

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LIJADORA DE BANDA OSCILANTE HORIZONTAL/VERTICAL PARA LA EMPRESA AGEMAFOR

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO PARA LA LIJADORA DE BANDA OSCILANTE

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

BRYAN RICARDO MOLINA SALAZAR

bryan.molina@epn.edu.ec

DIRECTOR: JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA

jonathan.loor@epn.edu.ec

DMQ, Agosto 2023

CERTIFICACIONES

Yo, Bryan Ricardo Molina Salazar declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Bryan Ricardo Molina Salazar

bryan.molina@epn.edu.ec

bryanligaq109@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Bryan Ricardo Molina Salazar, bajo mi supervisión.

Jonathan Gabriel Loor Bautista

DIRECTOR

Jonathan.loor@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Bryan Ricardo Molina Salazar

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que confiaron en mí y me apoyaron a seguir adelante, en especial a mis padres que son unos excelentes educadores y un pilar fundamental en mi vida, sin ellos no hubiese podido culminar mis estudios, ni mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quisiera agradecer a mis padres y a mi hermano por todo el apoyo incondicional que me han dado durante mi formación profesional. Gracias por los ánimos que me han dado en los momentos más difíciles de esta etapa en mi vida y gracias por todo el inmenso amor que me tienen.

También, quisiera agradecer a mi novia por estar junto a mi durante todo este proceso que no fue fácil, y a pesar de todos los problemas ella siempre estuvo ahí apoyándome y dándome aliento para seguir esforzándome y dando lo mejor de mí.

Finalmente, agradezco a todos mis amigos que formaron parte de mi vida durante este periodo de tiempo, sin duda ellos fueron una ayuda durante mi formación profesional y emocional para mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 ALCANCE	3
1.4 MARCO TEÓRICO	3
1.4.1 Tipos de lijadoras	3
1.4.2 Elementos de protección para motores.	5
1.4.3 Interruptor termomagnético	5
1.4.4 Guarda motor	7
1.4.5 Conductores eléctricos	8
1.4.6 Sistemas de control	10
1.4.7 El contactor	11
1.4.8 Relé.....	12
1.4.9 Relé temporizador	13
1.4.10 Botonera Industrial.....	14
1.4.11 Reductores de velocidad de sin fin-corona.....	15
2 METODOLOGÍA	16
2.1 DISEÑO DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y PROTECCIONES PARA EL ARRANQUE DEL MOTOR.....	18
2.1.1 Datos de placa del motor.....	18
2.1.2 Diagrama unifilar del circuito de control y potencia.....	19

2.1.3	Dimensionamiento y selección de elementos de control y potencia.....	20
2.2	DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO PARA QUE LA LIJADORA CUMPLA CON LOS MECANISMOS PARA SU FUNCIONAMIENTO.	29
2.2.1	Movimiento oscilatorio.....	29
2.2.2	Movimiento vertical y horizontal	36
2.2.3	Ajuste y desajuste de la banda de lija.....	41
2.2.4	Movimiento vertical de la mesa de trabajo.....	43
3	RESULTADOS	44
3.1	CONEXIONES ELÉCTRICAS	44
3.2	MECANISMOS DE LA LIJADORA DE BANDA OSCILANTE.....	46
3.3	VIDEO DE FUNCIONAMIENTO.....	53
3.4	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	54
4	Conclusiones	56
5	Recomendaciones.....	57
6	Referencias.....	58
7	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular.....	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo III. Carta de intención enviada por la empresa AGEMAFOR.....	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo IV. Planos	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar el sistema electromecánico de la lijadora de banda oscilante, a partir del diseño eléctrico para el arranque del motor trifásico con alimentación bifásica por medio de capacitores electrolíticos, para el diseño eléctrico se realizó un diagrama unifilar del circuito de potencia y control, en donde se observará los componentes necesarios para dichos circuitos, una vez determinados los componentes, se realizó una revisión de las normas para el correcto dimensionamiento de protecciones, elementos de control y potencia.

Se analizaron diferentes diseños propuestos en línea, con la finalidad de poder tener una base de diseño para los mecanismos de: oscilación, ajuste y desajuste de banda, movimiento vertical de la mesa de trabajo y movimiento horizontal y vertical de la base para soporte de rodillos. Para cada uno de los diseños de los diferentes movimientos de la máquina, se utilizó el software Inventor Professional para la simulación del correcto funcionamiento de los mecanismos.

Finalmente, se realizó un video guía del funcionamiento de los mecanismos que conformar a la lijadora de banda oscilante, un manual de operación y mantenimiento, tomando en cuenta las propuestas de diseño.

PALABRAS CLAVE: Lija, Oscilante, Banda, Interruptor, Motor.

ABSTRACT

The present project has the purpose of designing the electromechanical system of the oscillating belt sander, starting from the electrical design for starting the three-phase motor with two-phase power supply by means of electrolytic capacitors, for the electrical design a one-line diagram of the power and control circuit was made, where the necessary components for such circuits will be observed, once the components were determined, a review of the standards for the correct sizing of protections, control and power elements was carried out.

Different designs proposed in line were analyzed, with the purpose of having a design basis for the mechanisms of: oscillation, adjustment and unadjustment of the belt, vertical movement of the work table and horizontal and vertical movement of the roller support base. For each of the designs of the different movements of the machine, Inventor Professional software was used to simulate the correct operation of the mechanisms.

Finally, a video guide of the operation of the mechanisms that make up the oscillating belt sander and an operation and maintenance manual were made, taking into account the design proposals.

KEY WORDS: Sander, Oscillating, Belt, Switch, Motor.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La lijadora de banda oscilante tiene muchas ventajas ante otro tipo de máquinas de lija como, por ejemplo: su acabado es más limpio, ayuda a que la banda de lija no se caliente y por esto la banda de lija no tiende a ser reemplazada seguido, además se puede graduar el ángulo de la banda para poder trabajar con biseles. Es por ello que en este proyecto se realizó el diseño de los mecanismos para que la lijadora cumpla con las necesidades de las empresas del país.

Para este proyecto se utilizó un motor trifásico, gracias a que las características del motor suplen con las necesidades que tiene la máquina para un óptimo funcionamiento. Es por ello que se tuvo que investigar los métodos para el arranque del motor trifásico con alimentación bifásica, debido a que la alimentación bifásica es más accesible en el país, que la alimentación trifásica.

Se partió con el diagrama de conexiones eléctricas para el arranque del motor, mediante capacitores electrolíticos, tanto de arranque como de trabajo permanente para el correcto funcionamiento del motor en la máquina. Seguido se analizaron los elementos de protección, control y potencia para realizar el diagrama unifilar en el software "Cadesimu". Posteriormente se dimensionaron todos los elementos necesarios en el circuito para después seleccionarlos adecuadamente.

Tras concluir la fase de diseño eléctrico, se revisaron videos y sitios web de la maquina lijadora de banda oscilante, en los que se evidenciaba los mecanismos que conforman la máquina.

Una vez, analizada la maquina se comenzó a trabajar con el diseño del mecanismo de oscilación, en la cual se realizaron 2 propuestas de diseño, para finalmente escoger la propuesta 1, mediante la matriz de criterios ponderados, para lo cual se concluyó que dicha propuesta se acoplaba mejor a las necesidades de la máquina. Se realizaron bocetos para después plasmarlos en el software Inventor Professional y simularlos para observar el funcionamiento de las propuestas de diseño.

Posteriormente, se realizó el diseño de los mecanismos del movimiento vertical y horizontal del soporte de rodillo, el movimiento vertical de la mesa de trabajo ajuste

y desajuste de la banda de lija, así mismo se dibujaron en el software Inventor Professional para comprobar el funcionamiento de estos sistemas.

Finalmente, se realizó un video guía para evidenciar el correcto funcionamiento de la maquina lijadora de banda oscilante, manual de operación y mantenimiento de la máquina.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema electromecánico para la lijadora de banda oscilante

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar bibliografía sobre el control electromecánico para las lijadoras comerciales de banda oscilante
2. Diseñar el sistema eléctrico para el motor de la lijadora de banda oscilante
3. Modelar en 3D el sistema electromecánico de la lijadora de banda oscilante por medio del software Inventor Profesional.
4. Realizar pruebas de funcionamiento del sistema electromecánico para verificar su funcionamiento

1.3 ALCANCE

El proyecto pretende implementar una lijadora de banda oscilante, teniendo en cuenta las siguientes actividades: selección del motor adecuado en función de la carga a transmitir, mecanismo para que la mesa pueda girar completamente, mecanismo para ajuste y desajuste de la banda de lija, mecanismo para el movimiento vertical de la mesa de trabajo y el sistema de transmisión para que la banda oscile.

Este proyecto se someterá a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la máquina, además, se desarrollará un video explicativo del funcionamiento del sistema. Finalmente, se estructurará un plan de mantenimiento y guía de uso para alargar la vida útil de los componentes mecánicos y eléctricos del sistema implementado.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Tipos de lijadoras

Lijadoras de banda

Las lijadoras de banda tienen un mecanismo de dos o más rodillos, que están recubiertos por una banda de lija y un motor eléctrico. El eje del motor está acoplado a los rodillos por diferentes mecanismos como las poleas o pueden encontrarse de forma directa, en la cual los rodillos giran a la vez que la banda de lija y esto produce que se puedan lijar distintos tipos de materiales de una forma rápida y sencilla, [1].

En la Figura 1.1 se muestra las partes de la una máquina lijadora de banda.

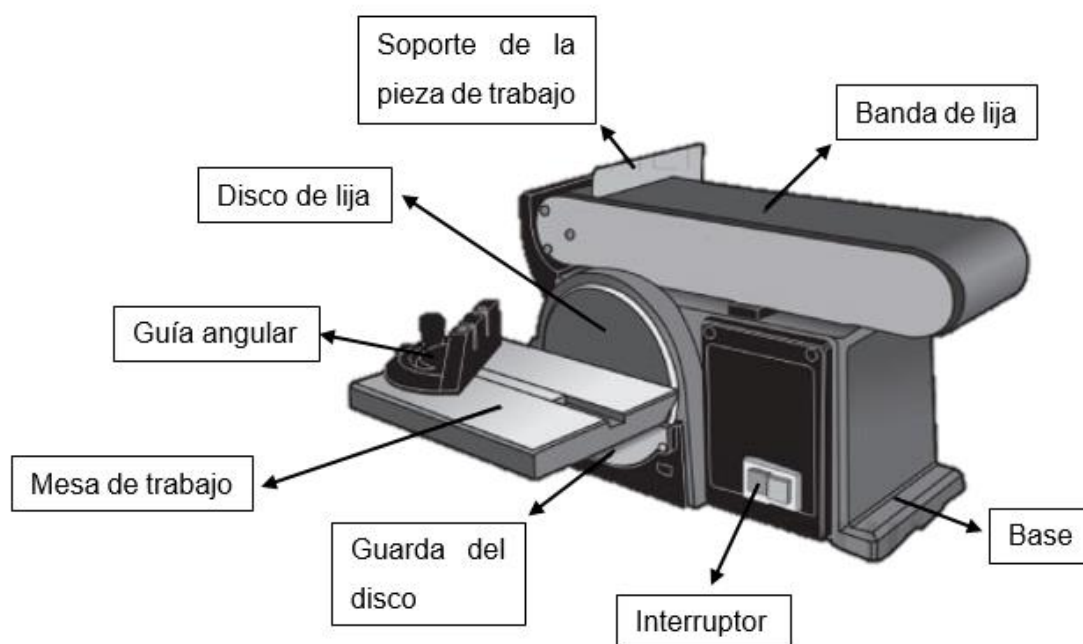


Figura 1.1 Lijadora de banda, [2]

Lijadoras de banda oscilante

Las lijadoras de banda necesitan de un motor eléctrico por lo que las lijadoras de banda oscilante no son la excepción, además, este tipo de lijadoras de banda necesitan de un mecanismo para que se pueda realizar la oscilación. También, tienen diferentes ventajas ante la lijadora de banda normal, por ejemplo: realiza un acabado sin rayas, puede reducir el calentamiento de la banda de lija, además, de que se puede controlar el ángulo y nivel de la mesa, [2].

En la Figura 1.2 se muestra las partes de la una máquina lijadora de banda oscilante.



Figura 1.2 Lijadora de banda oscilante, [3]

1.4.2 Elementos de protección para motores.

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) en el apartado 7 de Protecciones contra sobrecorrientes, indica que los dispositivos que se van a proteger deben de hacer uso de interruptores termomagnéticos fabricados según la Norma IEC 60898-1, además, de cumplir con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091, [4]. El objetivo de estos elementos es proteger y detectar cualquier anomalía en el circuito que pueda afectar a la carga alimentada.

1.4.3 Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético tiene la capacidad de brindar protección ante dos eventos que se presentan en un circuito, Teniendo en cuenta un número limitado de elementos y, que a su vez están conectados mediante un conductor eléctrico.

La parte térmica se activa cuando se detecte una sobrecarga en el circuito, es decir cuando por el conductor pase más corriente de la que soporta, por ende, estas tienden a calentarse.

Están formadas por un elemento bimetálico y un contacto móvil, el cual, siempre está cerrado. El bimetálico está calibrado de acuerdo con una corriente nominal,

cuando aumenta la corriente de la misma, el elemento bimetálico se deforma a tal punto que llega a abrir el contacto y corta la circulación de corriente en el circuito, cuando el bimetal se enfría o llega a una temperatura ambiente esta vuelve a cerrarse y circula nuevamente la corriente.

La parte magnética se activa cuando se produce un cortocircuito. Están formadas por una bobina y un contacto que se mantiene cerrado para que circule la corriente, cuando se produce un cortocircuito, la corriente se dispara y esta genera un gran campo magnético que provoca una contracción en la bobina, la cual hace que el contacto se abra y deje de circular corriente.

Se debe de tener en cuenta que para el dimensionamiento del interruptor termomagnético es en función al conductor, mas no a la carga esta debe de ser dimensionada en función a la carga que se utilizara en la instalación, [5].

En la Figura 1.3 se muestra las partes de un interruptor termomagnético.

