



**Sistema automático de posicionamiento de disco en una sierra de banco para el
taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani**

Carlos Alberto Baicue

Cod. 20441419486

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2021

Sistema automático de posicionamiento de disco en una sierra de banco para el taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani

Carlos Alberto Baicue

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

Ing. Julián Pareja

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Sistema automático de posicionamiento de disco en una
sierra de banco para el taller de ebanistería de la
Institución Educativa San Jerónimo Emiliani,
cumple con los requisitos para optar
Al título de Ingeniero Electrónico.

Firma del Director

Firma Jurado

Firma Jurado

Tunja, 26 de noviembre de 2021.

A la doctora Gilma Helena Soler, que nos dejó hace poco tiempo, pero hizo mucho por mí a lo largo de su vida.

Al Padre Genaro, al Padre Ariel y a Yolima, por creer en mí, incluso cuando yo dudaba; ustedes son el ejemplo de trabajo, devoción y caridad, su apoyo fue vital para la realización de este sueño.

Al ICBF, por las oportunidades y el esfuerzo que hoy dan como resultado este logro en mi vida.

A mis docentes, que más allá del contenido ayudaron en mi formación profesional y personal.

A mis amigos, que me animaron y me impulsaron todos los días con su apoyo.

A todos, gracias por la paciencia, comprensión, cariño y amor.

Contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Antecedentes	15
1. Objetivos.....	19
1.1 Objetivo general	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
2. Justificación.....	20
3. Planteamiento del problema	22
4. Marco conceptual	26
4.1 Taller de ebanistería	26
4.2 Herramientas eléctricas de corte	27
4.2.1 Sierra de banco	27
4.3 Instrumentación electrónica para la detección	29
4.3.1 Sensores de proximidad.....	30
4.3.2 Tipos de sensores de proximidad	31
4.4 Sistemas neumáticos	34
4.4.1 Elementos de un sistema neumático.....	35
4.4.2 Programación con PLC.....	38
5. Desarrollo metodológico	39
5.1 Tipo y diseño de investigación.....	39
5.2 Procedimiento.....	39
5.3 Requerimientos.....	40
5.4 Componente electrónico de la sierra de banco.....	42
5.4.1 Selección de la instrumentación electrónica.....	42
5.4.2 Diseño de la instrumentación electrónica.....	48
5.5 Componente mecánico de la sierra de banco	55
5.6 Implementación del sistema automático	59
5.6.1 Implementación mecánica	59
5.6.2 Implementación electrónica.....	64
6. Resultados y pruebas de funcionamiento	67
6.1 Pruebas de detección	67

6.2 Pruebas de detención.....	68
7. Conclusiones.....	70
Referencias.....	71

Lista de figuras

Figura 1. Sierra de banco	28
Figura 2. Sensor de proximidad inductivo.....	31
Figura 3. Sensor de proximidad capacitivo	32
Figura 4. <i>Sensor de proximidad infrarrojo</i>	33
Figura 5. Sensor de proximidad ultrasónico	34
Figura 6. Estructura del sistema neumático básico.....	35
Figura 7. Pulsador stop	43
Figura 8. Pulsador start	43
Figura 9. Botón de parada de emergencia.....	44
Figura 10. Fuente de alimentación electrónica	44
Figura 11. Contactador	44
Figura 12. Interruptor monofásico	44
Figura 13. Interruptor termomagnético trifásico.....	45
Figura 14. Freno electromagnético para disco.....	45
Figura 15. Visión externa del sensor YC.....	46
Figura 16. Visión interna del sensor YC	46
Figura 17. PLC Logo Siemens.....	47
Figura 18. Diseño de sensor touch	49
Figura 19. Esquema del circuito	49
Figura 20. Elaboración e impresión de baquelas	51
Figura 21. Quemado y elaboración del circuito.....	51
Figura 22. Diseño de conexiones del PLC.....	52
Figura 23. Programación del PLC	53
Figura 24. Configuración del PLC.....	53
Figura 25. PLC diagrama adder.....	54
Figura 26. Simulación de ladder	54
Figura 27. Prueba de funcionamiento del PLC.....	55
Figura 28. Diseño de la base para la sierra de banco.....	55
Figura 29. Planos de la base.....	56
Figura 30. Planos de la plancha	56
Figura 31. Simulación de electroválvula	57
Figura 32. Cambio de posicionamiento del pistón al ser alimentado	57
Figura 33. Regreso del pistón a su posición inicial	58
Figura 34. Vistas del diseño del sistema de frenado.....	58
Figura 35. Sierra de banco XCALIBUR.....	59
Figura 36. Base de la sierra de banco	60
Figura 37. Elaboración de la base.....	60
Figura 38. Plancha para la mesa de la sierra.....	60

Figura 39. Motor trifásico35hp.....	61
Figura 40. Mecanismo de graduación motor y disco.....	61
Figura 41. Normas NEMA.....	62
Figura 42. Sistema de frenado y posicionamiento de disco.....	63
Figura 43. Instalación de electroválvula	63
Figura 44. Cableado de alimentación del motor	64
Figura 45. Sistema de mando y control	64
Figura 46. Placa del sensor	65
Figura 47. Sistema de control del motor de encendido y apagado	65
Figura 48. Sierra de banco instalada.....	66
Figura 49. Sierra de banco finalizada	66

Lista de tablas

Tabla 1. Requerimientos y sugerencias para sierra de banco	41
Tabla 2. Selección del motor	42
Tabla 3. Selección de el sensor capacitivo.....	45
Tabla 4. Selección de PLC.....	47
Tabla 5. Tiempo de reacción en pruebas de detección	67
Tabla 6. Tiempo de reacción en pruebas de detención	68

Resumen

La industria maderera se encuentra abarrotada de herramientas que facilitan el desarrollo de proyectos de acuerdo a las demandas y necesidades de la población. Específicamente, la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani cuenta con una malla curricular con profundización en ebanistería, posibilitando a los estudiantes desarrollar habilidades en diseño y confección de muebles. Dentro de las herramientas disponibles en el taller, se encuentra la sierra circular de banco que aunque se utiliza únicamente si se cuenta con capacitación suficiente y la supervisión de un docente especializado, tiene un riesgo de accidentalidad importante que generan afecciones en la integridad física de los operarios como laceraciones, perforaciones e incluso amputaciones, principalmente en las extremidades superiores. Es por esto, que el presente trabajo de grado se propuso como objetivo implementar un sistema automático de posicionamiento de disco en una sierra de banco de banco, para lo cual se comenzó con un análisis de las necesidades y requerimientos tanto mecánicos, electrónicos como institucionales, buscando una relación costo/beneficio adecuada. Posteriormente, se realizó el diseño por medio del programa CAD SolidWork, la construcción de la base y requerimientos mecánicos y, la implementación del sistema electrónico, por medio del cableado y la programación del PLC Logo Siemens. Finalmente, se realizaron las pruebas de funcionamiento, evidenciando que la implementación del sistema automático de posicionamiento de disco es capaz de reducir el riesgo de corte en los estudiantes y docentes de la institución.

Palabras clave: *Sistema automatizado, sierra de banco, seguridad.*

Abstract

The wood industry is full of tools that facilitate the development of projects according to the demands and needs of the population. Specifically, the San Jerónimo Emiliani Educational Institution has a curricular network with in-depth cabinetmaking, which allows students to develop skills in the design and manufacture of furniture. Among the tools available in the workshop, is the circular bench saw that, although it is used only if there is sufficient training and the supervision of a specialized teacher, it has a significant risk of accidents that cause damage to the physical integrity of the workers. operative workers such as lacerations, perforations and even amputations, mainly in the upper extremities. That is why the present degree work was proposed as an objective to implement an automatic disc positioning system in a bench saw, for which it began with an analysis of the mechanical, electronic and institutional needs and requirements, seeking an adequate relationship cost-benefit. Subsequently, the design was carried out through the SolidWork CAD program, the construction of the base and the mechanical requirements, and the implementation of the electronic system, through the wiring and programming of the Siemens Logo PLC. Finally, performance tests were carried out, demonstrating that the implementation of the automatic disc positioning system is capable of reducing the risk of cutting in the students and teachers of the institution.

Keywords: *Automated system, bench saw, security.*

Introducción

La Institución Educativa San Jerónimo Emiliani de la ciudad de Tunja, fue fundada en el año 1974 y promueve la formación de jóvenes competentes, involucrados en la preservación del medio ambiente, contribuyendo con la industria, economía y bienestar personal y social. Debido a esto, dentro de su formación académica, cuenta con cinco especialidades: mecánica, diseño arquitectónico, sistemas, electricidad y ebanistería (Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, 2016), ésta última, el objeto del presente trabajo de grado, el cual se enmarca bajo las líneas de trabajo del programa de electrónica industrial e instrumentación electrónica.

La especialidad en ebanistería está dividida en dos momentos de formación: la exploración vocacional dada en los grados sexto, séptimo y octavo y, que tiene por objetivo un acercamiento a los procesos manuales para la transformación de la madera y la estimulación de la motricidad fina, la cual es muy importante para el desarrollo de habilidades tanto para su formación académica como para el desarrollo de la vida diaria; y, el programa técnico en ebanistería, instruido en noveno, décimo y once y, que está orientado a formar técnicos ebanistas competentes para desempeñarse: en la construcción de muebles para diferentes ámbitos como el hogar, oficina, cocina, baños, entre otros, dependiendo de las necesidades encontradas por los estudiantes; o como operario de máquinas, dibujante o diseñador.

Las actividades en el taller se realizan aplicando las normas de seguridad vigentes en el país para el trabajo industrial, utilizando el avance tecnológico en máquinas, materiales y procesos de fabricación en pequeña o gran escala (Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, s.f), entendiendo que el desarrollo de dichos proyectos y labores tienen

como finalidad dar a los jóvenes egresados la oportunidad de trabajar el sector de la madera, desde los principios éticos y metodológicos pertinentes.

Desde el inicio de la humanidad, se ha utilizado la madera como un instrumento de trabajo, encontrándose en ella muchos fines, tal vez por su gran abundancia o su fácil manejo para diferentes tareas, como la confección de proyectos en la construcción de muebles en el campo de la ebanistería y la carpintería en general (Rodríguez Roncal, 2018). Debido a las necesidades de evolucionar e innovar inherentes al ser humano, en el área laboral siempre se ha tratado de hacer más fácil el trabajo, potenciando la eficiencia de la tarea, reduciendo costos y tiempo y, por consiguiente, aumentando la productividad. Es por esto que, en la industria manufacturera de muebles, hablando específicamente de las herramientas, se han desarrollado y diseñado infinidad de ellas para trabajar este tipo de material aún antes de la revolución industrial (Palma Chauca & Jesús Bravo, 2012).

De este modo, la industria referente a la ebanistería se encuentra abarrotada de herramientas que facilitan el desarrollo de proyectos de acuerdo a las demandas y necesidades de la población. Dentro de las herramientas necesarias en un taller de ebanistería se encuentran las sierras de banco, las cuales se convierten en el centro de actividad del mismo, puesto que por medio de dicha herramienta de corte el operario dispone de diferentes opciones para realizar y perfeccionar las piezas del proyecto y elaborar un producto de calidad (De máquinas y herramientas, 2018).

Dicha herramienta se encuentra dentro de las máquinas disponibles para el aprendizaje de ebanistería en la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani y aunque se utiliza únicamente si se cuenta con la capacitación suficiente, así como la supervisión de un docente especializado y el cumplimiento de normas de seguridad, existen cierto tipos de

riesgos importantes a la hora de manipular este tipo de maquinaria como: el retroceso y proyección de la madera, el atrapamiento con correas de transmisión, el contacto eléctrico y el contacto con el disco en movimiento (Universidad Complutense Madrid, 2013), los cuales pueden ocasionar lesiones importantes en el operario. Es importante resaltar que, este proyecto está centrado especialmente en el último riesgo, debido a que puede generar afectaciones en la integridad física de los operarios como laceraciones, perforaciones e incluso amputaciones, principalmente en las extremidades superiores.

Así mismo, es importante resaltar que dentro de las problemáticas encontradas en la sierra de banco de la institución, se encontró que cuenta con un disco giratorio que maneja altas velocidades y, en el caso de accidente es difícil detenerlo en un corto tiempo, debido a que el motor con el que cuenta la máquina sigue girando aún después de apagar la máquina, lo cual aumenta el riesgo de pérdida de extremidades superiores. Además, teniendo en cuenta el esquema de accidentalidad y la edad de los operarios de dicha herramienta, se dio a la búsqueda de un sistema que permita al operario un trabajo que asegure su integridad física y que cumpla con los requerimientos necesarios para satisfacer las demandas de la institución.

Es así como, para el desarrollo del presente trabajo de grado se planteó como objetivo general implementar un sistema automático de posicionamiento de disco en una sierra de banco, que mitigue la accidentalidad de extremidades superiores en los operarios del taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani. Lo anterior, por medio de la detección de una distancia imprudente entre el operario y la máquina de corte, lo cual permitirá garantizar la seguridad e integridad tanto en docentes como en estudiantes.

Antecedentes

Es importante resaltar que la producción científica referente a esta temática es escasa, por lo que, a continuación, se expondrán algunos estudios, tanto nacionales como internacionales, que reportan la modificación de sierras de banco y herramientas de carpintería como antecedentes empíricos del presente proyecto de grado.

En primera medida, se encuentra el trabajo de Yanchaguano Collaguazo (2012), el cual tenía como objetivo determinar un proceso de corte en tableros de madera adecuado para mejorar los tiempos de producción de la empresa en la que se realizó el estudio. De esta manera, se realizó la modificación de una sierra de banco, teniendo en cuenta un estudio sobre las medidas correctivas necesarias en la máquina dadas sus deficiencias originales, diseñando una máquina de corte en sentido vertical y horizontal, con elementos como el bastidor y la guía vertical que alojaba una guía intermedia con libertad de giro de 90°, facilitando el proceso de corte de un tablero y proporcionando comodidad al operario al trabajar con piezas de grandes dimensiones. Así mismo, asegurando la preservación de la salud de los trabajadores, se procuró por mantener la sierra oculta, de tal modo que el operario mantuviera las manos alejadas del disco y se implementó un extractor de viruta, reduciendo la contaminación y obteniendo un ambiente de trabajo limpio.

