



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**Diseño de un router CNC para fresar circuitos impresos de los estudiantes de
ingeniería electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,
2021**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Jorge Luis Pajuelo Antaurco

Asesor

Ing. Franco Jhordy Miranda Portella

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Jorge Luis Pajuelo Antaurco	47323920	20/12/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Franco Jhordy Miranda Portella	73044452	0000-0002-7324-2858
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA- DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Juan Carlos De Los Santos Garcia	15741150	0000-0002-3430-1640
Eddy Ivan Quispe Soto	15760232	0000-0001-9050-0938
Ernesto Diaz Ronceros	46943961	0000-0002-2841-7014

DISEÑO DE UN ROUTER CNC PARA FRESAR CIRCUITOS IMPRESOS DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to American Public University System Trabajo del estudiante	3%
4	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
6	revistas.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.electronicoscaldas.com Fuente de Internet	<1%

**DISEÑO DE UN ROUTER CNC PARA FRESAR CIRCUITOS
IMPRESOS DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ
FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN, 2021.**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y animo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. A mi querido hijo quien es uno de los mayores motivos de mi vida, que me impulsa a seguir adelante y mejorar. A mis amados padres que siempre confiaron en mí, y me brindaron todo su apoyo incondicional para lograr que esta meta se haga realidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa que siempre ha creído en mí. Ellos han sido mis principales motivadores y han contribuido a formar la persona que soy hoy en día. Sus consejos, amor y cariño son mi fuente de fortaleza. También quiero expresar mi agradecimiento a mi alma máter, la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por brindarme una comunidad y conocimiento fundamentales en mi desarrollo profesional.

También agradezco a mis Docentes de la FISII y colegas que estuvieron en cada experiencia de esta etapa para conseguir mis objetivos.

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como **Objetivo:** Conocer el Router CNC para fresar su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. **Metodología:** “El método científico del tipo de investigación utilizado fue básico, llamada pura o fundamental, el nivel de investigación fue descriptivo - correlacional. **La población:** Estuvo constituido por 306 estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión. Las técnicas de recolección fueron: Análisis documental, observación y encuesta. Los instrumentos que se aplicó fueron: Guía de observación, cuestionario e incluso se hizo uso las fichas bibliográficas, hemerográficos de investigación. Por último, para lo estadístico se usó el paquete estadístico SPSS25.0, para la investigación para la interpretación de datos, tablas y cifras estadísticas una vez que hay un resultado de correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,729 en la hipótesis general, que es una buena asociación, y finalmente se llega a la **conclusión general:** El router CNC para fresar se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.”

Palabras Claves: Router CNC, circuitos impresos, Microcontroladores, motor paso a paso.

ABSTRACT

This research work had the objective: To know the CNC Router for milling and its relationship with the printed circuits of the Electronic Engineering students at the José Faustino Sánchez Carrión National University, 2021. Methodology: "The scientific method of the type of investigation used was basic, called pure or fundamental, the level of investigation was descriptive - correlational. The population: It was made up of 306 students from the School of Electronic Engineering at the José Faustino Sánchez Carrión University. The collection techniques were: Document analysis, observation and survey. The instruments that were applied were: Observation guide, questionnaire and even the bibliographical records, investigation newspapers, were also made. Finally, for statistics, the statistical package SPSS25.0 was used, for research for the interpretation of data, tables and statistical figures once there is a Spelarman correlation result that returns a value of 0.729 in the general hypothesis, which It is a boisterous association, and finally the general conclusion is reached: The CNC router for milling is significantly related to the printed circuits of Electronic Engineering students at the José Faustino Sánchez Carrión National University, 2021."

Keywords: CNC router, printed circuits, Microcontrollers, stepper motor.

INDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE TABLA.....	xii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xvi
Capítulo I. Planteamiento del problema.....	18
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Justificación de la investigación.....	20
1.5. Delimitaciones del estudio.....	21
1.6. Viabilidad del estudio.....	21
Capítulo II. Marco teórico.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Router CNC (X).....	28
2.2.2. Circuitos impresos.....	35
2.2.2.1. Tipos de circuito impreso.....	36
2.2.2.1.1. Circuito impreso de una cara.....	36
2.2.2.1.2. Circuito impreso de doble cara.....	36
2.2.2.1.3. Circuito impreso multicapa.....	37
2.2.2.1.4. Circuito impreso rígido.....	37
2.2.2.1.5. Circuito impreso flexible.....	38
2.2.2.1.6. Circuito impreso rígido – flexible.....	38

2.2.2.2. Microcontroladores	39
2.2.2.2.1. Arquitectura	39
2.2.2.2.2. Dispositivos que componen un microcontrolador	40
2.2.2.2.3. Recursos auxiliares.....	41
2.3. Definiciones conceptuales	42
2.4. Formulación de las hipótesis	44
2.4.1. Hipótesis general.....	44
2.4.2. Hipótesis específica	44
2.5. Operacionalización de variables.....	45
Capítulo III. Metodología.....	46
3.1. Diseño metodológico.....	46
3.2. Población y muestra	47
3.2.1. Población	47
3.2.2. Muestra.....	47
3.3. Técnicas de recolección de datos	49
3.4. Técnicas para el procedimiento de la información.....	49
Capítulo IV. Resultados.....	52
4.1. Resultados del diseño	52
4.2. Analisis de resultados descriptivo	103
4.3. Contrastación de hipótesis.....	110
Capítulo V. Discusión.....	120
5.1. Discusión	120
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones	122
6.1. Conclusiones.....	122
6.2. Recomendaciones.....	123
Capítulo VII. Referencias bibliográficas	124
7.1. Fuentes bibliográficas.....	124
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	45
Tabla 2. Router CNC.....	103
Tabla 3. Motores paso a paso.....	104
Tabla 4. Controlador CNC.....	105
Tabla 5. Programación del control numérico.....	106
Tabla 6. Circuitos impresos.....	107
Tabla 7. Tipos de circuitos impresos.....	108
Tabla 8. Microcontroladores.....	109
Tabla 9. Prueba de normalidad de la variable Router CNC.....	110
Tabla 10. Prueba de normalidad de la variable circuitos impresos.....	111
Tabla 11. El router CNC y los circuitos impresos.....	112
Tabla 12. Los motores paso a paso y los circuitos impresos.....	114
Tabla 13. El controlador CNC y los circuitos impresos.....	116
Tabla 14. La programación del control numérico y los circuitos impresos.....	118

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Esquema del control de una CNC	53
Figura 2. Interior motores paso a paso	54
Figura 3. Cuerda acmé con husillo	56
Figura 4. Sistema de movimiento en dirección X	57
Figura 5. Sistema de movimiento en dirección Y	58
Figura 6. Sistema de movimiento en dirección Z.....	59
Figura 7. Estructura de la CNC	60
Figura 8. Vista 3D de la placa controladora	64
Figura 9. Vista global de la tarjeta controladora.	64
Figura 10. Driver DRV-A4988.....	65
Figura 11. Esquema electrónico de la tarjeta DRV.	66
Figura 12. Esquema electrónico de la placa controladora.	67
Figura 13. Vista inclinada de la placa DRV.	67
Figura 14. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM317.....	69
Figura 15. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM338.....	70
Figura 16. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM7805.....	70
Figura 17. Etapa de Rectificación.....	70
Figura 18. Vista en 3D de la placa de potencia.	71
Figura 19. Diagrama esquemático del DRIVER - SOCKETS.....	72
Figura 20. Diagrama esquemático del GRBL- INPUTS.	73
Figura 21. Diagrama esquemático de las terminales de conexión.....	73

Figura 22. Diagrama esquemático del SERVO/SPINDLE.	73
Figura 23. Diagrama PCB de la tarjeta shield.	74
Figura 24. Vista 3D de la tarjeta shield.	75
Figura 25. Vista lateral de la tarjeta en 3D.	75
Figura 26. Montaje de la tarjeta shield.	76
Figura 27. Vista lateral de la tarjeta con los montajes de los drivers.	76
Figura 28. Diseño 3D de la tarjeta serial de comunicación.	78
Figura 29. Esquema de conexión Router CNC.	79
Figura 30. Diseño 3D de las guías.	80
Figura 31. Diseño 3D husillos.	81
Figura 32. Diseño 3D de los acoples flexibles.	81
Figura 33. Diseño 3D de tuercas y sujetadors.	82
Figura 34. Diseño 3D de la barra de desplazamiento.	83
Figura 35. Diseño 3D de las bases de unión.	83
Figura 36. Diseño 3D del sujetador.	84
Figura 37. Diseño 3D de la mesa de trabajo.	85
Figura 38. Diseño de la PCB.	85
Figura 39. Conversión a vector.	86
Figura 40. Matriz de coordenadas.	87
Figura 41. Encriptado de las coordenadas.	88
Figura 42. Estructuramiento del código GRBL.	88
Figura 43. Estructura del Código GRBL.	89
Figura 44. Interfaz de entrada.	92

Figura 45. Interfaz de manejo y monitoreo.	93
Figura 46. Interfaz de configuración y registro.	96
Figura 47. Interfaz para cargar un archivo.	99
Figura 48. Vectorizar imagen en MatLab.....	100
Figura 49. Configuración y conexión virtual.....	100
Figura 50. Conexión al software de proteus.	101
Figura 51. Ejecución de movimiento de motores.	101
Figura 52. Monitorea en el software de LabView.	102
Figura 52. Simulación en el software de SolidWorks.	102
Figura 54. Router CNC.....	103
Figura 55. Motores paso a paso	104
Figura 56. Controlador CNC	105
Figura 57. Programación del control numérico	106
Figura 58. Circuitos impresos.....	107
Figura 59. Tipos de circuitos impresos.....	108
Figura 60. Microcontroladores	109
Figura 61. El router CNC y los circuitos impresos.....	113
Figura 62. Los motores paso a paso y los circuitos impresos.....	115
Figura 63. El controlador CNC y los circuitos impresos.....	117
Figura 64. La programación del control numérico y los circuitos impresos	119

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de Investigación titulado: “Diseño de un Router CNC para fresar circuitos impresos de los estudiantes de ingeniería electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021”. El Router CNC son consideradas como máquinas herramientas altamente automatizadas sobre las que se ejecutan diversos programas de control numérico, generados en el software CAD/CAM a partir de un dibujo 3D. Capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado con la mínima intervención humana. (Llerena & Coronel, 2014). Por otro lado, referente al circuito impreso soporta mecánicamente componentes electrónicos mientras los conecta eléctricamente utilizando pistas o caminos, pads y otras características grabadas a partir de una capa de cobre sobre una placa aislante de electricidad. La placa es generalmente fabricada de fibra de vidrio, plástico, teflón o baquelita. Los circuitos impresos pueden ser de una, dos, o múltiples capas de cobre de la placa (Chang, 2015).

La investigación se ha estructurado de la siguiente manera: En el I capítulo se tiene en cuenta el planteamiento del problema donde se hace la descripción de la realidad problemática, luego la formulación del problema con su respectivos objetivos de la investigación, tiene en cuenta Justificación de la investigación ,delimitaciones del estudio, viabilidad del estudio y las estrategias metodológicas en el II capítulo el marco teórico, que comprende los antecedentes del estudio, el cual tiene en cuenta las Investigaciones relacionadas con el estudio y tras publicaciones , en las bases teóricas hacemos el tratado de las Teorías sobre la variable independiente y dependiente , definiciones de términos básicos, Sistema de hipótesis y la operacionalización de variables en el III capítulo el marco metodológico que contiene el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas

de recolección de datos y las técnicas para el procesamiento de la información, el IV capítulo que contiene los resultados estadísticos con el programa estadístico SPSS 25.0 y su respectiva contrastación de hipótesis, en el V capítulo tiene en cuenta la discusión de los resultados, en el VI capítulo contiene las Conclusiones, recomendaciones y finalmente las referencias bibliográficas y sus respectivos anexos.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

En décadas pasadas la elaboración de los circuitos impresos desarrollados en las universidades, institutos y en la industria de pequeñas empresas, se valían de métodos que hoy en día son ineficientes y contaminantes con respecto a las nuevas tecnologías. Uno de este método es el de serigrafía la cual es una técnica de impresión de circuitos (PCB) que consiste en un diseño plasmado y puesto sobre una placa de cobre donde esta será elevada a altas temperaturas por medio de una plancha térmica, y para finalizar este proceso se utilizaran químicos para disolver los sobrantes de cobre.

Este proceso de elaboración tiene altos riesgos, tales como causar daños para la salud y enfermedades dermatológicas, debido a que se utiliza cloruro férrico para eliminar el cobre sobrante de la baquelita, por tal motivo este proceso se debe realizar con mucha precaución. Otro punto para tomar es que los productos resultantes de este proceso carecen de presión y tienen un acabado artesanal muy rústicos, así como también costos elevados en materiales y una gran deficiencia con respecto al tiempo de producción.

En una de las etapas finales se genera otro inconveniente, al momento de realizar las perforaciones, ya que estas resultan imprecisas y varía su tamaño lo que desencadena en una falla al hacer el encaje de los elementos electrónicos en la baquelita.

En la actualidad existen equipos de manufactura para realizar estos trabajos los cuales son llamados CNC (control numérico por computadora), estos equipos nos permiten realizar un trabajo mucho más preciso, menos contaminante y con menos riesgos a nuestra salud, pero aun nos encontramos también en una realidad la cual es que en muchos centros

de estudios como es la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, aún se usan estos métodos artesanales ineficientes debido que estos equipos tienen costos muy elevados.

Es por esto que el método de serigrafía presentan más una desventaja que algo funcional, para ello, hemos de llevar a cabo la construcción de un Router CNC que sea capaz de permitir que nuestros productos finales se igualen con los requerimientos que se exigen hoy en día para la presentación de prototipos o proyectos, tanto de marco estudiantil como industrial.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo el Router CNC se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo los motores paso a paso se relacionan con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?
2. ¿Cómo el controlador CNC se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?
3. ¿Cómo la programación del control numérico se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Conocer el Router CNC para fresar y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Conocer los motores paso a paso y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.
2. Conocer el controlador CNC y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.
3. Conocer la programación del control numérico y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

1.4. Justificación de la investigación

Justificaremos la validación e importancia del estudio de la tesis, enfocándolo desde un punto de vista educacional, de tal manera que el alumno pueda desarrollar un prototipo de placas PCB que le será de gran utilidad para el desarrollo de sus proyectos a través de su formación universitaria.

Por tal motivo la justificación de la tesis se basa en la necesidad de contar con un equipo de fresado CNC para realizar los distintos modelamientos en PCB de una manera eficiente segura y no contaminante para los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

1.5. Delimitaciones del estudio

a. Delimitación temporal

Esta investigación es de actualidad, por cuanto el tema router CNC para fresar y circuitos impresos es vigente.

b. Delimitación espacial

Esta investigación está comprendida dentro de la Región Lima, Provincia de Huaura, Distrito de Huacho.

c. Delimitación cuantitativa

Esta investigación se efectuó con una encuesta y el procesamiento estadístico correspondiente.

d. Delimitación conceptual

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales: Router CNC para fresar y circuitos impresos.

1.6. Viabilidad del estudio

El presente trabajo de investigación fue viable porque cuenta con el presupuesto auto financiado por el investigador, existen fuentes teóricas que respaldan la presente investigación, cuenta con el apoyo de los docentes especializado en el tema y la investigación, como metodólogo, asesores temáticos, estadísticos y una traductora de idioma extranjero y un especialista técnico en computación para desarrollar la investigación.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Molina (2012) en su tesis titulada: “Diseño, Construcción y Programación de un Prototipo de Máquina CNC para el Fresado y Perforado de Placas de Circuito Impreso PCB”, la institución que le respaldó fue la Universidad de Nariño, el objetivo fue crear un prototipo de una máquina CNC para el fresado y perforado de placas de Circuito Impreso PCB. El tipo de investigación fue básico, llegando a las siguientes conclusiones:

- El objetivo principal de este trabajo se logró por completo mediante el diseño de un sistema capaz de fresar y perforar placas de circuito impreso. Este sistema permitió reducir el tiempo de fabricación en comparación con los métodos artesanales y lograr una calidad final superior.
- En cuanto a los objetivos específicos, todos ellos se alcanzaron satisfactoriamente. Se construyó un prototipo de máquina CNC utilizando materiales de bajo costo y aprovechando en su mayoría componentes mecánicos reciclados. Los componentes electrónicos necesarios para el proyecto fueron fácilmente adquiridos en la región. La programación de la máquina se llevó a cabo utilizando el programa Eagle y el ULP pcb-gcode, lo que permitió realizar el fresado y perforación de las placas mediante los programas ejecutores de código G, como Mach3 y KCam4.

Hurtado (2015) en su tesis titulada: “Diseño y construcción de un prototipo de fresadora-CNC”, la institución que le respaldó fue la Universidad Carlos III de Madrid, el objetivo fue desarrollar una máquina CNC previamente diseñada con el

software PTC creo parametric 2.0 en donde se realizó también un montaje virtual de todos los componentes para que se pueda corregir algunas imperfecciones de ser necesario. El tipo de investigación fue básica, llegando a las siguientes conclusiones:

- Con la realización de este proyecto se demostró que era posible construir una fresadora de tres dimensiones controlada por ordenador en el hogar, utilizando conocimientos de mecánica y electrónica. Esta fresadora permitía materializar modelos previamente diseñados en programas de diseño.
- La inversión necesaria resultó ser baja, gracias a los precios asequibles de los componentes electrónicos y a la disponibilidad de software de código abierto para el control de la máquina.
- Se planteó una posible ampliación del proyecto consistente en desarrollar una máquina capaz de leer formas en dos o tres dimensiones, y vincularla a un software que convirtiera esas lecturas en programas de fresado. Esto permitiría replicar las formas leídas en la fresadora, ya sea a la misma escala o a escalas diferentes.

Weiqin (2013) en su tesis titulada: “Diseño y Análisis de una Pequeña Máquina de Fresado CNC de Bajo Costo”, el objetivo fue diseñar una máquina de alta precisión, para lo cual en el trabajo se realizó un análisis estructural y diseño de respuesta de motores. El tipo de investigación fue básica, llegando a las siguientes conclusiones:

- Con el aumento de la demanda en las industrias de alta precisión para la fabricación de piezas pequeñas, la venta de máquinas ha experimentado un crecimiento significativo. El uso de una máquina para la producción de estas

piezas proporciona flexibilidad y eficiencia en la manufactura, lo que a su vez contribuye a la reducción de costos. En este trabajo, se ha seleccionado un diseño de máquina vertical, y se han considerado componentes críticos como las guías lineales, motores y encoders, los cuales han sido seleccionados cuidadosamente entre diferentes opciones disponibles.