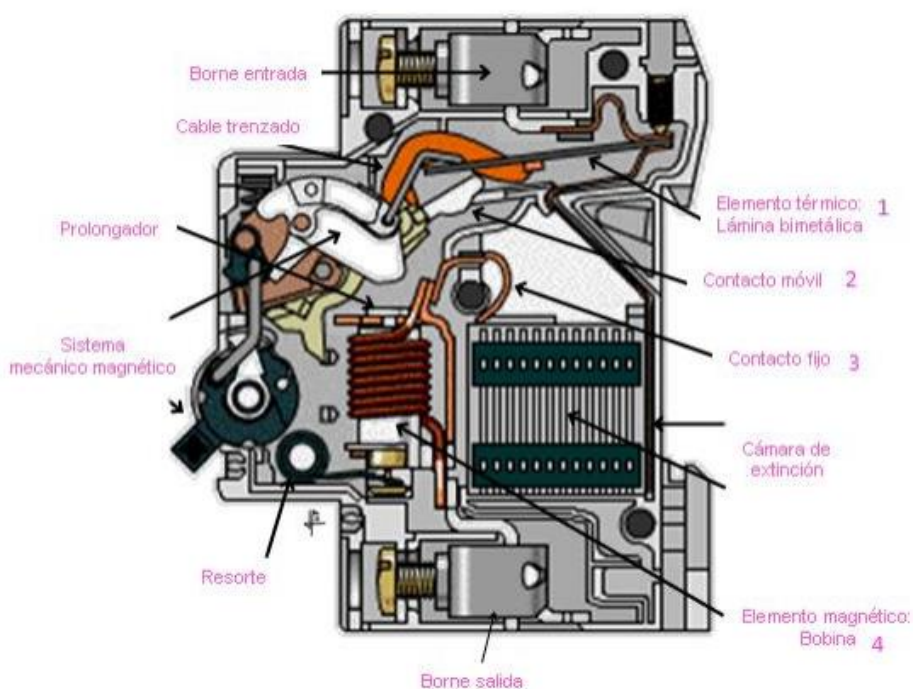


Figura 1.3 Interruptor termomagnético, [5]

Dimensionamiento de interruptores electromagnéticos

Para poder dimensionar el interruptor termomagnético se debe considerar la corriente nominal de la carga que se vaya a instalar y la corriente del conductor. la

corriente que soportara el interruptor termomagnético debe ser el 125% de la corriente nominal de la carga, además, que esta debe ser menor a la corriente del conductor al cual va a proteger, [6].

Se tiene la Ecuación 1.1 para el dimensionamiento del interruptor termomagnético:

$$1,25I_{\text{carga}} \leq I_{\text{breaker}} \leq I_{\text{conductor}}$$

Ecuación 1.1 Condición para dimensionamiento del interruptor termomagnético,
[6]

Donde:

I carga: Corriente nominal del elemento a proteger (A).

I breaker: Corriente del protector (A).

I conductor: Corriente que soportara el cable (A).

1.4.4 Guarda motor

Los guardamotores son parte esencial de la protección contra accidentes de motores, debido, a que protegen a los motores de sobrecargas y cortos circuitos que se puedan suscitar en los motores.

La diferencia entre los interruptores electromagnéticos es, cuando se produzca una sobrecarga o un corto circuito, esta va a abrirse sin importar la temperatura a la que este el motor, esta se va a abrir al momento que detecte corrientes que estén por encima de las nominales del motor.

Los guardamotores se disparan según la curva de calibración, en consecuencia, de las corrientes que puedan afectar al dispositivo durante ciertos periodos de tiempo, [7].

En la Figura 1.4 se muestra una imagen del guardamotor.



Figura 1.4 Guardamotor, [7]

1.4.5 Conductores eléctricos

Son cuerpos capaces de transportar la energía eléctrica. El conductor eléctrico se forma principalmente por el conductor como tal, que suele ser cobre. Estos pueden ser alambres, formados por una sola hebra o por varias, que forman el conductor.

Los materiales que más se utilizan en son el cobre y el aluminio, sin embargo, como se mencionó, el cobre es el más utilizado debido a su excelente conductividad eléctrica y sus características mecánicas, [8].

Partes que componen un conductor eléctrico

Elemento conductor

El objetivo de los elementos conductores es transmitir la electricidad de centrales generadoras a los centros de distribución para poder alimentar a las centrales de consumo, [8].

En la Tabla 1.1 se muestra la clasificación del conductor eléctrico.

Tabla 1.1 Clasificación de conductores eléctricos, [8]

Conductor eléctrico	Clasificación	Descripción
Según su constitución	Alambre	Está formada por un hilo conductor, se utilizan en líneas aéreas, instalaciones eléctricas y ductos.

	Cable	Está conformada por una serie de hilos conductores de baja sección, los cuales, hace más flexible a el cable
Según el número de conductores	Monoconductor	Conductor que tiene sola alma conductora que está aislada y puede tener cubierta de protección.
	Multiconductor	Conductor formado por dos o más almas conductoras aisladas entre sí y con cubiertas protectoras.

Aislamiento

El objetivo de este elemento es evitar que el conductor entre en contacto con cualquier medio físico ajeno a este, ya seas estos artefactos, ductos u otros elementos.

Estos tienen diferentes tipos de aislamientos dependiendo la aplicación en la cual se necesite, estas podrían ser: resistencia de agentes químicos, humedad, altas temperaturas, entre otras, [8].

Cubiertas protectoras

El objetivo de las cubiertas protectoras es evitar cualquier daño mecánico que se pueda realizar en el ambiente de trabajo en los aislantes del conductor, si las protecciones son de acero o latón a esta protección se la denomina armadura, mientras que, las protecciones están formadas por alambres de cobre se las denomina pantalla o blindaje, [8].

En la Figura 1.5 se muestra las partes del conductor eléctrico.

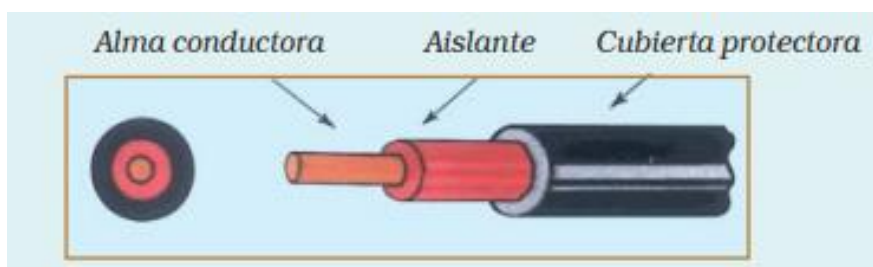


Figura 1.5 Conductor eléctrico, [8]

1.4.6 Sistemas de control

Es un grupo de elementos que ayudan a controlar la carga que se utilizan en las máquinas para el mecanismo de la misma, por otra parte, los sistemas de control pueden ser dirigidos por el humano o se puede automatizarlos.

En los sistemas de control se debe de diferenciar los dos principales tipos de lazos que se utilizan para procesos dentro de la industria.

El lazo abierto no tiene una comparación entre la señal del sensor de salida del proceso y la señal de referencia que se encuentra en el inicio del proceso, por otra parte, el lazo cerrado compara la señal de salida con la señal de referencia para conocer desarrollo de la variable, la cual, debe ser controlada, [9].

En la Figura 1.6 y 1.7 se presenta la diferencia del lazo abierto y cerrado respectivamente.

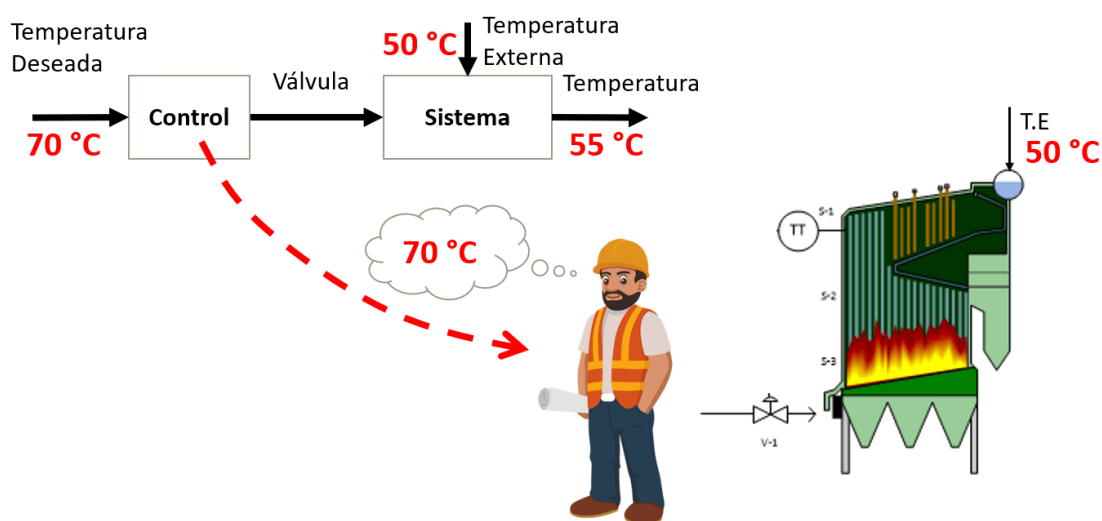


Figura 1.6 Sistema de control de lazo abierto, [9]

Como se observa en la Figura 1.6 se presenta un ejemplo de lazo abierto del proceso de control de una caldera, la señal de referencia es la medida de la variable física de la entrada del proceso, es decir, la temperatura que se requiere para el sistema y la señal del sensor que se encuentra en la salida, es la temperatura que realmente está leyendo el sensor. Como se puede ver en el diagrama de bloques de la Figura 1.6, no realiza una comparación entre la salida y la entrada del proceso, en este caso para poder regular la variable, se va a necesitar de un controlador que

este variando la señal de entrada para que a la salida se obtenga la temperatura que se deseada para el proceso.

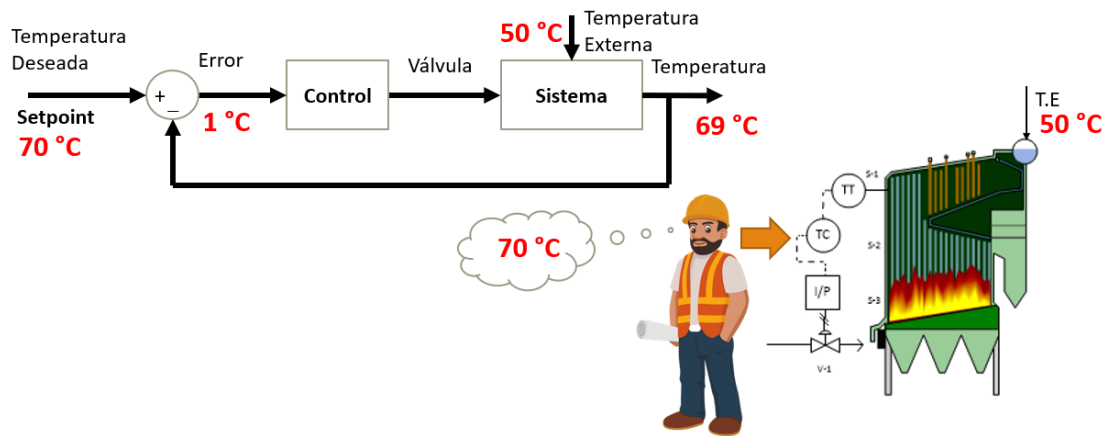


Figura 1.7 Sistema de control de lazo cerrado, [9]

En la Figura 1.7 se presenta un ejemplo de lazo cerrado del mismo proceso de la figura anterior, por el contrario, esta realiza una comparación entre la señal de entrada y la señal de salida, para obtener un error mínimo de la variable física que se desea. En este caso, no se va a necesitar de ningún tipo de control del operador para que la variable de entrada se regule, debido a que está siendo comparada constantemente con la señal de salida y automáticamente regulando la entrada para obtener la temperatura deseada en el proceso.

1.4.7 El contactor

El contactor tiene la habilidad de cortar la corriente eléctrica dependiendo la función que necesitemos, las principales aplicaciones del contactor son los arranques y frenados de los motores eléctricos.

Para poder dimensionar los contactores se debe de tener en cuenta la carga que se va a controlar o la potencia del motor controlada.

En la Tabla 1.2 se muestra la clasificación de los contactores.

Tabla 1.2 Clasificación de contactores, [10]

Tipo	Definición
Contactores electromagnéticos	Se accionan mediante un electroimán

Contactores electromecánicos	Se pueden accionar mediante medios mecánicos
Contactores neumáticos	Accionamiento mediante gases
Contactores hidráulicos	Se acciona mediante la presión de un líquido.

El contactor tiene una bobina interior que cuando esta tenga conducción de corriente esta cambia de estado dependiendo del contactor que se esté utilizando, el contactor tiene dos posiciones: normalmente cerrado y normalmente abierto, el primero el contactor normalmente cerrado, cuando por la bobina no este conduciendo corriente, está por su contactor no pasa corriente, mientras que, los contactores normalmente abiertos, cuando su bobina esta activada estas dejan pasar la corriente por sus contactos.

Con estas dos posiciones del contactor se pueden realizar diferentes circuitos de control para poder arrancar o frenar a un motor, [10].

1.4.8 Relé

El relé es un interruptor, el cual, puede cortar o permitir el paso de corriente dependiendo si es un relé con contacto abierto o cerrado correspondientemente. Este elemento solo es accionado eléctricamente.

El relé tiene una bobina que cuando pasa por esta una corriente, produce un campo electromagnético que produce los cambios en los contactos del mismo para poder accionar la carga a la que esté conectada, [11].

En la Tabla 1.3 se muestran los tipos de relés que existen en el mercado

Tabla 1.3 Tipos de relés, [11]

Tipo de relé	Descripción
Relé electromecánico	Esta puede tener algunos tipos según su método de activación como, por ejemplo: armadura, núcleo móvil, relés polarizados y relés tripolares.

Relé de estado solido	Se utiliza cuando se necesita mayor velocidad de conmutación.
Relé corriente alterna	Es accionado por corriente alterna.
Relé temporizador	Se utiliza cuando se necesita activar o desactivar el relé después de pasar un tiempo.
Relé térmico	Se utilizan para protecciones en las cuales su conmutación es activada cuando hay una sobre corriente en el circuito, lo cual ocasiona que el relé se active por el efecto del calentamiento del conductor.
Relé Arduino	Se utiliza cuando se trabaje con Arduino y se necesita de la misma alimentación de la placa que se tiene del microcontrolador, además de la programación para que el relé se active.

1.4.9 Relé temporizador

Los relés temporizados se utilizan para varias aplicaciones de automatización de un proceso en las industrias.

Existe dos tipos de relés temporizados: retardo a la conexión y retardo a la desconexión.

Relés temporizados con retardo a la conexión:

Esta activa sus bobinas cuando ha pasado el tiempo colocado en el relé solamente cuando se haya energizado este elemento.

