11-3:** Ejes guía

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Tabla 5-3, muestra el resumen de las falencias identificadas al momento de la evaluación técnica del funcionamiento general de la máquina mandrinadora con respecto a los movimientos de corte longitudinal y transversal.

**Tabla 5-3:** Resumen falencias de funcionamiento general encontradas

Ítem	Actividad	Características	Consecuencias
1	Movimiento longitudinal	Control manual Control impreciso de la velocidad	No existe un método eficiente para regular bajo criterios técnicos la velocidad longitudinal de corte en base al tipo de actividad que se realiza y en base al material. Proceso de mandrinado defectuoso, no se cumplen con las características requeridas para el acabado final de las superficies mandrinadas
2	Movimiento rotacional de corte	Velocidad fija de rotación	Se producen proceso de mandrinado defectuosos, ya que no existe un rango variable de velocidades de corte acorde a criterios técnicos en base al tipo de actividad que se realiza y en base al tipo de material de trabajo.
3	Regulación profundidad de corte	Ineficiente Imprecisa	Toma un tiempo prolongado regular la profundidad de corte Proceso de mandrinado defectuoso, no se cumplen con las características requeridas para el acabado final de las superficies mandrinadas
4	Lubricación en soportes eje principal	Inexistente	Desgaste prematuro de bujes en los soportes principales Proceso de mandrinado defectuoso por excentricidad

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

Tras identificar las falencias de funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil, y describir las características y estado técnico de sus elementos principales, en la Tabla 6-3 se muestra en resumen los componentes evaluados, su estado técnico y la descripción de su funcionamiento.

**Tabla 6-3:** Componentes evaluados para repotenciación

Ítem	Equipo	Estado técnico	Detalle funcionamiento
1	Motor monofásico con condensador de arranque	Regular	Cumple la función principal, trabaja a una velocidad fija para todo tipo de actividad, presenta un desgaste externo e interno de sus componentes.
2	Reductor de velocidad (moto reductor)	Bueno	Cumple la función principal, muestra interna y externamente un estado óptimo de sus componentes.
3	Contactador electromagnético	Regular	Cumple la función principal, muestra señales de desgaste extremo, en sus contactos principales.
4	Motor de avance	Deteriorado	Cumple la función principal, limitando la selección de avance y retroceso de manera manual, y con un ineficaz control de velocidad del movimiento de avance/retroceso.
5	Pulsador de arranque	Deteriorado	Se encuentra puenteado directamente, no cumple la función principal.
6	Pulsador de paro	Deteriorado	Obsoleto, se encuentra puenteado directamente la corriente, no cumple la función principal.

7	Manzanas (soporte de eje porta cuchilla o usillo)	Bueno	Cumple la función principal, el bocín central y los pernos sujetos a soldadura para acople presentan un alto nivel de desgaste.
---	---	-------	---

Continúa

Ítem	Equipo	Estado técnico	Detalle funcionamiento
8	Manzana principal	Bueno	Cumple la función principal, muestra señales de desgaste extremo.
9	Eje porta cuchilla (usillo 1400mm)	Bueno	Cumple la función principal, con el inconveniente de que no se puede regular la distancia de corte transversal de manera exacta, siendo el operario quien verifica la misma tras cada paso de avance total de la cuchilla.
10	Final de carrera	Deteriorado	Obsoletos, no cumplen la función para la cual fueron colocados en la mandrinadora inicialmente.
11	Tornillo sin fin (Paso)	Bueno	Cumple la función principal, muestra señales aceptables de desgaste.
12	Ejes guía	Bueno	Cumple la función principal, muestra señales aceptables de desgaste superficial.

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.3 Selección de equipos para repotenciación

#### 3.3.1 Criterios de selección de componentes para repotenciación

Los materiales, equipos y componentes escogidos para el proceso de repotenciación satisfacen y corrigen las falencias de funcionamiento detectadas en la evaluación del estado técnico de la máquina mandrinadora portátil, para ello se establecieron criterios generales y criterios técnicos para la selección de los mismos con la finalidad de la ejecución de una repotenciación exitosa a un costo razonable y que ofrezca una vida útil considerable de la máquina.

**Tabla 7-3:** Criterios para la selección de componentes

Criterios generales	Criterios técnicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor monetario de los elementos.</li> <li>• De fácil acceso en el mercado local o nacional.</li> <li>• Vida útil nominal, resistencia y durabilidad.</li> <li>• Superficies anticorrosivas.</li> <li>• Grado IP (Resistentes al polvo y humedad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de funcionamiento requeridos</li> <li>Potencia eléctrica</li> <li>Voltaje</li> <li>Intensidad eléctrica</li> <li>Torque o par motriz</li> </ul>

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

En base a los resultados obtenidos de la evaluación de la condición técnica de la máquina, en este apartado se incluye la selección de materiales y la función que cumplirán los mismos en el sistema tanto para la mandrinadora, así como para su tablero de control.

La repotenciación de la máquina mandrinadora portátil se enfocará en reemplazar aquellos elementos que ya no cumplen a cabalidad la función para la que fueron diseñados, se pretende

mejorar el control en cuanto a tres factores primordiales que incluyen el movimiento longitudinal de avance/retroceso, el movimiento rotacional de corte, y la precisión de la profundidad de corte transversal que se regula desde el eje porta cuchillas.

### 3.3.2 Selección de dispositivos eléctricos y electrónicos

En la Tabla 8-3 se enlistan de los equipos eléctricos y electrónicos que se implementarán como parte del proceso de repotenciación de la máquina mandrinadora, además, se describen sus características y parámetros de funcionamiento principales.

**Tabla 8-3:** Componentes electrónicos y eléctricos seleccionados

Ítem	Elemento	Descripción	Función	Parámetros de funcionamiento
1	PLC Schneider TM221CE24R	Este PLC posee las entradas/salidas digitales suficientes para que se conecten los elementos de mando/control, así como los elementos de potencia o actuadores del proceso. Además, se programa desde una interfaz sencilla, simple y liviana que puede instalarse en casi cualquier computador.	Se encargará del control del proceso de mandrinado, receipta las señales provenientes del tablero de control y envía señales digitales a los elementos correspondientes para el control de velocidad de los movimientos longitudinal y de corte del eje porta cuchilla.	<b>Alimentación</b> 110-220 Vca (1~) 0.31 A
2	Motor trifásico Siemens GP	Este motor reemplaza al motor monofásico que era de menor capacidad y se encontraba en estado de deterioro, además, brindará una mayor potencia al proceso de mandrinado.	Genera el par motor que se suministra al proceso para el movimiento rotacional de corte.	<b>Alimentación</b> 1 hp 220 Vca (3~)
3	Variador de frecuencia VFD007EL11A	Este variador se dimensiona en base al motor implementado, se conecta a líneas monofásicas, y suministra al motor un voltaje trifásico a tensión y frecuencia variable para compensar y obtener un par de trabajo estable.	Varia y asegura el suministro adecuado de energía para controlar la velocidad del motor principal, también cumple con una función para arranque suave y parada del motor, siendo un elemento muy eficiente en cuanto a ahorro energético.	<b>Alimentación</b> 120 Vca (1~) 1hp <b>Salida</b> 220 Vca (3~)
4	Motor de pasos NEMA 23hs45-3504s	Este motor posee un torque elevado y gran precisión de giro (1.8°/paso), para generar una revolución de su eje	Se encarga del movimiento de avance a una velocidad precisa y controlada.	<b>Alimentación</b> 24 Vcd 2.8 A

		necesita recibir una secuencia de 200 pasos		
5	Driver motor a pasos NEMA 23	Este dispositivo es un elemento fiable, diseñado específicamente para el accionamiento de motores de pasos de hasta 5 amperios.	Permite configurar las condiciones de trabajo del motor de pasos, recepta las pulsaciones de trabajo y las convierte en revoluciones con avance de trabajo determinado.	<b>Alimentación</b> 9-42 Vcd 5 A
6	Arduino NANO V3.0 ATMEGA 328	Esta tarjeta electrónica posee las características de hardware suficientes emitir las pulsaciones digitales necesarias para la activación del motor de pasos mediante su respectivo driver motor.	Envía las pulsaciones necesarias al driver del motor de pasos para controlar la velocidad de avance del mismo.	<b>Alimentación</b> 1 hp 220 Vca (3~)
7	Ventilador con filtro	El ventilador seleccionado tiene la capacidad de mover rápidamente el volumen de aire existente al interior del tablero eléctrico.	Sirve como elemento de enfriamiento y control de humedad para el interior del tablero eléctrico y sus distintos elementos y materiales.	<b>Alimentación</b> 5 w 120 Vca (1~) 0.048 A

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Tabla 9-3, muestra los elementos de control eléctrico seleccionados para la interfaz física del tablero de control de la maquina mandrinadora.

**Tabla 9-3:** Elementos eléctricos de control y señales de aviso (Interfaz física)

Ítem	Elemento	Función
1	Selector 4 posiciones	Controla la velocidad del motor a través de valores preestablecidos en el variador de frecuencia.
2	Selector 6 posiciones	Controla la velocidad de avance en rangos determinados por el motor de pasos.
3	Selector ON/OFF	Elemento de control de encendido y apagado de la máquina mandrinadora.
4	Botón de paro de emergencia	Elemento de seguridad para apagado total del proceso en caso de emergencia.
5	Luces piloto	Indican el estado de funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil.
6	Luces balastro 3 colores	Elemento indicador con sonido para cumplimiento de trabajo realizado y funcionamiento de la máquina mandrinadora.
7	Breaker 1 polo	Elemento de protección de cortocircuito y sobrecargas eléctricas.

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.4 REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA MANDRINADORA

#### 3.4.1 *Mantenimiento realizado a elementos de la mandrinadora portátil*

A continuación, se muestra los elementos que fueron sometidos a mantenimiento previo al montaje de los nuevos elementos integrados a la máquina.

##### 3.4.1.1 *Mantenimiento de manzanas de sujeción de la mandrinadora*

Para este elemento se cambiaron los pernos de sujeción que comúnmente se sueldan en los extremos del elemento a mandrinar y sirven de apoyo principal para la mandrinadora portátil, además se reemplazaron los bujes de los mismo utilizando bronce naval.

La Figura 12-3 muestra el eje principal con las manzanas después del mantenimiento.



**Figura 12-3:** Eje principal con manzanas reparadas

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.4.1.2 Pintura total de la estructura

La carcasa y gran parte de la estructura presentaba rasgos de desgaste y corrosión por lo cual se sometió a un proceso de pintura posterior a la respectiva limpieza y preparación de la superficie.

La Figura 13-3 muestra una vista del exterior de la máquina mandrinadora portátil después del proceso de repotenciación.