- La máquina implementada ha sido diseñada específicamente para la producción en serie de piezas. Esto se debe a la estructura robusta y el montaje sólido de la máquina, lo cual garantiza un rendimiento consistente y preciso durante el proceso de fabricación.
- Además, se ha realizado un estudio complementario en la Pontificia Universidad Católica del Perú por Alonso (2015), cuyo objetivo principal es diseñar un cortador láser CNC de bajo costo para hacerlo accesible a los potenciales usuarios. Aunque la aplicación de este trabajo difiere de nuestro diseño, proporciona investigación relevante sobre los principios de funcionamiento que pueden contribuir al avance en el campo

2.1.2. Antecedentes nacionales

Gauna (2019) en su tesis titulada: “Diseño Y Montaje De Router CNC Para Implementar Al Laboratorio Del Curso De Procesos De Manufactura Para Fines Didácticos”, la institución que le respaldó fue la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, el objetivo fue elaborar un módulo educativo (prototipo) módulo router CNC que ayudará en el desarrollo del aprendizaje de mecanizado por control numérico computarizado, mediante diseños basados en programas CAD, para los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.. El tipo de investigación fue descriptiva,

diseño comparativo, el instrumento de recolecta de datos fue diseños virtuales, llegando a las siguientes conclusiones:

- El principal objetivo del proyecto fue desarrollar el diseño de la estructura del módulo Router CNC utilizando el software SolidWorks. A través de esta herramienta, se logró simular la estructura junto con los componentes mecánicos seleccionados, tal como se muestra en el capítulo III del informe, titulado "Montaje completo del módulo Router CNC".
- El módulo Router CNC diseñado puede ser replicado con fines didácticos y personales. En el capítulo III se proporciona un detallado proceso de ensamble y montaje del módulo Router CNC, lo que facilita su reproducción por parte de otros interesados en el tema.

Laura (2018) en su tesis titulada: “Diseño y Construcción de un Prototipo de Router CNC De 3 Ejes Con Un Área De Trabajo De 850 X 550 X 80 Mm, Para Trabajos En Madera”, la institución que le respaldo fue la Universidad Católica de Santa María, el objetivo fue diseñar y construir un prototipo de Router CNC de 3 ejes con un área de trabajo de 850 X 550 X 80 MM, para realizar trabajos de gravado, perforación y corte en madera no mayor a 12 mm de espesor. El tipo de investigación fue básico, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se desarrolló un prototipo de Router CNC con un área de trabajo de 850 x 550 x 80 mm, diseñado para llevar a cabo tareas de grabado, perforación y corte en materiales derivados de la madera, con un espesor máximo de 12 mm. Se estableció una velocidad de corte recomendada de 50 mm/s para el corte en madera o plástico, y una velocidad en vacío de 76 mm/s, según los parámetros sugeridos por el software ARTCAM (Figura N.º 100).

- El costo total de construcción del prototipo fue de 1867.58 USD (Tabla N° 30). Es importante destacar que este costo no es directamente comparable con el de otros equipos disponibles en el mercado, ya que se trata de un prototipo. Sin embargo, al compararlo en términos de tamaño, funcionamiento y capacidad con el equipo más similar encontrado, el FIRM FM6090T (Tabla N.º 3), se obtuvo un costo equivalente al 70% sin considerar los gastos de importación.

Macha (2021) en su tesis titulada: “Diseño e Implementación de un Ruteador CNC de Tres Ejes para la Mejora en el Proceso de Desarrollo de Robots Educativos en la Empresa CIDIACCTEC”, la institución que le respaldó fue la Universidad Tecnológica del Perú, el objetivo fue implementar un Ruteador CNC de tres ejes a través de herramientas de diseño, control y ensamblaje para acelerar y mejorar el proceso de obtención de material educativo en la empresa CIDIACCTEC. El tipo de investigación fue básico, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se establecieron las características y funcionalidades del ruteador CNC a través de un esquema, lo cual nos permitió determinar el modelo de diseño de la máquina.
- Se logró diseñar la estructura de la máquina y sus módulos de acuerdo con las funcionalidades requeridas. Para evitar retrasos debido a la demora en el financiamiento inicial por parte de Innóvate Perú, se realizaron prototipos utilizando recursos propios.
- Se tomó la decisión de trabajar con el software LinuxCNC, ya que es un software de control basado en código abierto. Se llevó a cabo la instalación después de evaluar su rendimiento en la computadora adquirida y se realizó

la configuración correspondiente, teniendo en cuenta las características específicas del ruteador.

Silva y Choque (2017) en su tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema de control numérico por computadora de una fresadora de madera en tres dimensiones”, la institución que le respaldó fue la Universidad Nacional del Altiplano, el objetivo fue diseñar e implementar un sistema de control numérico por computadora (CNC) para una fresadora de madera en tres dimensiones. El tipo de investigación fue aplicada, diseño experimental, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se logró diseñar una Máquina de Control Numérico Computarizado compacta, utilizando diseños en AutoCAD para la estructura, las placas de control y las piezas de plástico, las cuales fueron fabricadas con una impresora 3D.
- Se desarrolló un algoritmo de control que permitió la automatización de la máquina. Este algoritmo se basó en las condiciones y movimientos básicos de una fresadora CNC de tres dimensiones.
- Se creó un controlador diseñado en Eagle Cadsoft, que resultó ser una excelente opción para el control de los motores paso a paso, ya que es capaz de soportar una corriente máxima de hasta 3.5A. Con este controlador, también fue posible aumentar la resolución de los motores paso a paso en hasta 1/8 de paso.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Router CNC (X)

Llerena & Coronel (2014) mencionan: "Son máquinas herramienta altamente automatizadas que ejecutan diversos programas NC generados por software CAD/CAM a partir de dibujos en 3D. Son capaces de realizar múltiples operaciones de edición con una mínima intervención humana".

Racines (2020) mencionó que:

Se denomina router CNC a la máquina encargada de realizar piezas en dos o tres dimensiones mediante desbaste o corte de material se denomina fresadora CNC. Este corte está controlado por vectores o líneas generadas por un software especial. (p. 8)

2.2.1.1. Motores paso a paso

Chang (2015) mencionó que:

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una señal eléctrica en un desplazamiento angular discreto y les permite moverse un número específico de grados (pasos) en respuesta a una entrada de control. La secuencia de pulsos aplicada al motor está directamente relacionada con la dirección de rotación del eje del motor, y la frecuencia de los pulsos de entrada está directamente relacionada con la velocidad de rotación del eje del motor (p. 9)

Chang (2015) mencionó que:

Una de las principales ventajas de los motores paso a paso es su capacidad para controlarse con precisión en un sistema de bucle abierto, un sistema que no requiere información de posición. Este tipo de control elimina la necesidad de dispositivos sensores como codificadores ópticos y, en su lugar, simplemente conoce la posición contando los pulsos de entrada al motor. (p. 9)

Chang (2015) mencionó que:

Los motores paso a paso son generalmente bifásicos, pero también existen motores trifásicos y pentafásicos. Los motores bipolares de dos fases tienen un devanado por fase, mientras que los motores unipolares tienen un devanado con toma central por fase. Los motores unipolares también se conocen como motores de cuatro fases. Sin embargo, consta de sólo dos etapas. También existen motores con devanados de fase dividida, que pueden utilizarse como motores bipolares o unipolares (p. 9)

2.2.1.1.1. Motor paso a paso de reluctancia variable

Ramírez (1990) mencionó que: “Los motores paso a paso de reluctancia variable tienen una construcción relativamente simple, pero son muy robustos; por lo tanto, son los más utilizados en las aplicaciones en las que se requieren”.

Ramírez (1990) mencionó que:

El funcionamiento de este tipo de motor se basa en el principio de reluctancia variable, según el cual la corriente que circula por el devanado correspondiente produce un par que hace girar el rotor hasta la posición de menor reluctancia en el circuito magnético (p. 5)

2.2.1.1.2. Motor de imán permanente

Chang (2015) mencionó que:

Los motores paso a paso de imanes permanentes son motores económicos y de baja resolución con ángulos de paso típicos entre $7,5^\circ$ y 15° por paso. Como sugiere su nombre, tienen un imán permanente en la carcasa del motor. El rotor no está dentado como un motor de reluctancia variable, sino que está magnetizado con los polos norte y sur en línea recta paralela al eje del motor. Estos polos de rotor magnetizados generan un fuerte flujo magnético, por lo que los motores de imanes permanentes tienen características de par mejoradas en comparación con los motores de reluctancia variable (p. 11)

2.2.1.1.3. Motores paso a paso híbridos

Chang (2015) mencionó que:

Los motores paso a paso híbridos son más caros que los motores paso a paso de imanes permanentes, pero ofrecen un mayor rendimiento en resolución de pasos, par y velocidad. Los ángulos de paso típicos para motores híbridos están entre

0,9° y 3,6° por paso. Estos motores combinan las mejores características de los motores de imanes permanentes y los motores de reluctancia variable. El rotor tiene varios dientes y contiene imanes permanentes que rodean el eje. Los dientes del rotor aseguran una mejor conducción del flujo magnético, lo que aumenta el agarre y el par dinámico. (p. 12)

2.2.1.2. Controlador CNC

Carrillo (2015) mencionó que:

El control CNC permite la calibración, configuración y control de la fresadora. Maneja cada línea del programa de mecanizado (G-code) para que la máquina pueda realizar los movimientos necesarios para producir la pieza. El software de control CNC ejecuta cuatro parámetros de mecanizado CNC. (p. 8)

2.2.1.2.1. Unidad de entrada y salida de datos

Carrillo (2015) mencionó que: “La unidad de entrada de datos se utiliza para introducir el programa de mecanizado en el equipo CNC”.

2.2.1.2.2. Unidad de memoria interna

Carrillo (2015) mencionó que:

La unidad de almacenamiento almacena programas de procesamiento, datos de máquina y valores de corrección. Después de guardar el programa, comienza a leerlo para su posterior ejecución. Los bloques se leen uno tras otro. Estos

contienen toda la información necesaria para realizar el procesamiento. (p. 9)

2.2.1.2.3. Unidad de cálculo

Carrillo (2015) mencionó que: “Esta unidad es responsable de crear comandos para controlar la máquina herramienta”.

2.2.1.2.4. Enlace con la máquina – herramienta

Carrillo (2015) mencionó que:

La función principal del CNC es controlar automáticamente los ejes de la máquina herramienta. Para controlar el movimiento de los ejes, una máquina CNC requiere de diferentes elementos, los cuales se pueden dividir en dos grupos: Mecánicos: Este grupo suele incluir motores (paso a paso o servo), husillos y actuadores. Parte electrónica: encargada de calcular la posición a través del sensor, y el circuito electrónico controla el motor (p. 9)

2.2.1.3. Programación del control numérico

Chang (2015) mencionó que:

La complejidad de la tarea de programación se hace aún más evidente al evaluar los planos, materiales y equipos necesarios para realizar el trabajo en la máquina. Los programas se pueden crear para máquinas CNC de dos maneras: manual o automáticamente (p. 4)

Chang (2015) mencionó que:

Las tareas de programación simples se pueden delegar a los operadores de máquinas, ya que esta es una excelente manera de adquirir experiencia. Para tareas difíciles o complejas, utilice tecnologías de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM), que han sido una parte integral del proceso de fabricación durante muchos años (p. 4)

2.2.1.3.1. Código G

Chang (2015) mencionó que:

Es un lenguaje de comando de máquina basado en caracteres alfanuméricos que el controlador interpreta en modos discretos de movimiento y trabajo. En general, el lenguaje le permite decirle a una máquina herramienta qué hacer y cómo hacerlo. No es el tipo de lenguaje de programación que requiere compilación de programas para usar. (p. 4)

Chang (2015) mencionó que:

El código G se considera el estándar de la industria para lenguajes de control de máquinas herramienta y su sintaxis cumple con el estándar RS-274. El lenguaje contiene un número limitado de comandos básicos, que pueden implementarse con diferentes códigos o parámetros según el proveedor del software de control (p. 5)

2.2.1.3.2. Programación manual

Chang (2015) mencionó que:

Durante muchos años, la programación manual ha sido el método más común para crear programas. Consiste en escribir programas para máquinas usando solo razonamiento y computación. Para mecanizados muy sencillos, este método es el más rápido y fiable. Además, los applets se pueden enviar directamente a la interfaz de control de la máquina (p. 5)

Chang (2015) mencionó que:

Las principales desventajas de la programación manual son que lleva mucho tiempo desarrollar un programa CNC completamente funcional, es propenso a errores de programación y es difícil realizar cambios en el programa. Sin embargo, la programación manual ofrece una libertad casi ilimitada en el desarrollo de estructuras de programas y obliga a los programadores a llegar hasta el último detalle de las técnicas de programación, por lo que las técnicas manuales se aplican directamente al diseño asistido por computadora (p. 5)

2.2.1.3.3. Programación automática

Chang (2015) mencionó que:

La programación automática se realiza mediante programas informáticos que ayudan en el proceso de diseño de piezas a través de programas CAD y el proceso de fabricación a través de programas CAM, de los cuales la programación CNC es

una pequeña parte. La suite completa de programas CAD/CAM no solo incluye diseño y programación, también es parte de una tecnología moderna conocida como CIM (Fabricación integrada por computadora). (p. 6)

Chang (2015) mencionó que:

El proceso de programación automatizado le permite crear diseños de mecanizado dentro del programa CAD y personalizar las opciones relacionadas con la máquina, como: B, profundidad de corte, velocidad de movimiento y escala de trabajo; crear un programa para la pieza o el trabajo que se va a mecanizar que se puede cargar directamente en el centro de la máquina CNC. (p. 6)

2.2.2. Circuitos impresos

Chang (2015) mencionó que:

Las placas de circuitos impresos sostienen mecánicamente los componentes electrónicos mientras los conectan eléctricamente mediante trazas, almohadillas y otras características grabadas en capas de cobre en una placa eléctricamente aislante. Las placas generalmente están hechas de FRP, plástico, PTFE o baquelita. Los circuitos impresos pueden consistir en una, dos o más capas de cobre en una placa de circuito. (p. 6)

Chang (2015) mencionó que:

El proceso de grabado con herramientas de corte y fresadoras se puede utilizar para producir placas de circuito impreso. Las placas de circuito

impreso talladas con fresadoras pueden alcanzar un alto nivel de calidad y servir como prototipos para el rápido desarrollo de dispositivos electrónicos (p. 7)

2.2.2.1. Tipos de circuito impreso

Pita (2021) mencionó que:

La placa tiene trazos de cobre que se conectan a los pads donde se ubican los diversos componentes a soldar. Están especialmente diseñados para cada circuito, y la estructura es muy sencilla. Los diferentes tipos de placas de circuito impreso más utilizadas en la actualidad son de una cara, de dos caras, multicapa, rígidas, flexibles y rígido-flexibles. (p. 11)

2.2.2.1.1. Circuito impreso de una cara

Pita (2021) mencionó que:

Esta placa de circuito impreso de un solo lado consta de una sola capa de material base o sustrato. Un extremo del sustrato está recubierto con una fina capa de metal, generalmente cobre porque es un buen conductor de electricidad. Por lo general, se superpone una capa protectora de máscara de soldadura sobre la capa de cobre y se puede usar una capa de serigrafía final para marcar las características de la tarjeta (p. 11)

2.2.2.1.2. Circuito impreso de doble cara

Pita (2021) mencionó que:

Este tipo de PCB es más conocido que los PCB de una sola cara. El sustrato de la placa tiene capas de metal conductor en ambos lados y los componentes también están unidos en ambos lados. Los orificios de estas PCB son diferentes de otros orificios de la misma placa porque tienen un diámetro muy pequeño y los componentes no son aptos para soldar. Entonces, su función es permitir que un circuito de un lado se conecte a un circuito del otro lado, estos agujeros son más grandes y se llaman vías. (p. 12)

2.2.2.1.3. Circuito impreso multicapa

Pita (2021) mencionó que:

Estas placas aumentan aún más la densidad y la complejidad de un diseño de PCB al agregar capas adicionales más allá de las capas superior e inferior que se ven en configuraciones de doble cara. Con más de dos capas accesibles en una configuración definida por el diseñador, las placas multicapa permiten a los diseñadores crear diseños muy gruesos y de alto contenido compuesto (p. 13)

2.2.2.1.4. Circuito impreso rígido

Pita (2021) mencionó que:

Los PCB rígidos están hechas de materiales fuertes que evitan que la tabla se tuerza. Al igual que los PCB flexibles, los PCB rígidos también vienen en diferentes configuraciones de capa,

como placas de circuito impreso B, de una sola capa, de doble capa y de varias capas. La forma de esta placa no cambiará después de la instalación. Este tipo de placa de circuito no se puede doblar de acuerdo con la forma del zócalo, por lo que este tipo de placa de circuito se denomina placa de circuito rígida. Este tipo de PCB tiene una vida útil muy larga, por lo que se usa en muchas partes de las computadoras, como RAM, GPU y CPU. Los tableros más fáciles de diseñar, más utilizados y fabricados son los tableros rígidos de un solo lado. Los tableros rígidos multicapa pueden ser más compactos si contienen 9-10 capas. (p. 13)

2.2.2.1.5. Circuito impreso flexible

Pita (2021) mencionó que:

Generalmente, el material base de un disquete es plástico blando. Este importante material permite que la placa se instale de tal manera que la placa inflexible no se tuerza ni se mueva durante el uso sin dañar los circuitos de la placa. Los ejemplos de esto abundan, pero quizás el más común es la fabricación de tiras LED flexibles (p. 14)

2.2.2.1.6. Circuito impreso rígido – flexible

Pita (2021) mencionó que:

La combinación de circuitos flexibles y circuitos rígidos es la placa de circuito más importante. Las placas rígido-flexibles consisten en una placa de circuito flexible multicapa

conectada a una placa de circuito rígido multicapa. Tarjeta rígido-flexible. Y hay muchas aplicaciones, como las que se utilizan en teléfonos móviles, cámaras digitales, automóviles, etc.. (p. 15)

2.2.2.2. Microcontroladores

Echevarría, Gómez, y Quintero (2012) mencionan: "Un microcontrolador es un circuito integrado programable capaz de ejecutar instrucciones grabadas en su memoria para controlar tareas que no se pueden modificar. Consta de varios bloques funcionales que realizan tareas específicas".

2.2.2.2.1. Arquitectura

Echevarría, Gómez y Quintero (2012) mencionaron que: "Los microcontroladores PIC, que siguen la arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer), incorporan la mayoría de las características distintivas de esta arquitectura. Algunas de estas características notables incluyen un conjunto de instrucciones uniforme, un número reducido de instrucciones y alta velocidad de procesamiento".

Echevarría, Gómez y Quintero (2012) mencionaron que:

Aunque en un principio todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en la actualidad la Arquitectura Harvard se ha vuelto dominante. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por tener una única memoria principal en la que se almacenan tanto datos

como instrucciones. Esta memoria se accede mediante un sistema de buses único que maneja direcciones, datos y control.

En contraste, la arquitectura Harvard utilizada en los microcontroladores actuales cuenta con dos memorias independientes: una para almacenar exclusivamente instrucciones y otra para datos. Ambas memorias disponen de sus propios sistemas de buses de acceso. Esto permite realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. Como resultado, se mejora el ancho de banda en comparación con la arquitectura tradicional (p. 40)

2.2.2.2.2. Dispositivos que componen un microcontrolador

Echevarría, Gómez y Quintero (2012) mencionaron que los componentes son:

- **CPU:** unidad central de procesamiento (cerebro).
- **MEMORIA RAM:** memoria de acceso aleatorio, memoria de datos volátiles, ante fallos de alimentación el contenido se pierde.
- **MEMORIA ROM:** memoria de solo lectura, se encuentran en esta memoria instrucciones, registros y programas, se puede programar o borrar eléctricamente sin necesidad de circuitos especiales.