Por otro lado, Velandia Rodríguez y Soler Triana (2014) desarrollaron una propuesta de trabajo de desarrollo por fases: reconocimiento del funcionamiento actual de la troqueladora; diseño del sistema de rotación síncrona; método de fijación del disco al molde; para el operador diseñar el sistema de seguridad con el operador y supervisar el proceso. Como objetivo general, recomiendan reducir el riesgo potencial de accidentes durante la cirugía de corte del miembro superior y mejorar los estándares de fabricación.

Así mismo, a la hora de seleccionar actuadores y componentes, también se tiene en cuenta la geometría y posición de la máquina, mediante análisis matemático y físico, permitiendo diseñar una alternativa que se pueda integrar con la troqueladora que realiza el proceso de taladrado. empresa. El diseño constó de dispositivos de giro electrónico controlados por encoders, cajas de reducción, sensores de contrato, barra inmaterial, paradas de emergencia y un actuador neumático encargado de liberar o sujetar el disco, mejorando la seguridad del operario y la calidad de la operación.

El proyecto implementado por Colque Monje y Coila Pérez (2017) y demostró un sistema de seguridad automatizado para una sierra circular de mesa de una empresa en Perú, el cual fue diseñado de acuerdo con los requisitos de la organización en materia de salud y seguridad en el trabajo. Se analiza el motor y el disco de la máquina, y se diseña un sistema de seguridad eficaz y de precio razonable. El sistema se basa en un sistema sensor de temperatura y energía estática, que envía automáticamente una señal al sistema de control, que a su vez llevará la información a Se transmitirá al uso de modulación PWM El inversor técnico controla el sistema de alimentación para detener el motor y el disco en menos de dos segundos, garantizando la seguridad de los empleados.

Alvear Rodríguez, JJ y Llumiquinga Lema (2018), plantean un proyecto técnico con el objetivo de automatizar el desplazamiento de la guía de corte de una sierra, el cual se realizó en función de un sistema de engranes y cremalleras acopladas a dos motores a paso, mejorando así, la precisión de la misma. Por lo tanto, se diseñó un sistema de contención de los tableros mediante dispositivos de sujeción neumático colocados en la parte móvil de la mesa, evitando problemas de golpeteo o regreso brusco de los mismos; un panel de control, cuya función es accionar y supervisar fácilmente la medida de corte

deseada por el operador y, visualizar información como la activación de alarmas preventivas, etc; y, se dotó la máquina de un sistema de seguridad enfocado en controlar el retorno de la guía de corte y la desactivación de la sierra para preservar la integridad física y salud de todo el personal de la empresa.

Por otro lado, Muentes Ríos y Acuña Trejo (2019), plantean la mejora del proceso de corte y escopleo de distintos materiales por medio de la modificación de la sierra de banco tradicional de un taller de carpintería y ebanistería de la ciudad de Barrancabermeja. En primera medida, se comprobaron todos los procesos de diseño y modelamiento de cada una de las piezas, por medio del programa SolidWorks. Las mejoras se dieron desde la implementación de porta brocas en la parte contraria del eje del disco de corte, hasta el rediseño de un banco más pequeño en el cual se puedan realizar las mismas tareas de un banco estándar permitiendo la versatilidad y transporte de la máquina, la modificación de la máquina permitió dar paso a funciones como corte, escopleo, cambio de disco y variación de velocidad, eliminando el uso de pulidoras, taladros, lijadoras, esmeriles y otras herramientas, lo cual permite reducir costos y aumentar la seguridad del trabajador a la hora de manipular la sierra.

Finalmente, se encontró el trabajo realizado por Martínez Hidalgo (2020), el cual se plantea basado en un accidente de atrapamiento mecánico en una máquina cortadora de lámina en un taller de Pasto, Colombia. Por lo tanto, el autor se propone como objetivo ayudar a prevenir este tipo de accidentes por medio del desarrollo de un sistema automático de seguridad, garantizando el funcionamiento de la máquina y evitando daños en sus componentes por sobrecalentamiento del motor. El diseño del sistema se basa en la implementación de sensores de proximidad infrarrojo E18-D80NK, los cuales permiten

delimitar una zona de alto riesgo, evitando riesgo de accidentes; la visualización y lectura de las variables, por medio de una pantalla LCD, proporcionando información sobre la temperatura y vibraciones del motor y, la información de los sensores; adicionalmente, para garantizar el grado de capacitación del operario, se instala un módulo de RFID o identificación por radiofrecuencia que gestiona el arranque de la máquina solo por la persona encargada; y finalmente, se instala un módulo termómetro infrarrojo GY-906 MLX90614ESF y un sensor de vibración SW-1801P, con el objetivo de interrumpir el flujo de corriente hacia el motor de la cortadora en caso de lecturas anormales y, encender una luz y una alarma sonora alertando al personal en caso de accidente.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema automático de posicionamiento de disco en una sierra de banco, que mitigue la accidentalidad en extremidades superiores de los operarios del taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani.

1.2 Objetivos específicos

Diseñar la instrumentación electrónica que permita la detección de proximidad entre el disco de la sierra y las extremidades superiores del cuerpo humano del operario.

Diseñar un mecanismo que permita el cambio de posicionamiento del disco en el instante en el que se detecte un alto riesgo de accidentalidad para el operario.

Implementar un sistema automático que permita la detección de proximidad entre el disco de la sierra y las extremidades superiores del cuerpo humano del operario.

2. Justificación

La madera, es un material duro y resistente que se encuentra en el tronco de los árboles, fue el primer material utilizado por el hombre debido a sus propiedades: facilidad de modelado, gravedad específicamente baja, apariencia hermosa y propiedades mecánicas, térmicas y acústicas adecuadas. Estas propiedades le han dado a la madera un amplio campo de aplicación en la construcción y elaboración de muchas artesanías y artefactos, debido a facilidad de forma y agradable apariencia, la madera es un elemento fundamental en la producción de muebles, actividad que desde hace tiempo se practica casi en su totalidad a mano en el país (Morales Godón, 2010).

En Colombia, la industria de la carpintería representa un importante sector productivo para la economía del país, debido a la gran demanda interna de productos que existe actualmente. Para la fabricación de estos, se utilizan diferentes equipos y herramientas de corte y pulido, dentro de las cuales se encuentra la sierra de banco, la cual permite cortar de diferentes formas y ángulos, bloques de madera de un pequeño y mediano tamaño (Muentes Rios & Acuña Tejo, 2019).

Sin embargo, debido a que estos elementos tienen contacto directo con el trabajador, se pueden provocar diferentes accidentes que afectan la integridad física de los operadores, esta exposición es constante durante todo el proceso de fabricación de las piezas, el momento más peligroso es justo antes del final del proceso de corte, es decir, cuando el filo queda expuesto (Colque Monje & Coila Pérez, 2017), y de igual forma el operario se enfrenta a una amplia gama de riesgos debido a las partes móviles de las máquinas, incluyendo enredos, que pueden ocurrir entre partes fijas y móviles o entre las

partes móviles de la máquina y los trabajadores, siendo estos últimos los más habituales: aplastamiento, choque, rotura, amputación y corte (Rodríguez Rubio, 2018).

De esta forma, es importante resaltar el concepto de accidentalidad, el cual está determinado por la severidad de la lesión por contacto con herramientas de corte, y tomando en cuenta la identificación de peligros y evaluación de riesgos de acuerdo a las directrices colombianas GTC 45, se define el riesgo, como una combinación de la probabilidad de eventos peligrosos o exposiciones y la gravedad de la lesión o enfermedad, que podría ser causada por los eventos o exposiciones que ocurrieron (ICONTEC, 2012). Además, existen diferentes situaciones que conducen a este tipo de eventos, una de las cuales es por comportamiento humano, conocido como comportamiento subestándar, según lo definido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3701, como por ejemplo cualquier acto realizado por un trabajador en un lugar peligroso. situación o de manera inapropiada. Esto facilita la ocurrencia de accidentes laborales (ICONTEC, 1995).

En este sentido, la edad de los estudiantes que operan las herramientas del taller de ebanistería del colegio, es un factor de riesgo en la accidentalidad debido a la cualificación o a la inmadurez en la utilización de las máquinas. Debido a lo anterior, la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, consciente del bienestar de los estudiantes y los docentes que hacen uso del taller de ebanistería, financió el costo total del sistema propuesto, el cual funciona por medio de válvulas de aire que permiten cambiar el posicionamiento del disco y volverlo a subir en el momento que se desee, evitando el gasto económico en el cambio de cartucho para el usuario y, garantizando la seguridad tanto de los estudiantes como de los docentes y demás operarios de la sierra de banco en el taller de ebanistería de la institución.

3. Planteamiento del problema

La Institución Educativa San Jerónimo Emiliani tiene su origen en el Centro Juvenil Emiliani, fundado por los padres de la Orden de los Clérigos Regulares Somascos, ofrece educación en los niveles de preescolar, primaria, básica y media vocacional con las modalidades técnicas industriales en ebanistería, mecánica, electricidad, informática y diseño arquitectónico, basados en un enfoque humanista propio de la filosofía somasca. Esta institución tiene dentro de sus objetivos posibilitar la construcción del proyecto de vida a los estudiantes mediante el aprendizaje de un oficio, que satisfaga sus aspiraciones, desarrollando las facultades intelectuales y capacidades críticas y fomentando en ellos el sentido de los valores y, promover el nivel técnico industrial de la ciudad de Tunja mediante el ofrecimiento, en el mercado laboral, de técnicos profesionalmente preparados, que estimulen a las pequeñas industrias y talleres de la ciudad para mejorar la prestación de su servicio (Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, s.f).

De esta manera, refiriéndose especialmente a la modalidad técnica industrial en ebanistería, la institución ofrece el programa con todos los elementos de formación profesional, apoyados en el proceso de articulación con el SENA, teniendo en cuenta los principios, los valores éticos, morales y espirituales que hace que sean jóvenes comprometidos con su profesión, con la que podrán desempeñarse en empresas de trabajo con madera y producción de muebles (Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, s.f). Dicho proceso de formación, comienza en séptimo grado con los programas de exploración vocacional, por lo tanto, los estudiantes tienen un acercamiento al taller desde los 12 o 13 años de edad, necesitando supervisión permanente en el desarrollo de sus actividades.

Según datos de Gran View Research INC, el mercado del mueble se valoró en 21.389 millones de dólares en 2014 y se espera que alcance los 28.607 millones de dólares en 2022. En otras palabras, se espera que el costo aumente un 3,7% durante este período. El avance de este sector industrial se debe al aumento de los consumidores, así como al aumento de la demanda de muebles personalizados para el hogar, lo que propicia la expansión de los mercados en todo el mundo (Pro Colombia, 2019).

La región andina representa el 64,3% del producto interno bruto (PIB) del país, incluyendo Antioquia, Bogotá, Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Huila, Santander Norte, las provincias del Quindío, Risaralda, Santander y Tolima representan el 55,4% de la población total de Colombia (Ronderos y Cárdenas, 2018). De esta forma, los principales fabricantes de muebles nacionales consideran la innovación como un factor competitivo, La industria colombiana del mueble se distingue por el hecho de que sus empresas conocen y participan en la reforestación mediante la implementación de actividades amigables con el medio ambiente. Actualmente, el país cuenta con más de 596 unidades productivas relacionadas con la industria del mueble y mueble que tienen acceso a materias primas de alta calidad para producir productos de alta calidad y premium (SECOP II, 2019).

A pesar de que la producción y comercialización de muebles en Colombia es una parte muy importante de la economía, la industrialización en el país ha sido lenta debido a la falta de tecnologías avanzadas que mejoren los procesos y aseguren altos estándares de calidad, por lo que cada vez se promueve más la informalidad. en la industria de la madera, lo que afecta al sector del mueble con el deterioro de la calidad del producto final, y el mismo va de mal en peor, lo que conlleva una disminución de las ventas y por ende

una disminución de la oferta de mano de obra (Revista Semana, 2018; Ospina Pantoja, 2018).

Partiendo del concepto de salud como un estado de bienestar físico, mental y social, asociado a la sensación completa de bienestar, se puede considerar un riesgo laboral como aquella situación producida en el desarrollo de una actividad laboral que pueda romper la sensación de bienestar de los trabajadores. En el sector de la madera, los madereros se enfrentan a una variedad de riesgos, teniendo en cuenta que el manejo de maquinaria y herramientas sin la formación adecuada puede provocar lesiones de seguridad física, como laceraciones o pinchazos, o en los casos más graves, amputaciones (Díaz Ruiz, 2014).

En la sierra de banco que se encuentra en la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, se presenta un alto riesgo de pérdida de extremidades superiores, debido a que el disco giratorio que se utiliza para el corte de la madera, maneja altas velocidades y, en el caso de un accidente es difícil detenerlo en un corto tiempo, puesto que el motor con el que cuenta la máquina sigue girando aún después de apagar la máquina. Teniendo en cuenta el esquema de accidentalidad que implica el trabajo con una sierra de banco y la edad de los estudiantes que manipulan estas herramientas en el taller de ebanistería de la Institución, se dio a la búsqueda de un sistema que le permitiera a un operario común acceder y operar a estas máquinas de manera segura, encontrándose que en el mercado son escasas las sierras que aseguren la integridad de la persona o que cuente con un sistema de seguridad apropiado.

Sin embargo, se puede hacer referencia al dispositivo de seguridad de la sierra SAWSTOP, la cual tiene un impresionante sistema de protección anti-corte para la sierra circular para evitar lesiones al operador, y tiene un sistema de detección de conductividad al cuerpo humano para determinar la presencia en el momento de contacto de una pieza con la sierra, por lo que se activa el dispositivo que detiene y oculta el disco durante unos milisegundos (Berenguer, 2013). A pesar de lo anterior, uno de los principales problemas con la SAWSTOP es que toca cambiarle el cartucho en el momento en el que la maquina tiene que entrar en acción, el cual se encuentra en el mercado por un precio de aproximadamente cuatrocientos mil pesos colombianos, lo que constituye un gasto significativo para el usuario.

Por lo anterior, se formula la pregunta de investigación ¿Cómo implementar un sistema automático de posicionamiento de disco asequible y confiable para la sierra de banco del taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani?

4. Marco conceptual

4.1 Taller de ebanistería

El sector de muebles y maderas en Colombia está compuesto por un gran número de grandes, medianas y pequeñas empresas, siendo éstas últimas de las que más se encuentran dentro del mercado nacional (Serna Mosquera & Agualimpia Ortiz, 2016). La ebanistería, es la especialidad de la carpintería que se caracteriza por la fabricación de muebles en maderas finas, además, este sector productivo es muy diverso, gracias a la globalización la elaboración de este tipo de productos se da tanto en función de las necesidades de una población o un demandante como de las exigencias del mercado. Es así como la clasificación de los productos hechos en la industria nacional se hace según los criterios de los fabricantes y del mercado en el cual van a ser vendidos (Ecoinnovación, 2013). Desde este punto de vista, los productos que se obtienen generalmente de la transformación de la madera en los talleres de ebanistería son: muebles de hogar, cocina, baño, jardines y exteriores, oficinas y, muebles para colectividades (Serna Mosquera & Agualimpia Ortiz, 2016).