**Figura 13-3:** Máquina mandrinadora portátil vista exterior.

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

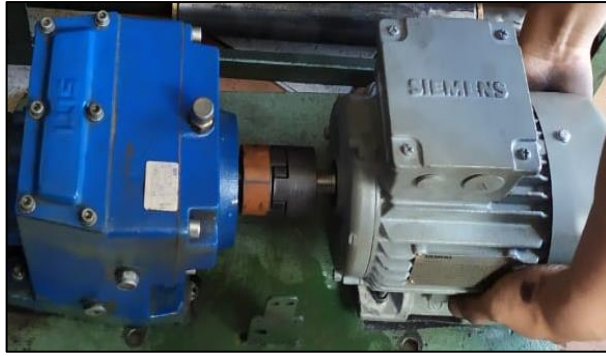
## 3.4.2 Implementación de los equipos seleccionados para la mandrinadora portátil

En este ítem se engloban las actividades de repotenciación realizadas a la máquina mandrinadora portátil que incluyen el montaje e implementación de los nuevos elementos eléctricos y electrónicos seleccionados, la justificación de su selección, y se detallan las actividades de mantenimiento realizadas a los elementos que se mantuvieron como parte del equipo.

### 3.4.2.1 Montaje motor principal

El nuevo motor principal, corresponde a un motor trifásico asíncrono jaula de ardilla acoplado al reductor de velocidad (Figura 14-3), este motor puede trabajar en diferentes rangos de velocidades con un par constante al utilizar un variador de frecuencia, las características que agrega este motor a la mandrinadora portátil influyen en la calidad de corte transversal en base a la tarea de corte o acabado superficial que realice la mandrinadora.





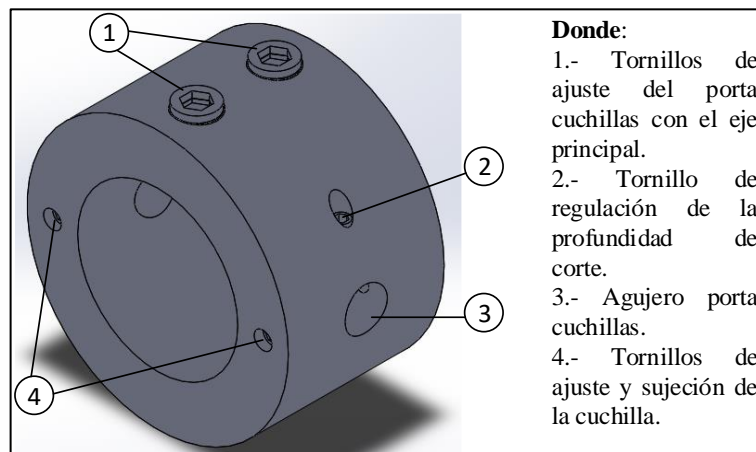
**Figura 14-3:** Montaje motor trifásico

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 3.4.2.2 Diseño y montaje de acople porta cuchillas

Este acople se realizó con el objetivo de mejorar el control de la distancia de avance de corte transversal o profundidad de corte de la cuchilla, y se logró al integrar un tornillo que mueve la cuchilla incrementando el radio de corte del eje 1mm por cada vuelta completa que se gira el mismo en sentido horario, el incremento mencionado se puede observar y comprobar mediante la utilización de relojes comparadores/palpadores.

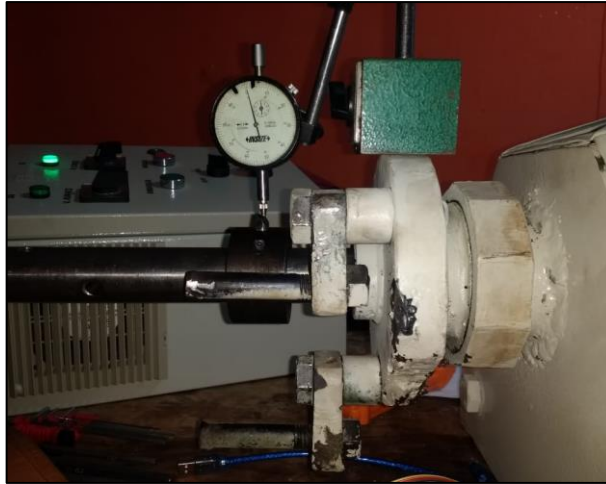
La Figura 15-3 muestra el acople porta cuchillas diseñado con una breve descripción de sus partes y función de las mismas.



**Figura 15-3:** Porta cuchillas regulación de profundidad de corte

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 16-3 muestra la forma en la que se monta el reloj comparador sobre la punta de la cuchilla para visualizar la variación precisa de la distancia de corte transversal a la que se configura la cuchilla gracias al nuevo acople implementado.



**Figura 16-3:** Reloj palpador sobre punta de cuchilla

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 3.4.2.3 Montaje motor de pasos

El motor de pasos híbrido NEMA 23 acoplado al eje principal de la mandrinadora portátil, posee un constante y alto par de giro, este tipo de motor aporta beneficios en cuanto al control preciso de posición y avance longitudinal del eje porta cuchillas, la velocidad de avance depende de la actividad a realizarse y del material en el que se realizará la misma.



**Figura 17-3:** Montaje motor de pasos

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La velocidad de giro se controla mediante un driver propio del motor de pasos instalado, donde se configura el modo de funcionamiento, mismo que incluye el tipo de secuencia de activación por pasos, el control de dirección de giro, el control de velocidad por duración de pulsos entre pasos, y el seteo de la intensidad eléctrica de trabajo del motor paso a paso. En la Figura 18-3 se muestran las posibles configuraciones del driver para la regulación de intensidad y

establecimiento de funcionamiento por tipo de secuencias de pasos, mediante la utilización de un DIP Switch de 6 interruptores.



**Figura 18-3:** Configuraciones posibles del driver

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

En el trayecto del avance longitudinal del eje principal de la mandrinadora se colocaron dos finales de carrera mecánicos que mediante mariposas de ajuste se fijan en diferentes posiciones del trayecto lineal existente en la carcasa de la mandrinadora, lo que permite variar y fijar una distancia de trabajo deseada, condicionando el funcionamiento del avance de las cuchillas a la activación de los finales de carrera.

La Figura 19-3 muestra una vista de los finales de carrera desde el interior de la carcasa, y la Figura 20-3 muestra las mariposas que sujetan los finales de carrera y que permiten variar y ajustar a los mismos en distinto lugar del recorrido.



**Figura 19-3:** Vista interior de la carcasa mariposas finales de carrera

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 20-3:** Vista exterior de la carcasa mariposas finales de carrera

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 3.4.2.4 Diseño y montaje sistema de lubricación

La Figura 21-3 muestra el sistema de lubricación acoplado a la máquina mandrinadora para la aplicación de aceite en los puntos de contacto del eje principal con los bujes de las manzanas de ajuste que se ven sujetos a desgaste debido a factores como el peso de la mandrinadora, la fricción por el movimiento longitudinal de avance/retroceso y el movimiento transversal de corte del eje principal.



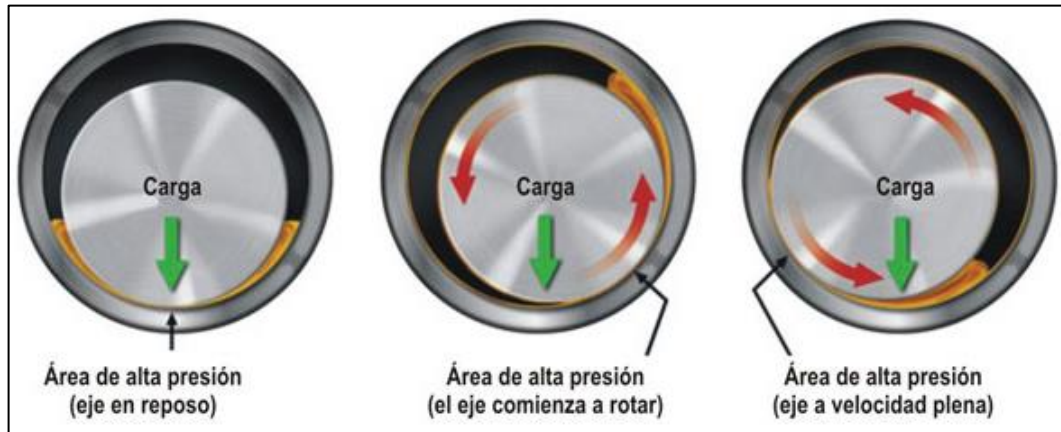
**Figura 21-3:** Sistema de lubricación

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

Una correcta lubricación en los cojinetes que sirven de apoyo al eje permite el control adecuado de la fricción, desgaste, oxidación-corrosión, temperatura, contaminación, y actúa como un excelente transmisor de potencia mecánica (Noria Corporation, 2014).

“En la lubricación de cojinetes, aplican tres regímenes básicos de lubricación: película hidrodinámica (gruesa o cuña de aceite), película mixta y película límite”. Los cojinetes generalmente se diseñan para operar en el régimen hidrodinámico, que es el régimen ideal de trabajo. Sin embargo, estos cojinetes pasan parte de su vida operativa en los otros dos regímenes (Noria Corporation, 2014).

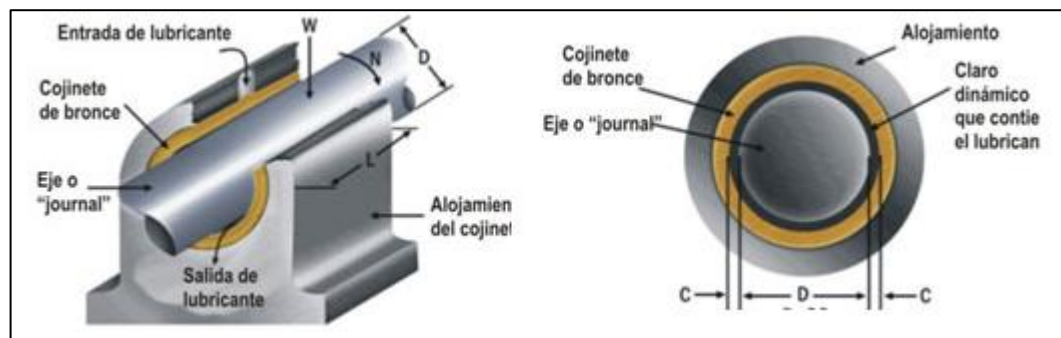
La Figura 22-3 muestra el proceso de lubricación por circulación mientras el eje se encuentra en reposo, cuando el eje empieza a rotar y finalmente cuando alcanza la velocidad de trabajo deseada.



**Figura 22-3:** Proceso de lubricación

Fuente: (Noria Corporation, 2014).

La Figura 23-3 muestra los componentes del sistema necesarios para determinar el flujo de aceite requerido por los cojinetes, este cálculo se realiza mediante la aplicación de la fórmula mostrada en la Ecuación 3 y 4.