- **PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA:** conexiones con el mundo exterior, pueden ser sensores, led, motores, tiristores, opto acopladores, relés, entre otros.

2.2.2.2.3. Recursos auxiliares

Echevarría, Gómez y Quintero (2012) mencionaron que los recursos auxiliares son:

- **Temporizadores programables (Timer's):** Si se requiere medir períodos de tiempo entre eventos, generar temporizaciones o salidas con frecuencia específica, etc.
- **Conversores análogos a digital (A/D):** En caso de que se requiera medir señales analógicas, por ejemplo, temperatura, voltaje, luminosidad, etc.
- **Memoria EEPROM:** Para crear una aplicación en la que los datos permanezcan intactos incluso cuando se interrumpe la alimentación, se requiere el uso de un tipo de memoria no volátil. La comunicación serial se utiliza cuando es necesario establecer una conexión con otro microcontrolador o con un ordenador.
- **Técnica llamada de "Interrupciones":** Cuando se recibe una señal externa que activa una línea de interrupción, el microcontrolador suspende temporalmente la tarea que está ejecutando, atiende la interrupción y luego retoma la tarea en curso.
- **Salidas PWM (modulación por ancho de pulso):** Para aquellos que necesitan controlar motores de corriente continua (DC) o cargas resistivas, existen microcontroladores que pueden ofrecer varias

líneas de interrupción para gestionar estas tareas. Esto permite un manejo eficiente y preciso de las funciones de control de motores DC o cargas resistivas en el microcontrolador sin interrupciones significativas en el flujo de ejecución.

2.3. Definiciones conceptuales

a) Router CNC

El Router CNC de control numérico es una herramienta muy útil al momento de cortar materiales como madera y una amplia variedad de materiales blandos, como pueden ser el acrílico, el MDF o algunos metales tales como el aluminio, latón, bronce, entre otros. Durante mucho tiempo, el corte y grabado con el apoyo de un Router CNC se ha utilizado para la fabricación de muebles, tallado de maderas, perfilado de cantos y corte de materiales.

b) Controlador CNC

Los controladores de control numérico computarizado (CNC) son esenciales para el trabajo fino y delicado requerido para hacer las piezas especializadas necesarias para maquinaria más compleja. Si algo sale mal con uno de estos dispositivos, puede significar un desastre para el proceso de producción.

c) Programación manual

La programación CNC manual es la más comúnmente utilizada, y consiste en que el operario va estableciendo las indicaciones a seguir por la herramienta. Concretamente, el operario tendrá que ir introduciendo en el panel de control los programas a realizar por la máquina.

d) Programación automática

Es un sistema de automatización de máquinas herramienta operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

e) Unidad de memoria interna

El protocolo de bioseguridad es un documento que incluye los lineamientos para orientar a la población frente a las medidas que se requieren para mitigar la transmisión del virus, las cuales deben adaptarse a las diferentes actividades y sectores, con el fin de continuar fortaleciendo la respuesta en la fase de mitigación del Covid-19.

f) Microcontroladores

Un microcontrolador, también conocido como μC , UC o mCU, es un chip programable que puede llevar a cabo las instrucciones almacenadas en su memoria. Está constituido por varios componentes funcionales diseñados para realizar tareas específicas. Dentro de un microcontrolador se encuentran las tres unidades fundamentales de una computadora: la unidad central de procesamiento, la memoria y los dispositivos de entrada/salida.

2.4. Formulación de las hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El router CNC para fresar se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

2.4.2. Hipótesis específica

1. Los motores paso a paso se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.
2. El controlador CNC se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.
3. La programación del control numérico se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
(X) Router CNC	X.1.- Motores paso a paso X.2.- Controlador CNC X.3.- Programación del control numérico	X.1.1.- Motor paso a paso de reluctancia variable X.1.2.- Motor de imán permanente X.1.3.- Motores paso a paso híbridos X.2.1.- Unidad de entrada y salida de datos X.2.2.- Unidad de memoria interna X.2.3.- Unidad de cálculo X.2.4.- Enlace con la máquina - herramienta X.3.1.- Código G X.3.2.- Programación manual X.3.3.- Programación automática	Siempre. Casi Siempre A veces Casi nunca Nunca Likert.
(Y) Circuitos impresos	Y.1.- Tipos de circuitos impresos Y.2.- Microcontroladores	Y.1.1.- Circuito impreso de una cara Y.1.2.- Circuito impreso de doble cara Y.1.3.- Circuito impreso multicapa Y.1.4.- Circuito impreso rígido Y.1.5.- Circuito impreso flexible Y.1.6.- Circuito impreso rígido - flexible Y.2.1.- Arquitectura Y.2.2.- Dispositivos que componen un microcontrolador Y.2.3.- Recursos auxiliares	Siempre. Casi Siempre A veces Casi nunca Nunca Likert.

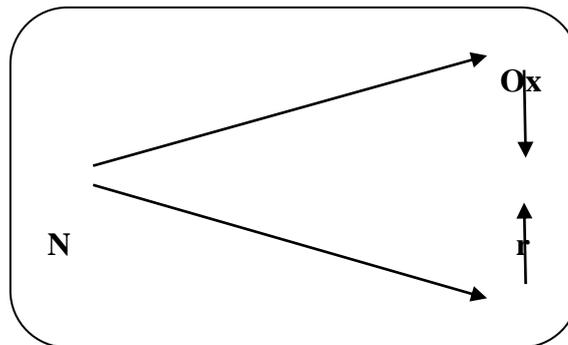
Fuente: Propia

Capítulo III. Metodología

3.1. Diseño metodológico

Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al fin que se persigue fueron la investigación básica, llamada pura o fundamental. Será descriptivo por cuanto nos dará valiosa información diagnóstica de las variables, con un enfoque cuantitativa y un diseño no experimental transaccional correlacional por cuanto las variables estudiadas se relacionan o tienen un grado relación o dependencia de una variable en la otra, y está interesada en conocer a través de una muestra de las unidades de observación, la relación existente entre las variables identificadas, como podemos ver en la siguiente figura:



Denotación:

Denotación:

N = Población

Ox = Observación a la variable independiente.

Oy = Observación a la variable dependiente.

r = Relación entre variables.

Método de Investigación

Método Científico.

Estrategia procedimiento de contratación de hipótesis

Las reglas estratégicas que se emplearon para la prueba de hipótesis fueron a través del paquete estadístico de la correlación, en su variante descriptiva y comparativa puesto que se trata de determinar y establecer el nivel de relación existente entre ambas variables. Finalmente, se hizo un análisis estadístico de los resultados mediante el coeficiente de correlación.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Córdoba (2009) señaló que: “La población es el conjunto bien definido de unidades de observación con características comunes y perceptibles. Es denotado por la letra N”.

En nuestro caso la población estará constituido por 306 estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión.

3.2.2. Muestra

Según Bernal (2006, pg. 161) describió: “es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual efectuaran la medición y la observación de las variables de estudios.”

La muestra que se fue utiliza en la investigación fue probabilística aleatoria donde se considera los siguientes parámetros:

$$Z_{95\%} = 1.96 \quad \rightarrow \quad \text{Nivel de confiabilidad (nivel de confianza del 95\%)}$$

$$p = 0.5 \quad \rightarrow \quad \text{Probabilidad de ocurrencia}$$

$$q = 0.5 \quad \rightarrow \quad \text{Probabilidad de no ocurrencia}$$

$$N = 306 \quad \rightarrow \quad \text{Población}$$

$$e_{5\%} = 0.05 \quad \rightarrow \quad \text{Margen de error}$$

$$n_0 = \frac{Z^2 \times p \times q \times P}{Z^2 \times p \times q + e^2 \times (P - 1)}$$

$$n_0 = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 306}{1.96^2 * 0.5 * 0.5 + 0.05^2 * 305}$$

$$n_0 = 171$$

Como $n_0 > 5\%$ de la población, se tiene que hacer un ajuste.

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 + 1)}{N}}$$

$$n' = \frac{171}{1 + \frac{(171 - 1)}{305}}$$

$$n' = 110$$

Entonces la muestra estuvo conformada por 110 estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3.3. Técnicas de recolección de datos

Las Técnicas e instrumentos que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Técnicas:

- Análisis documental
- Observación
- Encuesta

Instrumentos:

- Fichas bibliográficas, hemerográficas y de investigación
- Guía de observación
- Cuestionario de preguntas.

3.4. Técnicas para el procedimiento de la información

Análisis Documental

Mediante el análisis documental y sus respectivos instrumentos se revisaron fuentes bibliográficas, publicaciones especializadas y portales de Internet; directamente relacionados con el tema de investigación.

A través de la entrevista y su instrumento – cuestionario, elaborado por el tesista especialmente para esta investigación, se recopilará información sobre cada una de las dimensiones de la variable, las preguntas están referidas a los aspectos concretos que aportaran para recopilar datos y ubicar las deficiencias en la Vd.

Mediante la observación y su respectivo instrumento vamos a comprender procesos, interrelaciones entre personas y sus situaciones o circunstancias y eventos que suceden a

través del tiempo, así como los patrones que se desarrollan y los contextos sociales y culturales en los cuales ocurren las experiencias humanas; así como identificar problemas.

a) Ficha Técnica de Instrumentos

La encuesta estuvo constituida por preguntas de la Vi y la Vd., La medición se hizo a través de la Escala de Likert, que mide de 1 a 5.

b) Administración de los instrumentos y obtención de los datos

Para la recolección de datos la información se contó con un cuestionario, confiable y validado. La confiabilidad que se logrará aplicando 02 veces el cuestionario a la muestra previamente seleccionada.

Para lograr la validez del instrumento, se recurrió a profesionales capacitados especialistas relacionados al estudio. En la administración de cuestionarios se contó con el valioso apoyo en la recopilación de datos recogidos de las muestras.

Análisis Estadístico

Se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS 25.0 el cual procesó, para lograr la interpretación, análisis y discusión los gráficos y figuras estadísticas, para lograr los resultados y contar con las conclusiones, implicando los objetivos y las hipótesis que será el producto final de la investigación.

Formulación del modelo

a. Hipótesis Nula.

Existen evidencias que las medias de los tratamientos estadísticamente no difieren significativamente.

b. Hipótesis alterna.

Estadísticamente las medias de los tratamientos difieren significativamente.

c. Recolección de datos y cálculos de los estadísticos correspondientes.

La recolección de datos se efectuó una vez aplicado los tratamientos correspondientes a cada muestra y para el procesamiento se utilizarán programas estadísticos.

d. Decisión estadística.

La decisión estadística se tomó como consecuencia de la comparación del estadístico de prueba calculado y el obtenido mediante tablas estadísticas correspondientes a la distribución del estadístico de prueba; esto quiere decir si el valor del estadístico de prueba calculado se encuentra en la región de rechazo se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario se acepta; es decir: Si: $F_0 > F_{\alpha, a-1, N-a}$ se rechaza

Capítulo IV. Resultados

4.1. Resultados del diseño

a) CNC

El Router CNC funciona como una máquina de fresado equipada con motores paso a paso en cada uno de sus ejes puestos en una estructura mecánica que son dirigidos por un controlador mediante un algoritmo CNC (control numérico computacional). Es una máquina de corte o grabado, que trabaja con una herramienta de fresado o broca que puede tallar con precisión y exactitud. Gracias al respaldo y manejo del cabezal por computadora.

El uso designado para la construcción de esta CNC ser el fresamiento de cobre para la realización de PBC (Placa de circuito impreso).

- **Códigos de funcionamiento.**

La programación en las máquinas de control numérico computarizado se efectúa mediante un lenguaje de bajo nivel llamado G & M.

Esta se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el cual se van a describir acciones simples y entidades geométricas básicas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) con el añadido de velocidades de husillo y de avance de herramienta.

A pesar de ser un código libre, se trata de estructurar un lenguaje personalizado de nuestra propia autoría guiándonos de algunos parámetros mostrados en este tipo de lenguaje usado comúnmente por las CNC.

- **Control por lazo abierto.**

Los motores paso a pasos tiene la propiedad de convertir los pulsos de control en pasos rotativos, los cuales son muy precisos al momento de controlarlos.

Un giro completo del eje del motor se asocia a un número exacto de pulsos/pasos, entonces con estos datos presentes se puede calcular exactamente los pasos necesarios para una trayectoria fija.

El uso de estos motores para el posicionado de los ejes supone una simplificación, tanto en el sistema principal de control, como en la mecánica empleada para el cálculo de las distancias, pues al sistema ahora es un lazo abierto que puede representarse en la siguiente figura.

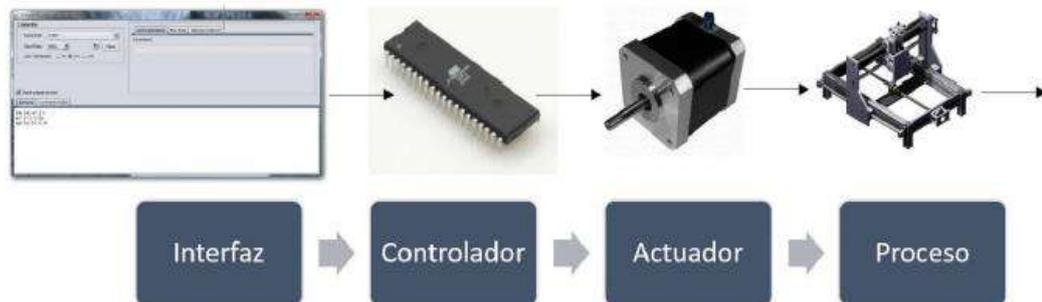


Figura 1. Esquema del control de una CNC

b) Motores a pasos

Los motores paso a paso pueden considerarse como motores eléctricos sin escobillas. En estos motores, generalmente todos los devanados están ubicados en el estator, mientras que el rotor puede ser un imán permanente o, en el caso de motores de reluctancia variable, un cilindro sólido con dientes mecanizados (similar a un

engranaje) fabricados con un material magnéticamente "blando" como el hierro dulce.

La conmutación de los devanados debe ser controlada externamente mediante un controlador electrónico. Tanto los motores como sus controladores están diseñados de manera que el motor pueda mantenerse en una posición fija y también pueda girar en ambos sentidos.

La mayoría de los motores paso a paso conocidos pueden avanzar a frecuencias audibles, lo que les permite girar a alta velocidad. Con un controlador adecuado, se pueden iniciar y detener instantáneamente en posiciones controladas.

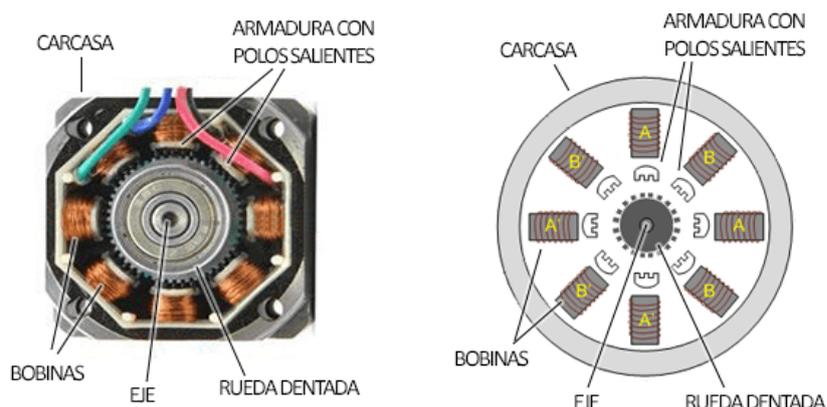


Figura 2. Interior motores paso a paso

- **Grados por paso**

Este factor es la parte más importante al momento de elegir un motor, y que con él se define la cantidad de grados que rotará el eje al momento de ejecutar cada paso completo.

EL valor de grados por paso viene inscrito en la carcasa del motor, pero hay situaciones donde este dato no se visualiza, para tal motivo es posible contar a mano

la cantidad de pasos por vuelta, haciendo girar el motor gracias a los dientes magnéticos internos.

Para obtener los grados se divide 360 entre la cantidad de pasos. Comercialmente los grados más comunes por paso son: $0,72^\circ$, $1,8^\circ$, $3,6^\circ$, $7,5^\circ$, 15° y hasta 90° .

- **Sistema Mecánico-Motriz del Router CNC.**

El Router CNC fue dividido en tres sistemas fundamentales, los cuales desarrollan las funciones principales.

El primer sistema proporciona el movimiento en los tres ejes coordenados x,y,z con referencia a sus direcciones.

El segundo sistema nos permitirá nivelar y sujetar la PCB evitando el movimiento con la herramienta de corte al entrar en contacto.

El tercer sistema es el encargado de sujetar la máquina de corte

- **El primer sistema**

Este sistema es el que permite el movimiento de la herramienta de fresado, está constituido por 3 sistemas de movimiento fundamentales.

Estos deslizamientos se componen de dos barras de acero (cold roll), cuyas medidas son de 32 cm sobre las cuales se deslizan dos bujes de bronce las medidas son 5 cm de largo por 1.8 de radio.

Para que estas se puedan desplazar requieren del sistema de movimiento el cual está compuesto por un husillo de longitud 35 cm con cuerda acme (29°) y una tuerca. Este tipo de cuerda proporciona libre recorrido de la barra siendo muy preciso al momento de ejecutarse, ya que está especialmente diseñada para desplazar objetos

de una forma sencilla además posibilita que el movimiento lineal pueda ser transmitido por un motor rotativo.



Figura 3. Cuerda acmé con husillo

- **Sistema de movimiento en dirección “X”.**

El desplazamiento en la dirección del eje X se logra mediante el uso de dos sistemas de movimiento para trasladar la barra que sostiene el router.

El primer sistema emplea guías sobre las cuales la barra se apoya y desliza. Estas guías permiten el desplazamiento suave y preciso de la barra.