Referente a los procesos y operaciones que se ejecutan en un taller de ebanistería, Castellar (2011), afirma que la fabricación de un mueble consta de las siguientes fases: escuadrado, donde se rectifica que las laminas estén correctamente para la realización y unión de las piezas; trazado, en la que se marca el molde de la pieza a obtener; recorte de las figuras; y taladrado y ensamblado de las piezas, con su respectiva decoración y realización de los acabados.

La mayoría de los procesos realizados en el sector madera, se hacen por medio de la utilización de máquinas y herramientas, las cuales, tienen funciones claramente definidas dentro del proceso de fabricación: cortar, labrar, regresar, moldurar, taladrar, pulir, etc. (Tarazona Julca, 2018). De esta forma, según el tipo de empresa el grado de utilización de máquinas eléctricas y mecánicas que les ayuden en su tarea es variado, aunque generalmente estas son muy utilizadas debido a su eficiencia en el proceso, debido a las diferentes actividades realizadas para obtener la pieza final, se maneja un grado de tecnificación diferente en cada fase de construcción (Gil, 2012).

4.2 Herramientas eléctricas de corte

Dentro de la amplia gama de herramientas utilizadas en la ebanistería, existen aquellas que para su funcionamiento necesitan electricidad y, que ofrecen un amplio abanico de posibilidades para el trabajo con la madera (Morales, 2014). De acuerdo con Ramos y Robles (2013), las máquinas pueden clasificarse por: su naturaleza (pesadas, livianas y portátiles); su funcionamiento (electricidad, hidráulica o neumática); o por su utilidad (cortar, labrar, perforar, afilar, ajustar, etc.). De esta forma, a continuación, se explicará la herramienta de corte objeto del presente proyecto.

4.2.1 Sierra de banco

La sierra circular de banco es una herramienta eléctrica de fácil manejo, cuya función principal es cortar piezas de madera de diferentes denominaciones. Como se muestra en la figura 1, está compuesta de una mesa fija con una ranura en el tablero, el cual da paso al disco de la sierra y un motor eléctrico, que hace que la máquina se ponga en funcionamiento. Es importante resaltar que, algunas tienen guías de corte útiles para el trabajo del operario, sin embargo, de no tenerlas el trabajo se efectúa a pulso.

Adicionalmente, empleando una hoja adecuada en cuanto a su dureza y a la forma de sus dientes, una sierra circular puede cortar cualquier cosa (Salas Guachala, 2014).

Este tipo de máquina, suele ser de las primeras herramientas presentes en un taller de carpintería o ebanistería, y como tal, se convierte en el centro de actividad del mismo, debido a que las piezas regresan una y otra vez a la mesa de corte gracias a las diferentes opciones de las que dispone la herramienta, permitiendo hacer cortes: en línea recta en la dirección del grano de la madera; transversales a través del grano de la madera; y, en inglete y en bisel, es decir, en ángulo y, por tanto perfeccionar las piezas del mueble a fabricar (De máquinas y herramientas, 2018).

Figura 1.

Sierra de banco



Tomado de: Lo-mejor.com (2021).

Para la realización del trabajo, el operario debe posicionarse al frente de la máquina, junto a la mesa y tomando la pieza con ambas manos, sin embargo, el diseño de las sierras tiene acrílicos para evitar accidentes o riesgos mecánicos. La transmisión puede ser por correa, en cuyo caso la altura del disco sobre el tablero es regulable a voluntad, o directamente del motor al disco, siendo entonces éste fijo (Morales Godón, 2010).

Una de las características más importantes de esta máquina, es que debido a su fácil manejo y la precisión de trabajo que otorga, se torna una herramienta de aprendizaje muy eficiente, sin embargo, esto es un factor de riesgo que conlleva a desprestigiar la peligrosidad del mal manejo, encontrándose que dentro de los accidentes y riesgos más comunes que desembocan este tipo de máquinas se encuentran: el contacto con el disco, retroceso y proyección de la pieza de madera, es decir, rebote; proyección del disco o parte de él, contacto con las correas de transmisión (si las hay) y, contacto eléctrico (Salas Guachala, 2014).

4.3 Instrumentación electrónica para la detección

La instrumentación es una rama científica – técnica cuyo objetivo es mejorar la capacidad de percepción de la realidad mediante el uso de cualquier tipo de técnicas y sistemas, lo cual hace referencia a la extracción de información del entorno, de un sistema o de un proceso, mediante la identificación y cuantificación de sus variables características. La aparición de los primeros dispositivos electrónicos a inicios del siglo XX, permitió aprovechar sus prestaciones para mejorar desde entonces los incipientes sistemas instrumentales y desarrollar una rama científica – técnica, denominada instrumentación electrónica, estos sistemas entregan información mediante señales eléctricas, listas para ser procesadas por otros sistemas electrónicos tales como microprocesadores, microcontroladores, computadores, etc. (Pérez García, 2014).

Es importante tener en cuenta que en cualquier proceso industrial deben mantenerse controladas algunas magnitudes, así mismo, en cualquier automatización hay que detectar la presencia de objetos o incluso, la proximidad, de esta forma, los detectores y sensores permiten traducir estas variables físicas en magnitudes eléctricas entendibles

por los sistemas electrónicos de control automático, posibilitando el mantenimiento y la regulación de esas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar (Ortíz Zaragoza, 2019).

4.3.1 Sensores de proximidad

Los sensores, en general, son dispositivos que convierten una señal física no eléctrica, en otra eléctrica que contiene la información correspondiente a la primera, es decir, convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible o en una señal digital, en una pantalla legible o transmitida para lectura o procesamiento adicional (InfoPLC, 2017; Smith, 2020). De esta forma, un sensor de proximidad es el dispositivo que ayuda a encontrar la presencia, ausencia o distancia de determinados objetos por medio de factores ambientales como la luz, los sonidos o incluso el electromagnetismo. De esta manera, cuentan con una amplia variedad de aplicaciones, aunque es importante determinar cuál debe usarse teniendo en cuenta el entorno y factores relevantes para su aplicación. En este sentido, las características más importantes de estos dispositivos son: el óptimo mantenimiento de los objetos debido a que no tienen necesidad de contacto; no resultan afectados por la superficie de los objetos, gracias a que detectan principalmente cambios físicos; son adecuados para una gran variedad de condiciones físicas; debido a que usan salidas de semiconductores, no existen partes móviles que dependan del ciclo operativo, por lo que su vida útil se extiende considerablemente en comparación con otros sensores convencionales; proporcionan una tasa de respuesta de gran velocidad; y, emiten una señal eléctrica, orden de activación o desactivación establecida o salida digital que es proporcional de manera directa a una posición o ubicación en una trayectoria de medida (Sepia, 2020).

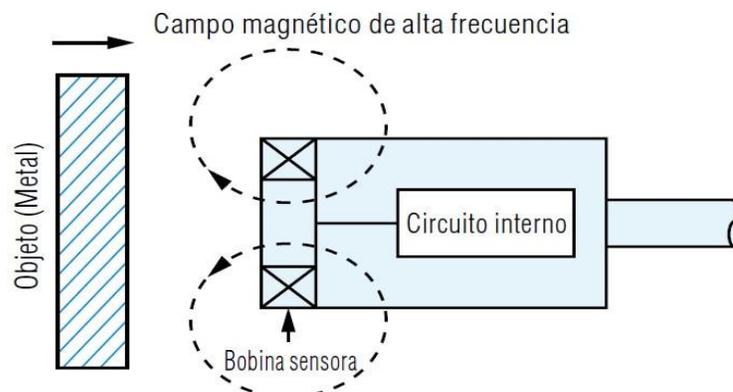
4.3.2 Tipos de sensores de proximidad

A continuación, se explicarán los tipos de sensores de proximidad más utilizados, así como su funcionamiento:

Inductivos. Los cuales son utilizados para determinar cuestiones como la posición o la velocidad, principalmente en entornos complejos, su funcionamiento se basa en los principios de un transformador y utilizan la variación de la corriente eléctrica. Como se muestra en la figura 2, un dispositivo inductivo consiste en una bobina colocada junto a un imán, cuando un objeto metálico penetra en su campo magnético o abandona el campo magnético, producirá cambios en las líneas de flujo magnético, generando así pulsos de corriente. Por lo tanto, modificará su campo magnético cuando detecte materiales de metales ferrosos. Se consideran una categoría especial de sensores porque son los más utilizados en la industria porque se utilizan para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos, como el conteo. , detección de canales, Bloqueo, codificación, etc. (Castaño González, 2016; Celera, sf).

Figura 2.

Sensor de proximidad inductivo

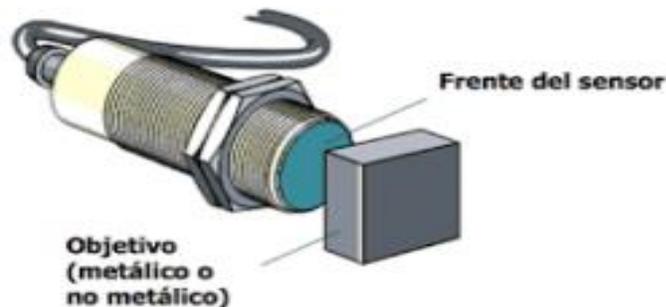


Tomado de: Keyence (s.f)

Capacitivo. Es un interruptor electrónico sin contacto, debido a que están diseñados para detectar materiales conductores y no conductores, utilizan elementos como papel, vidrio, plástico, aceite, agua y metal para aumentar la capacidad. Cuando el sensor está en la electricidad generada campo. El elemento sensor es un capacitor compuesto por un electrodo sensible y un electrodo de referencia. Cuando un objeto se acerca a la superficie y entra en el campo electrostático del electrodo, la capacitancia en el circuito de oscilación cambia y el circuito de disparo lee la amplitud del oscilador y cuando alcanza un cierto nivel, el nivel de salida del sensor cambiará, a medida que el objeto se aleja, la amplitud del oscilador disminuirá, cambiando así el sensor a su estado original. La distancia de detección depende en gran medida del material y es más sensible a los materiales de metales ferrosos, por esto, cuenta con un potenciómetro para variar la distancia de detección según el material detectado por medio de un tornillo de ajuste (Castaño González, 2016; Ingeniería Mecafenix, 2017).

Figura 3.

Sensor de proximidad capacitivo



Tomado de: Ingeniería Mecafenix (2017).

Infrarrojo. Un detector de infrarrojos es un dispositivo fotoeléctrico que puede medir la radiación electromagnética infrarroja emitida por objetos en su campo de visión. Es un tipo de radiación que emiten todos los objetos de forma independiente, y no existe otro tipo de luz ambiental, es decir, están especialmente diseñados para la detección, clasificación y posicionamiento de objetos y la detección de forma, color y color. Diferencias de superficie, incluso en condiciones extremas. Su principio de funcionamiento es que los rayos infrarrojos ingresan al fototransistor, en el que hay un material piroeléctrico, que reacciona a la presencia de rayos infrarrojos para detectar la presencia o movimiento de objetos (Infaimon, 2018; Securitas Direct, 2018).

Figura 4.

Sensor de proximidad infrarrojo



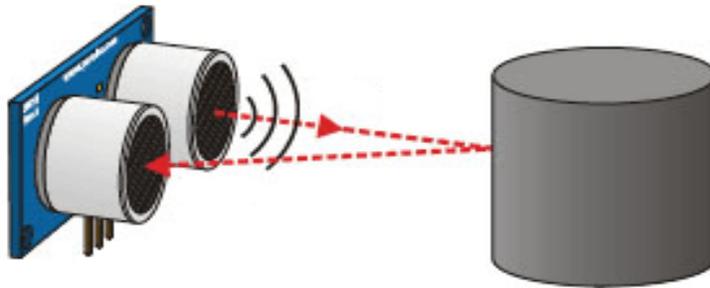
Tomado de: Infaimon (2018).

Ultrasónicos. Este tipo de sensor utiliza ondas ultrasónicas para medir. Funciona según el principio de la acústica, el sensor emite breves pulsos de sonido a través del aire y de esta forma detecta objetos que se reflejarán posteriormente. El sensor mide el tiempo entre el pulso transmitido y el pulso recibido. Por tanto, es uno de los instrumentos más

fiables en la medida, pues casi todo tipo de material puede reflejar ondas sonoras o sonidos, hace que los resultados de la medida queden limpios, de igual forma, variables ambientales como el polvo no afectarán a este tipo de sensor, esto hace que su medición sea estable y precisa (Gandhi, 2020).

Figura 5.

Sensor de proximidad ultrasónico



Tomado de: Tecnopatafísica, s.f.

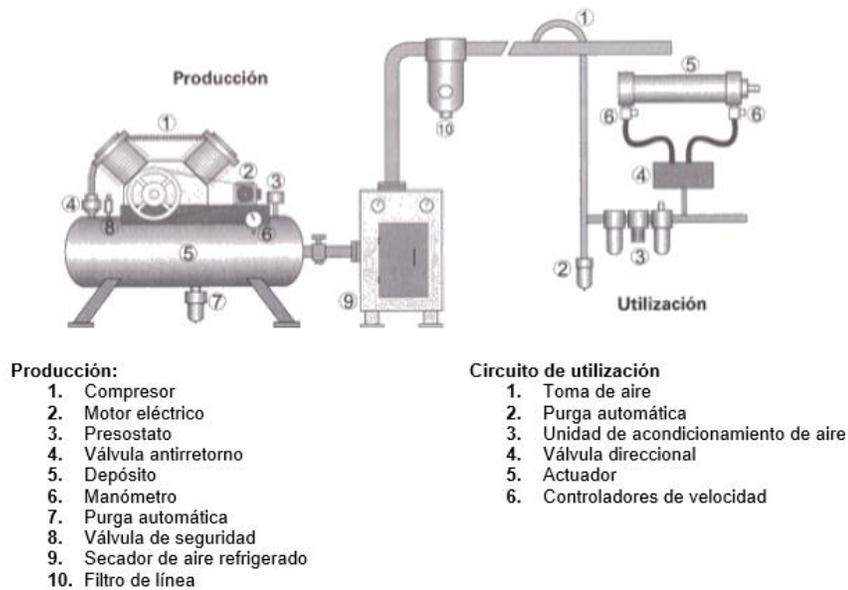
4.4 Sistemas neumáticos

La tecnología neumática es una tecnología que utiliza aire comprimido como medio de transmitir la energía necesaria para mover y operar el mecanismo. El aire es un material elástico, por lo que cuando se le aplica fuerza, comprime y mantiene esta compresión, y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2008). Es importante recordar que el aire comprimido a su vez exprime todas las impurezas que contiene, como polvo, hollín, suciedad, hidrocarburos, bacterias y vapor de agua, así como las impurezas del propio compresor, como el desgaste, la abrasión. polvo causado por aceite, aerosoles y residuos de la red de tuberías (como óxido

o residuos de soldadura), estas impurezas producen partículas más grandes que pueden interferir y dañar los sistemas o componentes neumáticos, así como la salud de los trabajadores y el medio ambiente (Atlantic International University , sf).