**Figura 23-3:** Componentes del sistema para determinación del flujo de aceite

Fuente: (Noria Corporation, 2014).

$$Q = 3.32 * 10^{-3} \left[ L + 0.0043 \left( \frac{W}{D} \right) \right] m D^2 N \quad (3)$$

$$m = 1000 \left( \frac{2C}{D} \right) \quad (4)$$

**Donde:**

Q = Gotas de aceite por minuto

L = Longitud del cojinete (En pulgadas)

W = Carga a soportar (En libras fuerza)

D = Diámetro del eje (En pulgadas)

N = Velocidad de rotación (ROM)

m = Factor de claro del cojinete

2C = Holgura diametral (En pulgadas)

$$m = 1000 \left( \frac{2 * 0.0078}{1.1811} \right)$$

$$m = 13.20802$$

$$Q = 3.32 * 10^{-3} \left[ 2.047 + 0.0043 \left( \frac{88.12}{1.1811} \right) \right] 13.20802 * 1.18^2 * 109.09$$

$$Q = 15.7714$$

Se obtuvo un resultado aproximado de  $Q \approx 16$  gotas de aceite por minuto que equivalen a 0.8 mililitros. El aceite utilizado corresponde a un SAE 90 cuyas características se muestran en el ANEXO F.

#### 3.4.2.5 Desarrollo del tablero de control

Se diseñó, instaló y puso en funcionamiento un tablero eléctrico que alberga todos los elementos y dispositivos eléctricos/electrónicos de control, que son necesarios para el funcionamiento correcto y fiable de la máquina mandrinadora portátil.

En la Tabla 10-3, se muestran los parámetros eléctricos de funcionamiento de los elementos principales que conforman los circuitos de potencia y mando del proyecto realizado de repotenciación.

**Tabla 10-3:** Parámetros eléctricos nominales de los componentes principales

Ítem	Detalle	Voltaje	Intensidad nominal	Potencia
1	Variador de frecuencia Delta 1hp	110 VCA	18 A	740 w
2	Motor trifásico jaula de ardilla Siemens 1hp	220 VCA	3.5 A	700 w
3	Motor de pasos NEMA 23	24 VCD	3,5 A	84 w
4	Fuente de alimentación 110VCA a 5-24VCD	110 VCA	1,1 A	120 w
5	Ventilador común	110 VCA	0,04 A	5 w
6	PLC Schneider TM221CE24R	110 - 240 VCA	0,31 A	35 w

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 24-3, muestra la botonera de control del proceso de mandrinado.



**Figura 24-3:** Botonera colgante Camsco

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

En la Figura 25-3 se muestra la vista frontal del tablero de control con los elementos de mando e indicadores de funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil.



**Figura 25-3:** Vista frontal tablero de control

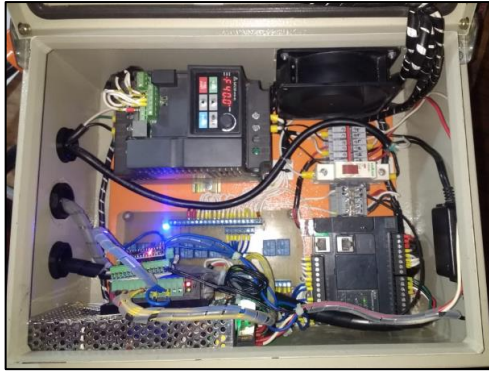
**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 26-3, y la Figura 27-3 muestran el cableado interno del tablero de control para todos los elementos colocados.



**Figura 26-3:** Vista interna tapa del tablero.

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 27-3:** Vista interna tablero de control

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

El tablero eléctrico cuenta con un sistema de ventilación que permite extraer tanto el calor producido por los componentes montados al interior del tablero, así como mitigar la humedad y calor producido por las condiciones ambientales del lugar de trabajo, este sistema también ayuda a proteger a los elementos con bajo grado de protección IP como es el caso de la fuente de alimentación, la placa electrónica y la tarjeta Arduino NANO. La Figura 28-3 y 29-3 muestran el ventilador y el elemento disipador de calor instalado en el tablero.



**Figura 28-3:** Vista ventilador del tablero

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 29-3:** Vista externa disipador de calor

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



Además, cabe recalcar que al tratarse de un dispositivo portátil para facilitar su transporte se colocaron conectores OBD2 y un conector trifásico para entrelazar de manera dinámica el tablero de control con los dispositivos de la mandrinadora portátil.

**NOTA:** Los esquemas eléctricos de conexión de la máquina mandrinadora portátil se encuentran en el ANEXO G.

## CAPÍTULO IV

### 4. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL, RESULTADOS DE REPOTENCIACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DEL PROYECTO

El funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil repotenciada será controlado desde el tablero de control y desde una botonera externa, todo gracias al PLC seleccionado que se encarga de procesar en sus entradas digitales las señales recibidas de los elementos de control tales como pulsadores, interruptores, y finales de carrera, y enviar señales de activación a los dispositivos en base a criterios preestablecidos.

El control de velocidad de corte de la cuchilla se realiza mediante la utilización de un selector de 4 posiciones conectado directamente al variador de frecuencia, mientras que para el control de velocidad de avance del eje principal se utiliza un selector de 6 posiciones que envía sus señales eléctricas digitales a una tarjeta Arduino NANO que a su vez se conecta al driver que controla el funcionamiento del motor de pasos.

#### 4.1 Programación PLC

Se realizó la programación del funcionamiento de la mandrinadora portátil utilizando diagrama GRAFCET, ya que permite establecer el funcionamiento de la mandrinadora a través de secuencias condicionadas por etapas.

La Tabla 11-4 muestra la asignación de los elementos colocados y conectados a las entradas y salidas digitales del PLC.

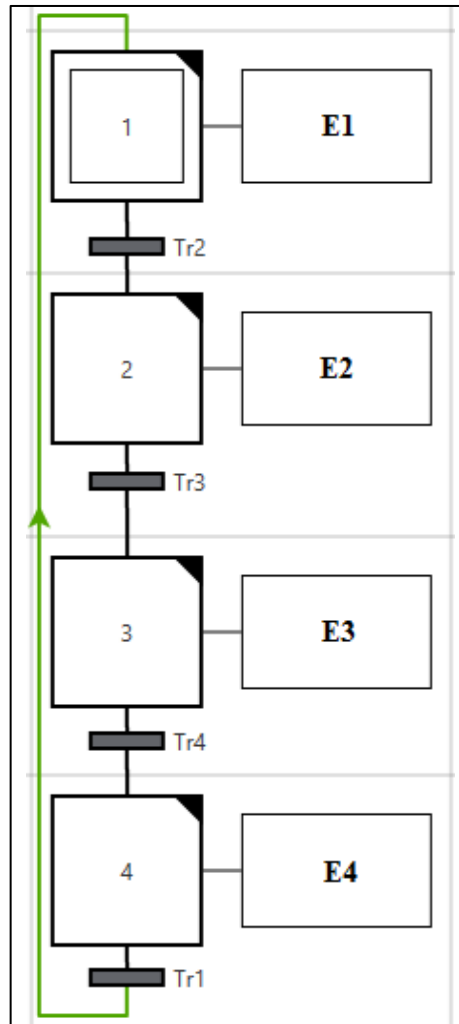
**Tabla 1-4:** Asignación entradas y salidas PLC

<b>Entradas/ Salidas</b>	<b>Designación</b>	<b>Funcionamiento</b>
I0.0	P1	Pulsador de arranque
I0.1	P2	Pulsador de parada
I0.2	S1	Final de carrera atrás
I0.3	S2	Final de carrera frente
I0.4	P3	RC izquierda VDF
I0.5	P4	RC derecha VDF
I0.6	P5	RC avance MA
I0.7	P6	RC retroceso MA
Q0.0	BOMBA	Bomba de lubricación
Q0.1	V BAL	Luz verde baliza
Q0.2	A BAL	Luz roja baliza
Q0.3	R BAL	Luz amarilla baliza

Continuación

Q0.4	AV MA	Avance del motor de avance
Q0.5	RE MA	Retroceso del motor de avance
Q0.6	SV MA	Selector de velocidad motor de avance
Q0.7	MV MA	Máxima velocidad motor de avance
Q0.8	AI VDF	Arranque izquierda variador de frecuencia
Q0.9	AD VDF	Arranque derecha variador de frecuencia

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 1-4: GRAFCET Proceso**

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 1-4 muestra la programación cargada en el PLC mediante un esquema GRAFCET en una secuencia de cuatro etapas con cuatro condiciones de transición (Tr), que se detallarán posteriormente utilizando el diagrama Ladder o escalera. Del diagrama GRAFCET se extraen las ecuaciones de funcionamiento del proceso.

#### Ecuaciones etapas

$$E1 = (E4 * Tr1) + (E1 * \overline{E2})$$

$$E2 = (E1 * Tr2) + (E2 * \overline{E3})$$

$$E3 = (E2 * Tr3) + (E3 * \overline{E4})$$

$$E4 = (E3 * Tr4) + (E4 * \overline{E1})$$

#### **Ecuaciones transiciones etapas**

$$Tr1 = I0.2$$

$$Tr2 = I0.2 * (I0.0 + I0.7)$$

$$Tr3 = I0.1 + I0.3 + I0.8$$

$$Tr4 = Tm0 ; Tm0 = 5 \text{ segundos}$$

#### **Ecuaciones memorias asignadas a etapas**

$$M0 = (E2 + M0) * \overline{E3}$$

$$M1 = (E2 + M1) * \overline{E3}$$

$$M6 = (E4 + M6) * \overline{E1}$$

#### **Ecuaciones Cargas**

$$Q0.4 = M6$$

$$Q0.6 = M2$$

$$Q0.9 = M2$$

#### **Ecuación Carga Sistema de lubricación**

$$Q0.0 = Q0.9 * \overline{Q0.0} * TON1 * TP1$$

$$TON1 = 20 \text{ seg}$$

$$TP1 = 0.2 \text{ seg}$$

### **4.2 Cálculo velocidades de trabajo**

Como elemento de trabajo para el cálculo de las velocidades de trabajo se tomó como referencia un acero 60-85 que es el material por el cual está compuestos las partes a ser mandrinadas de la maquinaria pesada de construcción.

**NOTA:** El cálculo de la velocidad de corte de la cuchilla se realizó en base a las tablas mostradas en el ANEXO E.

#### **4.2.1 Control de velocidad del movimiento de corte**

Se establecieron 6 velocidades de corte que dependerán del tipo de material a maquinar, la profundidad de corte por cada paso de la cuchilla. La Tabla 2-4 muestra en resumen las configuraciones realizadas en el variador para las condiciones calculadas.

**Tabla 2-4:** Velocidades de corte

Selector	Diámetro del agujero	Perímetro circunferencia	RPM	Frecuencia
I	70mm Desbaste	0.220m	81.81	30

II	70mm Acabado	0.220m	109.09	40
III	80mm Desbaste	0.251m	71.71	26
IV	80mm Acabado	0.251m	95.61	35

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 4.2.2 Control de velocidad del movimiento de avance

Se establecieron 4 velocidades de avance y una de retroceso utilizando un selector conectado a la tarjeta Arduino NANO, que envía los pulsos necesarios para activar el motor de pasos.