El segundo sistema consta de dos componentes: el husillo y la tuerca. El husillo está conectado directamente a un motor paso a paso mediante un acoplador flexible, lo que garantiza que no haya ninguna variación entre el husillo y el eje del motor. La tuerca, por su parte, está sujeta a la barra y presenta una rosca acmé. Esta configuración permite que la tuerca se desplace a lo largo del husillo mediante el rodamiento del mismo, logrando así el movimiento de la barra de manera controlada y precisa

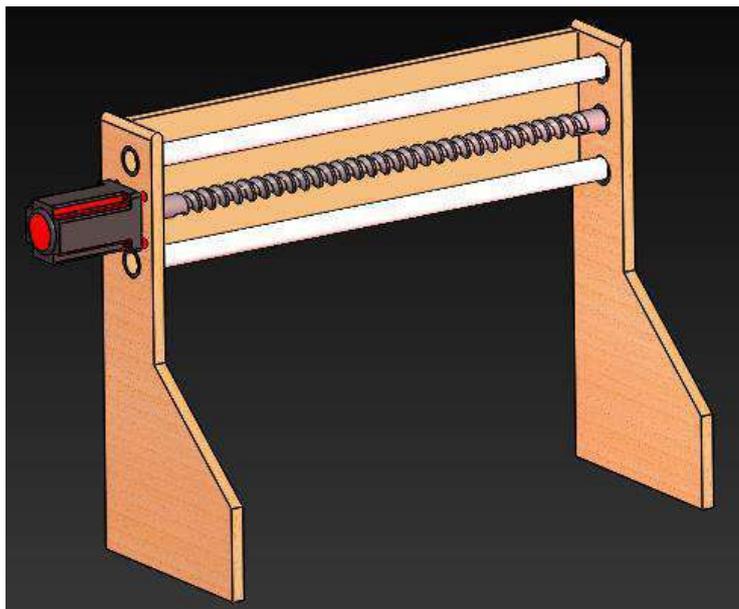


Figura 4. Sistema de movimiento en dirección X

- **Sistema de movimiento en dirección “Y”.**

El movimiento del Router en dirección “Y” proporcionan un desplazamiento a lo largo de los ejes horizontales. Para realizar los movimientos de deslizamiento, se empleó el mismo sistema que fue empleado para el eje “X”.

En este sistema de deslizamiento, las guías que permiten el movimiento de la barra están conectadas a dos perfiles de aluminio en la mesa de corte. Estas barras actúan como elementos de unión entre los dos sistemas de deslizamiento. Además de facilitar el desplazamiento, el sistema de guías deslizables también ayuda a sostener el carro que contiene los sistemas de movimiento en los ejes "X" y "Z".

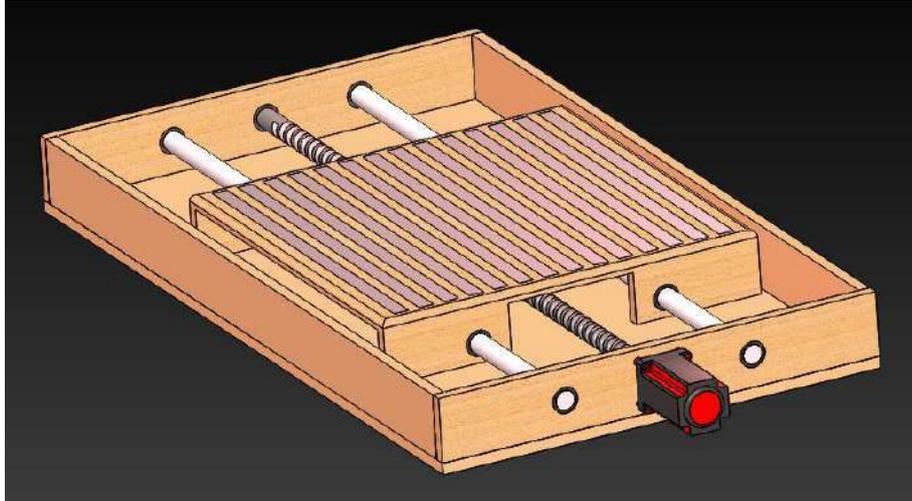


Figura 5. Sistema de movimiento en dirección Y

- **Sistema de movimiento en dirección “Z”.**

El sistema de movimiento en dirección “Z” se encuentra conectado directamente al Router manual. Este sistema proporciona un desplazamiento vertical y también se encarga de llevar a cabo la profundidad de corte en la pieza de trabajo.

El sistema de movimiento empleado es el mismo de los anteriores, este sistema “Z” se une con el sistema de movimiento en “X” y por medio de la placa de aluminio conocida como placas de soporte, la cual une a todos los componentes del sistema de dicha dirección. Estas placas se encuentran atornilladas en los extremos inferior y superior con tornillos de tipo allen.

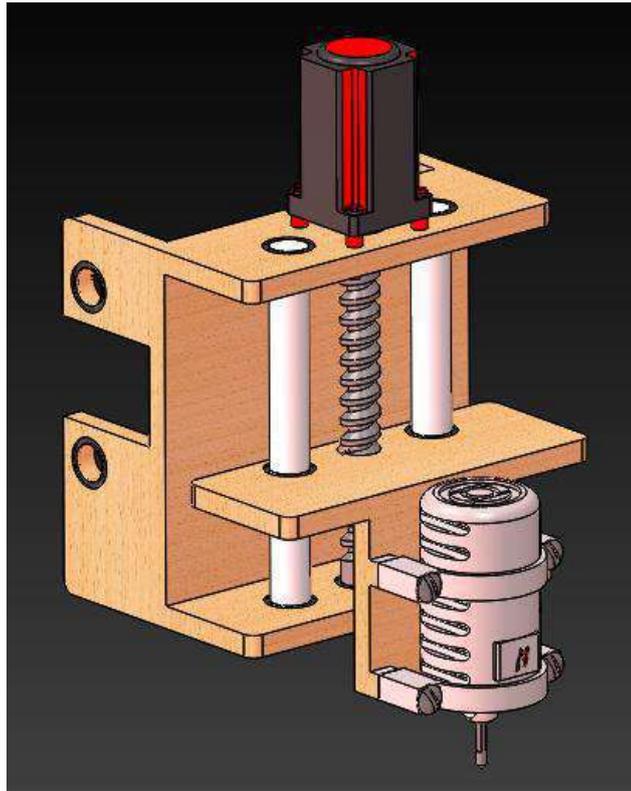


Figura 6. Sistema de movimiento en dirección Z

- **Sistema de sujeción para el PCB (mesa de maquinado).**

Este sistema tiene como finalidad asegurar y fijar la PCB, para obtener estabilidad al momento del fresado.

Esta placa estará construida por una mesa de aluminio contando a los extremos unos sujetadores con tornillo allen, estos servirán asu vez para nivelar y la mesa de trabajo dependiendo del grosor a trabajar en la PCB.

4.1.1.1 Estructura completa de la CNC.

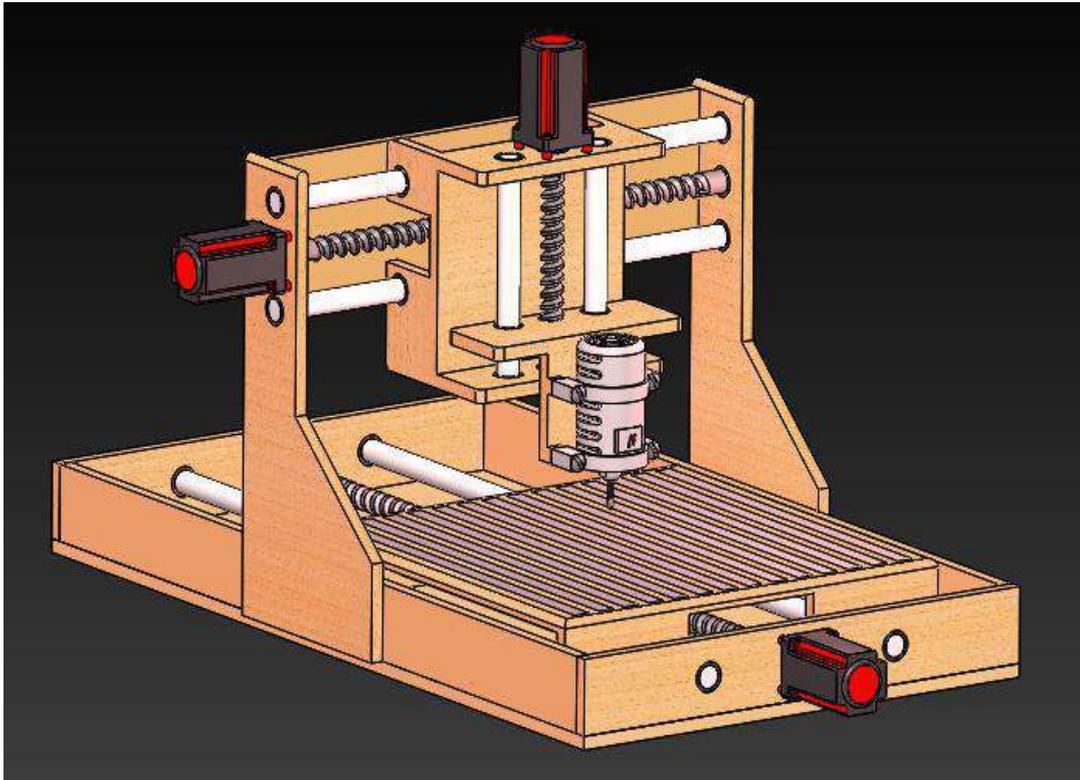


Figura 7. Estructura de la CNC

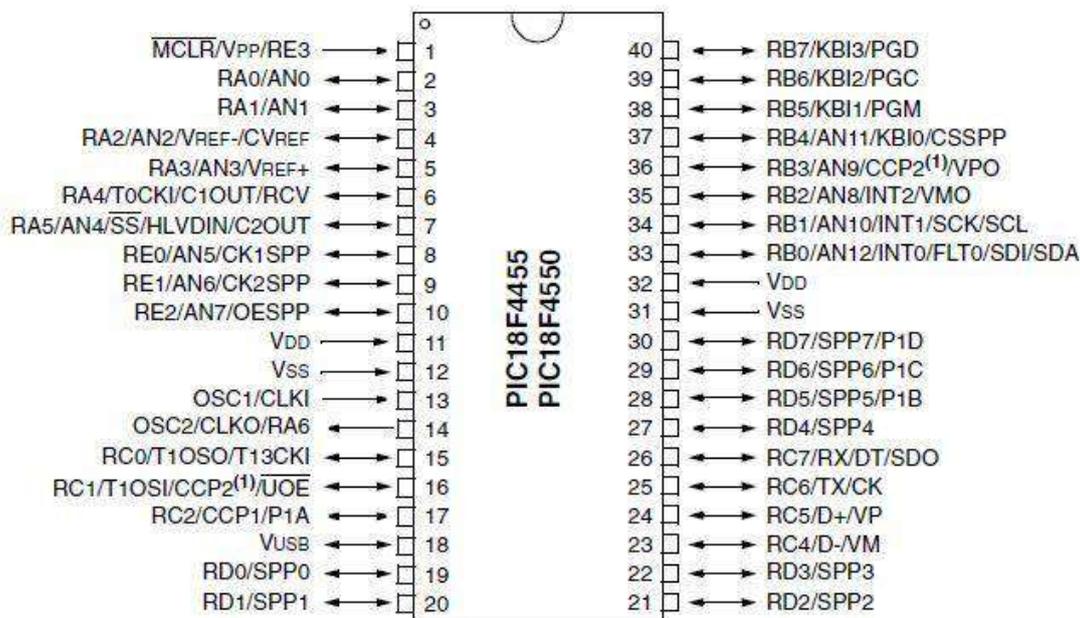
a) Sistema Electrónico.

Se presentarán los componentes electrónicos y sus circuitos empleados para este proyecto, desde el microcontrolador los sistemas de manejo para los motores y la comunicación con la PC.

- **Microcontrolador PIC 18f4550**

El Microcontrolador PIC18F4550 es un circuito integrado programable capaz de poder realizar y controlar tareas las veces que desees gracias a la memoria flash de alta resistencia. El MCU cuenta con 8 Bits, 48 MHz, 32 KB, 2 KB, 40 Pines y

pertenece a la familia de microcontroladores PIC18. Este dispositivo será el encargado de controlar los motores paso a paso de nuestra CNC.



• Características

- Microcontrolador con módulo USB especificación 2.0. Soporta Low speed 1.5Mb/s y full speed 12Mb/s. 32 endpoints (16 bidireccionales). 1kB de memoria de doble acceso para el USB
- Hasta 35 pines I/O disponibles
- Memoria de programa flash de 32 kB
- RAM de 2048 Bytes
- EEPROM de datos de 256 Bytes
- Velocidad de la CPU 12 MIPS
- Oscilador externo hasta 48 MHz
- Oscilador interno seleccionable entre 8 frecuencias desde 31kHz hasta 8MHz
- Opciones de oscilador dual permiten que la velocidad de la CPU y del módulo USB sean diferentes
- ADC de 10 bits y 13 canales

- Tecnología nanoWatt que brinda características y funciones de bajo consumo y ahorro de energía
- Voltaje de operación 4.2V a 5.5V
- 2 módulos de captura/comparación/PWM
- 1 timer de 8 bits y 3 de 16 bits
- EUSART, SPP, SPI, I²C.
- 20 fuentes de interrupciones (3 externas)
- Resistencias de pull-ups en el puerto B programables

- **Placa controladora.**

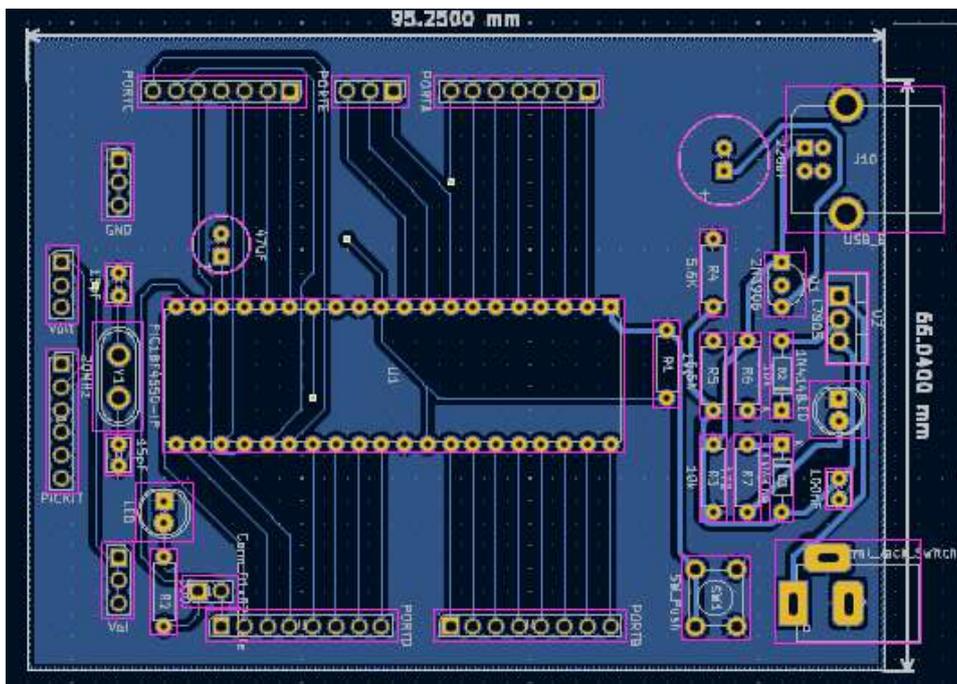
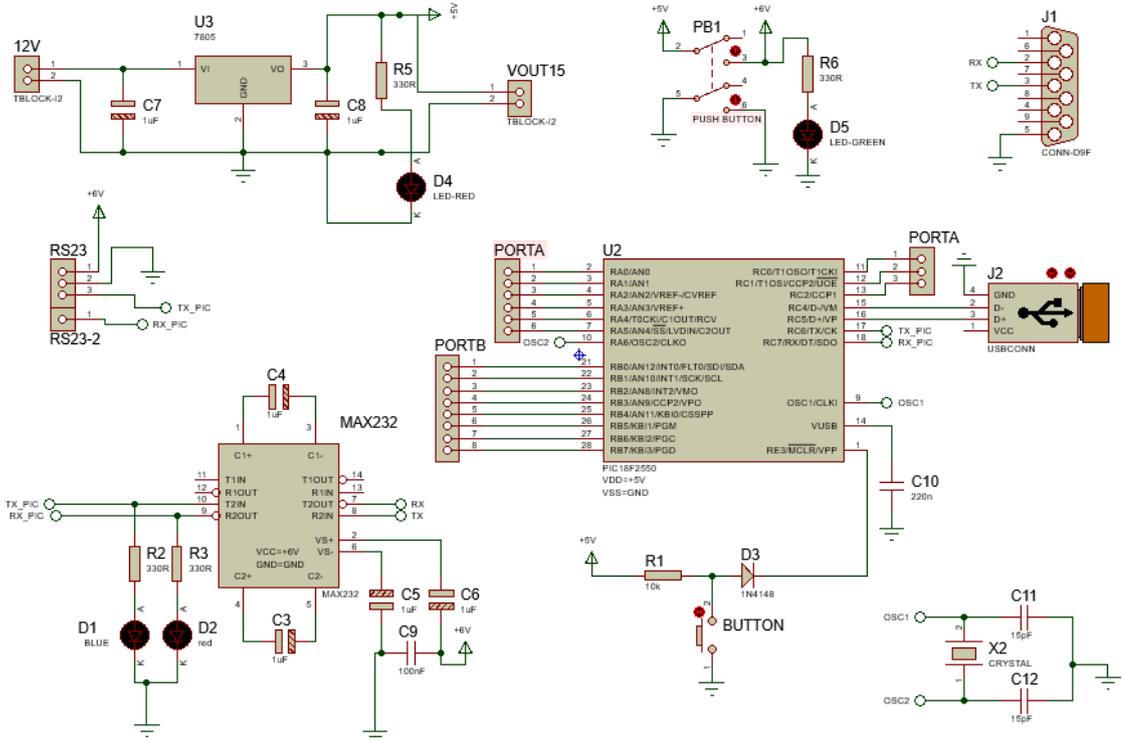
El diseño se realizó con el software Proteus, este software nos permitirá también simular el funcionamiento de nuestro circuito.

La tarjeta electrónica está diseñada de tal manera que nos permitirá a futuro realizar expansiones para nuevas funciones y mejoras del equipo

Luego de un análisis en cálculos de potencia se definió que los motores paso a paso consumen 1.5 A por cada uno, este dato es fundamental para definir el grosor de las pistas en la PCB, por lo que el ancho a usar es de 1.29 mm.

La placa controladora maneja el PIC 18F2550, este microcontrolador será el encargado de manejar los motores paso a paso. En este esquemático se implementó puerto para conectar los actuadores posteriormente.

El esquema cuenta con dos sistemas de comunicación con el ordenador, uno mediante puerto USB y el otro mediante Comunicación serial rs232, cabe resaltar que la comunicación por RS232 requiere el integrado MAX232 y una configuración especial.