Figura 6.

Estructura del sistema neumático básico



Tomado de: González Álvarez (2017)

4.4.1 Elementos de un sistema neumático

Según Atlantic International University (s.f), son módulos o unidades estándar que se pueden utilizar en sistemas de control simples o complejos. En cualquier sistema neumático se pueden distinguir los siguientes elementos:

Elementos generadores de energía. Ya sea que esté usando aire o líquido, debe obtener un fluido que pueda transferir la energía requerida por el sistema. En este tipo de

sistema, se utiliza un compresor, que es una máquina que toma aire bajo ciertas condiciones y lo impulsa a una presión mayor que la presión de entrada, y el mecanismo es impulsado por un motor eléctrico

Elemento de tratamiento de fluidos. En este tipo de sistema, debido a la humedad de la atmósfera, es necesario secar el aire antes de su uso; también es necesario filtrarlo y ajustar su presión para eliminar las impurezas del fluido.

Elementos de mando y control. Son los encargados de dirigir correctamente la energía del fluido entregado al compresor o bomba al elemento actuador. En este sentido, una válvula es un elemento que manda o regula el arranque, parada y dirección, así como la presión o caudal del fluido enviado por la bomba o almacenado en el tanque. Según Umazor Pérez (2007), las válvulas se pueden subdividir en los siguientes grupos según sus funciones:

Válvulas de vías o distribuidoras. Son los componentes que determinan el camino que siempre debe seguir el aire y, en última instancia, controlan el movimiento del actuador. Trabajan en dos o más posiciones fijas y no pueden trabajar en una posición intermedia.

Válvulas de bloqueo. Como sugiere su nombre, están diseñados para prevenir, regular u obstruir el flujo en una dirección u otra.

Válvulas de presión. Afectan principalmente a la presión, o se ven afectados por su valor, destacando válvulas reguladoras de presión, válvulas limitadoras de presión o válvulas de secuencia.

Válvulas de caudal y de cierre. Su propósito es regular el flujo a través de ellos, controlando así la velocidad del vástago del cilindro. Este tipo de válvula producirá una caída de presión, lo que resultará en una disminución del flujo.

Válvulas combinadas. Además de lo anterior, existen muchos componentes de válvula fabricados como un solo bloque con tareas específicas, generalmente muy repetitivas en un circuito neumático, como un temporizador o una boquilla de vacío o un generador de vacío.

Elementos actuadores. Son los elementos que convierten la energía del fluido en movimiento en trabajo útil. Según Umanzor Pérez (2007), son los elementos de trabajo del sistema y se pueden dividir en dos categorías:

Cilíndricos. En aquellos casos en los que se produce un movimiento lineal, consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que se desliza y transmite su movimiento al exterior a través de un vástago. Consta de una tapa trasera y una tapa delantera, un manguito para el movimiento del pistón, el pistón en sí, juntas de pistón estáticas y dinámicas y un anillo raspador de aceite para limpiar la suciedad del vástago del pistón

Motores. Allí se produce un movimiento de rotación, convirtiendo así la energía neumática en energía mecánica de rotación. Se pueden dividir en: actuadores de giro limitado, que proporcionan movimiento rotatorio pero no rotación; y motores neumáticos, que proporcionan un movimiento rotatorio constante, por lo que pueden proporcionar altas revoluciones por minuto.

4.4.2 Programación con PLC

El dispositivo neumático puede ser controlado por PLC (Programmable Logic Controller), que tiene la ventaja de ser modificable. Por lo tanto, la programación y apariencia de la pantalla del monitor se puede cambiar posteriormente para una nueva instalación, o simplemente diseñar un circuito mejorado o mostrar datos en la pantalla (Creus Solé, 2007). Según el mismo autor, existe un estándar estandarizado para programas de PLC, IEC-61131-3, y hay cuatro lenguajes de programación más utilizados en el mundo:

Lenguaje de contactos (Ladder). Simula la estructura de un esquema eléctrico, por lo tanto, representa una red de contactos y bobinas ejecutados en secuencia por un autómeta.

Lenguaje de lista de instrucciones. Consiste en una serie de instrucciones ejecutadas secuencialmente por PLC, similar al lenguaje ensamblador, pero debido a que las instrucciones están organizadas en secuencia, la estructura es la misma que la del lenguaje ladder. Dispone de dos tipos de códigos de instrucción, el de prueba y el de acción.

Lenguaje literal estructurado. De igual forma que la lista de instrucciones es un lenguaje evolucionado, se basa en el código C y resulta muy sencillo para gestionar tablas, funciones aritméticas, etc.

Lenguaje Grafcet. Permite representar gráficamente el funcionamiento de un automatismo secuencial. Su estructura está basada en etapas y transiciones y, posibilita graficar visualmente cualquier diagrama de estados.

5. Desarrollo metodológico

5.1 Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de grado, se enmarca dentro de la investigación aplicada, debido a que se busca la generación de conocimiento con utilización directa a un problema encontrado en una comunidad educativa, la cual está en preparación laboral en el sector productivo de la madera. Así mismo, se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, por lo que se tuvo que realizar una búsqueda de información previa sobre la máquina, el sistema y sus componentes y, enlazarla con el proceso de diseño y ensamble que busca mejorar y hacer más eficiente la sierra de banco en términos de seguridad y manejo (Lozada, 2014).

5.2 Procedimiento

Para el desarrollo del presente trabajo de grado, se llevaron a cabo las siguientes fases: recogida de datos, en la cual se evidenciaron las necesidades presentadas en el taller de ebanistería de la institución educativa; análisis del levantamiento de datos, desde donde se estableció el método más efectivo para suplir las carencias y mitigar el riesgo de accidentalidad en los operarios del taller; diseño preliminar, por medio del programa CAD SolidWork se realizaron los planos de acuerdo a los requerimientos de la institución y de la máquina; desarrollo de prototipo, como un modelamiento del producto que se quería lograr en la terminación del proyecto de grado; selección de la instrumentación, la cual se realizó de acuerdo a las exigencias mecánicas, electrónicas e institucionales y los objetivos establecidos para la sierra de banco; compra de materiales, donde costos que fueron cubiertos en su totalidad por la institución educativa; construcción de la sierra e

implementación del sistema; y, finalmente la realización de pruebas para verificar el funcionamiento del sistema de seguridad automático en la sierra de banco.

5.3 Requerimientos

En cuanto al análisis de las exigencias necesarias para el correcto funcionamiento de la sierra de banco y del sistema de posicionamiento automático del disco, para la prevención de accidentes en la comunidad educativa de la institución, se explican a continuación las características con los cuales deberá disponer la máquina luego de la modificación e implementación del sistema:

En primera medida, la función principal de la máquina es producir cortes satisfactorios, reduciendo el riesgo e incrementando la seguridad del operario y, aprovechar al máximo la potencia entregada por el motor eléctrico, obteniendo la fuerza necesaria para trabajar con cualquier tipo de madera según sea necesario; seguidamente, disponer de una estructura adecuada que: aloje los elementos de la máquina, teniendo un desempeño óptimo durante el posicionamiento y avance de la madera sometida a corte; distribuya adecuadamente el espacio del armazón, ubicando el sistema de transmisión con las recomendaciones de alineación de las poleas y tensión de las correas; y, soporte las vibraciones propias de la máquina; y, finalmente de acuerdo a los referentes teóricos y de investigación, el sistema de posicionamiento de disco deberá tener un tiempo máximo de reacción en caso de riesgo de accidente.

Dentro de los criterios ubicados anteriormente, se pueden diferenciar las sugerencias para las características finales de la máquina y, los requerimientos para el buen funcionamiento de la misma, las cuales deben ser tenidas en cuenta durante el diseño del

producto. Se presenta en la tabla 1, un resumen de las especificaciones y requerimientos que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 1.

Requerimientos y sugerencias para sierra de banco

Tipo	Especificación	Descripción
Necesario	Función	Sierra de banco para cortar madera de hasta 12 cm de espesor. La máquina debe tener encendido y apagado desde el motor y desde el sistema de seguridad. Sin variación en velocidad y ángulos de posicionamiento. Además, debe contar con guías de trabajo.
Necesario	Estructura	Base robusta que aloje y soporte los elementos de la máquina y las vibraciones del motor.
Necesario	Energía	Debe estar alimentada por medio de una red trifásica de 220V.
Necesario	Seguridad	Sistema de posicionamiento de disco, que lo esconderá por medio de un mecanismo de cierre en milésimas de segundo en el momento en el que se detecte un riesgo de accidente por contacto.
Sugerencia	Economía	La construcción, diseño y adaptación de la sierra de banco debe contar con elementos de excelente

relación de calidad/costo. Los cuales fueron asumidos netamente por la Institución Educativa.

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Componente electrónico de la sierra de banco

5.4.1 Selección de la instrumentación electrónica

Para realizar la implementación de sistema de seguridad automático en la sierra de banco del taller de ebanistería, se tuvieron en cuenta diferentes componentes y materiales para completar el sistema automático de posicionamiento de disco, es importante resaltar que, se procuró por la elección de una instrumentación robusta, que soporte el trabajo de la máquina, así como diferentes situaciones a las que se pueda ver expuesto el sistema empleado, garantizando la vida útil de la sierra circular de banco.

En primera medida, se tiene una sierra circular de banco la cual fue construida y montada para la realización del presente proyecto bajo las siguientes especificaciones: capacidad de corte de hasta 12cm de espesor, motor trifásico de 3500 rpm con 5 Hp, con un encendido y apagado desde el motor, guía de corte necesaria para la realización de los proyectos y puntos de referencia y con capacidad de trabajo de tres a cuatro horas. Es importante resaltar, que la sierra que se iba a modificar no soportó el mecanismo a implementar, por lo tanto, fue necesario realizar su construcción con elementos existentes dentro de la institución.

Desde este punto de vista y, desglosando los componentes utilizados para la construcción de la sierra y, el desarrollo del sistema automático de posicionamiento de disco, se explicarán a continuación cada uno de ellos (tabla 2).

Tabla 2.

Selección del motor

Especificaciones	Motor trifásico	Motor W22 High Efficiency	Motor trifásico Siemens 5HP
-------------------------	------------------------	----------------------------------	------------------------------------

Potencia	3HP	5 HP	5 HP 3.75 kW
Polos	2	4	4
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Revoluciones	3500 rpm	1800 rpm	1735 rpm
Tensión	220V	220/440 V	208-230/460 V
Precio	-	\$1.984.140	\$1.347.627

Fuente: Elaboración propia

Como se puede evidenciar en la tabla 2, se utilizó un motor trifásico de 3HP con 3500 rpm, el cual se encontraba en el taller de ebanistería de la institución. Se utilizaron pulsadores stop (figura 7) y start (figura 8), haciendo la aclaración que el pulsador de detención no es válido como parada de emergencia, para lo cual se usó un botón específico (figura 9). Respecto a la fuente de alimentación electrónica (figura 10), se eligió una fuente 24/110 ac 450W, un fusible pacha trifásico 10 amp y, un interruptor diferencial trifásico para la generación y distribución de la energía. Así mismo, se seleccionaron como instrumentos de detención y protección del sistema: una llave monofásica, un contactor (figura 11), un interruptor monofásico (figura 12), un interruptor termomagnético trifásico (figura 13) y, un electroimán o freno de disco (figura 14).

Figura 7.

Pulsador stop



Fuente: Elaboración propia

Figura 8.

Pulsador start



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.

Botón de parada de emergencia



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.

Fuente de alimentación electrónica



Fuente: Elaboración propia

Figura 11.

Contactora



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.

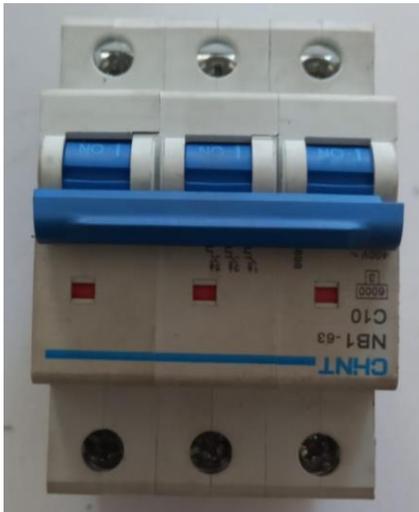
Interruptor monofásico



Fuente: Elaboración propia

Figura 13.

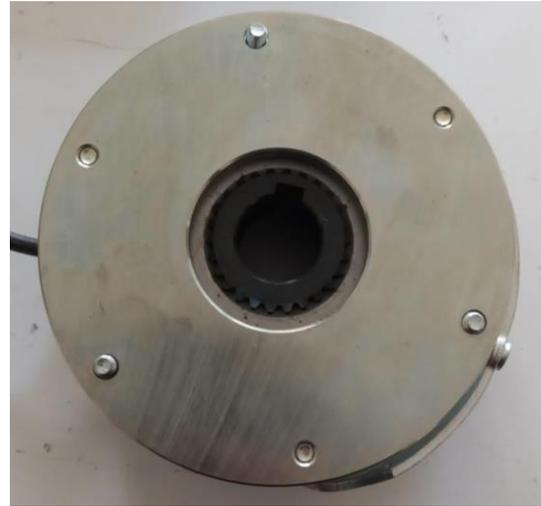
Interruptor termomagnético trifásico



Fuente: Elaboración propia

Figura 14.