**Tabla 3-4:** Velocidades de avance preestablecidas diámetro 70 mm

Selector	Descripción	# de pulsos/s	Rpm	Milímetro por minuto	Periodo de pulso microsegundos
I	Avance gama 1: 70mm	545.4	81.81	130	1833
II	Avance gama 2: 70mm	205.8	30.87	49.08	4859
III	Avance gama 5: 70mm	45.7	6.86	10.90	21881

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 4-4:** Velocidades de avance preestablecidas diámetro 80 mm

Selector	Descripción	# de pulsos/s	Rpm	Milímetro por minuto	Periodo de pulso microsegundos
IV	Avance gama 1: 80mm	478.0	71.71	114.01	2092
V	Avance gama 2: 80mm	180.4	27.06	43.02	5543
VI	Avance gama 5: 80mm	40.08	6.013	9.56	24950

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

### 4.3 Resultados obtenidos de la repotenciación

En este apartado se registran los resultados obtenidos tras la ejecución de las respectivas pruebas de funcionamiento, y la comparación de las nuevas características de funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil en base a su condición inicial.

#### 4.3.1 Resultados pruebas de funcionamiento

Se utilizó la mandrinadora portátil en un cilindro hueco verificando el funcionamiento adecuado del movimiento de avance longitudinal con sus respectivas velocidades de avance y retroceso, el movimiento de corte con sus respectivas velocidades, el avance transversal de la cuchilla regulado mediante el ajuste de un perno verificado por relojes comparadores/palpadores. En la Tabla 5-4 se muestran los parámetros de funcionamiento configurados para la máquina mandrinadora portátil puesta a prueba.

**Tabla 5-4:** Parámetros de funcionamiento configurados para la máquina mandrinadora portátil.

Ítem	Descripción
Equipo/elemento	Cilindro hueco
Tipo de material	Tubería GLP Schedule 160, Dureza 99 Rockwell B
Longitud área mandrinado	73mm

Diámetro inicial perforación	68mm
Diámetro final perforación	86mm
Volumen mandrinado	185.76cm <sup>3</sup>
<b>Tarea</b>	Desbaste
Velocidad de avance	130mm/min
Profundidad de corte por paso de cuchilla	Gama 1 (1mm-1.5mm)
Velocidad de corte	18mm/min
Diámetro inicial perforación	68mm
Diámetro final perforación	85.5mm
Numero de pasadas	8
<b>Tarea</b>	Acabado
Velocidad de avance	24mm/min
Velocidad de corte	9,56mm/min
Profundidad de corte por paso de cuchilla	Gama 5 (0.005mm-0.010mm)
Diámetro inicial perforación	85.5mm
Diámetro final perforación	86mm
Numero de pasadas	3
<b>Tiempo estimado total ejecución del mandrinado</b>	2 horas

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 4.3.1.1 Resumen resultados del proceso de mandrinado

En la Tabla 6-4 se muestra los resultados de las pruebas de funcionamiento llevadas a cabo bajo los parámetros de funcionamiento previamente configurados.

**Tabla 6-4:** Resultados del proceso de mandrinado.

Ítem	Descripción
Equipo/elemento	Cilindro hueco
Tipo de material	Tubería GLP Schedule 160, Dureza 99 Rockwell B.
Longitud área mandrinado	73mm
Diámetro inicial perforación	68mm
Diámetro final perforación	86mm
Volumen mandrinado	185.76cm <sup>3</sup>
<b>Tarea desbaste</b>	<b>Observaciones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La variedad de velocidades de avance y corte, así como la profundidad de corte seleccionada permitieron un desbastado continuo y rápido.</li> </ul>
<b>Tarea acabado</b>	<b>Observaciones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las velocidades de avance y corte, así como la profundidad de corte seleccionada permitieron un desbastado continuo con un acabado superficial de excelente calidad y sin rechazo del trabajo.</li> </ul>

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 4.4 Comparativa condición inicial versus estado después de la repotenciación

En la Tabla 7-4, se muestra un comparativo de datos de trabajo entre la situación inicial de la máquina mandrinadora portátil y el resultado de la repotenciación de la misma para trabajos de mandrinado.

**Tabla 7-4:** Evaluación condición inicial versus resultado de la repotenciación

Parámetro	Condición inicial	Condición después de la repotenciación
Control avance longitudinal del eje porta cuchillas	Control ineficiente tanto para velocidad de avance y retroceso debido a características propias del elemento servo de control manual.	Control eficaz mediante 4 velocidades estables de avance y una velocidad de retroceso gracias a la utilización de un motor de pasos.
Control de velocidad de corte	Velocidad de corte fija para todo tipos de tareas de trabajo	Control eficaz, existen 6 velocidades de corte dependiendo del tipo de material a mandrinar y la tarea a llevarse a cabo ya sea desbastado o acabados finales.
Acople Porta cuchillas	Inexistente, la cuchilla se sujeta al eje mediante un prisionero que no permite regular adecuadamente la profundidad de corte de la cuchilla.	El acople permite variar de manera fácil la profundidad de corte de la cuchilla con una variación de 1mm de distancia por cada vuelta de ajuste del tornillo de la misma.
Sistema de lubricación	Inexistente.	Sistema eficaz para evitar el calentamiento y desgaste brusco de los bujes de las manzanas que se encuentran sometidos a fricción y a cargas axiales y radiales.
Tablero de control con HMI físico	Inexistente, control desde la carcasa a través de botones.	Botones, paro de emergencia e indicadores en tablero, y botonera de mano para el control del funcionamiento de la mandrinadora portátil.
Regulación de la distancia de mandrinado por finales de carrera.	Inexistente, distancia de trabajo se regulaba manualmente y bajo observación de los operarios.	Finales de carrera colocados, establecen la distancia que trabajara la mandrinadora portátil y procederán a apagar el movimiento de avance del paso de la cuchilla.
Manzanas de sujeción principal	Pernos de sujeción desgastados, bujes con poco ajuste al eje, puede ocasionar excentricidades en el proceso de mandrinado y producir elementos defectuosos.	Reemplazo de pernos de sujeción, cambio de bujes, brindan una mejor sujeción y estabilidad en el proceso de mandrinado.

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 4.5 Memoria fotográfica pruebas de funcionamiento



**Figura 2-4.** Sistema de lubricación y botonera de mano mandrinadora

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 3-4.** Mandrinadora portátil montada y lista para utilizarse

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 4-4.** Colocación del eje y soldadura de manzanas en el elemento a mandrinar

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



**Figura 5-4.** Colocación y ajuste de la mandrinadora al eje principal.

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.



#### 4.6 Valoración económica del proceso de repotenciación

Como resultado de la repotenciación de la máquina mandrinadora portátil se evidencian los beneficios económicos en base a la reducción del tiempo que toma realizar una actividad de mandrinado de excelente calidad reduciendo. Concluida la repotenciación, se obtiene una reducción de 2 días de trabajo para la actividad de mandrinado de los agujeros de una retroexcavadora. Este ahorro de tiempo genera una reducción de gastos para la empresa SEMAG en la ejecución de una repotenciación (Tabla 8-4), e implica que el tiempo de entrega se reduce permitiendo al cliente generar ganancias (Tabla 9-4) en el tiempo mencionado.

**Tabla 8-4:** Ahorro económico para la empresa SEMAG

Ahorro económico para la empresa SEMAG				
Nº	Descripción	Días	Valor diario	Valor total
1	Soldador	2	40	80
2	Tornero	2	40	80
3	Ayudante de taller	2	20	40
4	Electrodos	2	10	20
5	Discos amoladora	2	5	10
6	Cuchilla WIDIA	2	20	40
7	Movilización	2	50	100
8	Alimentación	2	35	70
<b>TOTAL</b>				440 USD

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 9-4:** Ganancia para el cliente

Ganancia Para El Cliente				
Nº	Descripción	Costo/Hora	Horas	Costo total
1	Trabajo excavadora	45	20	900 USD

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

Además, se obtiene el punto de recuperación de inversión el precio actual de actividades de mandrinado de retroexcavadoras, obteniendo que se deben realizar 4 trabajos para solventar los costos de la repotenciación (Tabla 10-4).

**Tabla 10-4:** Recuperación de la inversión

Recuperación de la inversión		
Nº	Descripción	Costo unitario
1	Costos de repotenciación	1756,16
2	Ahorro por cada trabajo para la empresa	440,00
	Cantidad de trabajos de mandrinado necesarios para recuperación de la inversión	3,99 ≈ 4

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

## **4.7 Operación y mantenimiento**

### **4.7.1 Guía de inicio rápido**

En este apartado se establece los pasos clave a seguir para garantizar el correcto y buen funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil.

- a.** Se introduce el eje principal con las manzanas dentro del agujero a ser mandrinado.
- b.** Se centra el eje y se sueldan los pernos de las manzanas de los extremos.
- c.** Se levanta la mandrinadora portátil y se la coloca sobre el eje principal, apretando y asegurando su sujeción mediante los elementos roscados de ajuste o brida de la manzana.
- d.** Se debe colocar un soporte en el extremo de la mandrinadora para garantizar un buen acople y calidad del mandrinado.
- e.** Se debe colocar la cuchilla y establecer la profundidad de corte de la misma utilizando los tornillos del acople porta cuchillas y un reloj palpador.
- f.** Se debe seleccionar la velocidad de avance longitudinal y la velocidad de corte de acuerdo al tipo de material de trabajo y a la tarea a realizarse ya sea desbastado o acabado fino.
- g.** Se ajusta la distancia de trabajo de la mandrinadora mediante la manipulación de los finales de carrera colocados en el trayecto longitudinal en contacto con la carcasa de la mandrinadora.
- h.** Se procede a presionar el pulsador de arranque del tablero o de la botonera de mano.
- i.** Se repite el proceso dependiendo del número de pasos que deba realizar la cuchilla para alcanzar el diámetro deseado.
- j.** Se realiza el proceso inverso para realizar el desmontaje de la máquina mandrinadora portátil.

### **4.7.2 Normativa de seguridad**

Se establecieron lineamientos básicos y simples de seguridad para la utilización de la máquina mandrinadora portátil.

- a.** Manipular la máquina si se encuentra en funcionamiento.
- b.** No manipular los componentes eléctricos si la máquina está enchufada.
- c.** No colocarse bajo el área de trabajo de la mandrinadora.
- d.** Para precautelar la conservación de los elementos siempre es imperativo accionar el motor de corte antes que el motor de avance longitudinal.
- e.** Asegurarse de primero desconectar el suministro eléctrico antes de enchufar o desenchufar los conectores que entrelazan al tablero de control con la carcasa de la máquina mandrinadora.
- f.** Usar gafas protectoras para evitar proyecciones de partículas de hierro.

### 4.7.3 Plan de mantenimiento

Para el desarrollo del plan de mantenimiento, se identificaron los componentes principales de la máquina mandrinadora portátil mostrados en la Tabla 11-4 y se plantearon ciertas tareas de mantenimiento correctivo y/o preventivo para garantizar el óptimo funcionamiento de la máquina y evitar consecuencias mayores e inclusive catastróficas resultado de la aparición de fallos.