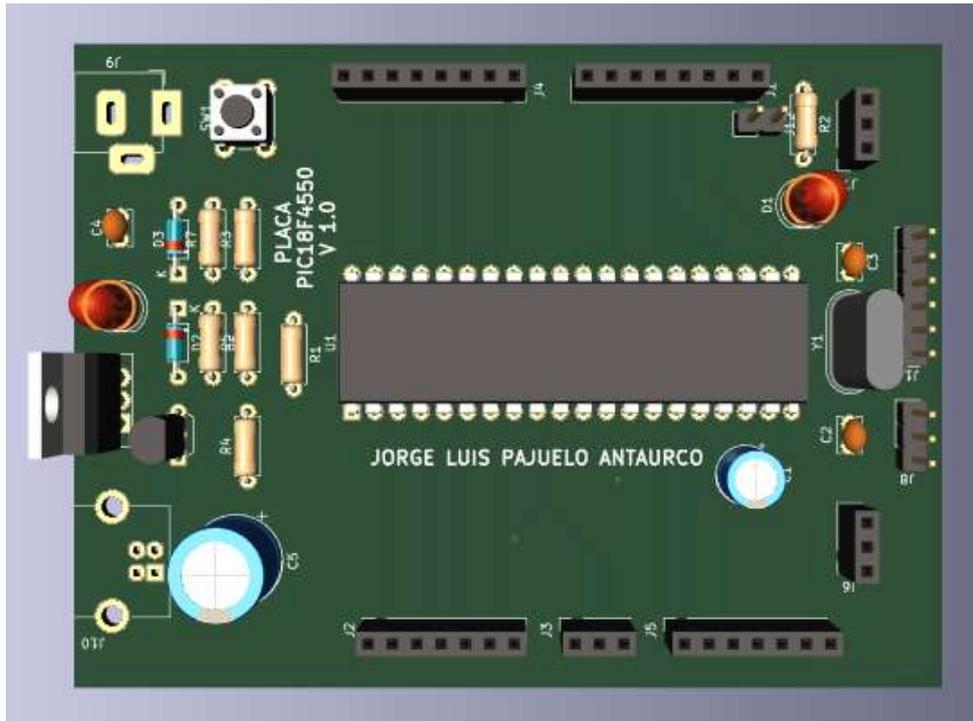


Figura 8. Vista 3D de la placa controladora

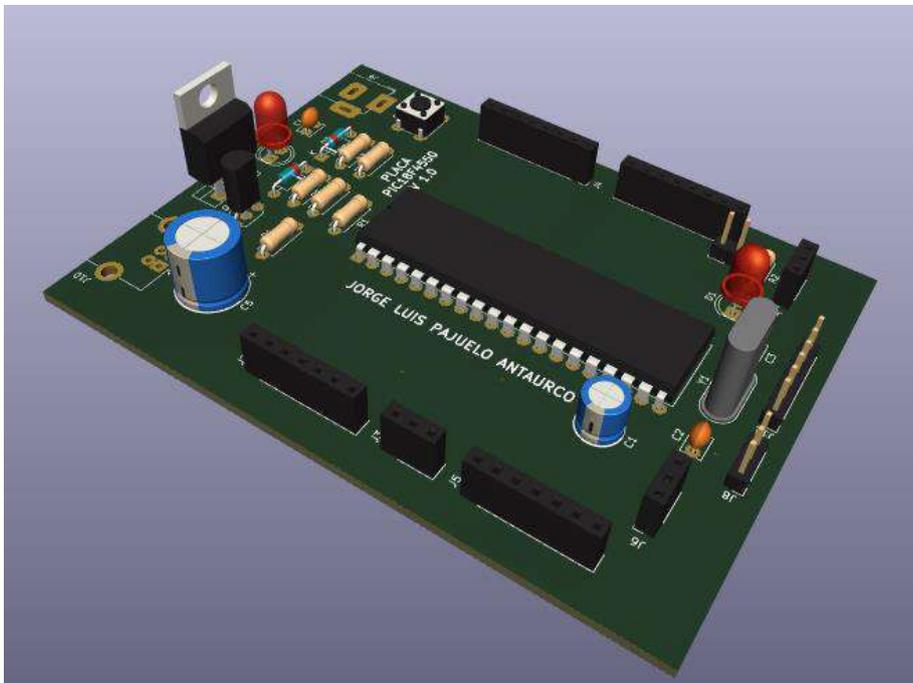


Figura 9. Vista global de la tarjeta controladora.

- Protección de carga en cortocircuito
- Cinco modos de paso seleccionables: completo, 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16

Para la adaptación correcta del controlador DRV-A4988, se tuvo que implementar un regulador de amperaje, filtrado de la señal mediante los condensadores y adaptación térmica del consumo.

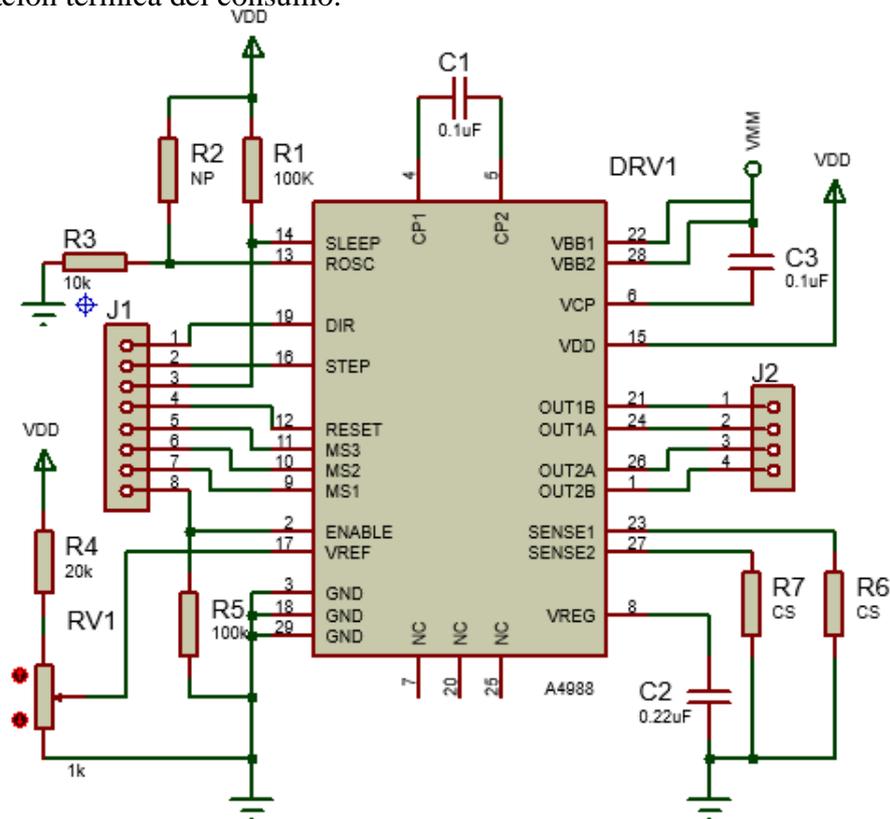


Figura 11. Esquema electrónico de la tarjeta DRV.

Se pueden manejar pasos simples con la interfaz de control de dirección, para ser exactos contamos con seis resoluciones de paso diferentes: paso completo, 1/2 paso, 1/4 de paso, 1/8 de paso, 1/16 de paso, y 1/32 de paso.

Disponemos de un control de corriente ajustable que nos permite regular la corriente máxima de salida mediante un potenciómetro. Esto nos brinda la capacidad

de utilizar tensiones superiores a la tensión nominal del motor paso a paso para lograr mayores tasas de pasos.

La tensión de alimentación máxima es de 45 voltios. Podemos interactuar directamente con alimentaciones de 3,3 voltios y 5 voltios utilizando el controlador. Es importante contar con condensadores de desacoplamiento adecuados cerca de la placa de control, y el suministro de alimentación debe ser capaz de proporcionar la corriente requerida por el motor paso a paso seleccionado.

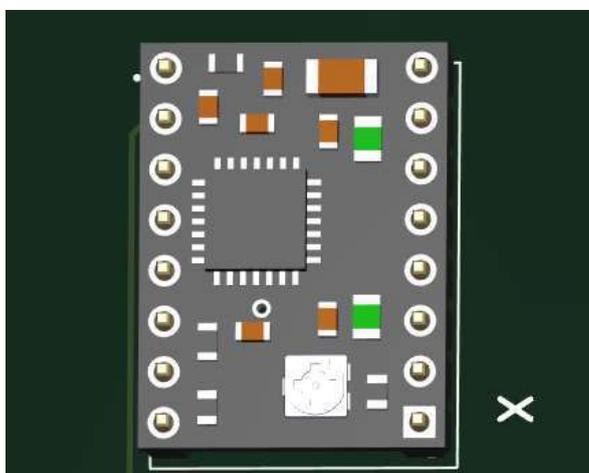


Figura 12. Esquema electrónico de la placa controladora.

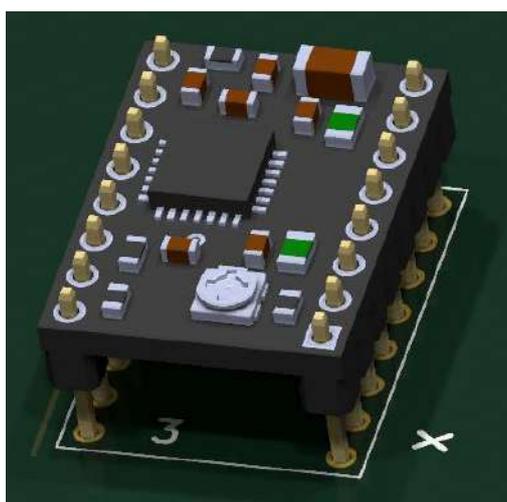


Figura 13. Vista inclinada de la placa DRV.

- **Tamaño de pasos (micro-paso)**

Los motores paso a paso suelen tener una especificación de tamaño de paso, por ejemplo, 1,8 grados o 200 pasos por revolución, que se aplica a pasos completos. Sin embargo, con un controlador como el DRV-A4988, es posible lograr revoluciones más altas al permitir pasos intermedios. Estos pasos intermedios se obtienen mediante la activación de las bobinas del motor con niveles de corriente intermedios.

En el modo de un cuarto de paso, el driver permite al motor de 200 pasos por revolución alcanzar aproximadamente 800 micro-pasos por revolución al utilizar cuatro niveles de corriente diferentes. La resolución o tamaño de paso se puede seleccionar mediante las entradas selectoras, lo que permite elegir entre seis resoluciones de paso diferentes, como se muestra en la siguiente tabla

MODO 0	MODO 1	MODO 2	RESOLUCIÓN MICRO-PASO
BAJA	BAJA	BAJA	PASO COMPLETO
ALTO	BAJA	BAJA	½ PASO
BAJA	ALTO	BAJA	¼ PASO
ALTO	ALTO	BAJA	1/8 PASO
BAJA	BAJA	ALTO	1/16 PASO
ALTO	BAJA	ALTO	1/32 PASO
BAJA	ALTO	ALTO	1/32 PASO
ALTO	ALTO	ALTO	1/32 PASO

- **Fuente de voltaje**

La CNC, requerirá diferentes voltajes para operar y poner en marcha a los motores, teniendo como base principal que el driver de motor con el

microcontrolador consume voltajes de 3.3v a 5v, los motores paso a paso con 12v a 32 v y con una corriente de 4A, por último, también deberes de contar a la fresadora que trabaja con 12v a 24 v, por tal motivo se diseña una fuente de alimenta especialmente para estos consumos energéticos.

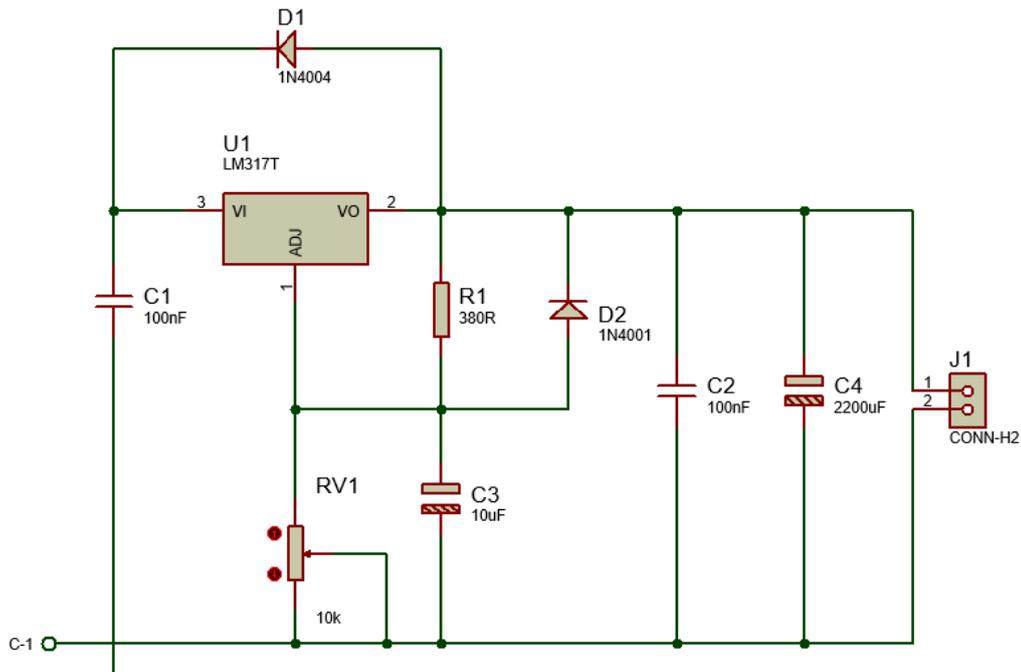


Figura 14. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM317.

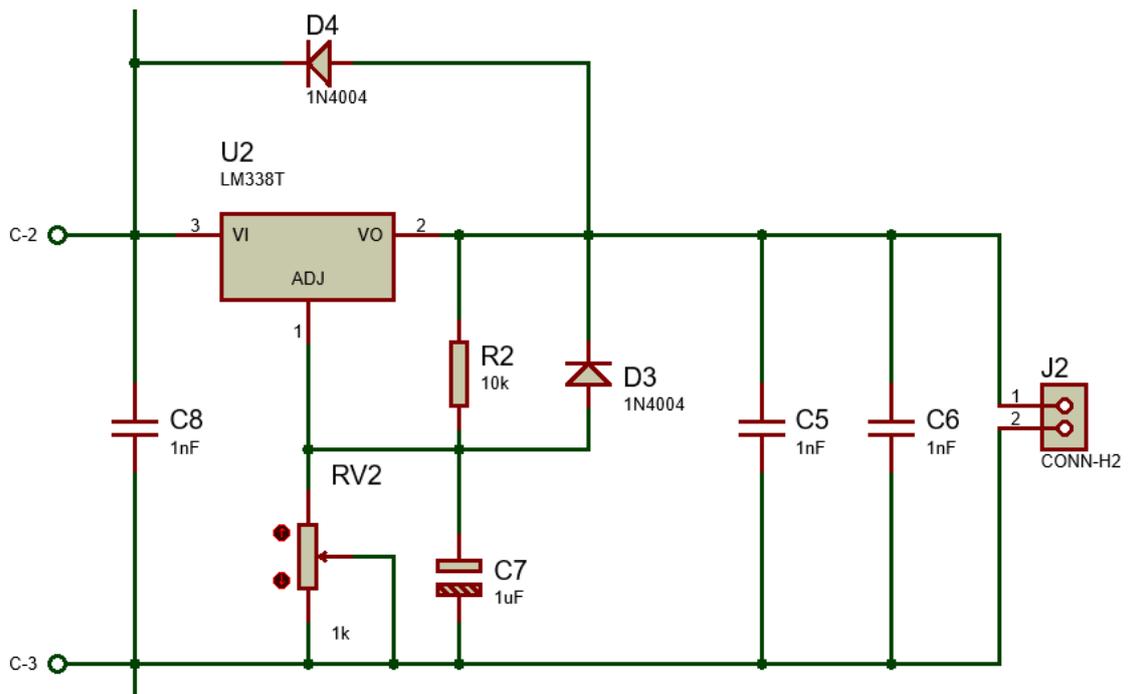


Figura 15. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM338.

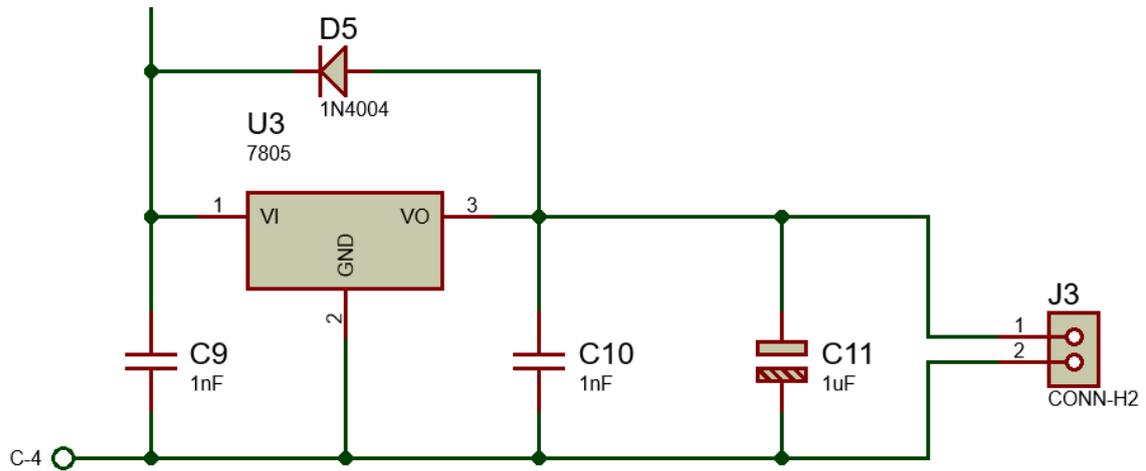


Figura 16. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación LM7805.

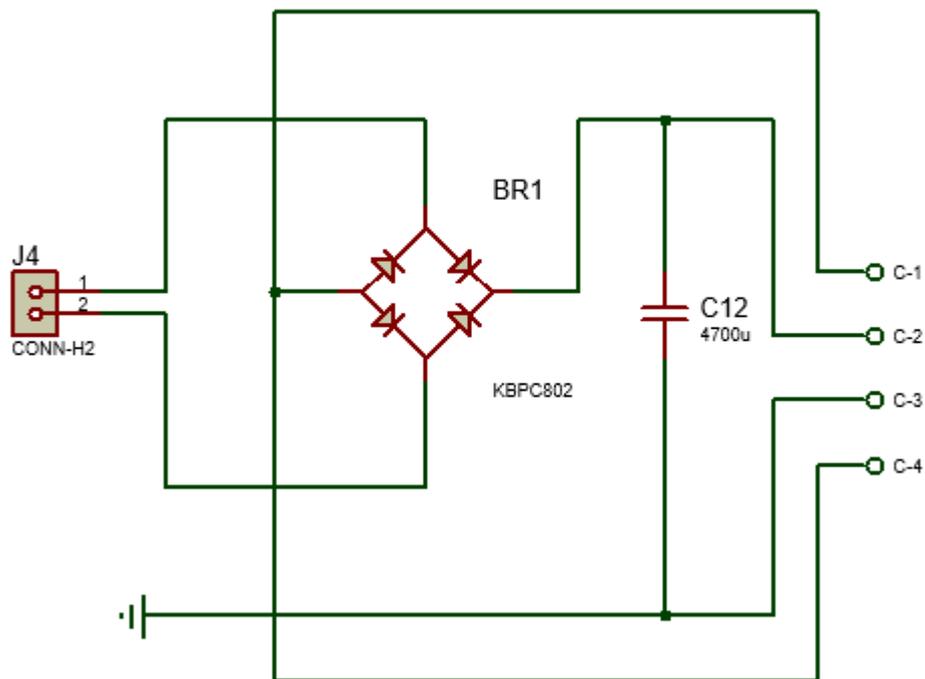


Figura 17. Etapa de Rectificación.