Freno electromagnético para discos



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la instrumentación para la detección, como se evidencia en las tabla 3, se seleccionó un sensor Hrph (figuras 15 y 16), el cual es un sensor touch capacitivo diseñado para reemplazar un pulsador físico, de acuerdo a la relación costo/beneficio y a una comparación con otros sensores disponibles en el mercado, la cual comprende sus especificaciones técnicas y su eficiencia de tiempo de respuesta y detección.

Tabla 3.

Selección de el sensor capacitivo

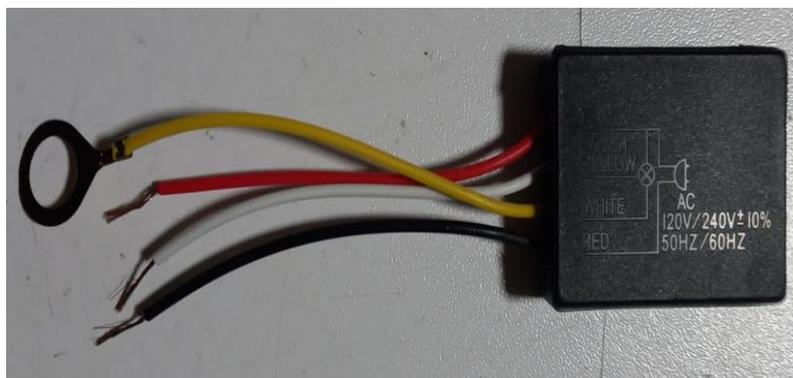
Especificaciones	Sensor ttp223	Sensor ttp223B	Sensor Hrph
Tiempo de respuesta	220ms en modo de bajo consumo, 60ms en modo de alto consumo.	220ms en modo de bajo consumo, 60ms en modo de alto consumo.	220ms en modo de bajo consumo, 60ms en modo de alto consumo.
Voltaje de polarización	2 -5,5Vdc	3V	110 – 220 V

Temperatura de trabajo	-20°C - 70°C	-40 °C a 85 °C	-40 °C a 75 °C
Peso aproximado	8g	2,7g	3,5 g
Dimensiones	30mm x 16mm	28mm x 24mm x 8mm	44mm x 34mm x 13mm
Precio	\$15.000	\$15.000	\$20.805

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15.

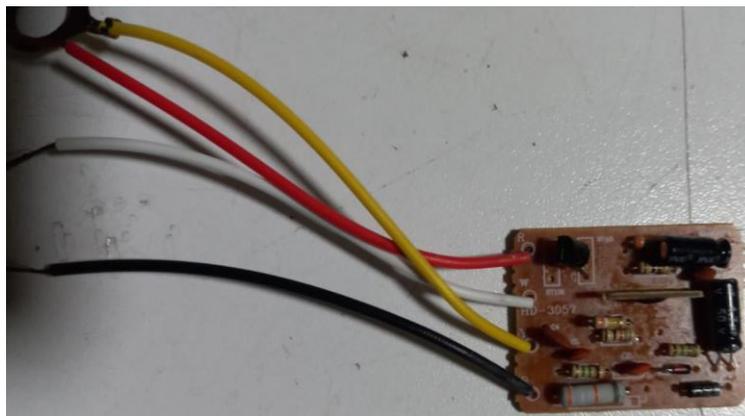
Visión externa del sensor YC



Fuente: Elaboración propia

Figura 16.

Visión interna del sensor YC



Fuente: Elaboración propia

Referente al controlador lógico programable PLC, como se muestra en la tabla 4, de acuerdo a las especificaciones se elige el PLC Logo 6ED1052 de Siemens (figura 17), el cual, es el autómatas más pequeño que fabrica dicha compañía y su principal uso se encuentra en procesos de automatización de hogares y en sectores industriales pequeños, puesto que cuenta con: entradas y salidas según el tipo de equipo, temporizador, marcas digitales y analógicas, unidad de mando y visualización con retroalimentación, fuente de alimentación, interfaz para módulos de ampliación, interfaz para módulos de programación y cable de PC, protección con contraseña para el modo STOP en el LCD de texto, visualización de hasta 4 gráficos de barras y hasta 4 parámetros de estado de entrada y salida por aviso (Estrada Gómez, 2019).

Figura 17.

PLC Logo Siemens



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Selección de PLC

Especificaciones	PLC Logo 6ED1052 Siemens	ABB AC500-XC	Siemens S7-200
Lenguaje de programación	KOP FUP	KOP Texto estructurado	JOP FUP

		Lenguaje de bloques	AWL
Tipo de cable de programación	Ethernet	TX503 Ethernet	RS232PPI MPI
Software de programación	Logo Soft Confort TIA Portal	IQ Works	Step/ Micro/Win
Tipos de entradas	8 entradas digitales, 4 aptas para uso analógico y 4 de salida digital	Digital PT1000	Digital PT1000
		Conteo rápido	Conteo rápido
		Analógica	Analógica
Alimentación Eléctrica	12/24VDC	24 VDC	24 VDC
Precio	\$480.000	\$320.000	\$510.000

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Diseño de la instrumentación electrónica

En primera medida, se realizó el diseño sensor touch táctil por medio del software ProteUs 8.7 (figura 18). De esta manera, los interruptores táctiles funcionan gracias a un material conductor, que controla los estados de conducción/no conducción del circuito, en este caso, encendido y apagado; al hacer contacto con el disco y la piel humana, la base del transistor del bc548 (Q3) detecta una pequeña corriente y pasa por más transistores amplificando la corriente y haciendo que se active el TRIAC y por lo tanto el sistema se encenderá. Su función del TRIAC es de un interruptor.

Como puede evidenciarse en la figura 18 y 19, al hacer contacto la piel o los dedos, la base del transistor Q3 enciende el sistema y Q1 lo apaga, en este sentido, al hacer contacto con éstos el sistema conducirá, debido a que el ser humano posee unos pocos mA.

Específicamente, el TRIAC o Triodo para Corriente Alterna es un dispositivo semiconductor, de la familia de los tiristores. La diferencia con un tiristor convencional es que éste es unidireccional y el TRIAC es bidireccional. De forma coloquial podría decirse que el TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. En este sentido, el TRIAC utilizado es el BT136, es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. es equivalente a dos TIRISTORES, (SCR) conectados en paralelo, su función es la de interruptor o switch electrónico en corriente alterna solamente. Tiene 3 terminales MT1 – MT2 y (Gate) o Puerta, MT1 y MT2 son los terminales que cierran el circuito a alimentar (por allí atravesara la AC), el terminal G (Gate), es el de puerta o cebador aplicando un voltaje a este terminal pasamos a tener continuidad entre MT1-MT2 alimentando la carga, la cual puede ser un motor eléctrico, bombilla, etc. La intensidad de la corriente y voltaje de la señal a aplicar en G, puede ser de 1 a 2 V y 0,03 a 0,05 A. como vemos con este pequeño voltaje podemos disparar al TRIAC.

Sus características principales son: tipo de Montaje en orificio pasante; tipo de Encapsulado TO-220AB; corriente Máxima de Disparo de Puerta 10mA; tensión Inversa de Pico Repetitiva 600V; corriente Nominal de Supresión 25A: conteo de pines 3; tensión Máxima de Disparo de Puerta 1.5V; tensión de Bloqueo Directa de Pico Repetitiva 600V; corriente Máxima de Retención 10mA; corriente de Apagado de Pico Repetitiva 0.5mA; tensión de Encendido de Pico 1.7V.

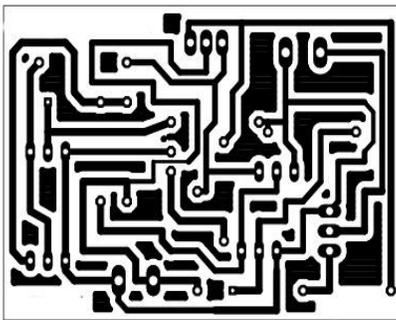
Dentro de las zonas de trabajo, se encuentran: corte, dentro de la cual no circula intensidad por la base, por lo que la intensidad de colector y emisor también es nula, la tensión entre colector y emisor es la de la batería, mientras que el transistor entre el colector y el emisor se comporta como un interruptor abierto; saturación, cuando por la

base circula una intensidad, se aprecia un incremento de la corriente de colector considerable, en este caso el transistor entre colector y emisor se comporta como un interruptor cerrado, por lo tanto, se puede decir que la tensión de la batería se encuentra en la carga conectada en el colector; activa, donde actúa como amplificador, puede dejar pasar más o menos corriente. En conclusión, cuando trabaja en la zona de corte y la de saturación se dice que trabaja en conmutación, como si fuera un interruptor.

Por otro lado, el transistor BC548 es de silicio de baja potencia de propósitos generales utilizado en una gran cantidad de equipos electrónicos. En este sentido, es un transistor NPN, desde el cual el dispositivo viene integrado en un encapsulado plástico tipo TO-92, encontrándose que el orden de los pines vistos desde la parte plana del encapsulado y, de derecha a izquierda es emisor, base y colector. Dentro de sus características se encuentran: voltaje colector emisor en corte 30V; voltaje colector emisor en saturación 30V; voltaje emisor base en corte 5V; corriente de colector constante 100mA; potencia total disipada 500mW; encapsulado de plástico TO-92; y, su par complementario PNP es el Transistor BC558.

Figura 20.

Elaboración e impresión de baquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura 21.

Quemado y elaboración del circuito



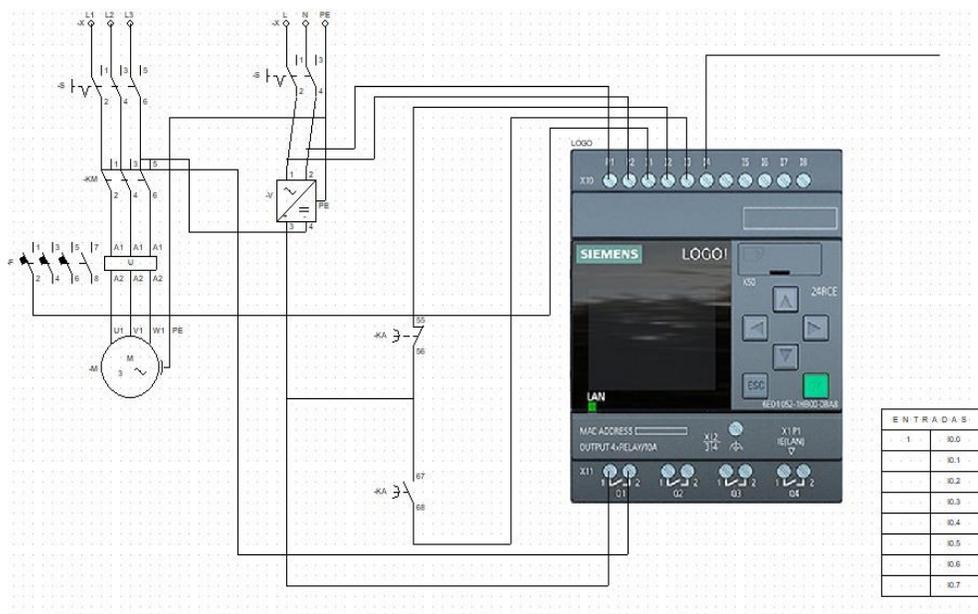
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se realizó la elaboración e impresión de circuitos en baquetas (figura 19), como primer paso para la elaboración final del circuito (figura 20).

Así mismo, se hizo el diseño de las conexiones del PLC Logo de Siemens (figura 22) por medio del programa CADe_SIMU, para posteriormente realizar la programación del sistema (figura 23) utilizando el software de la casa fabricante, así puede evidenciarse la configuración del programador en la figura 24. De la misma forma, se llevó a cabo el PLC diagrama Ladder (figura 25) y su respectiva simulación (figura 26), finalmente se realizó la prueba que permitiera la comprobación de la programación y configuración (figura 27).

Figura 22.

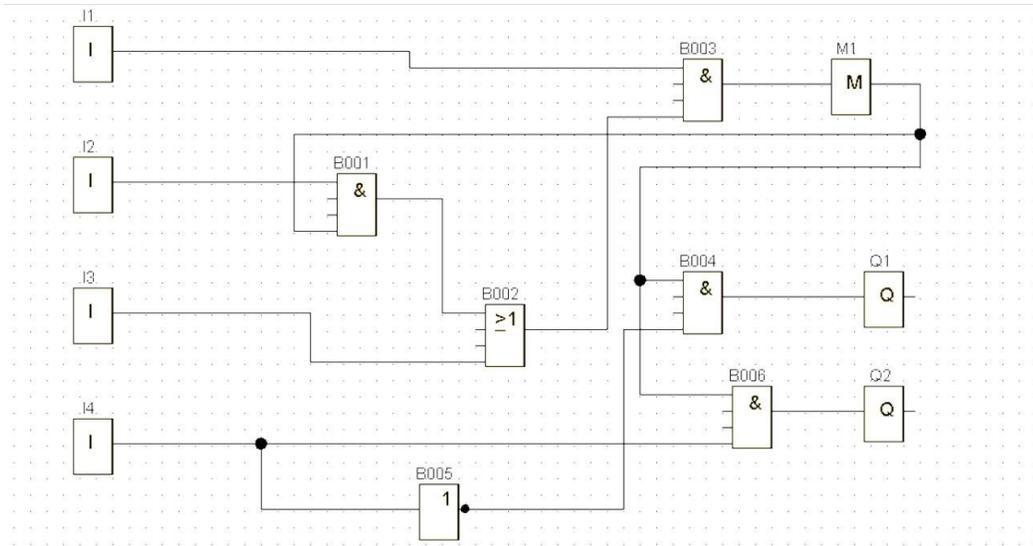
Diseño de las conexiones del PLC



Fuente: Elaboración propia

Figura 23.