**Tabla 11-4:** Plan de mantenimiento.

<b>“Plan de Mantenimiento para la máquina mandrinadora portátil empresa SEMAG”.</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Componente</b>	<b>Tareas</b>	<b>Herramientas y Materiales</b>	<b>Frecuencia</b>
1	Tablero de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de los componentes montados dentro del tablero</li> <li>• Ajuste de tornillos de borneras y de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos.</li> <li>• Verificación de parámetros de voltaje e intensidad de trabajo.</li> <li>• Verificación del correcto funcionamiento de indicadores y controles del tablero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> <li>• Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anual</li> </ul>
2	Finales de carrera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza</li> <li>• Verificación de la condición o estado, y funcionamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Thinner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
3	Puertos de conexión trifásica y OBD2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza total</li> <li>• Verificación del estado técnico y funcionamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas</li> <li>• Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
4	Variador de frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa</li> <li>• Ajuste de tornillos de borneras</li> <li>• Verificación de parámetros de voltaje e intensidad de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> <li>• Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
5	Motor trifásico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa</li> <li>• Ajuste de tornillos de borneras</li> <li>• Verificación de parámetros de voltaje e intensidad de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> <li>• Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
6	Reductor de velocidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa</li> <li>• Ajuste de perno de sujeción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas</li> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
7	Ejes guías principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa</li> <li>• Engrase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Grasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
8	Eje porta cuchillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza total</li> <li>• Inspección en busca de fisuras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Waípe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
9	Manzanas de sujeción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de pernos de sujeción</li> <li>• Reemplazo de bujes de fricción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> <li>• Pernos y bujes nuevos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral (sujeto a cantidad de trabajos realizados)</li> </ul>
10	Acople porta cuchillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza total</li> <li>• Verificación de funcionamiento de todos los tornillos de sujeción y de avance de profundidad de corte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Waípe</li> <li>• Kit de herramientas</li> <li>• Juego de llaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
11	Motor de pasos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza externa</li> <li>• Verificación de funcionamiento de cantidad de avance por número de pulsos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Waípe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>
12	Carcasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza total</li> <li>• Inspección, eliminación de oxidación y corrosión Verificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brochas,</li> <li>• Waípe,</li> <li>• Pintura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semestral</li> </ul>

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

## 4.8 Gestión del proyecto

### 4.8.1 Cronograma de trabajo

**Tabla 12-4:** Actividades desarrolladas cronológicamente

ID	TAREA	INICIO	FIN	DURACIÓN Días
1	Elaborar el marco teórico mediante revisión de artículos científicos y bibliografías.	07/02/2019	28/02/2019	22
2	Análisis de las condiciones técnicas actuales de la máquina a repotenciar.	01/03/2019	31/03/2019	31
3	Estudio y selección de equipos a implementar en la repotenciación de la máquina mandrinadora portátil.	01/04/2019	14/04/2019	14
4	Determinación de parámetros de: velocidad y avance en los ejes axial y radial de la cuchilla de desbaste, rango de revoluciones por minuto del motor principal y lubricación de cojinetes de fricción.	15/04/2019	30/04/2019	16
5	Implementación de los equipos seleccionados para la repotenciación de la máquina mandrinadora portátil.	06/05/2019	31/05/2019	26
6	Programación de los dispositivos de control.	03/06/2019	09/06/2019	7
7	Implementación de una interfaz hombre-máquina para la manipulación de los parámetros deseados.	10/06/2019	14/06/2019	5
8	Análisis de resultados y verificación del correcto funcionamiento de la máquina mandrinadora portátil.	17/06/2019	28/06/2019	12
9	Elaboración del plan de mantenimiento, actividades preventivas y duración de las tareas	01/07/2019	05/07/2019	5
10	Elaboración de conclusiones y recomendaciones del trabajo escrito.	08/07/2019	12/07/2019	5

**Realizado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

#### 4.8.2 Presupuesto

**Tabla 13-4:** Costos Directos de implementación

Ítem	Cantidad	Precio unitario	Precio total
PLC Schneider TM221CE24R	1	450,00	450
Variador de frecuencia VFD007EL11A	1	300,00	300
Stepper-Motor NEMA 23hs45-3504s	1	110,00	110
Arduino NANO	1	20,00	20
Driver Motor paso a paso NEMA 23h	1	50,00	50
Gabinete 40 x 30 x 20 cm	1	60,00	60
Placa electrónica en PBC + cables de control + Sockets	1	140,00	140
Borneras	11	4,00	44
Ventilador	1	30,00	30
Material eléctrico (conductores, terminales, espiral, taye)	1	60,00	60
Pulsadores	2	4,00	8
Lámparas indicadoras 24 VCD	2	3,00	6
Pulsador paro de emergencia	1	5,00	5
Selector 4 posiciones	1	6,00	6
Selector 6 posiciones	1	8,00	8
Botonera de mano 4 pulsadores	1	45,00	45
Final de carrera	2	8,00	16
Bomba de aceite	1	30,00	30
Maquinado acople porta cuchillas	1	100,00	100
Bujes en bronce naval	2	40,00	80
<b>SUB TOTAL</b>			1568,00
<b>IVA 12%</b>			188,16
<b>TOTAL</b>			1756,16

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 14-4:** Costos Indirectos de implementación.

Ítem	Cantidad	Precio total
Impresiones	1	50,00
Transporte	1	150,00
Consultas on-line	1	25,00
Gastos varios	1	200,00
<b>TOTAL</b>		425,00

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**Tabla 15-4:** Costos Totales

Ítem	Precio total
COSTO DIRECTOS	1756,16
COSTO INDIRECTO	425,00
<b>COSTO TOTAL</b>	2181,16

Realizado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La máquina mandrinadora debe mantener un funcionamiento óptimo porque los trabajos que realiza son de alta precisión, por lo cual se analizaron las condiciones técnicas y parámetros bajo los que se encontraba trabajando la misma; de esta manera se estableció un punto de referencia para iniciar su repotenciación. Mediante este punto de partida se identificó la función principal de la máquina con lo que conseguiremos establecer las medidas de mantenimiento preventivas y correctivas que se deben realizar para obtener un mandrinado de mejor calidad, ejecución más veloz que este acorde con las respectivas velocidades de avance y de corte en base al tipo de material utilizado.

La evaluación y análisis de los parámetros de trabajo y condiciones técnicas de la máquina mandrinadora permitieron reconocer que los elementos mecánicos que requieren cambio son: los encargados de proporcionar el movimiento longitudinal al eje principal, el movimiento de corte o desbaste y el encargado de regular la profundidad de corte; con lo que se consiguió un control preciso de las acciones antes mencionadas, mejorando la fiabilidad y precisión del trabajo realizado evitando que se obtenga piezas defectuosas que sean rechazadas por el cliente.

La repotenciación de la máquina mandrinadora disminuyó el porcentaje de piezas defectuosas o rechazadas del 30% al 10% tomando en cuenta el análisis en una muestra de 10 piezas mandrinadas; es decir de cada 10 piezas mandrinadas una pieza es rechazada por el cliente, además el error de precisión en las piezas mandrinadas disminuyó de +/- 0,07mm a +/- 0,02mm.

La implementación y ensamble de actuadores, sensores y controladores utilizando un tablero de control y un PLC logran en conjunto crear una interfaz hombre-máquina de control para optimizar la manipulación y funcionamiento de la máquina mandrinadora por parte de los operarios; la repotenciación de la máquina mandrinadora mostró un mejor control de la velocidad de avance del carro y mejor control de la velocidad del carro mejorando los tiempos de proceso, disminuyendo el tiempo de trabajo realizado de 7 a 5 días funcionando con una precisión adecuada a la velocidad seleccionada.

La inversión para la repotenciación fue rentable, ya que, a pesar de tener un costo elevado, al tratarse de trabajos de precisión implican una alta ganancia y garantía por actividad de mandrinado realizada, implicando una inversión alta recuperable en un corto tiempo.

## **5.2 Recomendaciones**

La máquina mandrinadora al ser una maquinaria pesada y a pesar de tener las manzanas de sujeción para soportar todo el peso de la máquina, será de gran utilidad colocar un soporte en la partera trasera de la mandrinadora portátil para distribuir el peso de la misma evitando de esta forma reducir el desgaste por fricción del eje principal con los bujes de fricción de bronce naval.

Crear una guía de operación y un plan de mantenimiento sujeto a los parámetros que se desea controlar y elementos que se debe preservar lograrán en conjunto optimizar la vida útil y mantener el funcionamiento óptimo de la máquina mandrinadora.

Cuando se requiera mandrinar materiales con mayor dureza a los parámetros establecidos se recomienda recalcular la velocidad de avance, la profundidad de corte y la velocidad de corte para conservar el funcionamiento óptimo y vida útil de los componentes de la máquina mandrinadora portátil.

## GLOSARIO

**Mantenimiento:** “Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un ítem con el fin de mantenerlo, o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida”. (Yumisaca, y otros, 2016)

**Fallo:** Evento o suceso que implica el cese de funciones de un activo de forma parcial o total. (Yumisaca, y otros, 2016)

**Repotenciación:** Es el proceso de reemplazar o reparar piezas o elementos en un activo para obtener un funcionamiento más óptimo en una máquina. (Barros, y otros, 2013)

**Mandrinado:** Procedimiento de mecanizado que se utiliza o realiza para ampliar o mejorar la calidad de un agujero en piezas mecanizadas, fabricadas, etc. (TOPORTABLE, 2019)

**Programación:** Es el arte de automatizar o programar acciones de una máquina mediante el uso de un lenguaje ordenado y secuencial, mediante la creación de instrucciones en un determinado software. (Santamaría, 2016)

**Motor:** Es un activo que se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. (Piñero, y otros, 2015)



## BIBLIOGRAFÍA

**ARANA, Leonardo.** *Variadores de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos jaula de ardilla.* [En línea] 2017. [Consulta el: 13 abril 2020.] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>.

**BARROS, José & YAJAMÍN, Freddy.** *Repotenciación de una máquina baroladora de 4 mm a una máquina saroladora semi-automática de 5mm para la mecánica industrial* Angel Maria Luna C.A. [En línea] 2013. [Consulta el: 11 abril 2020.] Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6759/1/CD-5139.pdf>.

**CALERO, Romel & CUJILEMA, Patricia.** *“Implementación De Una Estación Para El Control De Calidad Del Vaciado De Cuerpos Sólidos Con Robot Industrial En El Laboratorio De Automatización De La Facultad De Mecánica”.* [En línea] 2017. [Consulta el: 11 abril 2020.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6461/1/25T00286.pdf>.

**CES.** *Reglamento de régimen académico.* Marzo: 22, 2017. RPC-SE-13- No. 051-2013.

**COMPONENTS 101.** *Datasheet NEMA 23 Stepper Motor.* [En línea] 23 agosto 2019. [Consulta el: 12 abril 2020.] Disponible en: <https://components101.com/motors/nema-23-stepper-motor-datasheet-specs>.