En la Figura se pueden identificar tres reguladores utilizados en el diseño. El primer regulador, un LM317T, se encarga de proporcionar una fuente de alimentación ajustable de 1.2V a 22.3V para el motor desbastador. Además, se utiliza un LM338T para la parte de la fuente variable, que puede generar voltajes de 1.2V a

32V y es capaz de soportar corrientes de hasta 5A. Por último, se emplea un LM7805 para proporcionar una salida constante de 5V.

En el diseño del PCB, se ha incluido un disipador de calor más grande para el regulador LM338 debido a la alta corriente que circulará a través de él. Además, se han utilizado pistas de un grosor suficiente para soportar la corriente requerida, incluyendo las pistas de los otros reguladores, que tienen el mismo ancho. Se observan resistencias de gran tamaño, ya que se han seleccionado resistencias de 2 vatios, incluso para las resistencias de ajuste en el caso de los reguladores variables.

En cuanto a los capacitores, se visualizan capacitores cerámicos en el diagrama, sin embargo, se planea reemplazarlos por capacitores electrolíticos de 50V y 4700uF. En el diseño esquemático se ha utilizado la representación de los capacitores cerámicos para indicar su función, pero se ha optado por utilizar capacitores electrolíticos de dimensiones similares en el PCB para asegurar una correcta colocación en los pads correspondientes.



Figura 18. Vista en 3D de la placa de potencia.

- **Placa shield controladora**

Se realizó una tarjeta Shield CNC con el fin de poder controlar los drivers de los motores paso a paso. Esta placa nos permite controlar hasta 4 motores a pasos fácilmente con nuestra tarjeta principal soportando hasta 4 controladores de potencia como los A4988 y dispone de todos los pines necesarios para conectar interruptores de final de carrera, salidas de relevador y diversos sensores. Es totalmente compatible con el firmware de control GRBL.

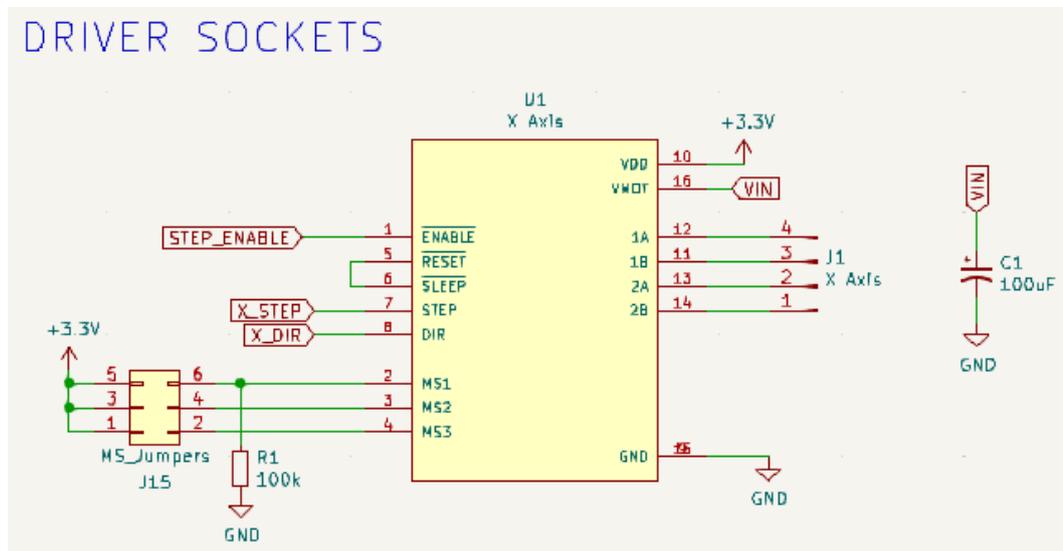


Figura 19. Diagrama esquemático del DRIVER - SOCKETS.

Con este shield se dispone de un sistema completo para montar una máquina CNC, cortadora láser, impresora 3D o cualquier otro sistema que necesite un control preciso con motores a pasos. Para el diseño de la tarjeta Shield se empleó el software KiCad, debido a que emplearemos componentes SD.

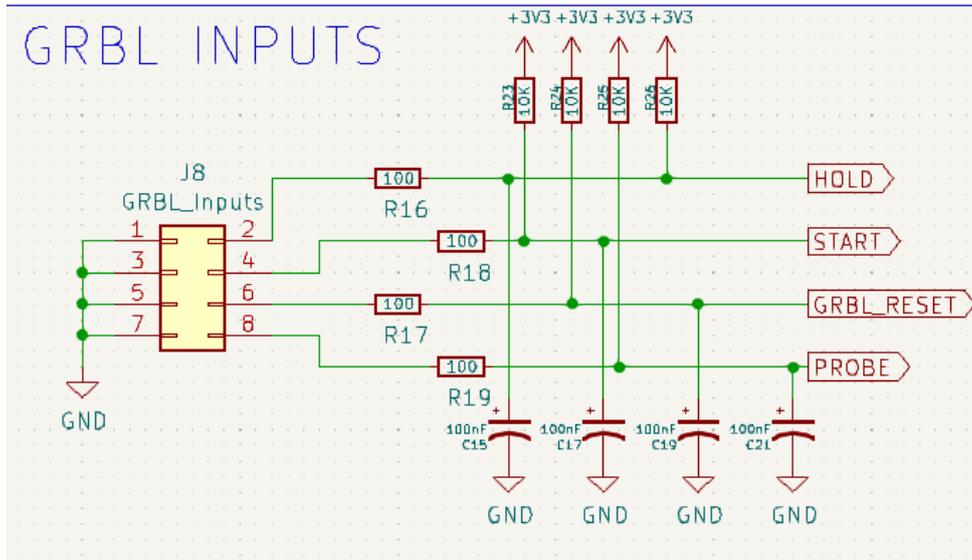


Figura 20. Diagrama esquemático del GRBL- INPUTS.

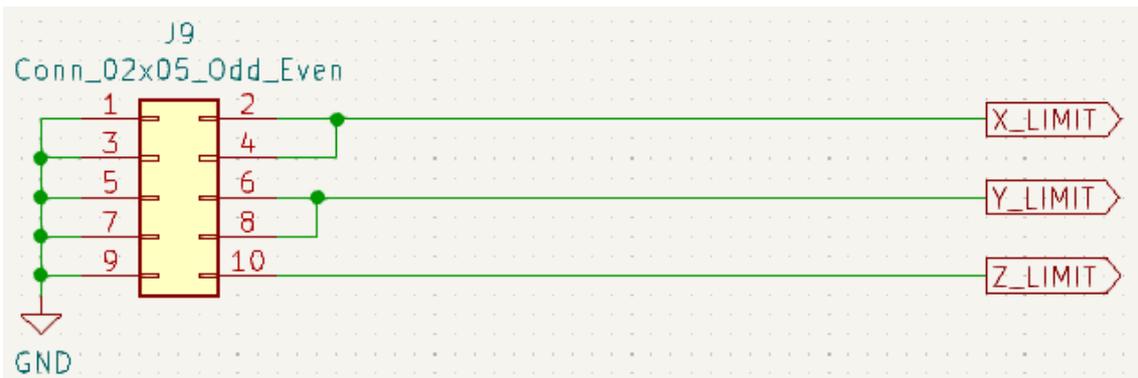


Figura 21. Diagrama esquemático de las terminales de conexión.

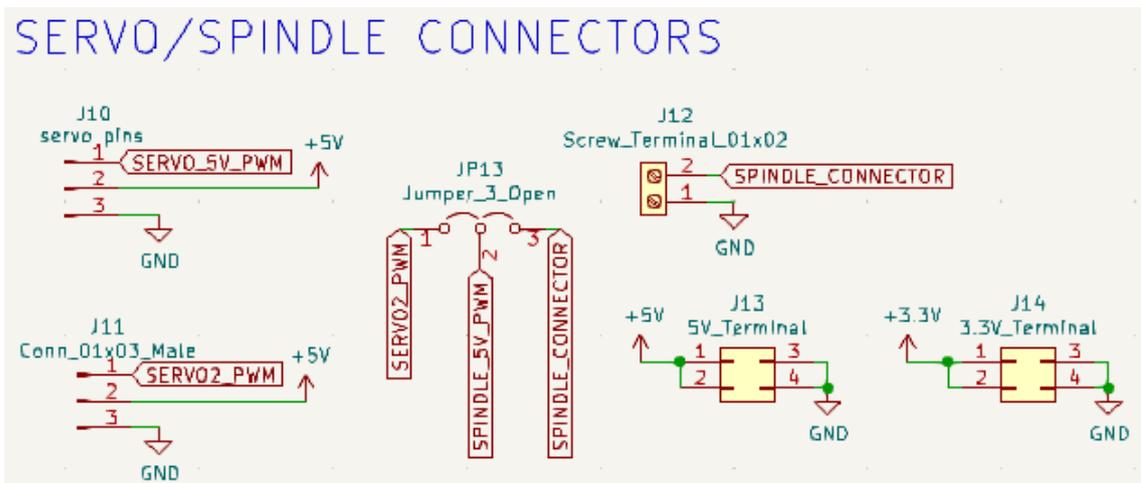


Figura 22. Diagrama esquemático del SERVO/SPINDLE.

- **Requerimientos empleados en la realización de la tarjeta**
 - Compatible con GRBL 0.8c. (Firmware Open Source que convierte G-code a instrucciones para motores PAP)
 - Soporte para 4 ejes (X, Y, Z, A)
 - 2 conexiones para finales de carrera para cada eje (6 en total)
 - Salida “Spindle enable” y “direction”
 - Salida “Coolant enable”
 - Compatible con controladores A4988 y DRV8825
 - Jumpers para control de micro-stepping (Los controladores como el DRV8825 soportan hasta 1/32 para más precisión)
 - Los motores pueden ser conectados con bornes tipo Molex de 4 pines
 - Alimentación: 12-36V DC. (Dependiendo de los controladores utilizados)

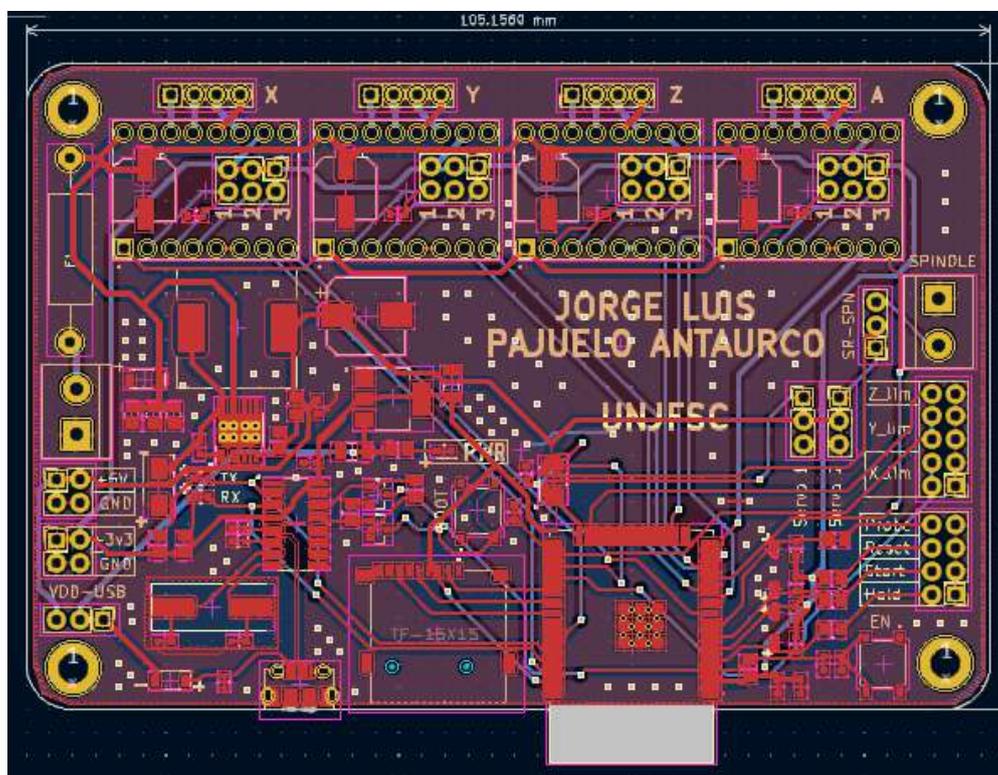


Figura 23. Diagrama PCB de la tarjeta shield.



Figura 24. Vista 3D de la tarjeta shield.

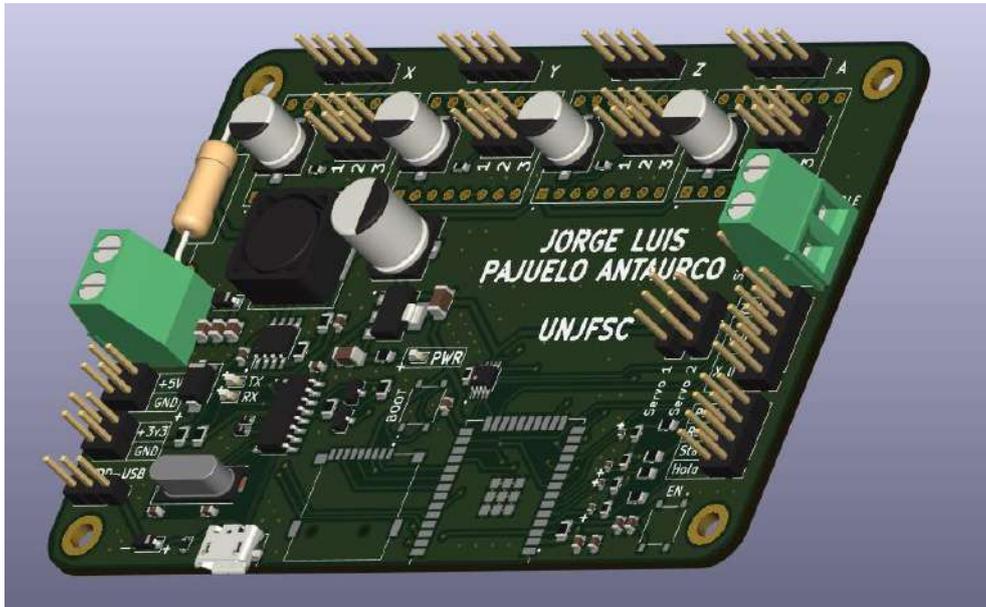


Figura 25. Vista lateral de la tarjeta en 3D.

- **Montaje de Driver sobre la Shield de control**

Los drivers controladores deberán ir ubicados en la placa Shield, se cuentan con 4 espacios que nos permiten conectar hasta 4 controladores de potencia como los A4988.

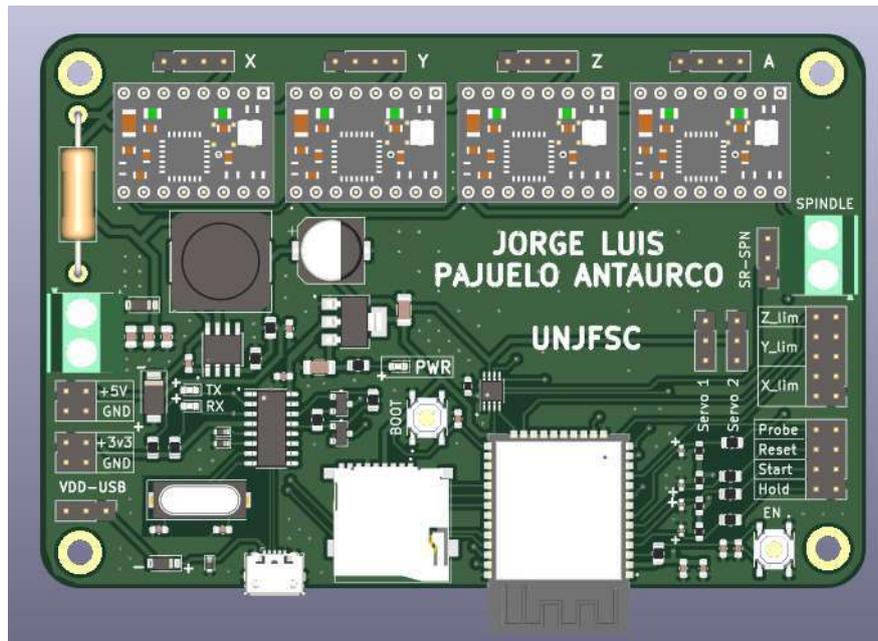


Figura 26. Montaje de la tarjeta shield.

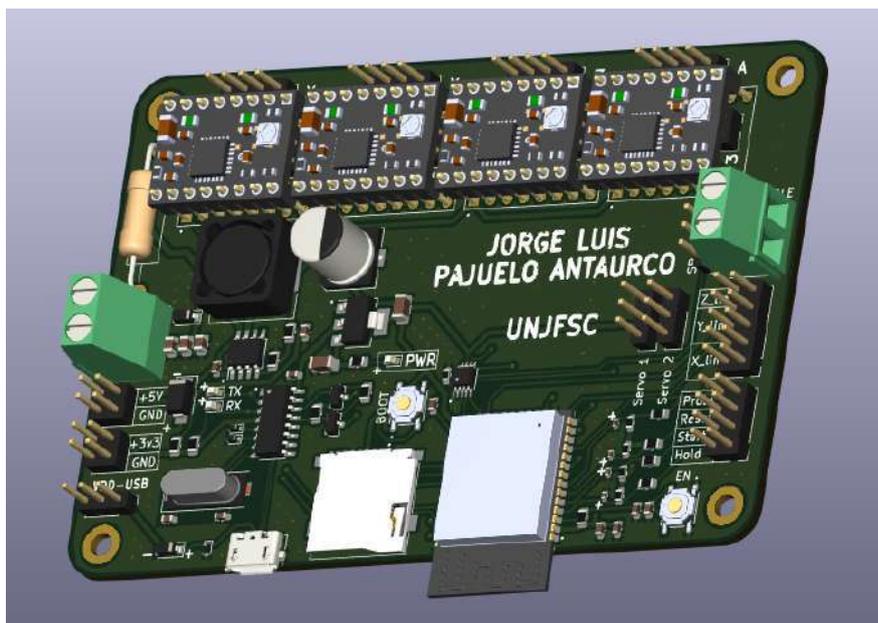


Figura 27. Vista lateral de la tarjeta con los montajes de los drivers.