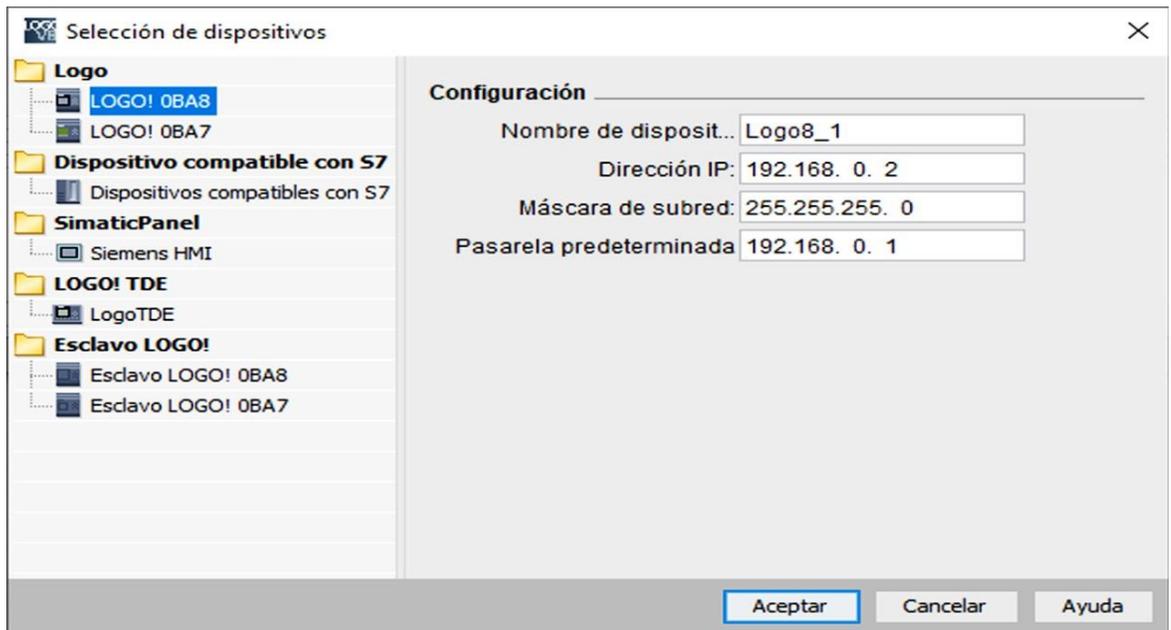
Programación del PLC



Fuente: Elaboración propia

Figura 24.

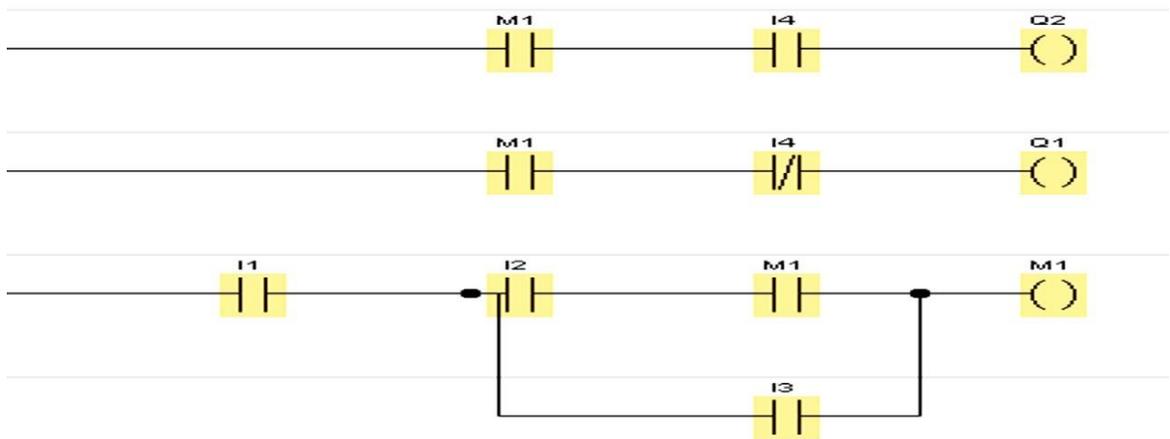
Configuración del PLC



Fuente: Elaboración propia

Figura 25.

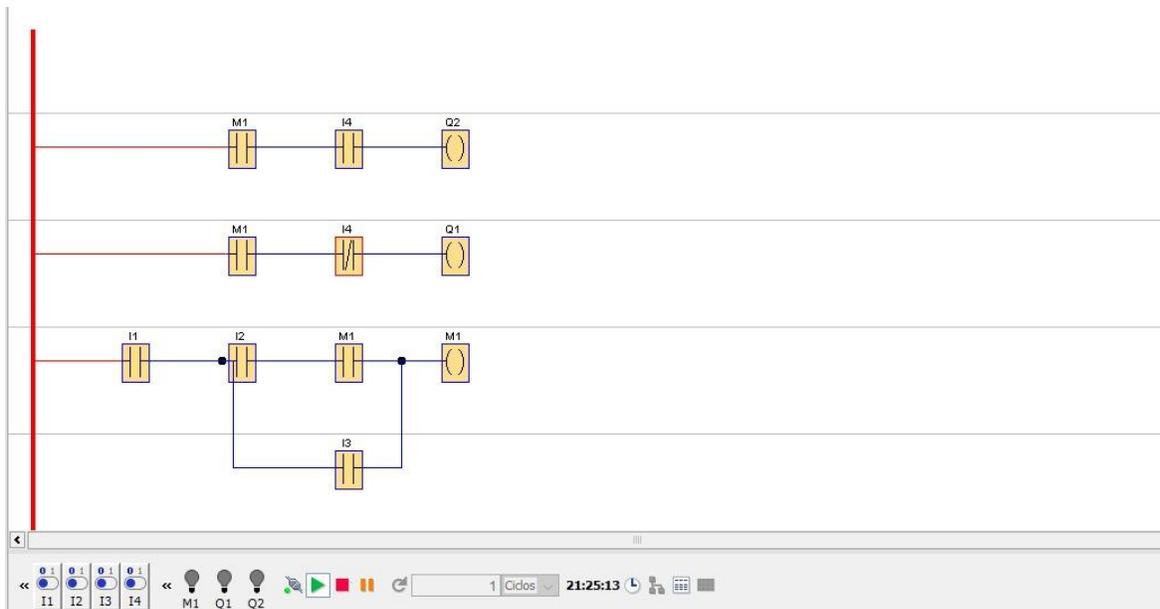
PLC diagrama ladder



Fuente: Elaboración propia

Figura 26.

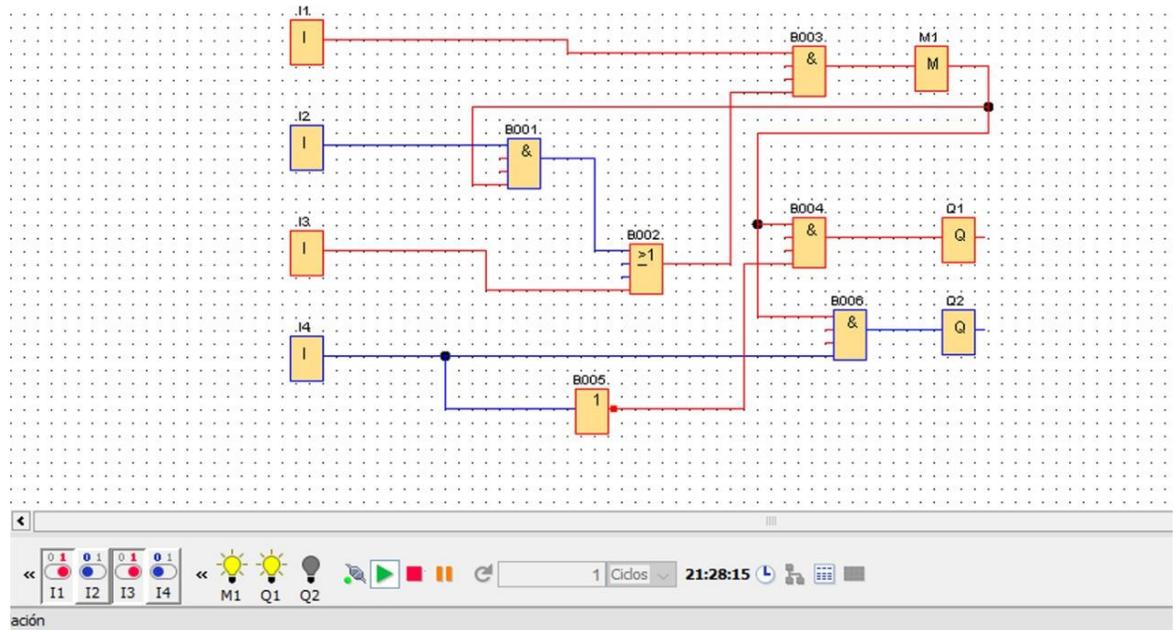
Simulación de ladder



Fuente: Elaboración propia

Figura 27.

Prueba de funcionamiento del PLC



Fuente: Elaboración propia

5.5 Componente mecánico de la sierra de banco

A continuación, se muestra la elaboración de un plano mecánico de cada una de las partes de la sierra circular de banco, el cual fue plasmado en el software de diseño y simulación de piezas llamado SolidWork, para identificar el proceso de montaje y desmontaje del disco.

Figura 28.

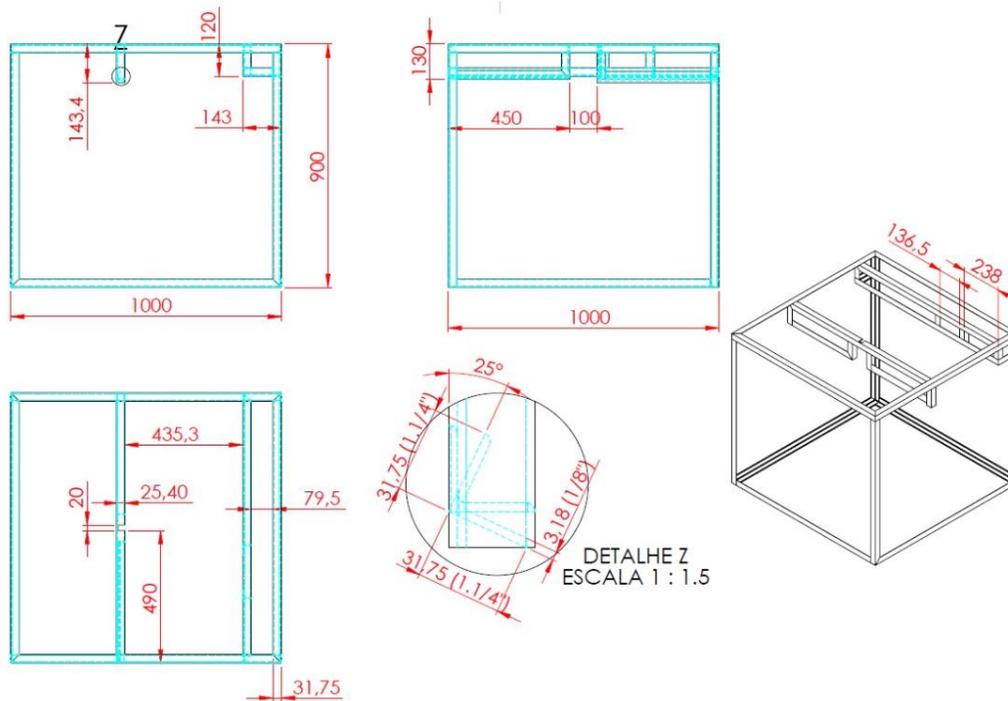
Diseño de la base para la sierra de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 29.

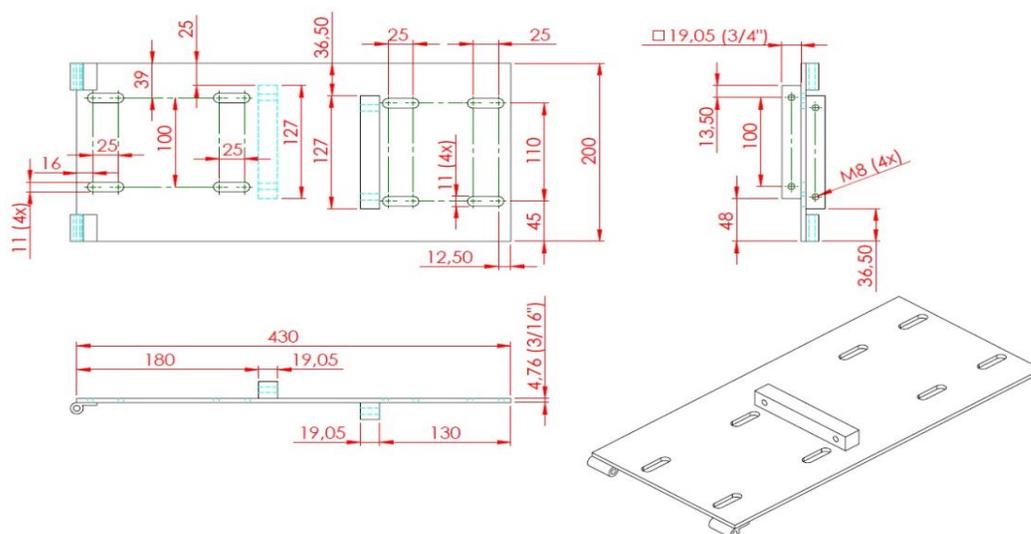
Planos de la base



Fuente: Elaboración propia

Figura 30.

Planos de la plancha

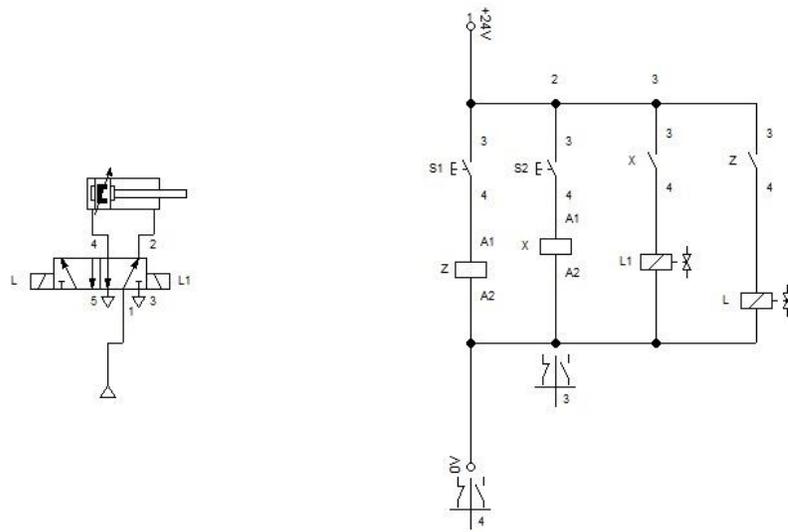


Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó una simulación con la electroválvula el cual permitirá bajar y subir el disco de la sierra (figura 31), es así como en la figura 32 se observa el cambio de posicionamiento del pistón en el momento en el que es alimentado y en la figura 33 como éste vuelve a su posición inicial.

Figura 31.