**DELTA.** *Manual de usuario variador VDF-EL.* [En línea] 14 abril 2008. [Consulta el: 15 abril 2020.] Disponible en: [http://www.realimpeks.co.rs/download/delta\\_vfd\\_el.pdf](http://www.realimpeks.co.rs/download/delta_vfd_el.pdf).

**DFROBOT.** *TB6600 Stepper Motor Datasheet.* [En línea] 2017. [Consulta el: 12 abril 2020.] Disponible en: [https://github.com/Arduinolib/TB6600\\_Stepper\\_Motor\\_Driver/raw/master/TB6600%20User%20Guide%20V1.2.pdf](https://github.com/Arduinolib/TB6600_Stepper_Motor_Driver/raw/master/TB6600%20User%20Guide%20V1.2.pdf).

**ELECTROPRO.** *Datasheet Driver HY-DIV268N-5A.* [En línea] [Consulta el: 13 enero 2020.] Disponible en: <http://electropro.pe/image/data/imgProductos/196.%20Driver%20de%20Motor%20Paso%20a%20Paso/HY-DIV268N-5A.pdf>.

**IEC 61131-3.** *Parte 3 Controladores programables, Lenguajes de programación.* [En línea] 2003. [Consulta el: 12 de abril de 2020.] Disponible en: [https://d1.amobbs.com/bbs\\_upload782111/files\\_31/ourdev\\_569653.pdf](https://d1.amobbs.com/bbs_upload782111/files_31/ourdev_569653.pdf).

**INDUSTRIALES ANDES.** *Final de carrera AZ-7121 Nais.* [En línea] 2019. [Consulta el: 12 abril 2020.] Disponible en: <https://industrialesandes.co/inicio/57-final-de-carrera-az-7121-nais.html>.

**INGENIERÍA MECAFENIX.** *Motor paso a paso ¿que es y como funciona?* [En línea] 2017. [Consulta el: 19 diciembre 2019.] Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>.

**NORIA CORPORATION.** *Noria Determinación del flujo de aceite requerido por los cojinetes.* [En línea] 2014. [Consulta el: 27 enero 2020.] Disponible en: <http://noria.mx/lublearn/determinacion-del-flujo-de-aceite-requerido-por-los-cojinetes/>.

**PIÑERO, José & MAZA, Jesús.** *Control de un motor de inducción utilizando variador de frecuencia.* [En línea] 2015. [Consulta el: 13 de abril de 2020.] Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf>.

**SANTAMARÍA, Harold.** *Automatismos Industriales e instrumentación.* [En línea] 23 agosto 2016. [Consulta el: 19 diciembre 2019.] Disponible: <http://automatizacionindustrial901755.blogspot.com/2016/08/transductores-sensores-y-actuadores.html>.

**SCHNEIDER.** *¿Cuáles son los lenguajes de programación del EcoStruxure Machine Expert basic?* [En línea] 01 octubre 2019. Disponible en: <https://www.se.com/ar/es/faqs/FA341531/>.

**SCHNEIDER.** *Guía de hardware Modicon M221 Logic Controller.* [En línea] 2018. [Consulta el: 12 abril 2020.] Disponible en: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=User+guide&p\\_File\\_Name=EIO0000003316.00.pdf&p\\_Doc\\_Ref=EIO0000003316](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000003316.00.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000003316).

**SCHNEIDER.** *PLC y Controladores Schneider.* [En línea] 2016. [Consulta el: 18 octubre 2019.] Disponible en: <https://www.se.com/es/es/product-category/3900-pac,-plc-y-otros-controladores/>.

**SERVO PRODUCTS COMPANY.** *Datasheet Type 140 Power Feed.* [En línea] 2019. [Consulta el: 19 diciembre 2019.] Disponible en: [http://www.servoproductsco.com/html/type\\_140\\_power\\_feed.html](http://www.servoproductsco.com/html/type_140_power_feed.html).

**SIEMENS.** *Catálogo Motores SIMOTICS.* [En línea] 2019. [Consulta el: 12 abril 2020.] Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/197/109749197/att\\_999824/v1/Motors-D81.1-compl ete-English-07-2019.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/197/109749197/att_999824/v1/Motors-D81.1-compl ete-English-07-2019.pdf).

**TOPORTABLE.** *La Máquina Mandrinadora Portátil YK60.* [En línea] 2019. [Consulta el: 19 diciembre 2019.] Disponible en: <https://es.toportable.com/productos/mandrinadora-portatil/la-maquina-mandrinadora-portatil-yk60/>.

**YUMISACA, Alex & DAQUILEMA, Jaime.** *Repotenciación y planificación del mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.* (Tesis Ingeniería) Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016 [En línea] [Consulta el: 15 enero 2019.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5648>.

# **ANEXOS**

## ANEXO A: PROGRAMACIÓN CARGADA EN ARDUINO NANO

```
int outdir =11; //Salida que da la dirección del motor paso a paso
int outstep =12; //Salida que da los pulsos al motor paso a paso
int I= 4; //Entrada del selector
int II= 5; //Entrada del selector
int III= 6; //Entrada del selector
int IV= 7; //Entrada del selector
int V= 8; //Entrada del selector
int VI= 9; //Entrada del selector
int indir= 2; //Entrada de dirección
int instep= 3; //Entrada de secuencia de pasos

void setup() {
  //declaramos variables como entrada
  pinMode(I, INPUT_PULLUP);
  pinMode(II, INPUT_PULLUP);
  pinMode(III, INPUT_PULLUP);
  pinMode(IV, INPUT_PULLUP);
  pinMode(V, INPUT_PULLUP);
  pinMode(VI, INPUT_PULLUP);
  pinMode (instep,INPUT_PULLUP);
  pinMode (indir,INPUT_PULLUP);
  pinMode (outstep,OUTPUT);
  pinMode (outdir,OUTPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if (!digitalRead(I) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {
    digitalWrite(outstep,HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(outstep,LOW);
    delayMicroseconds(1850);
  }else{
    digitalWrite(outstep,LOW);
  }

  if (!digitalRead(II) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {
    digitalWrite(outstep,HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(outstep,LOW);
    delayMicroseconds(4850);
  }else{
    digitalWrite(outstep,LOW);
  }

  if (!digitalRead(III) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {
    digitalWrite(outstep,HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(outstep,LOW);
    delayMicroseconds(21900);
  }else{
    digitalWrite(outstep,LOW);
  }
}
```

```
}  
if (!digitalRead(IV) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {  
    digitalWrite(outstep,HIGH);  
    delayMicroseconds(5);  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
    delayMicroseconds(2100);  
}else{  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
}
```

```
if (!digitalRead(V) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {  
    digitalWrite(outstep,HIGH);  
    delayMicroseconds(5);  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
    delayMicroseconds(5550);  
}else{  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
}
```

```
if (!digitalRead(VI) and digitalRead(indir) and !digitalRead(instep)) {  
    digitalWrite(outstep,HIGH);  
    delayMicroseconds(5);  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
    delayMicroseconds(24950);  
}else{  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
}
```

```
if (!digitalRead(indir)){  
    digitalWrite(outdir,HIGH);  
    digitalWrite(outstep,HIGH);  
    delayMicroseconds(5);  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
    delayMicroseconds(1200);  
}else{  
    digitalWrite(outstep,LOW);  
    digitalWrite(outdir,LOW);  
}  
}
```

## ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DRIVER MOTOR PASO A PASO TB6600

Éste dispositivo es un controlador profesional para Motores Paso a Paso diseñado para acoplar a un motor de dos fases. El dispositivo es compatible con arduino y cualquier microcontrolador que pueda generar señales lógicas de 5VDC.

El driver TB6600 tiene un amplio rango de entrada de 9~42VDC y puede manejar una corriente pico de hasta 4 Amperios suficiente para la mayoría de las referencias.

Los microswitch presentes en la bornera te permiten configurar la resolución de los pasos y la corriente de salida del motor, como se muestra en la siguiente tabla:

Corriente	Switch No.			Resolución	Switch No.		
	1	2	3		4	5	6
0,2 A	ON	ON	ON	NC	ON	ON	ON
0,6 A	OFF	ON	ON	1	OFF	ON	ON
1,2 A	ON	OFF	ON	1/2	ON	OFF	ON
1,8 A	OFF	OFF	ON	1/2	OFF	OFF	ON
2,5 A	ON	ON	OFF	1/4	ON	ON	OFF
3,3 A	OFF	ON	OFF	1/8	OFF	ON	OFF
4,2 A	ON	OFF	OFF	1/16	ON	OFF	OFF
5A	OFF	OFF	OFF	NG	OFF	OFF	OFF

### Características:

Soporta 8 tipos de control de corriente

Soporta 7 tipos de resolución de paso

Interface con aislamiento por opto acoplador de alta velocidad.

Disipador de corriente de área amplia

Inmunidad a ruido por alta frecuencia.

Protección contra polarización inversa

Circuito de protección contra sobrecarga y sobre temperatura

### Especificaciones:

Corriente de entrada 0~5A

Corriente de salida 0.5~4.0A

Ideal para control en máquinas CNC o similares

Dimensiones 105 X 86 X 34 mm

## ANEXO C: CÓDIGOS DE CONFIGURACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA

Configuración del variador de frecuencia para funcionamiento bajo 4 velocidades de corte preestablecidas.