- **Driver de comunicación serial por RS232, MAX232N.**

El dispositivo MAX232 es un controlador / receptor dual que 1. Cumple o excede la norma TIA / EIA-232-F y la UIT Recomendación V.28 incluye un generador de tensión capacitivo para suministrar niveles de tensión TIA / EIA-232-F de un solo 5-V

- Funciona desde un único 5-V fuente de alimentación con la oferta. Cada receptor convierte insumos TIA / EIA-232-F, Condensadores 1.0-mF Charge-bomba a niveles TTL / CMOS 5-V.
- Opera hasta 120 kbit / s umbral típico de 1,3 V, una histéresis típica de 0,5
- Dos controladores y dos receptores V, y puede aceptar \pm entradas 30-V. Cada conversor conductor con niveles de entrada de TTL / CMOS en niveles TIA / EIA-232-F. Características
- Iguala o excede la norma TIA/EIA-232-F y ITU Recomendada en la V.28
- Opera con una alimentación de 5V con capacitores de carga de 1.0- μ F.
- Niveles de entrada de \pm 30V.
- Bajo consumo: típicamente 8mA
- ESD Protection Exceeds JESD 22

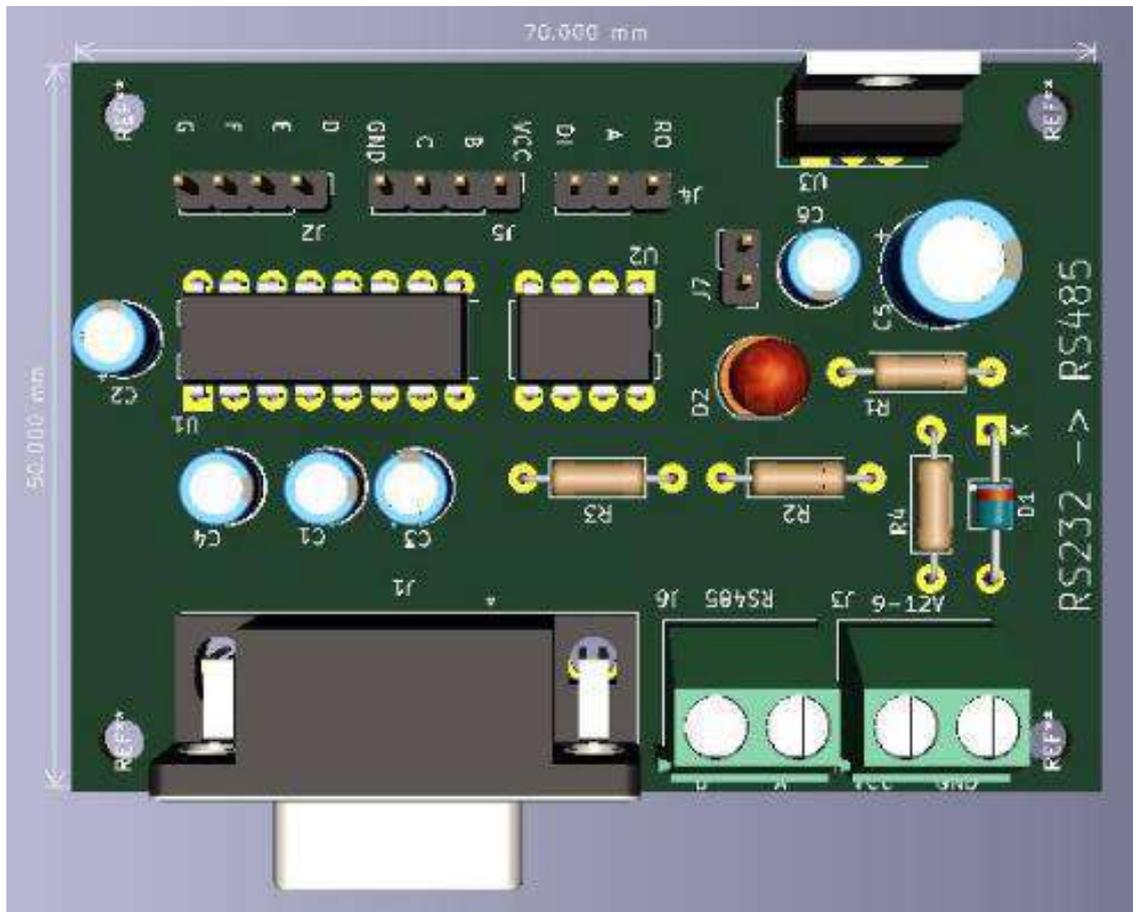


Figura 28. Diseño 3D de la tarjeta serial de comunicación.

b) Esquema de conexión Router CNC

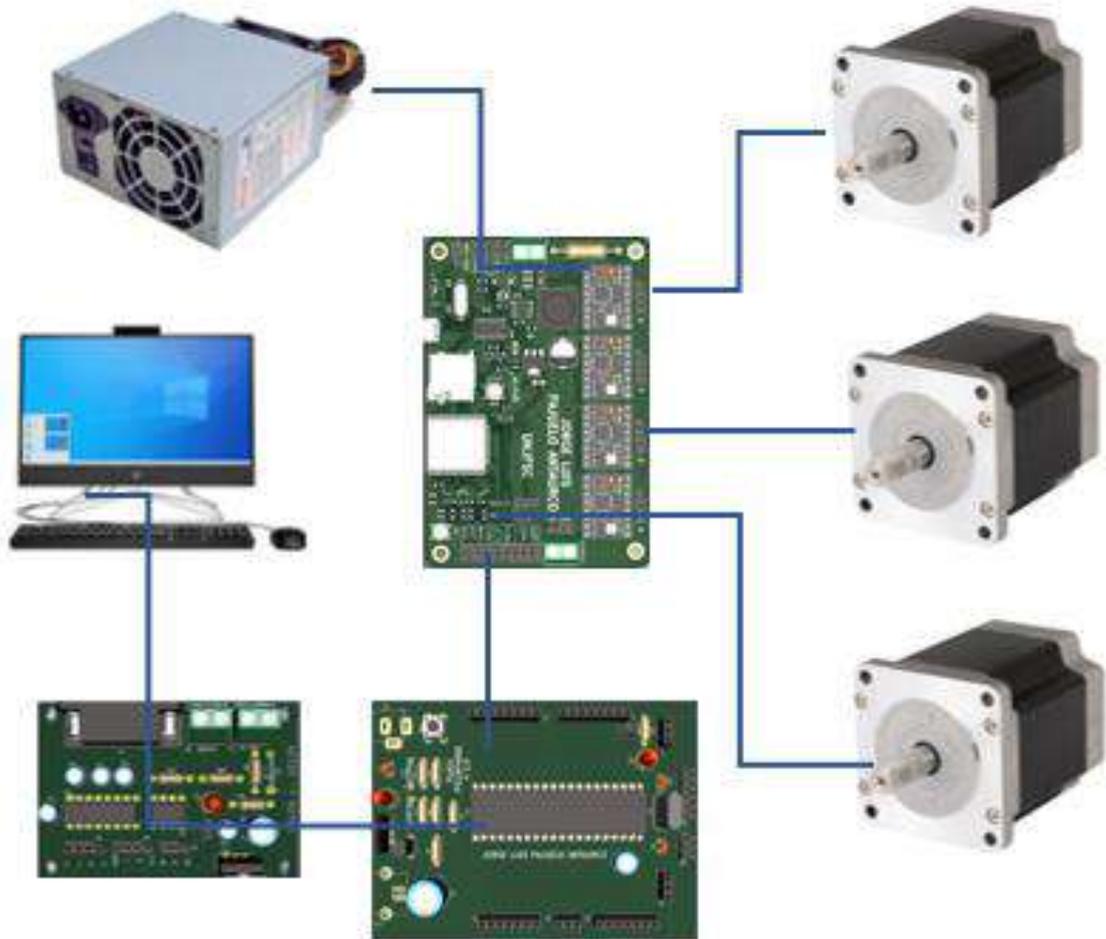


Figura 29. Esquema de conexión Router CNC.

- **Diseño mecánico**

Se diseñaron las principales piezas mecánicas para la simulación de la CNC, mediante el software de SolidWorks, el cual se enlazará mediante LabView para generar el desplazamiento de cada motor.

A continuación, se describe la construcción y características principales de cada.

- **Guías.**

Las primeras piezas que se diseñaron fueron las guías, ya que estas son las que determinan el desplazamiento y las dimensiones del Router CNC

Las medidas empleadas para el eje x, y, z que son de ½ pulgada con un diámetro por 32 cm de largo Para las cuerdas de sujeción de la estructura de los ejes, se emplea una medida de ¼ de pulgada y una cuerda estándar de 18 hilos por pulgada.

El número de guías totales que se hicieron son tres pares, usando un par para cada eje. Dando como resultado final las piezas terminadas que se muestran en la figura.



Figura 30. Diseño 3D de las guías.

- **Husillos**

El husillo es un mecanismo destinado a transmitir el movimiento en ciertos elementos de la fresadora que, mediante un tornillo sinfín, convierte un movimiento giratorio en un movimiento lineal. Se diseño una cuerda acme de 29 grados a lo largo de esta.



Figura 31. Diseño 3D husillos.

- **Acopladores Flexibles**

Los acopladores flexibles fueron diseñados con una forma cilíndrica y a la medida del eje del motor a pasos (1/8) y del otro extremo a 1/4. Los extremos del usillo y del eje del motor están acoplados gracias a un opresor. Una vez diseñado el cilindro se marcó una espiral y se fue dando forma a los pliegues que permitirán dar la flexibilidad al acoplador.

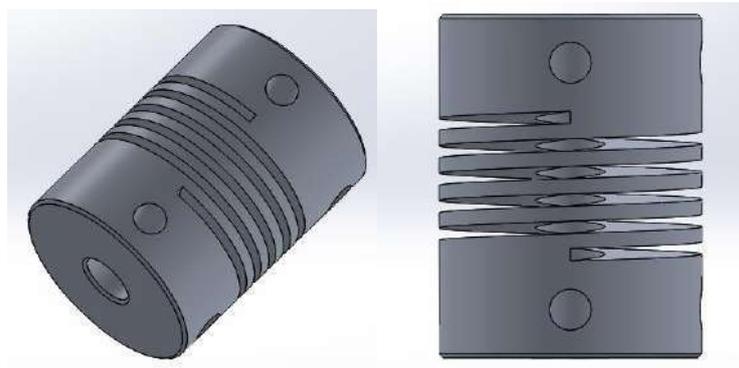


Figura 32. Diseño 3D de los acoples flexibles.

- **Tuercas y Sujetador**

Las tuercas se diseñaron con cuerda acme de 29 grados a 10 hilos por pulgada que permitirá sujetar el buril para que esta se pudiera introducir dentro del barreno del cilindro, con el propósito de desbastar internamente para ir dando forma a su estructura.

El sujetador fue diseñado a la medida del equipo de fresado que se acoplara, este es de 4 pulgadas a la redonda. Se emplearon dos para dar una mayor presión y seguridad al equipo de fresado.

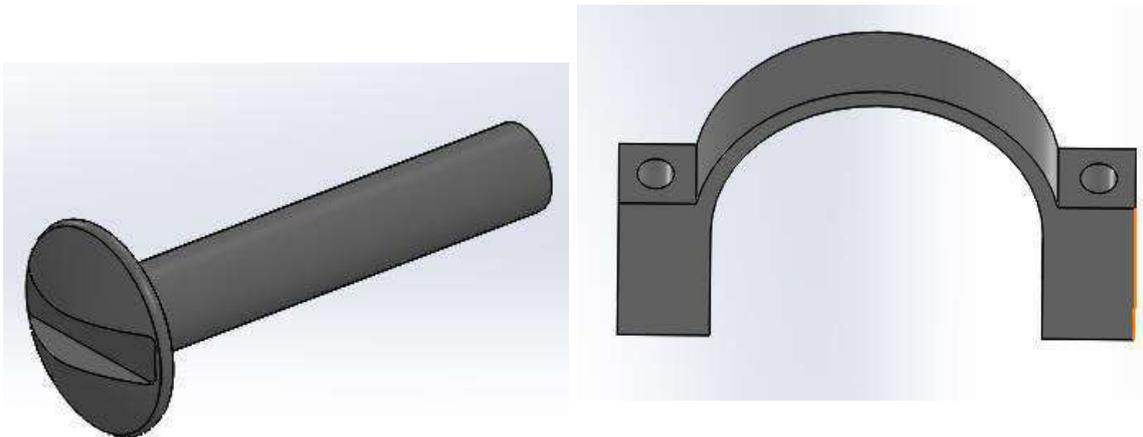


Figura 33. Diseño 3D de tuercas y sujetadors.

- **Barras de desplazamiento.**

La barra de desplazamiento es la encargada de realizar el recorrido en las guías. Se perforaron 3 barrenos en sus laterales dos de $\frac{1}{2}$ pulgada a los extremos y uno de $\frac{3}{4}$ de pulgada en medio para poder contener tanto la tuerca como los bujes.

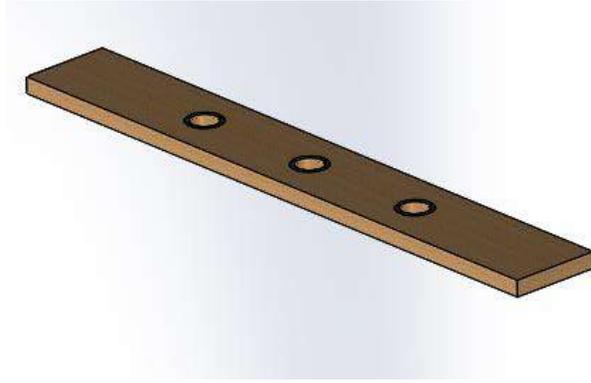


Figura 34. Diseño 3D de la barra de desplazamiento.

- **Bases de unión de los ejes**

Se crearon dos rectángulos con dimensiones de 34 cm x 9 cm para unir las guías y el husillo del eje X. Asimismo, se diseñaron dos rectángulos de 16 cm x 6 cm para el eje Y; dos cuadrados de 6 cm x 6 cm para el eje Z. En la estructura se realizaron tres perforaciones para permitir el ensamblaje del husillo y las guías del motor a pasos, los cuales contendrán el motor y servirán como soporte para las otras barras.

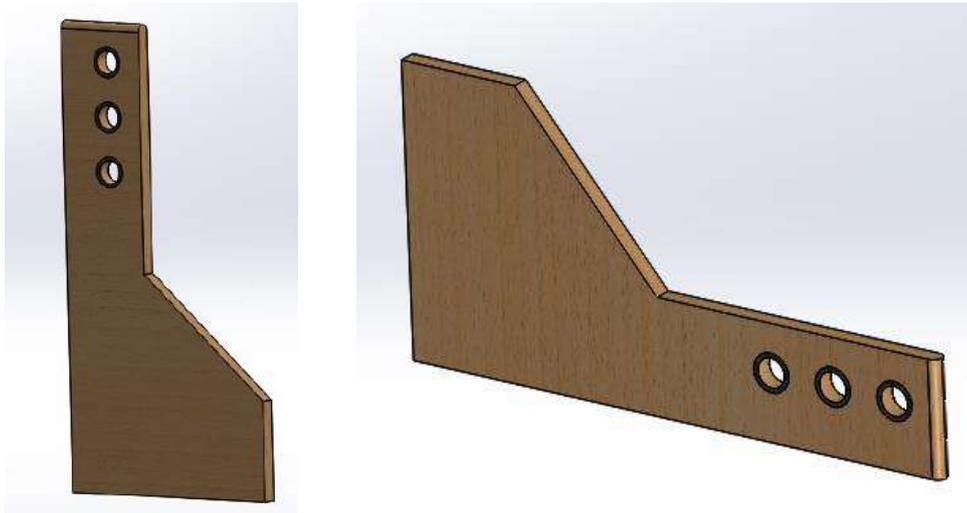


Figura 35. Diseño 3D de las bases de unión.

- **Estructura sujetadora del router**

Para realizar la estructura que sujetará al equipo de fresado se diseñó un rectángulo a la cual se le perforo los orificios necesarios para sujetarlo a los ejes de desplazamiento que serán los que unan a la barra y a otra pieza rectangular con orejas para sostener con tornillos allen al motor desbastador.

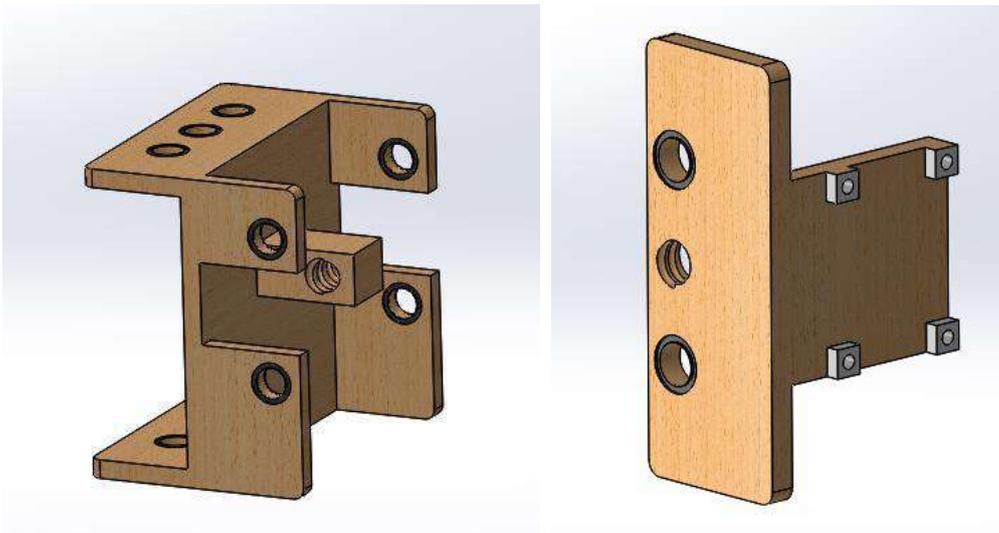


Figura 36. Diseño 3D del sujetador.

- **Mesa de trabajo.**

Para diseñar el área donde se va a trabajar el pcb y esta esté bien sujeta se asignó las siguientes medidas de 21 cm X 25 cm que por lo regular sobrepasa la medida comercial más grande para una placa fenólica.

Se acoplarán en sus esquinas tornillos allen que serán los encargados de nivelar la mesa con respecto a la punta de corte del router.

Para sujetar bien el pcb se recomienda instalar sobre la mesa cuatro barras de madera rectangulares barrenadas con el taladro y unidas con tornillos y tuercas de

mariposa en los extremos. Se contara con dos barras fijas y dos móviles para acoplarse al tamaño del pcb el en cual se va a trabajar.

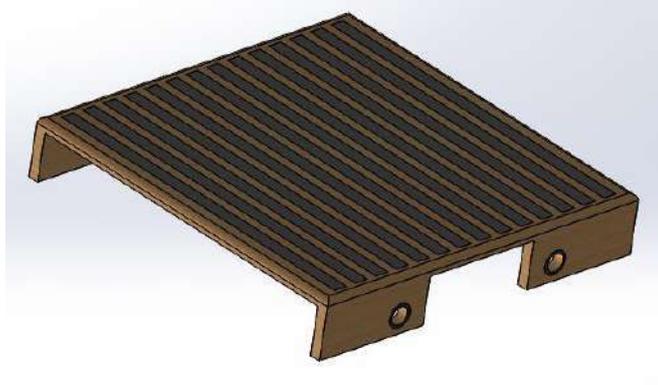


Figura 37. Diseño 3D de la mesa de trabajo.

c) Características del software e interfaz.

• Conversión de un diseño PCB a vectores

El circuito PCB se podrá realizar en diversas plataformas de diseño, como resultado de este proceso obtendremos un archivo ya sea en PNG, JPG, o PDF, donde visualizaremos el circuito listo para imprimir.