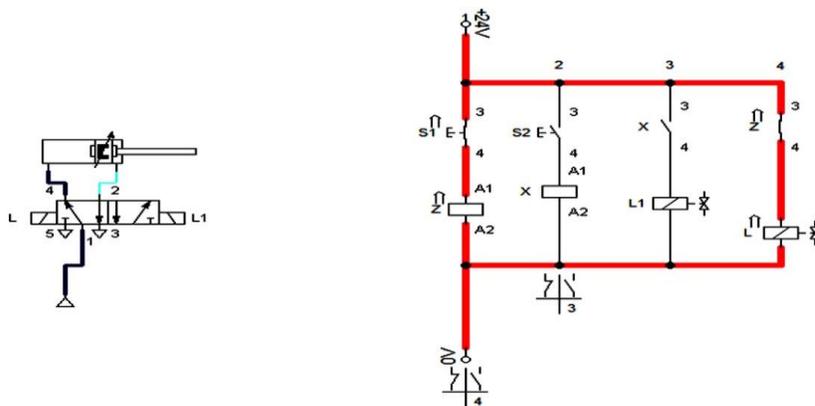
Simulación de electroválvula



Fuente: Elaboración propia

Figura 32.

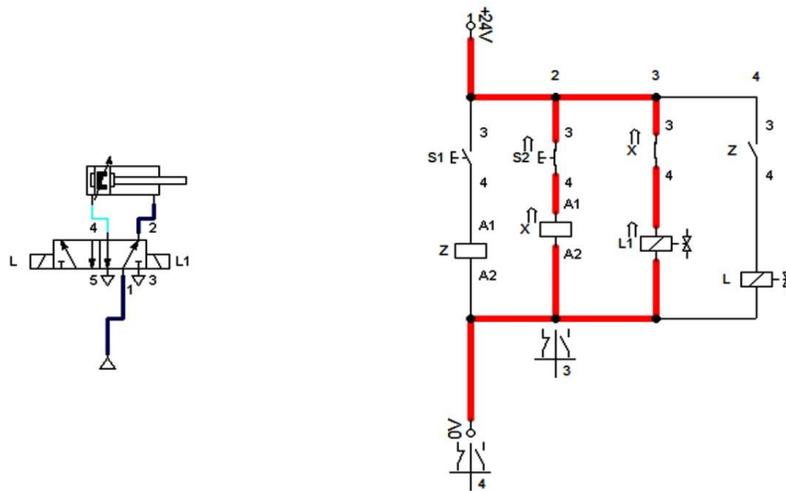
Cambio de posicionamiento del pistón al ser alimentado



Fuente: Elaboración propia

Figura 33.

Regreso del pistón a su posición inicial



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, para la realización del sistema de frenado se hizo el diseño en SolidWork, en este sentido, se muestran en la figura 34 diferentes caras del freno de disco, el cual permitirá un frenado más rápido y eficaz, acorde a los planteamientos y requerimientos del presente trabajo.

Figura 34.

Vistas del diseño del sistema de frenado



Fuente: Elaboración propia

5.6. Implementación del sistema automático

A continuación se encuentra el proceso de construcción e implementación del diseño de un sistema de seguridad automatizado para una sierra de banco usada en el taller de ebanistería de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani.

5.6.1 Implementación mecánica

En primera medida, es importante resaltar que la institución educativa cuenta con una sierra de banco XCALIBUR 3hp 220v modelo 8070101 (figura 35), la cual fue puesta a disposición del proyecto para su modificación. Sin embargo, debido al diseño de la máquina no fue posible implementar el sistema de seguridad automático, por lo tanto, se decidió realizar la construcción de la totalidad de la máquina, posibilitando la puesta en marcha del diseño propuesto.

Figura 35.

Sierra de banco XCALIBUR



Fuente: Tomado de ACO (2021).

En ese sentido, se realizó la base para la sierra de banco (figura 36 y 37) en hierro el bajo las siguientes dimensiones 1m x 1,50m x 80 cm. Para la realización de la mesa se usó una plancha de 70 cm x 1,30 cm (figura 38).

Figura 37.

Elaboración de la base



Fuente: Elaboración propia

Figura 36.

Base de la sierra de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 38.

Plancha para la mesa de la sierra



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó un corte en la mesa para insertar el disco, se hizo el montaje del motor trifásico de 3hp (figura 39) y, se implementó un mecanismo (figura 40) que permite graduar el sistema del motor con el disco para subirlo y bajarlo, de acuerdo a los requerimientos planteados en el diseño.

Figura 39.

Motor trifásico 3hp



Fuente: Elaboración propia

Figura 40.

Mecanismo de graduación motor y disco



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, es importante resaltar que se tuvieron en cuenta las normas NEMA, la cual tiene como objetivo dictaminar los estándares de seguridad que se deben esperar de las producciones realizadas, con el objetivo de entregar un producto con todas las medidas de seguridad y mantenimiento. En este sentido, las normas que fueron utilizadas se muestran en la figura 41.

Figura 41.

Normas NEMA

PERFORMANCE CHARACTERISTICS / CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO													
FRAME CARCASA NEMA	Poles Pólos	Model Modelo	Power Potencia		Speed Velocidad (RPM)	Full load current Corriente nominal in 220V (A)	Ip/In	Full load torque Par nominal Cn (Kgf·m)	Locked rotor torque Par a rotor bloqueado Cp/Cn%	Break-down torque Momento máximo de Par Cmáx./Cn	Efficiency Rendimiento 100%	Service Factor Factor de Servicio	Approx. Weight Aprox. Peso (Kg)
			hp	kW									
60Hz													
N48	2	B48	1/4	0,18	3525	1,6	5,7	0,051	380	400	57,0	1,35	5,5
		B48	1/3	0,25	3520	1,8	5,9	0,067	380	410	58,5	1,35	6,0
		B48	1/2	0,33	3515	2,4	5,7	0,102	360	400	65,5	1,25	7,5
		B48	3/4	0,55	3480	2,8	6,7	0,155	350	370	74,0	1,25	8,0
		T48	1,0	0,75	3455	3,5	6,7	0,207	350	380	76,0	1,25	8,6
		D48	1,5	1,10	3470	4,7	7,7	0,309	330	365	82,0	1,15	10,0
N56	2	B56	1/4	0,18	3525	1,6	5,7	0,051	380	400	57,0	1,35	5,5
		B56	1/3	0,25	3520	1,8	5,9	0,067	380	410	58,5	1,35	6,0
		B56	1/2	0,33	3515	2,4	5,7	0,102	360	400	65,5	1,25	7,5
		B56	3/4	0,55	3480	2,8	6,7	0,155	350	370	74,0	1,25	8,0
		T56	1,0	0,75	3455	3,5	6,7	0,207	350	380	76,0	1,25	8,6
		D56	1,5	1,10	3470	4,7	7,7	0,309	330	365	82,0	1,15	10,0
		C56	2,0	1,50	3500	5,6	7,8	0,416	260	300	86,0	1,15	12,3
		C56	3,0	2,20	3450	8,8	8,4	0,617	270	320	80,0	1,15	15,8

Fuente: VOGES Motors, s.f

De la misma forma, fueron utilizadas las siguientes fórmulas para determinar el correcto funcionamiento del motor.

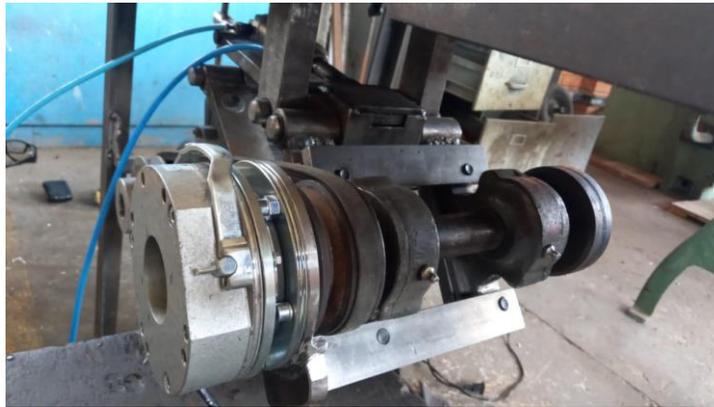
1. Potencia absorbida $P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$
2. Potencia útil: $P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi * r$
3. Rendimiento: $\eta = \frac{P_u}{P_a} * 100$
4. Potencia aparente: $P_z = \sqrt{3} * U * I$
5. Potencia reactiva: $P_x = \sqrt{3} * U * I * \sin \varphi$
6. Factor de potencia: $\cos \varphi = \frac{p}{P_z}$
7. Velocidad motor asíncrono: $n = \frac{60 * f}{p} (1 - s)$
8. Velocidad de sincronismo $n = \frac{120 * f}{2p}$

9. Intensidad absorbida $I = \frac{p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

Por otro lado, se instaló el sistema de frenado y de cambio de posicionamiento de disco (figura 42), el cual desde el componente mecánico permitirá detener el sistema en caso de riesgo de accidentalidad. Finalmente, se realizó la instalación de la electroválvula la cual está conectada directamente al sistema de posicionamiento y, permitirá subir y bajar el disco de la sierra.

Figura 42.

Sistema de frenado y posicionamiento de disco



Fuente: Elaboración propia

Figura 43.

Instalación de electroválvula



Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Implementación electrónica

Dentro del componente electrónico, una vez verificadas las conexiones por medio de los simuladores, se prosiguió a realizar el cableado de alimentación del motor (figura 44) y, el sistema de mando por medio de la configuración y conexión del PLC Logo Siemens (figura 45). De la misma forma, posterior a la elaboración del circuito del sensor, se realizó el acoplamiento del mismo a la máquina (figura 46) y la conexión a su respectivo sistema de control (figura 47). Los anteriores componentes en conjunto, permiten la detección y detención del disco de la sierra en caso de riesgo de accidentalidad.

Figura 44.

Cableado de alimentación del motor



Fuente: Elaboración propia

Figura 45.

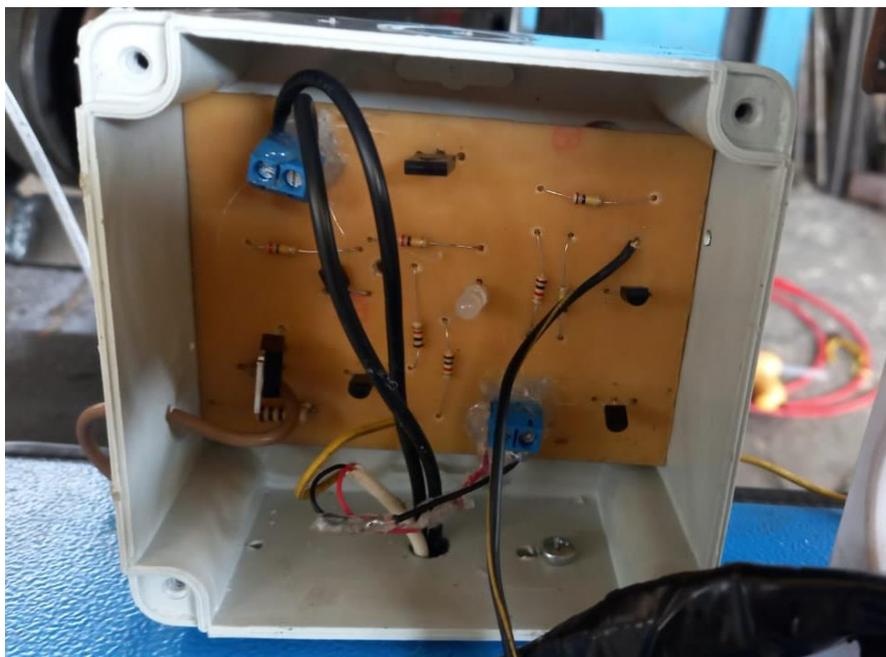
Sistema de mando y control



Fuente: Elaboración propia

Figura 46.

Placa del sensor



Fuente: Elaboración propia

Figura 47.

Sistema de control del motor de encendido y apagado



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se muestra la terminación del sistema automático de posicionamiento de disco en la sierra de banco de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani (figuras 48 y 49).

Figura 48.

Sierra de banco instalada



Fuente: Elaboración propia

Figura 49.

Sierra de banco finalizada



Fuente: Elaboración propia

6. Resultados y pruebas de funcionamiento

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas realizadas con la sierra de banco en la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, es importante tener en cuenta que las mismas fueron realizadas en dos tiempos diferentes, mañana y tarde, tomando como muestra dos trabajadores de taller de ebanistería. Se tomaron en cuenta los tiempos de respuesta del sistema de detección del riesgo de accidentalidad y la detección del sistema.

6.1 Pruebas de detección

Tabla 5.

Tiempo de reacción en pruebas de detección

Número de prueba	Mañana		Tarde	
	Persona 1	Persona 2	Persona 1	Persona 2
1	0,8 seg	0,9 seg	1 seg	0,9 seg
2	0,9 seg	0,7 seg	0,7 seg	0,7 seg
3	1 seg	1 seg	0,9 seg	0,8 seg
4	0,7 seg	0,8 seg	0,9 seg	0,7 seg
5	0,8 seg	0,7 seg	0,8 seg	0,8 seg

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en la mañana

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$
$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{8,3}{10} = 0,83$$

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en la tarde

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{8,2}{10} = 0,82$$

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en general

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1,65}{2} = 0,825$$

6.2 Pruebas de detención

Tabla 6.

Tiempo de reacción en pruebas de detención

Número de prueba	Mañana		Tarde	
	Persona 1	Persona 2	Persona 1	Persona 2
1	0,6 seg	0,7 seg	0,7 seg	0,5 seg
2	0,7 seg	0,8 seg	0,5 seg	0,8 seg
3	0,5 seg	0,9 seg	0,8 seg	0,7 seg
4	0,8 seg	0,6 seg	0,8 seg	0,7 seg
5	0,5 seg	0,9 seg	0,7 seg	0,6 seg

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en la mañana

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{7}{10} = 0,7$$

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en la tarde

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{6,8}{10} = 0,68$$

Calculo de la media aritmética del tiempo de actuar del sensor en general

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1,88}{2} = 0,69$$

Como puede evidenciarse, el sistema de detección actúa en 0,852 segundos y el de detección en 0,69 segundos, por lo tanto puede concluirse que el sistema en general tiene un tiempo de reacción óptimo que permite la mitigación del riesgo de accidentalidad en los estudiantes, docentes y demás operadores de la sierra de banco de la institución.