<b>Parámetro</b>	<b>Explicación del parámetro</b>	<b>Configuración</b>	<b>Explicación de la configuración</b>
00.02	Reinicio de los parámetros	10	Todos los parámetros son restablecidos a sus valores de fábrica (60 Hz, 220 V / 440 V)
01.09	Tiempo de aceleración	0,2	Acelera en tiempo determinado
01.12	Tiempo de desaceleración	3	Desacelera en tiempo determinado
02.00	Fuente del 1er comando de frecuencia maestra	4	Potenciómetro del teclado digital
02.01	Fuente del primer comando de operación	2	DETENER/REINICIALIZAR del teclado deshabilitados.
04.05	Terminal de entrada de funciones múltiples (MI3)	1	Comando de velocidad de pasos múltiples (1)
04.06	Terminal de entrada de funciones múltiples (MI4)	2	Comando de velocidad de pasos múltiples (2)
04.07	Terminal de entrada de funciones múltiples (MI5)	3	Comando de velocidad de pasos múltiples (3)
04.08	Terminal de entrada de funciones múltiples (MI6)	4	Comando de velocidad de pasos múltiples (4)
05.00	1er paso de velocidad de frecuencia	30	Velocidad en frecuencia definida
05.01	2do paso de velocidad de frecuencia	40	Velocidad en frecuencia definida
05.02	3ro paso de velocidad de frecuencia	26	Velocidad en frecuencia definida
05.03	4to paso de velocidad de frecuencia	35	Velocidad en frecuencia definida

**Elaborado por:** García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**ANEXO D: APLICACIÓN DE MANDRINADORA REPOTENCIADA**





**ANEXO E: VELOCIDADES DE CORTE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL**

VELOCIDADES DE CORTE EN METROS MINUTO PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS, VALORES MEDIOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE HACER RAPIDO 18-20% W									
MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO								
	Tornear	Taladrar	Fresar	Acepillar °	Roscar a Torno °	Escariar	Brochar	Fresado de Engranaje	
Aluminio Magnesio. Latón dulce.	D 140	125	D 114	100	--	70	Máximo de la Máquina	--	
	A 170		A 160						
Aleaciones de Aluminio. Latón duro	D 90	80	D 70	60	--	44	Máximo de la Máquina	--	
	A 120		A 98						
Cupro-Aluminio.	D 20	18	D 16	14	12	10	4	--	
	A 24		A 22						
Cobre para Colectores.	D 36	32	D 28	26	--	--	--	--	
	A 46		A 40						
Carbón de Electrodo.	D 10	9	D --	6	--	--	--	--	
	A 12		A --						
Materiales plásticos.	D 30	26	D 24	26	16	20	--	D 22	
	A 50		A 30					A 30	
Bronce Corriente.	D 42	38	D 34	32	26	20	10	D 30	
	A 56		A 46					A 40	
Bronce Fosforoso.	D 18	16	D 14	12	10	10	8	D 12	
	A 30		A 20					A 18	
Hierro fundido 15kg/mm2.	D 22	20	D 18	16	12	12	4	D 16	
	A 26		A 24					A 22	
Hierro fundido 18kg/mm2.	D 20	18	D 16	15	12	10	4	D 14	
	A 24		A 22					A 20	
Hierro fundido 22kg/mm2.	D 16	14	D 14	12	9	9	4	D 12	
	A 20		A 20					A 18	
Hierro fundido 26kg/mm2.	D 12	11	D 10	9	7	8	3	D 8	
	A 14		A 14					A 12	

D = Desbaste. A = Afinado. ° Con cuchilla o macho. °° En limadoras y acepilladoras.

**VELOCIDADES DE CORTE EN METROS MINUTO PARA TRABAJAR DIVERSOS  
MATERIALES EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS, VALORES MEDIOS UTILIZANDO  
HERRAMIENTAS DE HACER RAPIDO 18-20% W**

MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO										
	Tornear		Taladrar	Fresar		Acepillar °	Roscar a Torno °	Escariar	Brochar	Fresado de Engranaje	
Acero 40-50. Kg/mm2	D	28	24	D	20	18	16	14	10	D	18
	A	40		A	30					A	26
Acero 50-60 Kg/mm2	D	22	20	D	18	16	12	10	9	D	16
	A	30		A	24					A	22
Acero 60-85 Kg/mm2	D	18	16	D	16	14	9	8	8	D	14
	A	24		A	22					A	20
Acero 85-110 Kg/mm2	D	16	14	D	14	12	7	6	7	D	12
	A	18		A	16					A	14
Acero 110-140 Kg/mm2	D	10	8	D	8	6	5	4	--	D	6
	A	12		A	10					A	8
Acero 140-180 Kg/mm2	D	8	6	D	6	4	3	2	--	D	5
	A	10		A	8					A	7
Acero moldeado 38 Kg/mm3	D	20	18	D	16	14	12	10	10	D	15
	A	24		A	20					A	18
Acero moldeado 45 Kg/mm3	D	18	16	D	14	12	10	8	9	D	13
	A	20		A	16					A	15
Acero moldeado 52 Kg/mm3	D	14	12	D	12	10	8	7	8	D	11
	A	16		A	14					A	13
Acero al Manganeso 12%	D	3	3	D	--	2	--	--	--	--	
	A	4		A							
Acero INOXIDABLE	D	8	6	D	6	6	5	4	3	D	5
	A	14		A	10					A	9
METAL MONEL	D	15	12	D	12	10	8	7	4	--	
	A	18		A	14						

D = Desbaste. A = Afinado. ° Con cuchilla o macho. °° En limadoras y acepilladoras.

## ANEXO F: CARACTERÍSTICAS ACEITE SAE-90

### Propiedades y Ventajas:

- Buena capacidad para soportar cargas medias-altas, reduciendo considerablemente las pérdidas por fricción.
- Excelente resistencia a la degradación térmica, ofreciendo protección frente al espesamiento del aceite, alargando así la vida útil del aceite y la transmisión.
- Reducida formación de depósitos, manteniendo los engranajes en un estado óptimo de limpieza.
- Elevada lubricidad, protección anti desgaste y anticorrosiva.
- Excelentes propiedades antiespumantes.
- Compatible con juntas y elastómeros habitualmente empleados.

### Aplicaciones:

- Especialmente diseñado para lubricar cajas de cambio manuales, diferenciales, mandos finales y engranajes en cárter cerrado, de talla recta, helicoidal o gleason, así como de tornillo sinfín.
- Transmisiones en vehículo industrial y Obra Pública.
- Engranajes sometidos a elevados pares de torsión o elevadas velocidades de giro.
- Reductores sometidos a cargas medias-altas.

### Especificaciones / Nivel de Calidad:

API GL-4  
US STEEL 224  
MIL-L-2105

DIN 51517 Parte 3 (CLP)  
ZF TE ML 02B / 16A / 17A / 19a

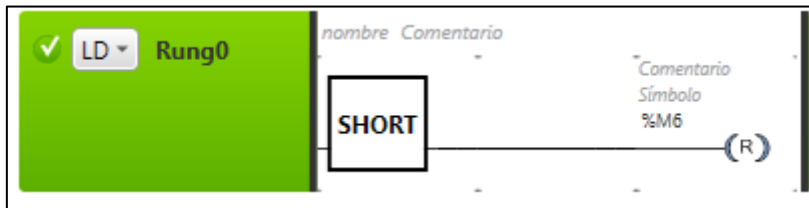
### Datos Técnicos:

<b>Características Físico Químicas</b>	<b>Norma</b>	<b>Valor</b>
Grado SAE	SAE J306	90
Viscosidad cinemática a 100 °C (cSt)	ASTM D-445	13,5-8,5
Punto de congelación (°C)	ASTM D-97	< -15
Punto de inflamación (°C)	ASTM D-92	>240
Test EP, 4 Bolas, soldadura (kg)	ASTM D-2596	250
Test Desgaste, 4 Bolas, 40 kg/1770rpm/ 75°C/1h, Huella (mm)	ASTM D-2266	< 0,40

## **ANEXO G: ESQUEMAS ELÉCTRICOS**

## ANEXO H: PROGRAMACIÓN PLC

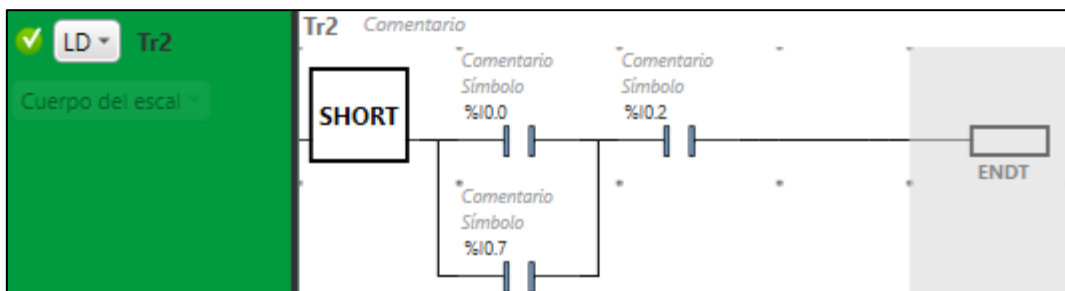
La Figura 1 muestra en diagrama Ladder la primera etapa del GRAFCET cuyo resultado es el Reset del proceso dejándolo listo para su debido funcionamiento, en este punto se desactiva o resetea una memoria M6 asignada a Q0.4 que corresponde al avance longitudinal del eje principal de la mandrinadora portátil.



**Figura 1.** Etapa 1

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

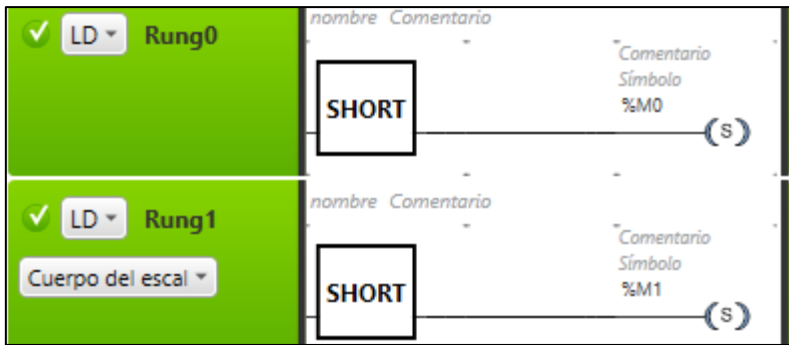
La Figura 2 muestra las condiciones de transición Tr2 para la segunda etapa del GRAFCET, que condiciona la activación de la segunda etapa solo si el PLC recibe la señal de voltaje correspondiente a la activación del elemento final de carrera (I0.2) colocado al inicio del recorrido a mandrinar y recibe la señal eléctrica del pulsador de arranque del tablero o de la botonera asignados a I0.0 e I0.7 respectivamente.



**Figura 2.** Condición de transición Tr2

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

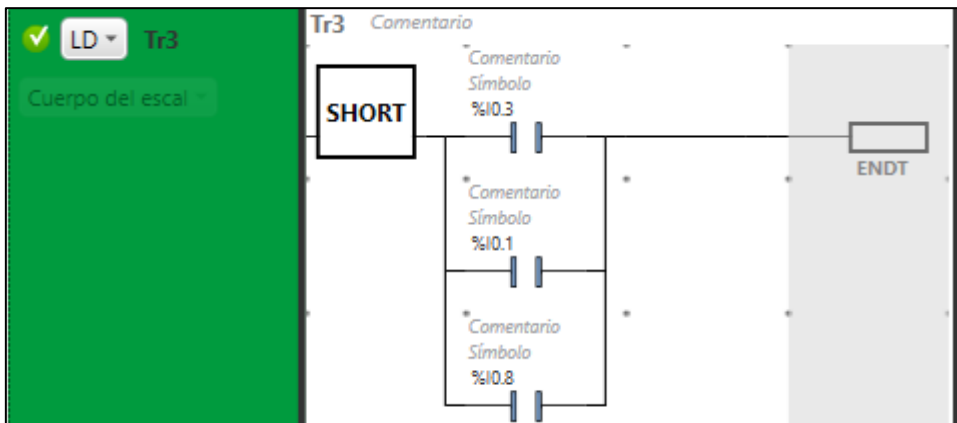
La Figura 3 muestra las acciones ejecutadas en la segunda etapa del GRAFCET, y corresponden a la activación o SET de las memorias M0 y M1 que son las encargadas de activar las salidas digitales Q0.9 correspondiente a la activación del variador con sentido de giro horario del motor y Q0.6 correspondiente al selector de velocidad del motor de avance.