Relés temporizados con retardo a la desconexión:

Desactiva sus bobinas cuando haya pasado el tiempo colocado en el relé, este solamente se activa cuando se energice el relé el tiempo que se ingresa en el temporizador, [12].

En la Figura 1.8 se muestra un relé temporizador.



Figura 1.8 Relé temporizador, [13]

1.4.10 Botonera Industrial

Es un dispositivo que ayuda a controlar maquinas en un proceso de producción, este dispositivo ofrece más seguridad, debido a los materiales con los que son contruidos.

Este dispositivo tiene dos estados uno es sin pulsar y el otro es el pulsado, en los cuales en el primero corta el flujo eléctrico y el otro permite el paso de corriente eléctrica respectivamente, [14].

En la Tabla 1.4 se observa los tipos de botoneras que existen en el mercado.

Tabla 1.4 Tipos de botoneras industriales, [14]

Tipos de botonera	Función
-------------------	---------

Botonera de enganche	Tiene un mecanismo para que el contacto móvil y fijo se abra y se cierre.
Botonera con enclavamiento	Puede mantener un estado gracias a su mecanismo de resortes mediante la pulsación del botón y desclavarlo con otro botón.
Botonera momentánea	Este no tiene un enclavamiento, pero pueden provocar un cambio temporal en el estado de un circuito.
Botonera industrial con llave	Este dispositivo lleva una llave que al ser colocada permite el accionamiento de la botonera.
Botonera cubierta	Este tiene una cubierta que lo protege de acciones imprevistas.

1.4.11 Reductores de velocidad de sin fin-corona

Los reductores de velocidad de este tipo son sistemas muy sencillos, está compuesta por un husillo de acero en forma de tornillo sin fin que está en permanente contacto a una corona dentada que normalmente es de bronce. La función de este sistema es la reducción de la velocidad, en donde una vuelta completa del tornillo sin fin equivale al avance de un diente de la corona, [15].

Características:

- Los reductores permiten el movimiento del tornillo sin fin a la corona, sin embargo, no permiten el movimiento de la corona al tornillo sin fin, este bloqueo ayuda en la seguridad de algunos mecanismos.
- Pueden trabajar a elevadas temperaturas.
- Tienen una baja eficiencia.
- No produce ningún tipo de ruido.

- Las relaciones de transmisión pueden ser elevadas y ser acopladas en un pequeño espacio.

En la Figura 1.9 se muestra las partes del reductor de velocidad.



Figura 1.9 Partes de un reductor de velocidad, [15]

2 METODOLOGÍA

Con el objetivo de diseñar el sistema electromecánico de la banda oscilante, se parte de una investigación proyectiva, la cual, propone soluciones a una situación a partir de la indagación de información, este tipo de investigación propone, explica y explora las diferentes alternativas para la elaboración de diseño en base a un proceso de investigación, [16].

El proyecto actual parte de un análisis y entendimiento del funcionamiento del motor para la banda de lija que tiene la máquina, además, de los requerimientos dados por la empresa para la selección del motor, conociendo los datos de placa del motor se procede al cálculo de las protecciones y los conductores según la corriente que maneje el motor que se vaya a instalar en la maquina lijadora de banda oscilante.

Una vez determinado las protecciones y calibres de cable, se procede a la selección de componentes de mando, es decir, botones, interruptores y luces. Estos según el diseño mecánico que se realizara para la banda lijadora de banda oscilante. Cuando se conocen los componentes de mando se procede a realizar un diagrama unifilar de conexiones, el cual, ayudo a que se entienda el circuito que se va a

implementar, además, al realizar este esquema eléctrico la instalación física va a ser más sencilla. Para este esquema se utilizará el programa “CadeSimu” que permitió realizar una simulación del circuito.

A partir del diagrama se dimensionó y seleccionó los elementos necesarios para la instalación. Se ejecutó la instalación física en la maquina tomando en cuenta: el orden de los elementos, las herramientas necesarias para su instalación y la protección personal adecuada.

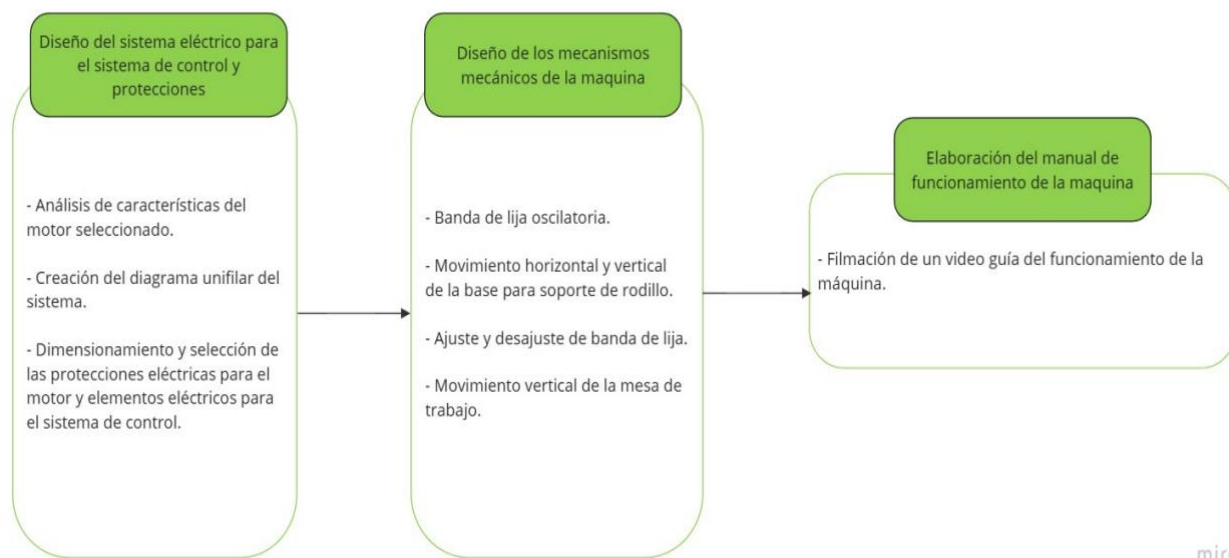
Una vez finalizada las conexiones eléctricas, se procedió a realizar una serie de pruebas de funcionamiento. Comprobando así, el funcionamiento del motor cuando este de forma vertical y horizontal.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento del motor, se llevó a cabo el dimensionamiento de los siguientes mecanismos: Banda de lija oscilatoria, movimiento vertical y horizontal de la base para soporte de rodillos, ajuste y desajuste de la banda de lija y por último el movimiento vertical de la mesa de trabajo.

Se van a realizar todos los diseños en el software Inventor Professional tomando en cuenta las medidas de la estructura de la máquina.

Finalmente, se realizará un video para comprobar el funcionamiento de los mecanismos de la lijadora de banda oscilante, manual de uso y mantenimiento de la misma.

En la Figura 2.1 se presenta a manera de resumen el diagrama de flujo que se utilizara para la elaboración del dimensionamiento del sistema electromecánico para la maquina lijadora de banda oscilante.



miro

Figura 2.1 Diagrama de flujo de metodología.

2.1 DISEÑO DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y PROTECCIONES PARA EL ARRANQUE DEL MOTOR

2.1.1 Datos de placa del motor

Al momento de la adquisición de este motor se tuvo en consideración las necesidades del cliente y de la máquina, para que permita un funcionamiento óptimo.

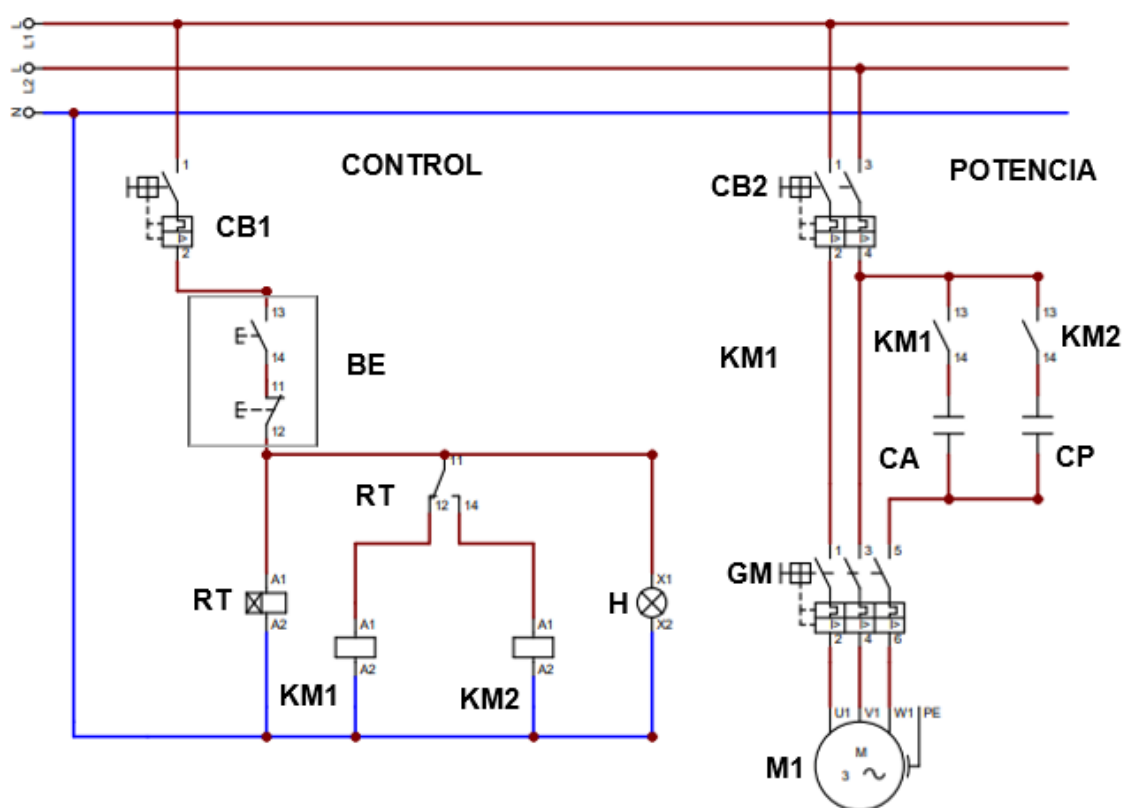
Como se muestra en la Figura 2.2 era necesario adquirir un motor de 3600 revoluciones por minuto que se considera una velocidad alta, la potencia de 3 HP, se seleccionó acorde a las máquinas de lija de banda que pueden ser más de 1200 W según el material que se va a procesar, debido a esto y al tipo de lijadora el motor va a necesitar mayor potencia para poder transmitir la energía al mecanismo de oscilación, además que, garantice que el motor pueda trabajar de forma vertical y horizontal, [17].



Figura 2.2 Datos de placa de motor trifásico.

2.1.2 Diagrama unifilar del circuito de control y potencia.

Para empezar, se parte del diseño del diagrama unifilar de las conexiones para el arranque del motor trifásico con capacitores, esta sección ayuda a realizar un análisis de los componentes que se necesitan para elaborar este proyecto, además de facilitar las conexiones en el tablero cuando se esté implementando este circuito. En la Figura 2.3 se indica el diagrama de conexiones del circuito de control y potencia para el motor.



CB1: Interruptor termomagnético **H:** Luz piloto verde
(Control)

CB2: Interruptor termomagnético **CA:** Capacitor de arranque
(Potencia)

BE: Botonera con enclavamiento

CP: Capacitor permanente

RT: Relé Temporizador (*On delay*)

GM: Guardamotor

KM1: Contactor 1

M1: Motor

KM2: Contactor 2

Figura 2.3 Diagrama unifilar del circuito de control, potencia y protección para arranque del motor.

2.1.3 Dimensionamiento y selección de elementos de control y potencia

Interruptor termomagnético

Una vez realizado el diagrama de conexiones, primero se dimensiono y luego se seleccionó las protecciones para el circuito de potencia, para esto se va a necesitar los datos de placa de motor que se encuentra en el apartado 2.1.1 del cual se revisara la corriente nominal del motor (I_n) que va a ser de 8,16 (A).

Utilizando la Ecuación 2.1 se va a obtener la ecuación para el cálculo del dimensionamiento del interruptor termomagnético.

$$1,25 * I_n \leq I_{C,B} \leq I_{conductor}$$

Ecuación 2.1 Condición para dimensionamiento del interruptor termomagnético,
[6]

Donde:

I_n : Corriente nominal del elemento a proteger (A)

$I_{C,B}$: Corriente del protector (A)

$I_{conductor}$: Corriente que soportara el cable (A)

Despejando la Ecuación 2.1 se obtiene la Ecuación 2.2 para el dimensionamiento del interruptor termomagnético.

$$I_{C,B} \geq 1,25 * I_n$$

Ecuación 2.2 Ecuación de dimensionamiento del interruptor termomagnético para el circuito de potencia.

Donde:


$I_{C,B}$: Corriente del protector (A)

I_n : 8,16 (A)

Usando la Ecuación 2.2 se obtiene:

$$I_{C,B} \geq 10,2 \text{ (A)}$$

Tomando en cuenta este valor calculado se va a seleccionar el interruptor termomagnético considerando que el valor seleccionado será el inmediato superior del valor calculado en la Ecuación 2.2, para esto, se recurrió a seleccionar del catálogo comercial de la empresa ABB, el interruptor termomagnético C16, debido a que es el valor más cercano al calculado, como se observa en la Figura 2.4, además debe ser de dos polos. La nomenclatura C16 nos indica que este tipo de interruptor termomagnético tiene una curva C, la cual indica que el mismo se accionara cuando transcurra un tiempo considerable sobre la corriente con la que está diseñada.