7. Conclusiones

Se diseñó un sistema mecánico y electrónico que permitió el cambio de posicionamiento del disco en el momento en el que se detecta proximidad con el usuario, logrando el objetivo de proveer seguridad en los usuarios y reduciendo el riesgo de accidentalidad durante el uso de la máquina en la práctica académica y laboral.

Se realizó la construcción de la sierra circular de banco, la cual es óptima para satisfacer las necesidades de la Institución Educativa San Jerónimo Emiliani, logrando la implementación de un sistema de seguridad automatizado de posicionamiento de disco a partir de los componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento.

A nivel económico, es importante resaltar que la válvula electromecánica que fue instalada en la sierra de banco, permitirá el uso de la máquina y su mantenimiento sin costos adicionales comparadas con otras máquinas encontradas en el mercado.

El sistema de seguridad automatizado previene posibles accidentes que pueden causarse a partir del uso de la sierra de banco en las actividades académicas y profesionales, con una respuesta inmediata en tiempo no mayor a 1 segundo para el frenado del motor y la detención del disco.

Referencias

- Aco. (2021). *BANCO de SIERRA 12'; 3hp 220v 8070101*. Obtenido de XCALIBUR:
<https://aco.cl/ficha/8818/banco-de-sierra-12-39-3hp-220v-8070101->
- ADAJUSA. (s.f). *PULSADOR ROJO (CON INSCRIPCIÓN "STOP") CONTACTO CERRADO (NC) COMPLETO*. Obtenido de ADAJUSA:
<https://adajusa.es/pulsadores/pulsador-rojo-con-inscripcion-stop-contacto-cerrado-nc-completo.html>
- Alvear Rodríguez, J., & Llumiquinga Lema, J. (2018). *Desarrollo de un sistema semi-automático de sujeción para corte longitudinal de aglomerado en una sierra circular de mesa para la empresa abiente modular*. Quito - Ecuador: Tesis para optar por el título de ingenieros electrónicos. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Atlantic International University. (s.f). *Curso de sistemas hidráulicos y neumáticos. Tema 2: Sistemas neumáticos*. Obtenido de Open Courses Atlantic International University:
<https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%202.pdf>
- AUTYCOM. (11 de jul de 2019). *¿Para qué sirve un contactor SIEMENS?* Obtenido de AutyCom: <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-contactor-siemens/>
- Berenguer, J. (22 de agosto de 2013). *Protección anticorte SAWSTOP para sierras: Impresionante*. Obtenido de PrevenControl:
<https://prevencontrol.com/prevenblog/proteccion-anticorte-sawstop-para-sierras-de-disco-impresionante/>
- Castaño González, J. (2016). *Diseño de una maleta didáctica de pruebas para sensores de proximidad en el área de mecatrónica. Tesis. Universidad tecnológica de Pereira*.
- Castellar, A. (2011). *Ebanistería*. Obtenido de Formación contable:
<http://formacioncontablefundacion/globered.com/categoria.asp?idcat=27>
- Celera. (s.f). *Sensores inductivos (una guía). Cómo funcionan los sensores inductivos*. Obtenido de Celera:
<https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/sensores-inductivos/>
- CLR. (18 de septiembre de 2018). *Motores monofásicos, bifásicos y trifásicos: todo lo que necesitas saber*. Obtenido de Compañía Levantina de Reductores:
<https://clr.es/blog/es/motores-monofasicos-bifasicos-trifasicos/>
- Colque Monje, G., & Coila Pérez, W. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad automatizado para un circular de banco usado en la industria de la carpintería aplicando los sistemas de control en la empresa industria metal*

- madera apaza S.A.* Puno - Perú: Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico. Universidad Nacional del Antiplano.
- ConceptoDefinición.de. (25 de julio de 2019). *Definición de fuente eléctrica*. Obtenido de ConceptoDefinición.de: <https://conceptoDefinicion.de/fuente-electrica/>
- Creus Solé, A. (2007). *Neumática e hidráulica*. España: Alfaomega.
- De máquinas y herramientas. (14 de Agosto de 2018). *Qué es una sierra circular de mesa y cuáles son sus aplicaciones*. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de De máquinas y herramientas: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-corte/que-es-una-sierra-circular-de-mesa-y-cuales-son-sus-aplicaciones>
- Díaz Ruiz, A. (2014). *Manual básico de seguridad y salud en el trabajo: Riesgos específicos y su prevención en el sector de la madera*. Valencia: Invassat.
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Alemania: Festo Didactic GmbH Co.
- Ecoinnovación. (2013). *Fomento de la ecoinnovación y sostenibilidad en las PYMES del sector madera: guía práctica ecodiseño: sector madera y mueble*. Obtenido de Ecoinnovación: <http://www.confemadera.es/rs/947/d112d6ad-54ec-438b-9358-4483f9e98868/2c2/filename/guia-ecodisen.pdf>
- Estrada Gómez, G. (2019). *Prácticas Electroneumáticas con PLC Logo 12/24V 6ED1 052-1MD00-0BA6/*. Veracruz, México: Tesis. Universidad Veracruzana.
- Gandhi, M. (27 de noviembre de 2020). *¿Qué es un sensor ultrasónico y para qué sirve?* Obtenido de Autycom: <https://www.autycom.com/que-es-un-sensor-ultrasonico-y-para-que-sirve/>
- Gil, E. (2012). Análisis del sector del mueble en la comunidad Valenciana. *Trabajo de grado. Valencia. España. Universidad politécnica de Valencia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14596/Trabajo%20Final%20de%20Carrera,%20Estefan%20C3%ADa%20Gil%20>
- González Álvarez, A. (28 de noviembre de 2017). *Cuaderno 1. Neumática industrial*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/andogon/cuaderno-1-neumatica>
- ICONTEC. (1995). *Norma Técnica Colombiana NTC 3701, Guía para la clasificación, registro y estadística de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales*. Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- ICONTEC. (2012). *GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. Bogotá: ICONTEC.
- Infaimon. (12 de abril de 2018). *Detector infrarrojo: funcionamiento y aplicaciones*. Obtenido de Blog Infaimon: <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>

- InfoPLC. (16 de Septiembre de 2017). *Introducción a los sensores industriales*. Obtenido de InfoPLC: <https://www.infoplac.net/documentacion/12-instrumentacion-deteccion/2661-introduccion-sensores-industriales>
- Ingeniería Mecafenix. (23 de mayo de 2017). *Sensor de proximidad capacitivo*. Obtenido de Ingeniería mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>
- Institución Educativa San Jerónimo Emiliani. (s.f). *Especialidad en Ebanistería*. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de Colegio Emiliani Tunja: <http://www.colegioemiliani.edu.co/especialidades/ebanister%C3%ADa/presentaci%C3%B3n.html>
- Institución Educativa San Jerónimo Emiliani. (s.f). *Objetivo y Lema Institucional*. Obtenido de Colegio Emiliani Tunja: <http://www.colegioemiliani.edu.co/nosotros/lemayobjetivo.html>
- Institución Educativa San Jerónimo Emiliani. (17 de noviembre de 2016). Ebanistería Emiliani. Tunja, Boyacá, Colombia. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=2GRpplkq9_M
- Keyence. (s.f). *¿Qué es un sensor de proximidad inductivos?* Obtenido de Guía de sensores para fábricas clasificados por principios. Fundamentos del sensor, Keyence.: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/proximity/info/>
- Lo-mejor.com. (08 de 25 de 2021). *Comparativo de sierras de mesa: análisis y opiniones*. Obtenido de Lo-mejor.com: <https://www.lo-mejor.com/herramientas/comparativo-sierra-de-mesa-precio-opinion/>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *Cienciamérica*, 1(3), 34-39.
- MACTRONICA. (s.f). *Sensor táctil capacitivo TTP223*. Obtenido de MACTRONICA: <https://www.mactronica.com.co/sensor-tactil-capacitivo>
- MACTRONICA. (s.f). *Sensor touch TTP223B*. Obtenido de MACTRONICA: <https://www.mactronica.com.co/sensor-touch-ttp223b>
- Martínez Saavedra, M. (01 de Diciembre de 2013). *Investigación aplicada en ingeniería*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/MiltonMartinezSaavedra/24-investigacion-aplicada-en-ingenieria>
- Morales Godón, E. (2010). Automatización de una sierra circular para optimizar el desplazamiento vertical de la mesa en la fábrica artesanal de muebles morales. *Titulación de seminario, facultad de ingeniería civil y mecánica, Universidad Técnica de Ambato*.
- Morales, J. (09 de 06 de 2014). *Herramientas eléctricas y mecánicas*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/228728230/Herramientas-Electricas-y-Mecanicas>

- Muentes Ríos, E., & Acuña Tejo, D. (2019). *Modificación de una sierra de banco para carpintería con funciones adicionales para la carpintería y ebanistería Muentes Ríos de Barrancabermeja*. Barrancabermeja - Colombia: Tesis. Unidades Tecnológicas de Santander.
- NovoTec. (s.f). *Frenos electromagnéticos*. Obtenido de NovoTec: <https://www.novotecargentina.com/frenos-electromagneticos--det--FE>
- Ortíz Zaragoza, F. (2019). Guía docente de la asignatura: Instrumentación electrónica. *Titulación: Grado en electrónica industrial y automática. Universidad Politécnica de Cartagena.*, 1-15.
- Ospina Pantoja, I. (2018). *Análisis de las pymes del sector de muebles en Colombia a partir del ingreso de compañías y productos extranjeros*. Bogotá: Tesis de negocios internacionales, Universidad Agustiniana.
- Palma Chauca, S., & Jesús Bravo, R. (2012). Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melamina. *Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial - Universidad Ricardo Palma*. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/434/Palma_sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez García, M. (2014). *Instrumentación electrónica*. España: Ediciones Paraninfo, SA.
- ProColombia. (02 de 21 de 2019). *Industria del mueble colombiano, un mercado de muchas oportunidades*. Obtenido de ProColombia. Exportaciones, Turismo e Inversión Marca País: <https://www.colombiatrade.com.co/noticias/industria-del-mueble-colombiano-un-mercado-de-muchas-oportunidades>
- Ramos, F., & Robles, A. (2013). *Maquinas de Aserrar*. Perú: Ediciones Universitarias S.R.L.
- Revista Semana. (2 de marzo de 2018). Mientras la inversión directa crece tímidamente, la de portafolio cae. *Revista Semana*.
- Rodríguez Roncal, E. (2018). Estructura de Ebanistería. *Monografía para optar al título profesional de Licenciado en Educación con especialidad en Ebanistería y Decoración Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán Valle*. Obtenido de [http://200.60.81.165/bitstream/handle/UNE/3003/MONOGRAF% c3% 8dA% 20-% 20RODRIGUEZ% 20RONCAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.60.81.165/bitstream/handle/UNE/3003/MONOGRAF%c3%8dA%20-%20RODRIGUEZ%20RONCAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez Rubio, A. (2018). *Análisis y evaluación de los riesgos mecánicos y su incidencia en los trabajadores: sector maderero*. Bogotá: Institución Universitaria Politécnica Grancolombiano.
- Roker. (17 de mayo de 2019). *Guía sobre los interruptores termomagnéticos*. Obtenido de Roker: <https://www.roker.com.ar/blog/guia-sobre-los-interruptores-termomagneticos/>

- Ronderos & Cárdenas. (2018). *Estudio de mercado - Sector de muebles*. Bogotá: Ronderos y Cárdenas.
- Salas Guachala, D. (2014). Automatización de dos máquinas industriales para la preparación de madera en el "Aserradero San Andrés". *Tesis para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico. Universidad Tecnológica Equinoccial*.
- SECOP II. (2019). *Análisis del sector*. Bogotá: Fiscalía General de la Nación.
- Securitas Direct. (10 de julio de 2018). *Sensores infrarrojos ¿qué son y para qué se utilizan?* Obtenido de Protegiendo personas: <https://protegiendopersonas.es/sensores-infrarrojos-que-son-y-para-que-se-utilizan/>
- Sepia. (23 de marzo de 2020). *¿Qué tipo de sensor de proximidad utilizar y cuáles son sus aplicaciones?* Obtenido de sepia.mx: <https://www.sepia.mx/que-tipo-de-sensor-de-proximidad-utilizar-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>
- Serna Mosquera, Y., & Agualimpia Ortíz, L. (2016). Caracterización de la productividad de las ebanisterías de Quibdó, Chocó - Colombia. *Entramado*, 12(2), 206-219.
- Smith, G. (09 de marzo de 2020). *¿Qué es un sensor y qué hace?* Obtenido de DEWEsoft: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor>
- Tarazona Julca, S. (2018). Maquinas portátiles de ebanistería. *Tesis para optar el título profesional de licenciado en Educación. Universidad nacional de Educación Enrique Guzmán Valle*.
- Tecnopatafísica. (s.f). *Arduino: Sensor ultrasónico HC-SR04*. Obtenido de tecnopatafísica: <https://tecnopatafisica.com/tecno3eso/teoria/robotica/27-hcsr04>
- Transelec. (26 de Septiembre de 2017). *TERMICAS - ¿COMO CALCULAR LA LLAVE TÉRMICA ADECUADA?* Obtenido de Transelec: <https://www.transelec.com.ar/soporte/17838/termicas-como-calcular-la-llave-termica-adecuada-/>
- TRANSELEC. (s.f). *¿Qué es un relé térmico?* Obtenido de Transelec: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18413/-que-es-un-rele-termico-/>
- Umanzor Pérez, J. (2007). *Sistemas neumáticos y oleohidráulicos*. España: Universidad del País Vasco.
- UniSalía. (s.f). *Que Es Un Interruptor Diferencial Trifásico, Tipos Y Usos*. Obtenido de UniSalía: <https://unisalia.com/interruptor-diferencial-trifasico-tipos-y-usos/>
- Universidad Complutense Madrid. (19 de febrero de 2013). *Riesgos y recomendaciones básicas de seguridad en el manejo de Sierras Circulares*. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de Universidad Complutense Madrid: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-19-7-%20ME.TRI.044%20sierra%20circular.pdf>

Universidad Nacional de la Plata. (s.f). Controlador lógico programable (PLC). La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

Velandia Rodríguez, W., & Soler Triana, E. (2014). Diseño de un sistema automatizado para el posicionamiento de un rin en una máquina de troquelado en Cofre SA. *Universidad de la Salle*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/260

Yanchaguano Collaguazo, F. (2012). *Estudio de los procesos de corte en tableros de madera para optimizar los tiempos de producción en la empresa muebles modulares y sistemas de la ciudad de Ambato*. Ambato - Ecuador: Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Universidad Técnica de Ambato Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Universidad Técnica de Ambato.