**Figura 3.** Etapa 2

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

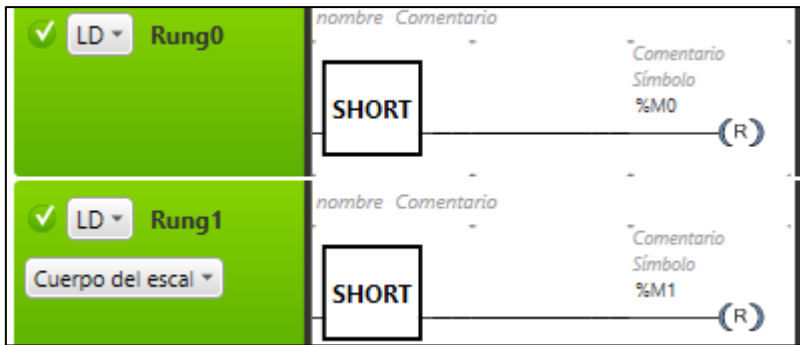
La Figura 4 muestra las condiciones de transición Tr3 para la tercera etapa del GRAFCET, donde se indica que para que la tercera etapa ocurra deben activarse cualquiera de las siguientes entradas I0.3, I0.1 o I0.8 que corresponden al paro de emergencia, al pulsador de paro colocado en el tablero y al pulsador de paro de la botonera.



**Figura 4.** Condiciones de transición Tr3

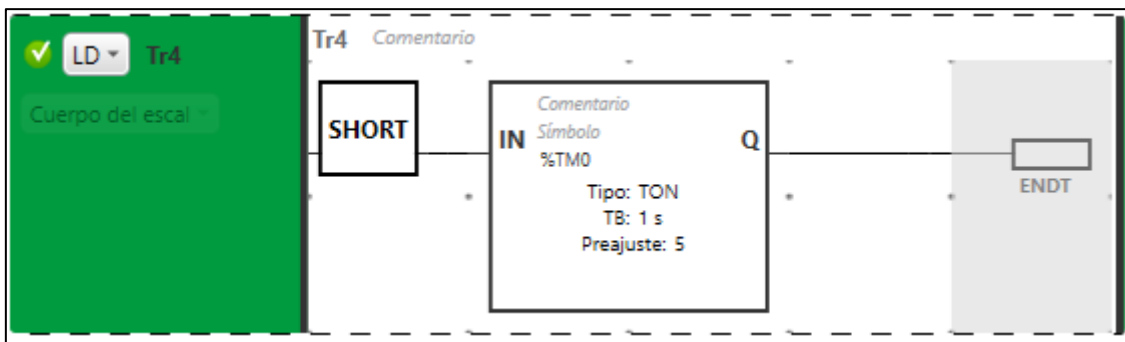
Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 5 muestra las acciones ejecutadas en la etapa 3 del GRAFCET, y corresponden a la desactivación o RESET de las memorias o marcas M0 y M1 que fueron activadas en la etapa 2 y que corresponden a Q0.9 y Q0.6 respectivamente.



**Figura 5.** Etapa 3

La Figura 6 muestra las condiciones de transición Tr4 para la cuarta etapa del GRAFCET, donde se indica que para que la cuarta etapa ocurra debe transcurrir un tiempo determinado que para este caso se ha colocado en 5 segundos.



**Figura 6.** Condición de transición Tr4

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

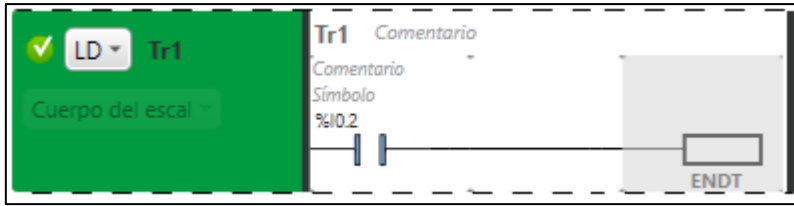
La Figura 7 muestra las acciones realizadas en la etapa 4 y corresponde a la activación o SET de la memoria M6 que se asigna a la salida del PLC Q0.4 que corresponde a la activación del motor de avance.



**Figura 7.** Etapa 4

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

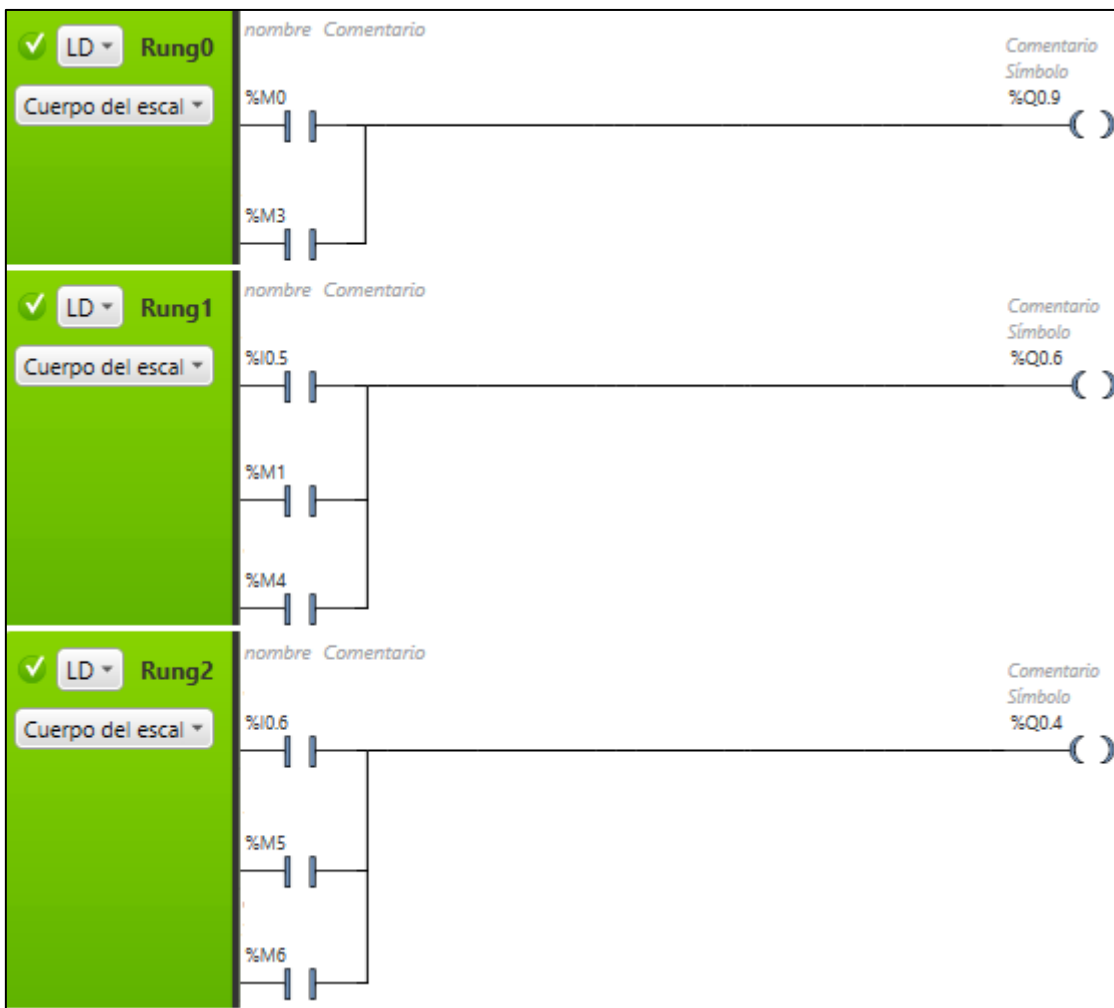
La Figura 8 muestra las condiciones de transición Tr1 que es el final del ciclo del GRAFCET, donde se indica que para que la primera etapa ocurra el PLC debe recibir la señal de activación del final de carrera colocado al inicio del recorrido del je principal de la mandrinadora.



**Figura 8.** Transición inicial o seteo Tr1.

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

La Figura 9 muestra, en total la asignación de marcas o memorias internas del PLC, y de los interruptores/pulsadores para la activación de las salidas digitales físicas del mismo.

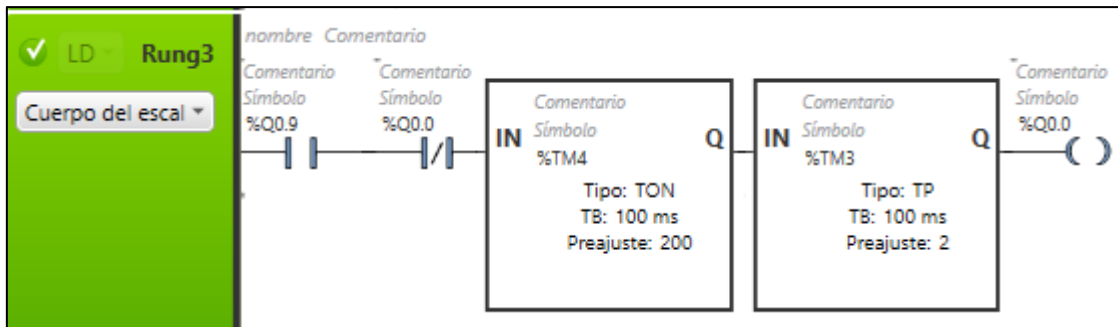


**Figura 9.** Diagrama Ladder del programa cargado en el PLC.

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2019.

La Figura 10, muestra el diagrama Ladder para la activación del sistema de lubricación en base a un intervalo de tiempo específico.





**Figura 10.** Diagrama Ladder del programa cargado en el PLC.

Elaborado por: García Bryan y Vallejo Franklin, 2020.

**ANEXO I: CHECK LIST PARA REVISIÓN DE MÁQUINA MANDRINADORA**

<b>NOMBRE DEL EQUIPO/MAQUINA:</b>							
<b>PROCEDENCIA:</b>				<b>AÑO DE FABRICACION:</b>			
<b>MARCA:</b>				<b>MODELO:</b>			
<b>FECHA DE INST.</b>							
<b>CHECK LIST</b>							
DESCRIPCION	APLICA		ESTADO				OBSERVACION
	SI	NO	EXC.	BUENO	REG.	MALO	
Inspección visual de los elementos externos del tablero de control							
Comprobar funcionamiento de los elementos externos del tablero de control							
Inspección visual de los elementos internos del tablero de control							
Comprobar funcionamiento de los elementos internos del tablero de control							
Inspección visual y auditiva de la mandrinadora							
Verificar funcionamiento de los componentes de la mandrinadora							
Medición de parámetros: corriente, voltaje en el tablero de control							
Verificar el cambio de velocidades en el motor asincrónico							
Comprobar la secuencia de pasos(pulsos) en el motor paso a paso							
Inspección visual del mandrinado en las piezas							
Medición y comprobación de error en las piezas mandrinadas							