Bipolares. Ancho: 2 módulos = 35mm				Poder de corte		
				Icu (kA)		
				230 Vac	440 Vac	
2CDS252001R0014	S202-C1	1	440Vac	20	10	38,97
2CDS252001R0024	S202-C2	2		20	10	38,05
2CDS252001R0044	S202-C4	4		20	10	38,05
2CDS252001R0064	S202-C6	6		20	10	26,23
2CDS252001R0104	S202-C10	10		20	10	22,66
2CDS252001R0164	S202-C16	16		20	10	22,66
2CDS252001R0204	S202-C20	20		20	10	22,66
2CDS252001R0254	S202-C25	25		20	10	22,66
2CDS252001R0324	S202-C32	32		20	10	22,66
2CDS252001R0404	S202-C40	40		20	10	30,69
2CDS252001R0504	S202-C50	50		20	10	32,18
2CDS252001R0634	S202-C63	63		20	10	32,18
2CDS252001R0804	S202-C80	80		20	10 @400Vac	Consultar
2CDS252001R0824	S202-C100	100		20	10 @400Vac	Consultar
2CCS812001R0844	S202-C125	125	16	16	Consultar	

Figura 2.4 Catálogo de interruptores termomagnéticos ABB y selección de interruptor de dos polos C16, [18]

De la misma forma se va a realizar el dimensionamiento para el circuito de control, en este se tienen 2 contadores, un relé temporizador y una luz piloto, en el caso de los contactores, el consumo de corriente de cada bobina es de 0,1 (A), [19]. El relé temporizador tiene un consumo de corriente de 3 (A), [20]. Mientras tanto, la luz piloto tiene un consumo de 0,13 (A), [21]. Se puede concluir que la corriente no va a sobrepasar los 4 (A) para el interruptor termomagnético, por lo tanto, el catálogo de la empresa ABB, dispone del valor de corriente necesario para la protección del

circuito de control, es el C4 como se indica en la Figura 2.5. Al contrario del circuito de potencia este interruptor termomagnético es de un polo.



Monopolares. Ancho: 1 módulo = 17,5mm						
2CDS251001R0014	S201-C1	1	253Vac 72Vdc	20	10	15,88
2CDS251001R0024	S201-C2	2		20	10	14,85
2CDS251001R0044	S201-C4	4		20	10	14,85
2CDS251001R0064	S201-C6	6		20	10	12,23
2CDS251001R0104	S201-C10	10		20	10	10,64
2CDS251001R0164	S201-C16	16		20	10	10,64
2CDS251001R0204	S201-C20	20		20	10	10,64
2CDS251001R0254	S201-C25	25		20	10	10,64
2CDS251001R0324	S201-C32	32		20	10	10,64
2CDS251001R0404	S201-C40	40		20	10	14,53
2CDS251001R0504	S201-C50	50		20	10	15,88
2CDS251001R0634	S201-C63	63		20	10	15,88
2CDS251001R0804	S201-C80	80		20	10	Consultar
2CDS251001R0824	S201-C100	100		20	10	Consultar
2CCS811001R0844	S801B-C125	125		10	16	Consultar

Figura 2.5 Catalogo de interruptores termomagnéticos ABB y selección de interruptor de un polo C4, [18]

Guardamotor

Para la selección del guardamotor se debe considerar que debe soportar 220 (V), la potencia del motor que se encuentra en los datos de placa del mismo de la Figura 2.2, que es de 2,2 (KW) y la regulación de corriente del guardamotor este entre los valores de corriente nominal del motor, que también se encuentran en los datos de placa de la misma figura, la cual es de 8,16 (A). Por lo tanto, el guardamotor seleccionado es del catálogo de la empresa Chint y se va a escoger el guardamotor con una regulación de 6 a 10 (A), con una potencia de 2,2 (KW) y a 220 (V). Como se muestra en la Figura 2.6 es la que mejor opción, debido a que cumple con las características del motor.

NS2-25X - Guardamotor Trifásico (Mando Giratorio)

F3G

Código	Regulación	Potencia motor trifásico (kW)			PdC (415 Vac)	Código	Regulación	Potencia motor trifásico (kW)			PdC (415 Vac)
		230/240V	400V	690V				230/240V	400V	690V	
NS2-25X-016	010...016 A	-	-	-	100 kA	NS2-25X-4	25...40 A	0,75	15	3	100 kA
NS2-25X-025	016...025 A	-	-	-	100 kA	NS2-25X-63	40...63 A	11	22	4	100 kA
NS2-25X-04	025...040 A	-	-	-	100 kA	NS2-25X-10	60...10 A	22	4	75	100 kA
NS2-25X-063	040...063 A	-	-	0,37	100 kA	NS2-25X-14	90...14 A	3	5,5	9	15 kA
NS2-25X-1	063...100 A	-	-	0,55	100 kA	NS2-25X-18	13...18 A	4	7,5	11	15 kA
NS2-25X-16	100...160 A	-	0,37	11	100 kA	NS2-25X-23	17...23 A	5,5	11	15	15 kA
NS2-25X-25	160...250 A	0,37	0,75	15	100 kA	NS2-25X-25	20...25 A	5,5	11	18,5	15 kA

NS2-32X - Guardamotor Trifásico (Mando Giratorio)

F3G


Código	Regulación	Potencia motor trifásico (kW)			PdC (415 Vac)
		230/240V	400V	690V	
NS2-32X-32	24...32 A	7,5	15	25	10 kA



Figura 2.6 Catalogo de guardamotores Chint y selección de guardamotor NS2-25X-10, [22]

Contactores

En caso de los contactores, se debe partir de igual manera de las características de placa del motor que se encuentra en la Figura 2.2, de los datos de placa se tiene la potencia de 2,2 (KW) y una corriente nominal de 8,16 (A), a partir de los valores mencionados se seleccionó el contactor LC1D12 del catálogo de la empresa Schneider que se muestra en la Figura 2.7 que soporta 3 (KW) de potencia y su corriente de 12 (A).



3-pole contactors											
Standard power ratings of 3-phase motors 50-60 Hz in category AC-3 (θ ≤ 60 °C)							Rated operational current in AC-3 440 V up to	Instantaneous auxiliary contacts	Basic reference, to be completed by adding the control voltage code ⁽²⁾	Weight ⁽³⁾	
220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V					
230 V	400 V				690 V						
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	A			kg	
Connection by screw clamp terminals											
2.2	4	4	4	5.5	5.5	-	9	1	1	LC1D09●●	0.320
3	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	-	12	1	1	LC1D12●●	0.325
4	7.5	9	9	10	10	-	18	1	1	LC1D18●●	0.330
5.5	11	11	11	15	15	-	25	1	1	LC1D25●●	0.370
7.5	15	15	15	18.5	18.5	-	32	1	1	LC1D32●●	0.375
9	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	-	38	1	1	LC1D38●●	0.380
Power connections by EverLink® BTR screw connectors ⁽⁴⁾ and control by screw clamp terminal											
11	18.5	22	22	22	30	-	40	1	1	LC1D40A●●	0.850
15	22	25	30	30	33	-	50	1	1	LC1D50A●●	0.855
18.5	30	37	37	37	37	-	65	1	1	LC1D65A●●	0.860
22	37	37	37	37	37	-	80	1	1	LC1D80A●● ⁽⁵⁾	0.860
Connection by screw clamp terminals or connectors											
22	37	45	45	55	45	45	80	1	1	LC1D80●●	1.590
25	45	45	45	55	45	45	95	1	1	LC1D95●●	1.610
30	55	59	59	75	80	65	115	1	1	LC1D115●●	2.500
40	75	80	80	90	100	75	150	1	1	LC1D150●●	2.500
Connection by lugs or bars											
In the references selected above, insert a figure 6 before the voltage code. Example: LC1 D09●● becomes LC1 D096●●.											
Separate components											
Auxiliary contact blocks and add-on modules: see pages B8/23 to B8/29.											

Figura 2.7 Catalogo de contactores Schneider y selección de contactor LC1D12, [23]

Relé temporizador

Para la selección del relé temporizador, únicamente se debe tomar en cuenta que: se pueda activar con el voltaje del sistema de control (110 VAC), que soporte la corriente que pasará por este elemento que será menor a 3 (A) debido a que el relé se encuentra en el circuito de control y que el temporizador sea de tipo *on delay*. Se selecciono el relé temporizador de la Figura 2.8 que se acomoda con las características descritas.



Figura 2.8 Relé temporizador.

Luz Piloto

Finalmente, para la selección de la luz piloto solamente se debe tomar en cuenta el voltaje de funcionamiento del sistema, ya sea 110 (V) o 220 (V). Se selecciono la luz piloto de la Figura 2.9.



Figura 2.9 Luz piloto, [24]

Capacitores para Arranque de motor trifásico mediante alimentación bifásica

Según las necesidades del cliente se debe de arrancar el motor con alimentación bifásica, debido a que en la empresa no posee alimentación trifásica.

Para el arranque de un motor trifásico con alimentación bifásica se va a necesitar de dos capacitores, uno de arranque y otro de operación, además, de un inductor, contactores y un temporizador.

Al tener dos líneas de fase y un neutro, el motor trifásico que se debe de alimentar con 3 fases que están desfasadas 120 grados entre sí, este no arrancara con alimentación bifásica sin un circuito de control, el cual, pueda simular una falsa fase en el motor, esto se logra gracias a los capacitores.

Los capacitores introducen componentes reactivos al motor para que este pueda arrancarlo, por lo que se va a necesitar de dos capacitores como se mencionó anteriormente, uno de arranque y otro permanente o de operación.

Para proceder a realizar los cálculos de los capacitores se necesita saber de la reactancia capacitiva, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: se va a realizar los cálculos con una caída de voltaje pequeña, debido a que no se necesita que la caída de voltaje en el capacitor sea muy elevada y se encuentre el rango de 4%-8% la energía de alimentación, es decir, 220 V, [25]. En este proyecto se va a tomar el promedio de estos valores, el cual es el 6% de la caída de voltaje, además se considerará la corriente nominal de motor que se encuentra en los datos de placa.

Para la obtención de la caída de voltaje del 6% de alimentación bifásica se tiene:

$$V = \frac{6}{100} * 220 (V)$$

$$V = 13,2 (V)$$

La caída de voltaje va a ser de 13,2 (V).

Para la obtención de la reactancia capacitiva se utilizará la Ecuación 2.3, tomando en cuenta que la corriente nominal del motor trifásico es de 8,16 (A) que se encuentra en el dato de placa.

$$XC = \frac{V}{I}$$

Ecuación 2.3 Reactancia capacitiva con caída de voltaje, [25]

Donde

Xc: Reactancia capacitiva (Ω)

V: Caída de voltaje (V)

I: Corriente nominal del motor (A)

Por consiguiente, se tiene en la ecuación 2.3

$$XC = \frac{13,2 (V)}{8,16 (A)}$$

Usando la ecuación 2.3 se obtiene:

$$XC = 1,62 (\Omega)$$

Cálculo de capacitor de arranque

Con datos anteriormente calculados se procede a realizar los cálculos teóricos para el capacitor de arranque del motor trifásico, se utilizó la Ecuación 2.4.

$$Xc = \frac{1}{2\pi * F * C}$$

Ecuación 2.4 Reactancia capacitiva, [25]

Donde

Xc: Reactancia Capacitiva (Ω)

π : Constante de número pi

F: Frecuencia de la red (Hz)

C: Capacitor (F)

De la ecuación 2.4 despejamos el valor del capacitor y se obtiene la ecuación 2.5

$$C = \frac{1}{2\pi * F * X_C}$$

Ecuación 2.5 Despeje del valor de capacitor de la ecuación 2.4

En la ecuación 2.5. se obtiene:

$$C = \frac{1}{2 * 3,1416 * 60 (Hz) * 1,62(\Omega)}$$

Usando la ecuación 2.5 se obtiene:

$$C = 163,7 (\mu F)$$

Tomando como base el cálculo realizado en la ecuación 2.5 se busca en catálogo comerciales los valores de capacitancia que se aproximen al cálculo, en este caso se optó por seleccionar del catálogo de la marca ABB un capacitor de arranque de 182,7 (μF) a 220 (V) y 60 (Hz) que se encuentra en la Figura 2.10.

Cálculo de capacitor permanente

Para el cálculo de capacitores de operación o permanentes se va a tomar la mitad del valor obtenido del capacitor de arranque, es decir, el valor del capacitor permanente va a ser de 80 (μF), [25]. Este valor seleccionado será el inmediato superior del catálogo de la empresa ABB y será de 82,9 (μF) A 400 (V) y 60 (Hz) como se muestra en la figura 2.9.

Para la selección de capacitores es importante tener en cuenta la frecuencia con la que trabaja el capacitor debido a que en otros países se maneja una frecuencia de 50 (Hz) y la frecuencia de red con la que trabajamos es de 60 (Hz).

Modelos

Tensão de Operação	Potência (kVA)	Capacitância por fase (µF)	Icn (A)	Código de estoque	Proteção ¹⁾		Seccionamento ²⁾	
					Fusível	Seccionadora	Contator	
220 V / 60 Hz	2,5	45,7	6,6	2GCA294472A0031B	OFAF000H10	XLP000	UA16	
	5	91,3	13,1	2GCA294455A0031B	OFAF000H20	XLP000	UA16	
	7,5	137	19,7	2GCA294460A0031B	OFAF000H35	XLP000	UA26	
	10	182,7	26,2	2GCA2944950A0031	OFAF000H50	XLP000	UA30	
	15	274	39,4	2GCA2944951A0031	OFAF000H63	XLP000	UA50	
380 V / 60 Hz	4,8	29,4	7,3	2GCA294477A0031B	OFAF000H10	XLP000	UA16	
	7,5	45,9	11,4	2GCA294472A0031B	OFAF000H20	XLP000	UA16	
	10	61,2	15,2	2GCA294475A0031B	OFAF000H25	XLP000	UA16	
	12,5	76,5	19,0	2GCA294454A0031	OFAF000H32	XLP000	UA26	
	15	91,8	22,8	2GCA294455A0031	OFAF000H40	XLP000	UA26	
	21,7	132,9	33,0	2GCA294452A0031	OFAF000H63	XLP000	UA30	
	25	153,1	38,0	2GCA294456A0031	OFAF000H63	XLP000	UA50	
400 V / 60 Hz	12,5	69,1	18,0	2GCA294469A0031	OFAF000H32	XLP000	UA16	
	15	82,9	21,7	2GCA294450A0031	OFAF000H40	XLP000	UA26	
	20	110,5	28,9	2GCA294470A0031	OFAF000H50	XLP000	UA26	
	24,1	133,2	34,8	2GCA294452A0031	OFAF000H63	XLP000	UA30	
440 V / 60 Hz	6,25	28,5	8,2	2GCA294477A0031B	OFAF000H16	XLP000	UA16	
	10	45,7	13,1	2GCA294472A0031B	OFAF000H25	XLP000	UA16	
	12,5	57,1	16,4	2GCA294471A0031	OFAF000H32	XLP000	UA16	
	15	68,5	19,7	2GCA294457A0031	OFAF000H35	XLP000	UA26	
	20	91,3	26,2	2GCA294471A0031	OFAF000H50	XLP000	UA26	
	25	114,2	32,8	2GCA294464A0031	OFAF000H63	XLP000	UA30	
	30	137	39,4	2GCA294460A0031	OFAF000H70	XLP000	UA30	
	480 V / 60 Hz	7,5	28,8	9,0	2GCA294477A0031B	OFAF000H16	XLP000	UA16
		10	38,4	12,0	2GCA294474A0031B	OFAF000H20	XLP000	UA16
12,5		48	15,0	2GCA294472A0031	OFAF000H25	XLP000	UA16	
15		57,6	18,0	2GCA294462A0031	OFAF000H32	XLP000	UA26	
18		69,1	21,7	2GCA294457A0031	OFAF000H35	XLP000	UA26	
20		76,8	24,1	2GCA294463A0031	OFAF000H40	XLP000	UA30	
25		95,9	30,1	2GCA294473A0031	OFAF000H50	XLP000	UA30	
30		115,1	36,1	2GCA294464A0031	OFAF000H63	XLP000	UA50	
525 V / 60 Hz		12	38,5	13,2	2GCA294474A0031	OFAF000H25	XLP000	UA16
	15	48,1	16,5	2GCA294465A0031	OFAF000H32	XLP000	UA16	
	18	57,7	19,8	2GCA294466A0031	OFAF000H35	XLP000	UA26	
	20	64,2	22,0	2GCA294475A0031	OFAF000H40	XLP000	UA26	
	24	77	26,4	2GCA294467A0031	OFAF000H50	XLP000	UA30	
	30	96,2	33,0	2GCA294468A0031	OFAF000H63	XLP000	UA30	
600 V / 60 Hz	12	29,5	11,5	2GCA294477A0031	OFAF000H20	XLP000	UA16	
	15	36,8	14,4	2GCA294478A0031	OFAF000H25	XLP000	UA16	
	18	44,2	17,3	2GCA294479A0031	OFAF000H32	XLP000	UA26	
	20	49,1	19,2	2GCA294480A0031	OFAF000H32	XLP000	UA26	
	25	61,4	24,1	2GCA294481A0031	OFAF000H40	XLP000	UA30	
	30	73,7	28,9	2GCA294482A0031	OFAF000H50	XLP000	UA30	

Figura 2.10 Catálogo de capacitores ABB y selección de capacitores de 182,7 (µF) y 82,9 (µF), [26]

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO PARA QUE LA LIJADORA CUMPLA CON LOS MECANISMOS PARA SU FUNCIONAMIENTO.

2.2.1 Movimiento oscilatorio

Propuesta 1

Con el fin de cumplir con el movimiento oscilatorio de la lijadora de banda, se va a necesitar de la transmisión de movimiento al rodillo donde se va a colocar el sistema de oscilación de la banda, para ello se colocará la banda de lija entre los dos rodillos, en donde uno de estos va a ser el que va a transmitir el movimiento, debido a que estará acoplado al eje del motor. Al tener movimiento en el rodillo transmitido se va a colocar al mismo un reductor de velocidad, es decir, un tornillo sin fin que estará ubicado en el eje del rodillo y un engrane que estará instalado junto al rodillo como se muestra en la Figura 2.11.

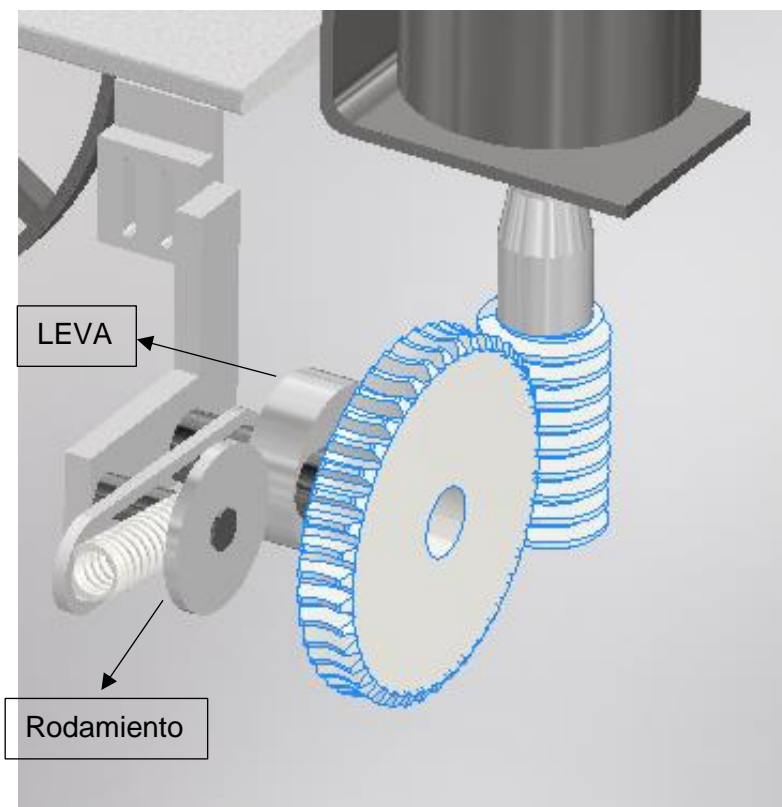


Figura 2.11 Reductor de velocidad acoplado en el eje del rodillo.

La función del tornillo sin fin es la transmisión de potencia al engrane, a su vez, el engrane va a estar conectado a una leva que está en contacto con un rodamiento y un eje con resorte, el cual, cuando este girando el engrane, el eje se mueve en forma de vaivén para realizar el movimiento oscilatorio del rodillo. En la Figura 2.12 se muestra una imagen de la maquina con el sistema de oscilación mediante el reductor de velocidad.

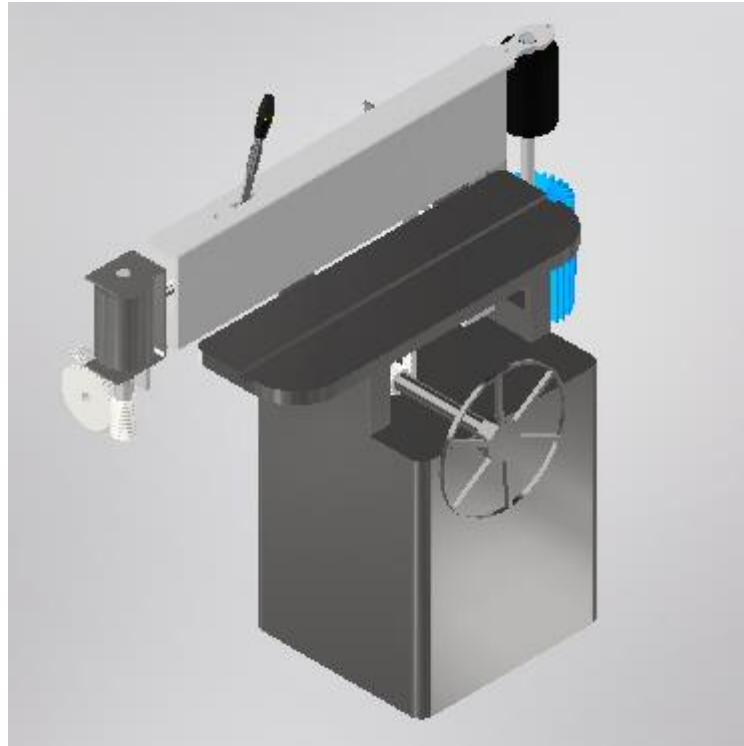


Figura 2.12 Vista isométrica de la lijadora de banda oscilante acoplado el reductor de velocidad.

Ventajas:

- El mecanismo reductor no necesita de ningún tipo de energía, aparte de la que transmite el motor de la banda de lija, lo cual lo vuelve eficiente.
- Se tiene una buena distribución de peso sobre la estructura la cual con el peso del rodillo y de la propia estructura, ayuda a equilibrar el peso del motor que se encuentra en el punto opuesto de la máquina.

Desventajas:

- Este sistema es complejo adaptarlo a la base del rodillo debido a su tamaño y a la complejidad de elaborar sus componentes como los son: el piñón y el tornillo sin fin.

Propuesta 2

Para este sistema de oscilación se va a necesitar de un motor pequeño, el cual, en su eje se va a realizar un desfase de su centro por medio de una platina y otro eje que va a llegar hasta la base del rodillo, Este eje va a estar guiado por medio de

una apertura vertical en la base del rodillo, la función principal de esta guía es no mover al rodillo de forma vertical, sino es hacerla mover de izquierda a derecha para así cumplir con el movimiento oscilatorio, tal como se muestra en la Figura 2.13 y Figura 2.14.

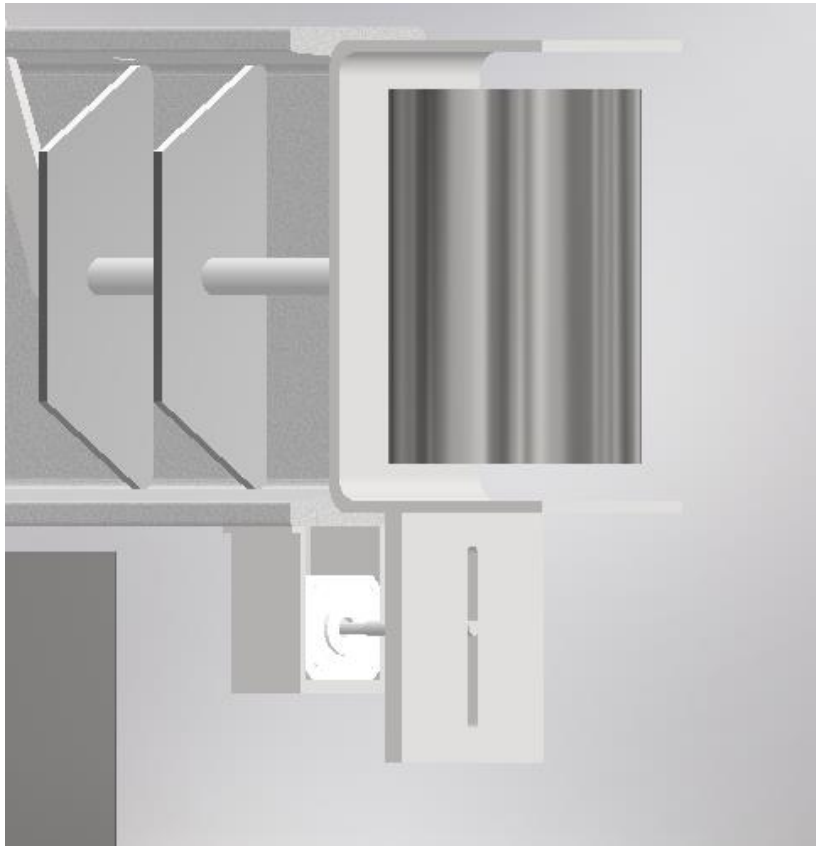


Figura 2.13 Vista lateral de la propuesta 2 para el sistema de oscilación.

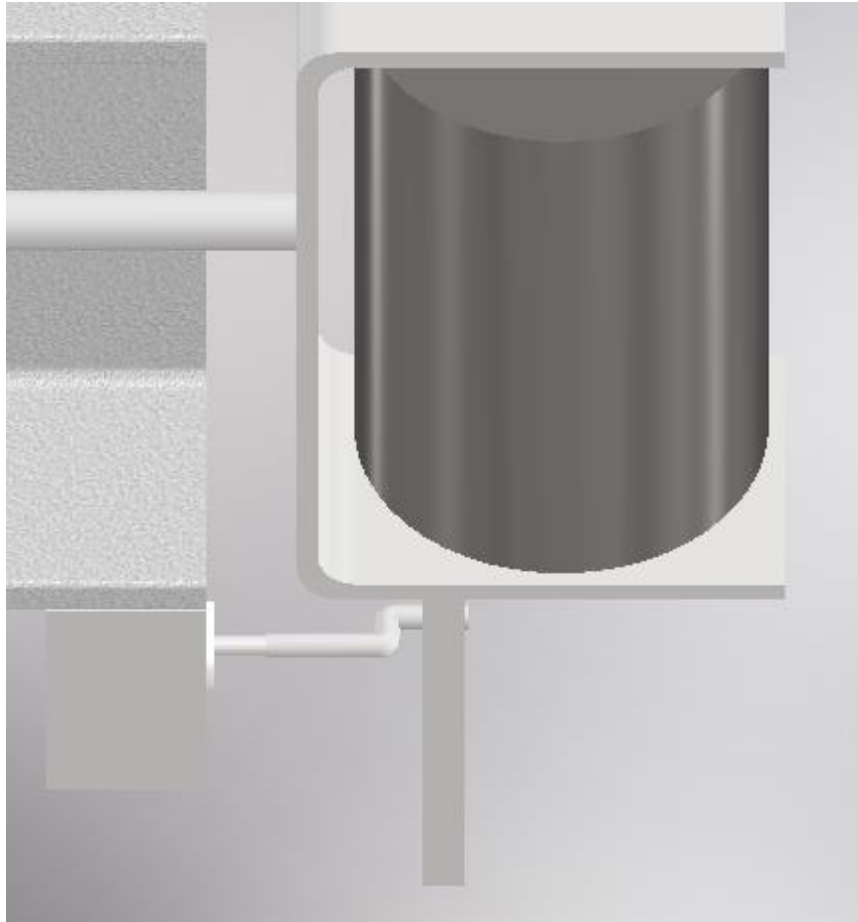


Figura 2.14 Vista superior de la propuesta 2 para el sistema de oscilación.

Ventajas:

- El sistema es más sencillo de elaborar y cumple con la función de oscilación.
- Regulación de oscilación mediante la distancia de desfase que va a haber entre el eje del motor y el eje que va a estar ubicado en la guía del rodillo.

Desventajas:

- Depende directamente de otro motor aparte del que se colocara en la banda de lija, lo cual lo vuelve menos eficiente para esta aplicación.
- Se necesitará mantenimiento para los dos motores que se encuentran en funcionamiento en la máquina.
- Su costo es elevado debido a que se va a utilizar dos motores y en consecuencia se gastara mucho más en la alimentación de los motores

- Se necesitarán otras protecciones para el motor que va a realizar el movimiento oscilatorio en la máquina.
- No lograra un equilibrio optimo en la máquina.

Selección de la propuesta optima:

Para poder escoger la propuesta optima se emplea el método de criterios ponderados, el cual evaluara diferentes factores para la selección del modelo más adecuado para el diseño del mecanismo de oscilación.

La ponderación se va a basar en los siguientes criterios, tomando en cuenta, el objetivo propuesto, que es la seguridad del sistema de oscilación, por esta razón se dará énfasis en este criterio antes mencionado.

- Seguridad
- Peso
- Precio
- Complejidad de instalación
- Mantenimiento

Tablas de selección de la propuesta optima

Para los criterios seleccionados se utilizan matrices de criterios ponderados, en las cuales las ponderaciones de los criterios van a ser con valores entre: 0, 0,5 y 1, [27]

A partir de estos se evaluará uno por uno con matrices de criterios ponderados, en donde, se tiene en cuenta la propuesta que cumple mejor con el criterio que se está siendo evaluado.

Tabla 2.1 Evaluación y selección de propuestas

Seguridad > Peso > Precio > Complejidad de instalación > Mantenimiento							
Criterio	Seguridad	Peso	Precio	Complejidad	Mantenimiento	Suma+1	Ponderación
Seguridad		0,5	0,5	1	1	4	0,296
Peso	0		0,5	1	1	3,5	0,259
Precio	0	0		1	0,5	2,5	0,166
Complejidad	0	0	0		1	2	0,148

Mantenimiento	0	0	0	0,5		1,5	0,111
					SUMA	13,5	1

Tabla 2.2 Evaluación del criterio de seguridad

Propuesta 1 > Propuesta 2				
CRITERIO	Propuesta 1	Propuesta 2	Suma +1	Ponderación
Propuesta 1		1	2	0,7
Propuesta 2	0		1	0,3
		SUMA	3	1

Tabla 2.3 Evaluación del criterio de peso

Propuesta 1 > Propuesta 2				
CRITERIO	Propuesta 1	Propuesta 2	Suma +1	Ponderación
Propuesta 1		1	2	0,7
Propuesta 2	0		1	0,3
		SUMA	3	1

Tabla 2.4 Evaluación del criterio de precio

Propuesta 1 > Propuesta 2				
CRITERIO	Propuesta 1	Propuesta 2	Suma +1	Ponderación
Propuesta 1		0	1	0,3
Propuesta 2	1		2	0,7
		SUMA	3	1

Tabla 2.5 Evaluación del criterio de complejidad de instalación

Propuesta 1 > Propuesta 2				
CRITERIO	Propuesta 1	Propuesta 2	Suma +1	Ponderación
Propuesta 1		0	1	0,3
Propuesta 2	1		2	0,7
		SUMA	3	1

Tabla 2.6 Evaluación del criterio de mantenimiento

Propuesta 1 > Propuesta 2				
CRITERIO	Propuesta 1	Propuesta 2	Suma +1	Ponderación
Propuesta 1		1	2	0,7
Propuesta 2	0		1	0,3
		SUMA	3	1

Tabla 2.7 Conclusiones para selección de propuesta

Conclusión	Seguridad	Peso	Precio	Complejidad	Mantenimiento	SUMA	Prioridad
Propuesta 1	0,7	0,7	0,3	0,3	0,7	2,7	1
Propuesta 2	0,3	0,3	0,7	0,7	0,3	2,3	2

2.2.2 Movimiento vertical y horizontal

Para el movimiento vertical y horizontal de la banda de lija se necesitó de dos apoyos los cuales van a estar sujetos desde la base de la maquina hacia el soporte de los rodillos. Como lo muestra la Figura 2.15.

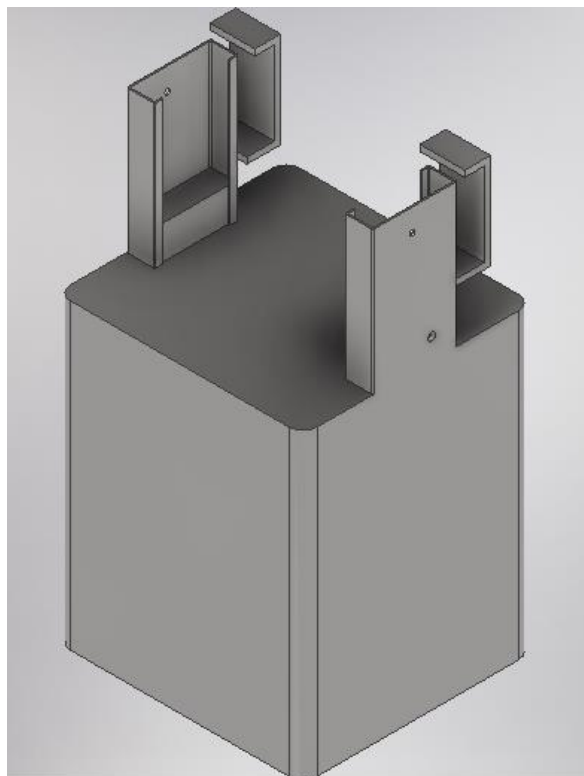


Figura 2.15 Vista isométrica de apoyos para movimiento vertical y horizontal.

En estos apoyos va a estar ubicado el soporte para el motor, banda de lija, mecanismo de oscilación, sistema de ajuste y desajuste de banda de lija y rodillos. En estos apoyos, se va a colocar una bisagra que permita el movimiento de esta base, además, se colocará una guía la cual se desplace de 90° a 180° en la base del motor para que esta, en conjunto con la base para rodillos se mueva de forma horizontal y vertical, tal como se muestra en la Figura 2.16 y Figura 2.17.

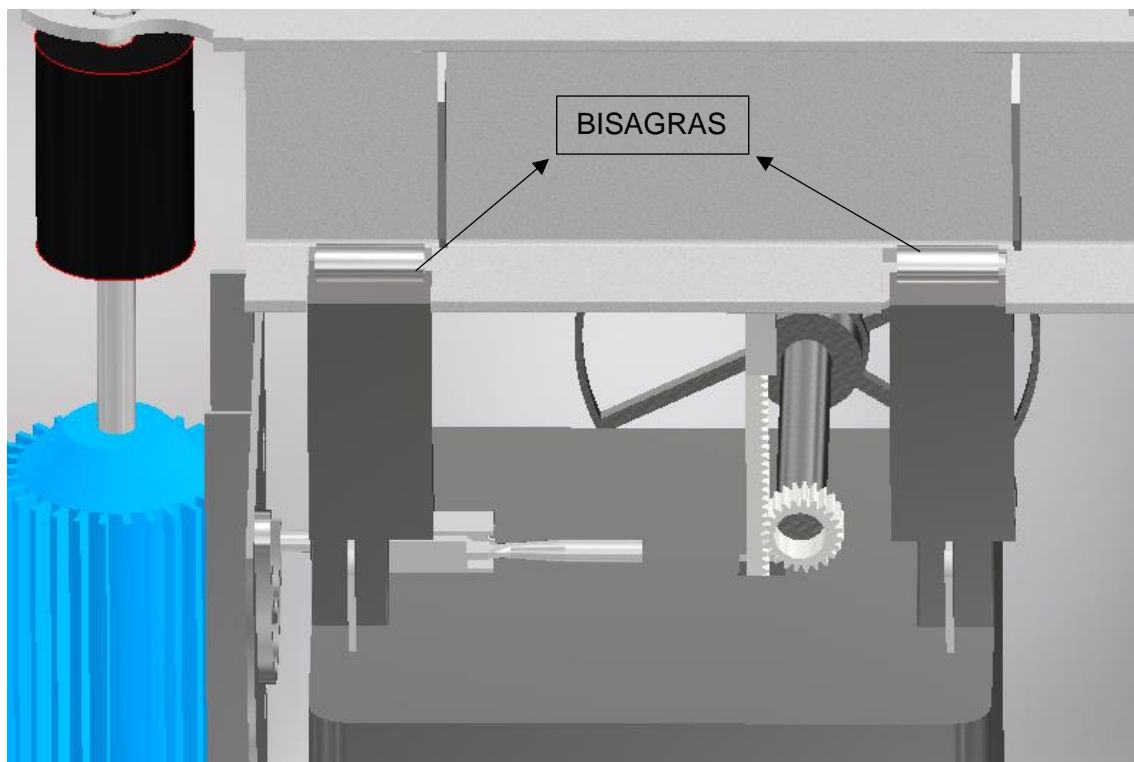


Figura 2.16 Vista posterior de la lijadora.

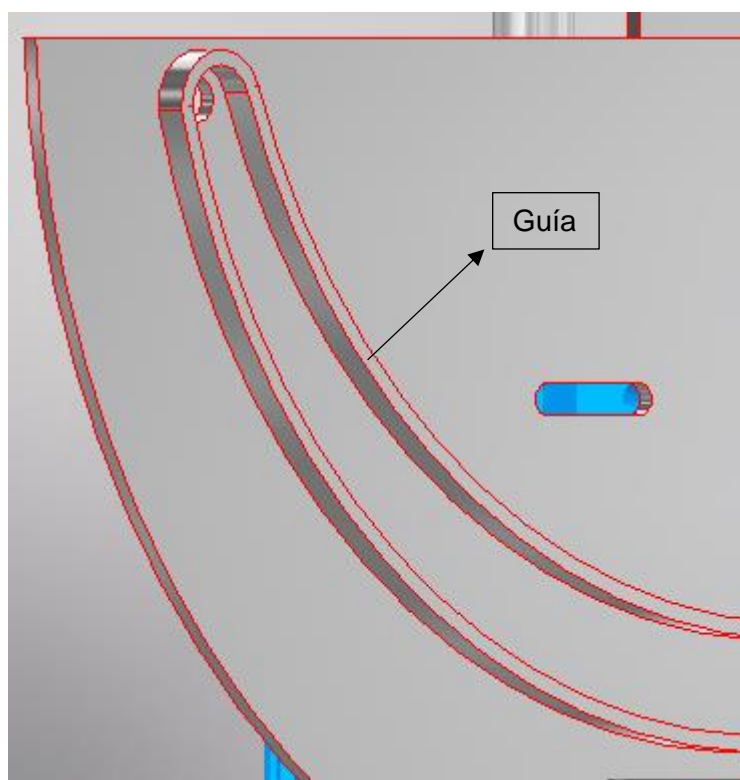


Figura 2.17 Guías ubicadas en la parte posterior de la base del motor.

Se instaló una palanca para poder mantener fija a la base de rodillos en la posición que se requiera. Esta palanca tendrá un mecanismo con un resorte, el cual cuando accionemos la palanca el resorte se contraerá y el pasador de la palanca saldrá de agujeros guías para bloquear la máquina, para permitir el cambio de la posición de trabajo del soporte de rodillos, ya sea de forma vertical u horizontal. Al momento de soltar la palanca el resorte volverá a su posición inicial y encajará el pasador con el agujero guía para bloquear el movimiento del soporte de rodillos, como se muestra en la Figura 2.18 y Figura 2.19.

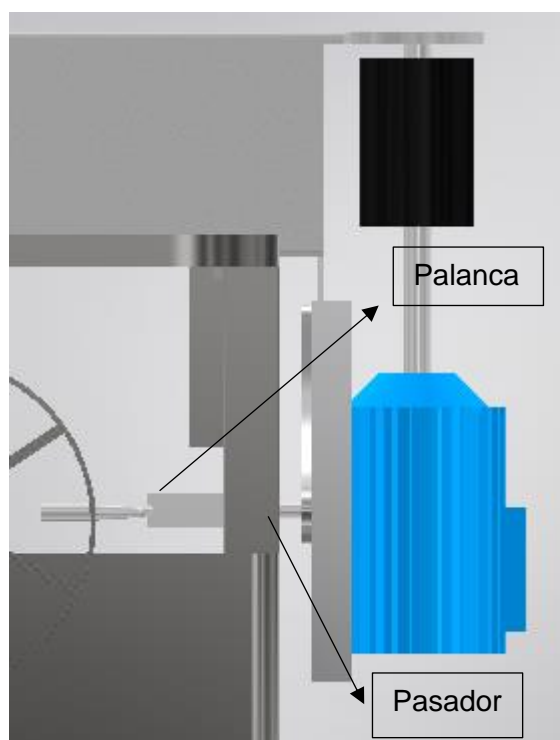


Figura 2.18 Vista frontal la lijadora de banda oscilante.

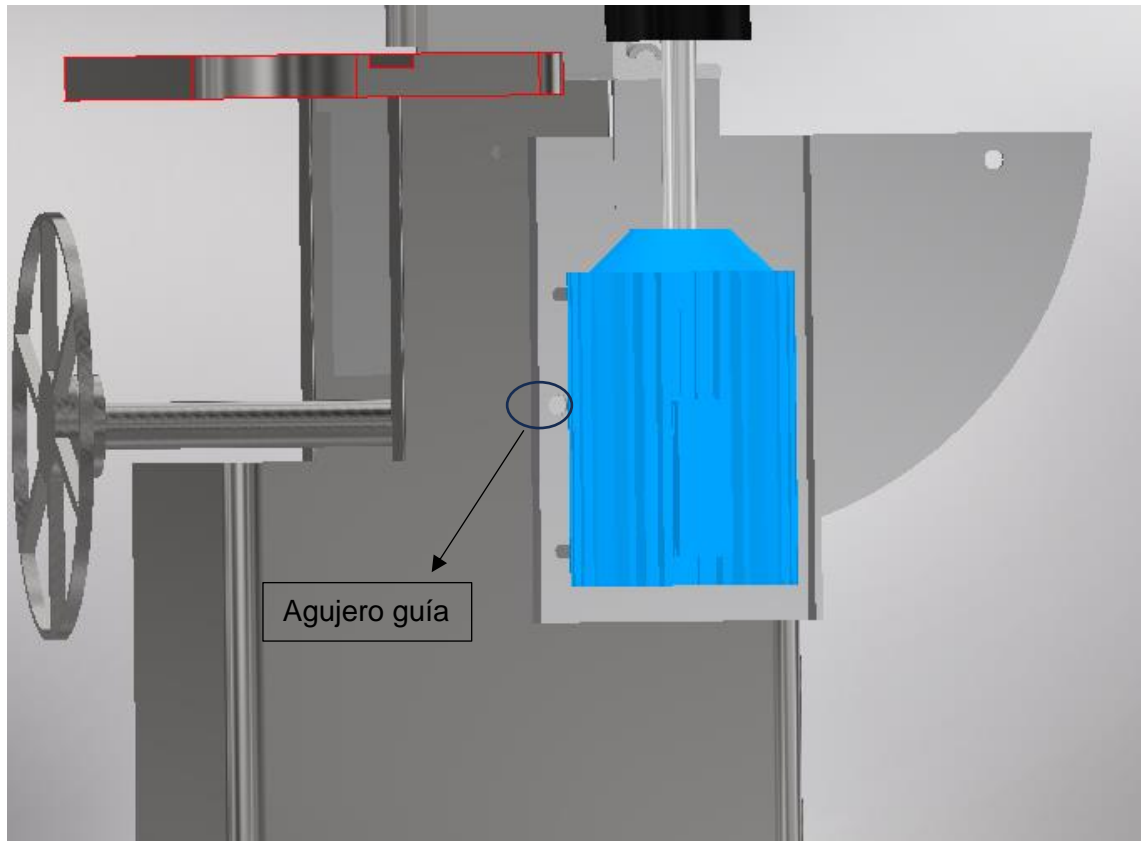


Figura 2.19 Vista lateral de la lijadora de banda oscilante.

Finalmente, en la Figura 2.20 se observa como la maquina gira completamente para que esta pueda trabajar de forma horizontal.

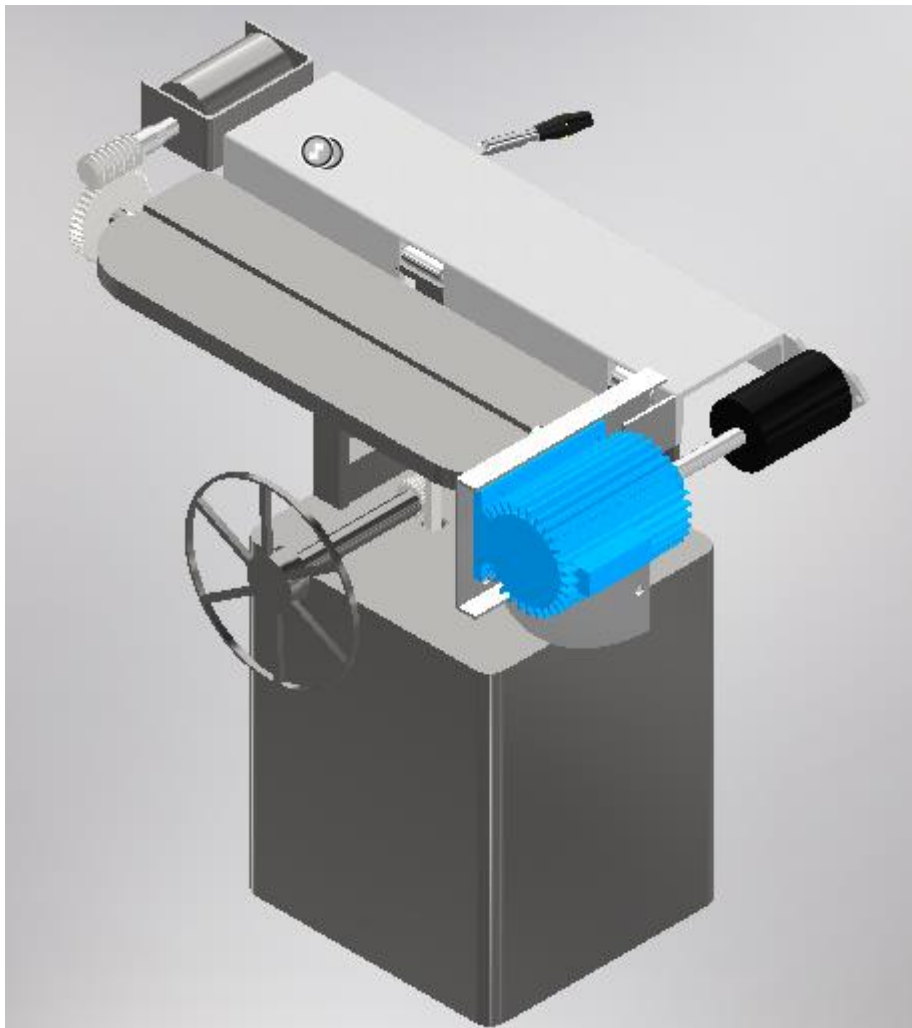


Figura 2.20 Vista isométrica de la máquina cuando se encuentra trabajando de forma horizontal.

2.2.3 Ajuste y desajuste de la banda de lija

Para el ajuste y desajuste de la banda de lija se implementará un sistema con un eje y bocines, que permitirán desfasar unos centímetros al rodillo transmitido y a su vez también va a regresar a su posición original, mediante el accionamiento de la misma palanca.

Para este mecanismo se colocó una palanca que se encuentre en contacto con el eje y los bocines que están colocados en el esqueleto de la base de la banda de lija, este eje va a estar conectado a la base del rodillo transmitido. Para que el sistema funcione correctamente se va a necesitar de un resorte, la función de este resorte es regresar a la posición inicial al rodillo. La palanca al momento de accionarla conjuntamente con el eje y la base del rodillo va a desplazarse

horizontalmente unos centímetros hacia el interior de la base de la banda de lija, en ese instante se podrá colocar la banda de lija en los rodillos. Al momento que se realice el ajuste se va a soltar la palanca y esta con ayuda del resorte va a desplazar el eje y la base del rodillo conjuntamente lo cual provocara que la banda de lija se tense. En la Figura 2.21 y Figura 2.22 se va a observar el desfase que realiza el rodillo para colocar la banda.

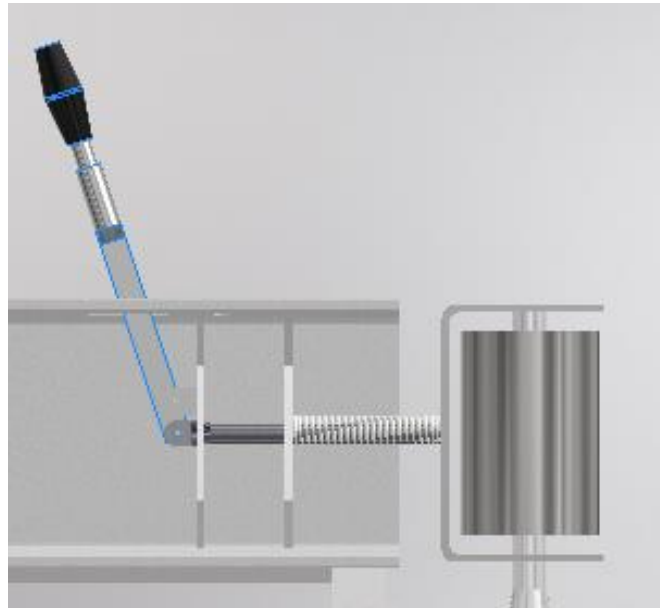


Figura 2.21 Vista posterior de la máquina sin accionar la palanca.

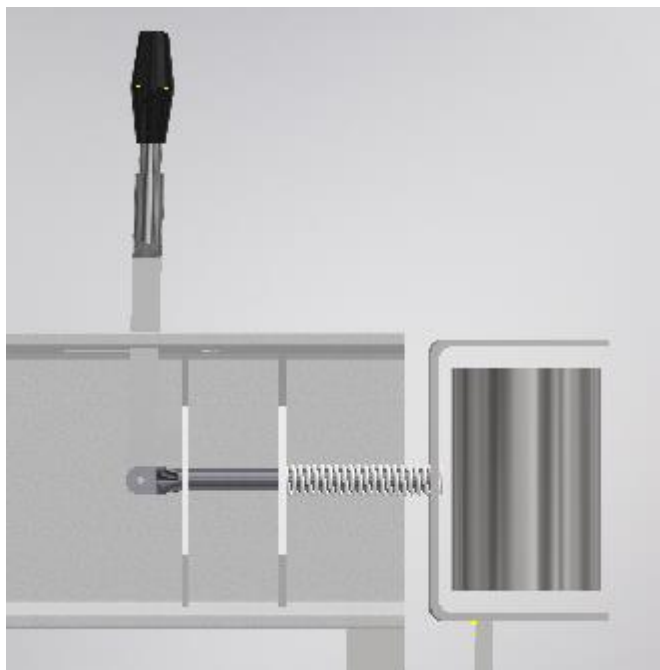


Figura 2.22 Vista posterior de la máquina accionada la palanca.

2.2.4 Movimiento vertical de la mesa de trabajo

Para este mecanismo se utilizó un volante con el cual, se puede regular la altura de mesa. El volante va a estar conectado con un engrane y el mismo con un tornillo sin fin colocado en la parte inferior de la mesa de trabajo, este tipo de arreglo de elementos mecánicos permite subir o bajar la mesa, mientras se gire el volante. Con el fin de ayudar a que la mesa no sobrepase la altura máxima de la base se optó por colocar una guía en la base de la máquina como se muestra en la Figura 2.23.

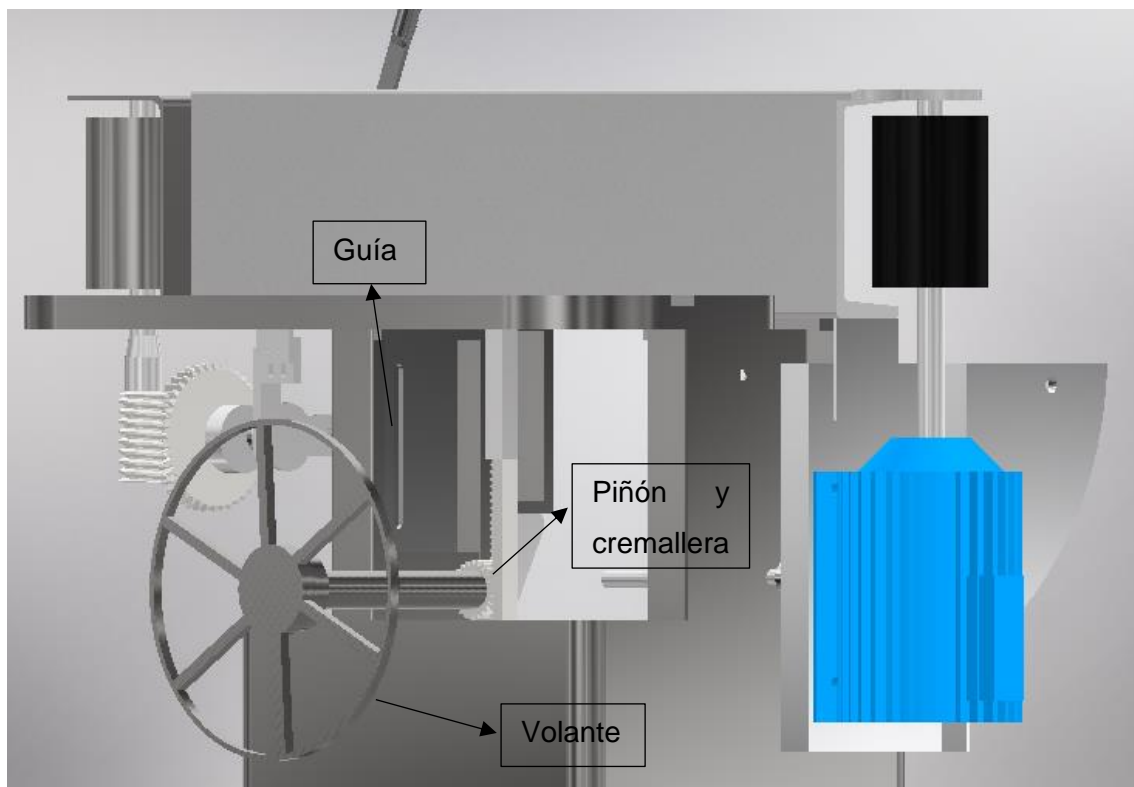


Figura 2.23 Vista lateral del mecanismo de movimiento vertical de la mesa de trabajo.

3 RESULTADOS

3.1 CONEXIONES ELÉCTRICAS

En la Figura 3.1 y Figura 3.2 se observa las conexiones eléctricas realizadas para el circuito de control y potencia para arrancar el motor trifásico con alimentación bifásica, tomando en cuenta los elementos seleccionados en el apartado de “Dimensionamiento de elementos de control y potencia”, además del diagrama unifilar de conexiones eléctricas que se encuentra en el apartado de “Diagrama unifilar del circuito de control y potencia”.



Figura 3.1 Interruptor termomagnéticos para circuito de control y potencia.



Figura 3.1 Conexiones eléctricas para arranque de motor.

En la Tabla 3.1 se muestran los elementos eléctricos que se necesitaron para la implementación del circuito de control y potencia para la lijadora de banda oscilante.

Tabla 3.1 Elementos para conexiones eléctricas

Elemento	Características	Cantidad
Interruptor termomagnético para circuito de potencia.	220 (V) y 16 (A)	1
Interruptor termomagnético para circuito de potencia.	110 (V) y 14 (A)	1
Botonera industrial	220 (V)	1
Luz piloto	110 (V) y 0,13 (A)	1
Relé temporizador	110 (V) Y 3 (A)	1
Contactador	3 (kW), 110 (V) y 12 (A)	2
Capacitor de arranque	220 (V) y 182,7 (μ F)	1
Capacitor permanente	220 (V) y 89,2 (μ F)	1
Guardamotor	220 (V), 2,2 (kW) y 6-10 (A)	1
Motor	3600 (RPM) y 3 \emptyset	1

3.2 MECANISMOS DE LA LIJADORA DE BANDA OSCILANTE

Movimiento de oscilación

En la Figura 3.2, Figura 3.3 y Figura 3.4 se muestra el mecanismo de oscilación de la maquina una vez seleccionada la opción más viable de funcionamiento según la matriz de criterios ponderados.



Figura 3.2 Vista frontal del sistema de oscilación de la lijadora de banda oscilante.



Figura 3.3 Mecanismo para el acople de la leva con el rodamiento.



Figura 3.4 Vista posterior del sistema de oscilación de la lijadora de banda oscilante.

Movimiento horizontal y vertical

En la Figura 3.5, Figura 3.6 y Figura 3.7 se muestra el mecanismo para el movimiento horizontal y vertical del soporte de rodillo, diseñado en el software Inventor Professional.



Figura 3.5 Vista posterior del mecanismo de movimiento horizontal y vertical del soporte de rodillo a 90°.



Figura 3.6 Vista frontal de la guía acoplada en la base del motor.



Figura 3.6 Vista frontal de la palanca de bloqueo de movimiento del soporte de rodillo.



Figura 3.7 Vista frontal del mecanismo de movimiento horizontal y vertical del soporte de rodillo a 180°.

Ajuste y desajuste de la banda de lija

En la Figura 3.8 se muestra el sistema de palanca para el tensionamiento de la banda mediante el resorte y eje que este acoplado en el rodillo transmitido.



Figura 3.8 Mecanismo de ajuste y desajuste de banda de lija.

Movimiento vertical de la mesa de trabajo

Finalmente, en la Figura 3.9, Figura 3.10 y Figura 3.11 se observa el sistema de elevación de la mesa de trabajo, tomando en consideración el diseño del software.



Figura 3.9 Vista frontal Mecanismo de elevación de sistema de trabajo.

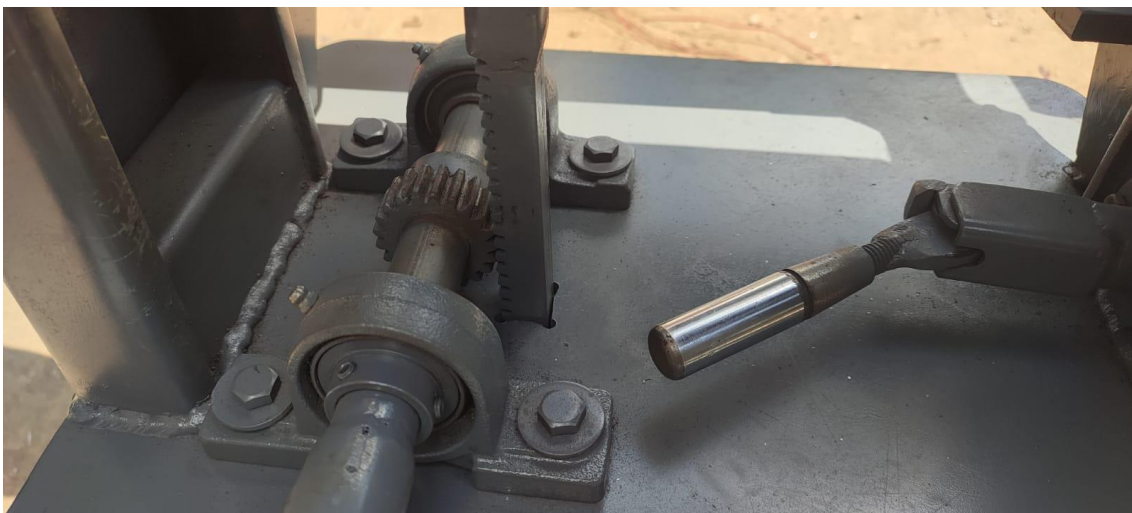


Figura 3.10 Piñón y cremallera para el sistema de elevación de la mesa de trabajo



Figura 3.11 Vista frontal de la mesa de trabajo elevada, por medio del volante.

3.3 VIDEO DE FUNCIONAMIENTO

El video referente a los mecanismos y funcionamiento de la lijadora de banda oscilante se encuentra al escanear el código QR que se indica en la Figura 3.12.



Figura 3.12 Código QR del funcionamiento y explicación de los mecanismos de la lijadora de banda oscilante.

(<http://bit.ly/3EYvHUv>)

3.4 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Manual de operación

1. Para colocar la banda de lija se debe de desajustar con el accionamiento la palanca que se encuentra en la parte superior del soporte de rodillo para poder desfasar el rodillo trasmitido unos centímetros para colocar la banda de lija, se debe tener en cuenta que la palanca cuenta con un seguro que se lo debe de colocar para colocar la banda.
2. Para el ajuste de la banda se debe quitar el seguro para que la palanca regrese a su posición inicial y tense la banda.
3. Una vez colocada la banda, se debe conectar el cable de alimentación para energizar todo el circuito.
4. Al conectar el cable de alimentación, se debe presionar el botón de encendido, que se encuentra en la base principal de la máquina para arrancar el motor y poder empezar a trabajar
5. Para el movimiento horizontal del soporte de rodillos se debe accionar la palanca hacia su interior constantemente, para que el pasador de bloqueo del soporte salga de su seguro y poder moverlo para que el mismo quede de

forma horizontal, una vez colocada en la posición de trabajo se debe soltar la palanca para que el pasador entre en el agujero guía para el bloqueo del soporte de los rodillos.

6. Para poder elevar la mesa de trabajo primero se debe desajustar las mariposas que se encuentran dentro de los perfiles de la base principal, al momento de desajustar las mariposas se debe girar el volante en sentido antihorario para poder elevar la mesa, de igual manera para poder bajarla se debe girar el volante en sentido horario, una vez colocada en la altura de trabajo la mesa se debe de ajustar las mariposas para que estas bloqueen el movimiento de mesa.
7. Finalmente, para poder apagar el motor, se debe presionar el botón de apagado, que se encuentra debajo del botón de encendido de la máquina.

Manual de mantenimiento

Se debe realizar un mantenimiento predictivo del sistema eléctrico cada 2 meses, debido a que el polvo que se encuentra en el ambiente puede afectar a los elementos eléctricos de la máquina. Por este motivo se debe realizar una limpieza de los elementos eléctricos de la lijadora de banda oscilante.

En segundo lugar, se debe realizar una inspección visual de los elementos mecánicos como: chumaceras, tornillos, pernos, tuercas y rodamientos. Para ello, es recomendable revisar que sigan apretados o que no tengan alguna falla.

En el caso de que el matrimonio falle se debe reemplazar el caucho del mismo para corregir este error.

Realizar un mantenimiento preventivo de chumaceras, rodillos y resortes cada 4 meses, debido se van desgastar por el uso de máquina, por ello se debe reemplazar las piezas afectadas por nuevas con las mismas características.

4 CONCLUSIONES

- Se realizó una revisión bibliográfica de las lijadoras de banda oscilante en el mercado, en donde se tomó como punto de partida algunos diseños para la máquina, así logrando obtener diseños propios y mejóralos, para un mejor rendimiento de la lijadora de banda oscilante.
- Para el dimensionamiento de las protecciones eléctricas que se debe tener en el circuito de control y potencia, hay que tratar de no sobredimensionar estos valores, debido a que, si se los sobredimensiona, las mismas no van a poder tener un funcionamiento óptimo para la máquina, por la cual se deben utilizar valores acordes a los cálculos y no a suposiciones.
- Con la ayuda de contactores, relé temporizador y capacitores se obtuvo el arranque adecuado del motor trifásico con alimentación bifásica.
- En este proyecto se observó la importancia de tener los planos de los mecanismos para que la implementación sea más rápida y sencilla.
- Al momento de dibujar todos los mecanismos en el software Inventor Professional se evidencio todos los movimientos de la máquina para que no fallen a la hora de la implementación.
- La grabación del funcionamiento de la maquina ayuda a los usuarios a comprender todos los mecanismos que tiene la máquina, además del uso correcto de los mismo para no ocasionar algún desperfecto en la lijadora de banda oscilante.

5 RECOMENDACIONES

- Al momento de buscar información de la lijadora de banda oscilante revisar las páginas de los fabricantes, debido a que pueden adjuntar planos para una mejor comprensión de los mecanismos de la máquina.
- Se recomienda agregar en el tablero de conexiones el diagrama unifilar del circuito de potencia y control, para que el usuario sepa como conectar los elementos que lo conforman.
- En el software Inventor Professional, se recomienda tener un boceto de los sistemas para plasmarlo en el programa de manera rápida.
- El diseño de los mecanismos de la máquina se basó en la estructura de la misma para no crear conflictos a la hora de la implementación de la lijadora de banda oscilante.
- Para el ensamblaje de la maquina en Inventor Professional se recomienda ir ensamblando todas las piezas según se va dibujando para verificación de medidas, además de poder observar errores en el diseño.
- Se recomienda la simulación de los mecanismos de la maquina en la pestaña de ensamblaje del software Inventor Professional, para observar algún tipo de fallo en el diseño o en el propio mecanismo.
- Es muy importante realizar pruebas tanto del funcionamiento del motor como de los mecanismos de la máquina, en estas pruebas ayudaran a corregir algún desperfecto en la lijadora de banda oscilante.

6 REFERENCIAS

- [1] Ferreteria BRICOVEL, «Lijadoras de banda: guía de uso y características,» 20 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://bricovel.com/blog/lijadoras-banda-guia-2020/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20una%20lijadora%20de,desplazamiento%20lateral%20de%20la%20misma..>
- [2] De maquinas y herrmamientas, «¿Comó fuciona la lijadora de banda?,» 12 Octubre 2012. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/lijadora-de-banda-tipos-y-partes>.
- [3] MB Brezzo, «Lijadora de banda oscilante de pie,» 09 01 2021. [En línea]. Available: <https://mbrezzo.com/lijadoras-de-banda/lijadora-de-banda-oscilante-de-pie-mb-2205>.
- [4] NEC Norma Ecuatoriana de la constreucción, NEC-SB-IE, «Ministerio de desarrollo urbano y vivienda,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Electricas.pdf>.
- [5] I. S. M. Mancedo, «Interruptores termomageneticos,» [En línea]. Available: <https://www.acomee.com.mx/clasificaciones/INTERRUPTOR%20TERMOMAGNETICO.pdf>. [Último acceso: 23 05 2023].
- [6] I. B. S. Cánepa, «Interruptores termomagnéticos,» 09 11 2021. [En línea]. Available: [http://instipp.edu.ec/Libreria/libro/FOLLETO%20T%C3%89CNICO%20INTERRUPTOR%20TERMOMAGN%C3%89TICO%20\(1\).pdf](http://instipp.edu.ec/Libreria/libro/FOLLETO%20T%C3%89CNICO%20INTERRUPTOR%20TERMOMAGN%C3%89TICO%20(1).pdf).
- [7] EMAC, «Guardamotor,» 24 09 2021. [En línea]. Available: <https://emacstores.com/guardamotor/>.

- [8] PROCOBRE, «Conductores eléctricos,» [En línea]. Available: https://arbalcazar.files.wordpress.com/2011/05/conductores_electricos.pdf. [Último acceso: 24 05 2023].
- [9] S. A. Castaño Giraldo, «Lazo abierto y lazo cerrado,» 19 11 2019. [En línea]. Available: https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/#google_vignette.
- [10] Electricasas, «¿Qué es un contactor? tipos, funcionamiento, aplicación y elección del contacto adecuado,» [En línea]. Available: <https://www.electricasas.com/que-es-un-contactor-tipos-y-usos/>. [Último acceso: 19 06 2023].
- [11] SEAS, «El relé: para qué es, para qué sirve y qué tipos existen.,» 22 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>.
- [12] Automantenimiento.net, «Funcionamiento de réles temporizados,» [En línea]. Available: <https://automantenimiento.net/electricidad/funcionamiento-de-los-reles-temporizados/>. [Último acceso: 01 08 2023].
- [13] G. Hermoso, «Análisis de los 27 mejores reles,» [En línea]. Available: <https://www.12v24vproducts.org/es/rele-temporizador-12v-automocion>. [Último acceso: 08 08 2023].
- [14] GSL Industrias, «Botoneras,» 01 03 2022. [En línea]. Available: <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/botoneras>.
- [15] D. A. Arboleda Acosta y J. E. Soto Oviedo, «Ingeniería inversa, desarrollo tecnológico y construcción del conjunto corona-eje para un reductor de tornillo sin fin,» 12 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/7d08be11-38be-44dc-98c0-e10b79e42540/content>.
- [16] J. Hurtado de Barrera, «El proyecto de investigación,» 05 2012. [En línea]. Available:

<https://pdfonline.foxit.com/?oneDriveState={%22stateId%22:%22c1laz7sw51kvb0oyt6rup37we%22,%22action%22:%22open%22}&SharePointTokenId=c1laz7u7s1kvd0oyt9mfs1c32&refreshTokenId=c1laz7u7s1kvc0oyt4mnf29xj&cTag=SharePoint>.

- [17] M. L. Santander, «Tipos de lijadora para madera,» [En línea]. Available: <https://www.bricoydeco.com/tipos-lijadoras-madera/#:~:text=Potencia.%20Existen%20modelos%20de%20menos%20de%20100w%20y,Velocidad%20de%20giro%20o%20revoluciones%20por%20minuto%20%28RPM%29>. [Último acceso: 2023].
- [18] ABB, «Productos de electrificación de baja tensión,» [En línea]. Available: <https://library.e.abb.com/public/ab2609cc2fc24981b871f59ebbef280/Catalogo%20ABB%20junio%202021.pdf>. [Último acceso: 16 08 2023].
- [19] Schneider, «¿Cuánto consume (en amperios) un contactor LC1D09 a D38 de bajo consumo a 24 Vcc?,» 31 12 2010. [En línea]. Available: <https://www.se.com/mx/es/faqs/FA33405/#:~:text=El%20consumo%20de%20la%20bobina%20de%20control%20depende,Vcc%2C%20el%20consumo%20en%20amperios%20es%20100%20mA..>
- [20] Schneider, «RE7ML11BU relé temporizador 6 funciones-0,05-1 s - 24V CA/CC - 1AC,» [En línea]. Available: https://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecat/downloadPdf.do?conf=eref&dist_Id=myse&prd_id=RE7ML11BU&scp_id=WW_es. [Último acceso: 16 08 2023].
- [21] Consejossabios, «¿Qué es la luz piloto?,» 06 03 2021. [En línea]. Available: <https://consejossabios.com.mx/que-es-la-luz-piloto/#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1nto%20consume%20el%20piloto%20de%20la%20televisi%C3%B3n%3F%20LEA,ya%20que%20podr%C3%ADas%20ahorrarte%20hasta%206%20euros%20anuales..>
- [22] CHINT, «Guardamotores,» [En línea]. Available: file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/Chint_Cat%C3%A1logo2021_SOLUCI

ONES%20PARA%20LA%20INDUSTRIA%20-%20GUARDAMOTORES.pdf.
[Último acceso: 16 08 2023].

- [23] Schneider, «Contactors,» [En línea]. Available: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Tesys+contactors+-B8+-+Contactors_P_EN.pdf&p_Doc_Ref=Tesyscontactors-B8-Contact&_ga=2.50248358.1476522854.1692245208-1011276779.1692157712. [Último acceso: 16 08 2023].
- [24] INMAELECTRO, «Luz piloto electronica tipo led (22mm) modelo 22E,» [En línea]. Available: <http://www.inmaelectro.com/productos/volto/mando-y-senalizacion/409/luz-piloto-electronica-tipo-led-22mm-modelo-22e/>. [Último acceso: 22 08 2023].
- [25] M. Guerrero y J. Chiriboga, «Diseño y construcción de un dispositivo monofásico para alimentar un motor trifásico de inducción,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/download/53450073/CAPACITOR_DE_ARRANQUE.pdf. [Último acceso: 16 08 2023].
- [26] ABB, «Capacitores e controladores,» [En línea]. Available: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK10103A3564&DocumentPartId=>. [Último acceso: 16 08 2023].
- [27] J. M. «¿Qué es y cómo hacer una matriz de priorización?,» 29 08 2018. [En línea]. Available: <https://www.cerem.ec/blog/que-es-y-como-hacer-una-matriz-de-priorizacion>.