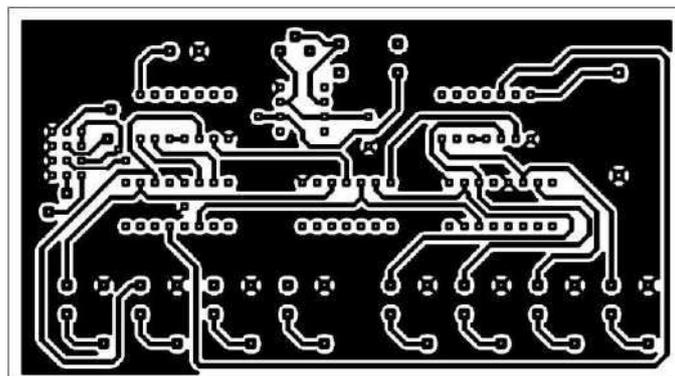


Figura 38. Diseño de la PCB.

Este diseño será grabado en la baquelita (placa de cobre) a través del corte de una fresadora la cual ira retirando las líneas de cobre que no apliquen en el diseño, pero

para esto se necesitará llevar el diseño a un lenguaje que entiendan los motores paso a paso.

Como primera etapa se tendrá que convertir un diseño de PCB en vectores, de esta manera tendremos las coordenadas precisas para el desarrollo y movimiento de cada motor. Los diseños deberán estar en un formato monocromático, mejor dicho, solo dos colores para que el procesamiento de imagen será más preciso y efectivo.

El software empleado para este trabajo será Matlab debido a su potente manejo en el procesamiento de imagen.

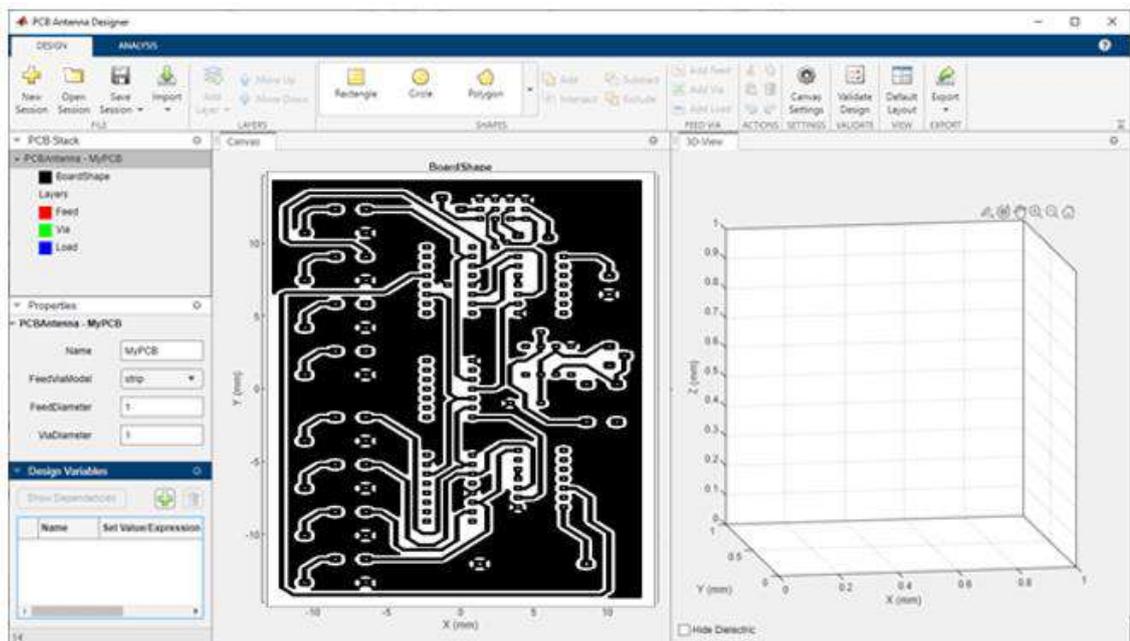


Figura 39. Conversión a vector.

Se realizó un programa encargado de procesar la imagen de la PCB, en este algoritmo convertimos a la imagen en una matriz escaneando cada coordinar correspondiente, donde indicaremos que el color negro será identificado como 1 y el

color negro como 0, gracias a este proceso tendremos como resultado un mapa de cambio entre 1 y 0 almacenados en matriz.

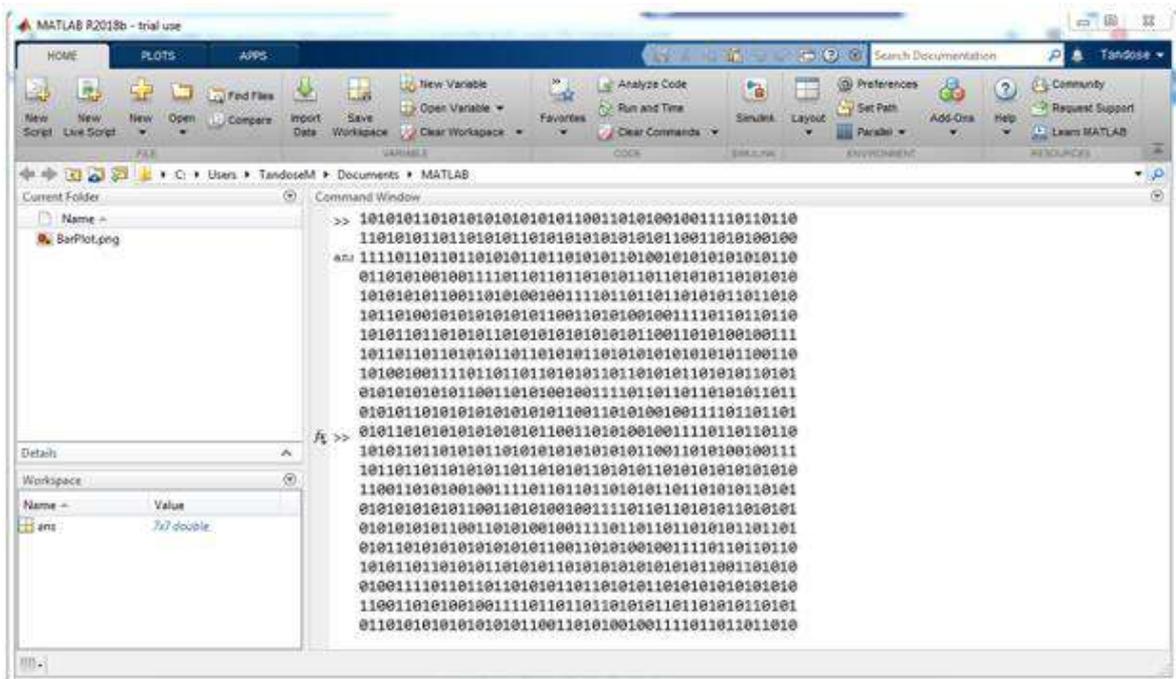


Figura 40. Matriz de coordenadas.

La matriz de valores en cero y uno, será la base principal para generar un código de vectores. La vectorización consiste en convertir imágenes que están formadas por píxeles en imágenes formadas por vectores. La imagen compuesta por vectores, en comparación con una imagen compuesta por píxeles.

El código desarrollado guardará en que índice de la matriz se encuentra cada cambio de color, definiendo una coordenada la cual se trabajará a través de los principios del código GRBL, empleando los ejes X, Y y Z.

Cada coordenada obtenida tendrá un identificador como el salto entre punto por la letra G y las coordenadas identificadas correspondientemente por las letras X, Y y Z, las cuales serán acompañadas de su posición.

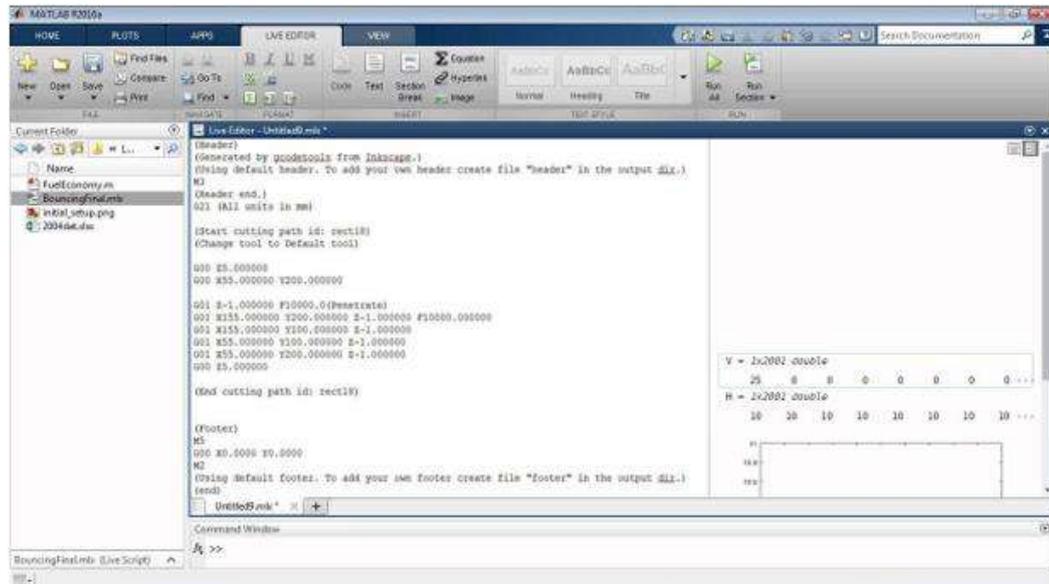


Figura 41. Encriptado de las coordenadas.

```
(Header)
(Generated by gcodetools from Inkscape.)
(Using default header. To add your own header create file "header" in the output dir.)
M3
(Header end.)
G21 (All units in mm)

(Start cutting path id: rect18)
(Change tool to Default tool)

G00 Z5.000000
G00 X55.000000 Y200.000000

G01 Z-1.000000 F10000.0(Penetrante)
G01 X155.000000 Y200.000000 Z-1.000000 F10000.000000
G01 X155.000000 Y100.000000 Z-1.000000
G01 X55.000000 Y100.000000 Z-1.000000
G01 X55.000000 Y200.000000 Z-1.000000
G00 Z5.000000

(End cutting path id: rect18)

(Footer)
M5
G00 X0.0000 Y0.0000
M2
(Using default footer. To add your own footer create file "footer" in the output dir.)
(end)
```

Figura 42. Estructuramiento del código GRBL.

- **Código GRBL**

GRBL es un software de código abierto, de alto rendimiento para controlar el movimiento de las máquinas y diseñar piezas.

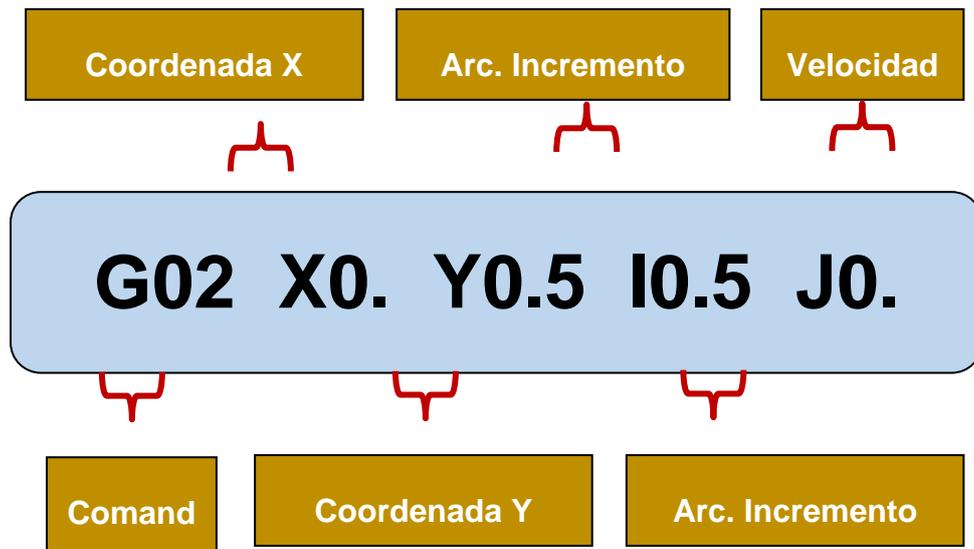
Se emplea en cientos de proyectos como cortadoras láser, escritores automáticos de mano, los perforadores de agujeros, pintores de grafiti y máquinas de dibujo. Gracias a su rendimiento, simplicidad y requisitos de hardware frugales,

El funcionamiento infiere en recibir una trama cuyos datos son la instrucción en código G y comienza a separarla por tipo y por valor, identificando dentro del bloque cada parte que siempre estará compuesta por una letra y un valor numérico.



Figura 43. Estructura del Código GRBL.

Mostraremos un bloque GRBL que está configurado para ir enviando la instrucción adecuada a los drivers de los motores a pasos.



En la figura mostrada podemos comprender de una manera más sencilla la lógica que se encuentra dentro del código G, es importante mencionar que cada instrucción esta encriptada dentro de este código.

cada letra y número significa una instrucción, en el siguiente ejemplo desglosaremos cada una de estas.

N50 G01 X40 Y20 Z10 F300 S1000

El primer bloque N50, ordena que el cabezal vaya desde las coordenadas en donde se encuentre, en G01 mejor dicho como trayectoria recta hacia las coordenadas X40 Y20 Z10, a una velocidad de avance F de 300 milímetros por minuto, con la fresadora girando a S 1000 revoluciones por minuto.

Sintetizando esta información el software realiza un movimiento desde el punto donde se encuentra, hasta el punto donde se le está indicando, si no existe un punto anterior, este tomara como referencia el punto inicial dependiendo de la configuración, gracias a esta programación el microcontrolador envía los pulsos correspondientes a cada driver para que el motor paso a paso pueda moverse, una vez finalizado este bloque continuara ejecutando el siguiente hasta llegar su fin.

- **Desarrollo de la interfaz por medio de LabView**

Existen en el mercado diferentes interfaces que el usuario puede utilizar para interactuar con el Router CNC. Una de las principales características para elegir uno de estos softwares son el área de trabajo, el equipo cabezal, las capacidades que estos tienen para manejar diferentes tipos de archivos y desde luego lo interactivo que sea para el usuario.

Teniendo en cuenta estas características se optó por desarrollar una interfaz Universal G-code Sender, que se acomode a las necesidades indicadas, además de diseñar de tal manera que nos brinde libertad para poder realizar cambios posteriores en el equipo y no estandarizarlo en una sola necesidad.

Esta integración del sistema será simulada en “tiempo real”, para poder analizar las capacidades de cada motor y su movimiento coordinado en el Router CNC, así como mostrar los bloques de código G que se envían al microcontrolador, para tal caso se opto por trabajar en la plataforma de LabView.

d) Interfaz de entrada

En esta interfaz encontraremos 3 pestañas principales menú, configuración – CNC y Monitoreo.
y Monitoreo.

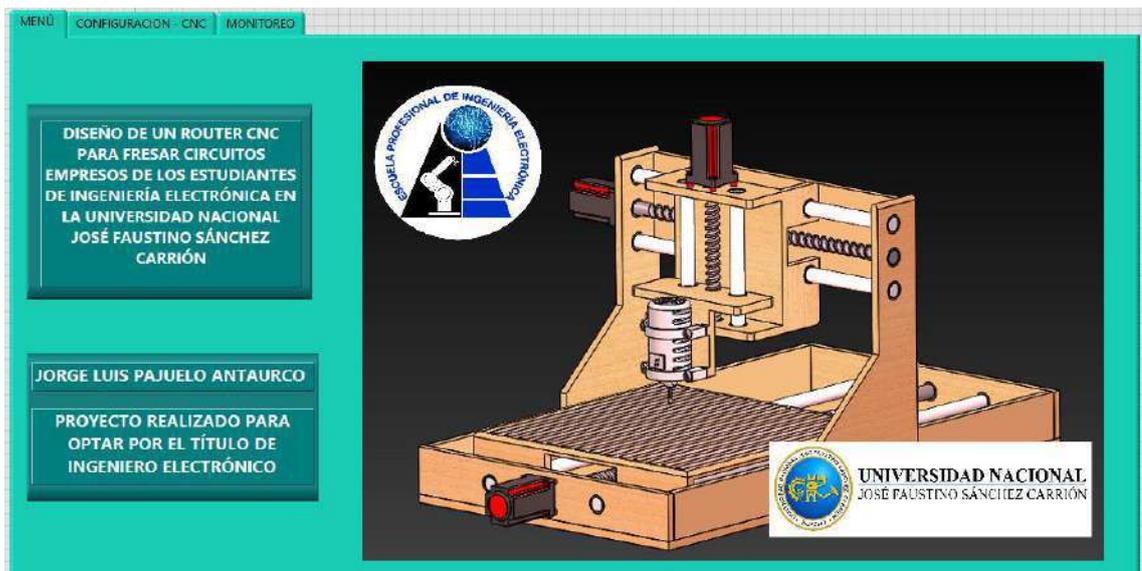


Figura 44. Interfaz de entrada.

e) **Configuración-cnc**

En ventana nos encontraremos con 5 etapas de configuración para nuestra CNC

- **Visualización SolidWorks**

En este apartado podremos vincular nuestra interfaz de LabView con el software de SolidWorks, de tal manera desde esta ventana se visualizará todo el proceso y movimiento de la CNC en tiempo real.

El programa nos muestra configuraciones adicionales y restricciones en los pasos de cada motor.

- **Manejo de ejes CNC-Trayectoria**

El programa nos brinda la opción para definir puntos de partida para cada eje del CNC, además a través de los botones de control se podrá manipular los pasos de cada motor.

Las posiciones serán visualizadas en forma de coordenadas siguiendo los límites definidos del equipo CNC.

- **Conexión con CNC**

Se configuró una comunicación VISA en LabView para conectarnos directamente con el microcontrolador que maneja la CNC. A través de su puerto de comunicación nos enlazarémos en tiempo real.

Definir el tipo de herramienta de fresado es principal en este proceso, por tal motivo se generó una lista de las brocas más empleadas en el proceso de fresado. El control de las brocas depende del motor en ese Z, pero también de un propio

calibrados milimétrico, el cual será manipulado por el operario a través de 2 botones con sus indicadores.

Es de suma importancia poder mostrar una referencia al tiempo aproximado de trabajo, para tal caso se implementó un generador de tiempo de trabajo según el área y pasos por minutos de cada motor.

- **Código GRBL**

Se implemento una ventana donde se visualizarán los registros obtenidos por el código grbl, esta secuencia se analizará paso a paso según las rutinas planteadas.

- **Taza de alimentación**

Se podrá visualizar el consumo energético de todo el proceso, esta etapa es fundamental para ver la rentabilidad del equipo según su trabajo. Se cuenta con un botón para generar un registro de toda la energía consumida en el proceso, este registro se encuentra en formato XLSX.

Interfaz de configuración y registro

The interface is divided into several main sections:

- CARGAR DISEÑO PCB:** A panel for loading a PCB design. It includes a 'VISTA PREVIA' (Preview) window showing a white PCB layout on a black background. Below it are buttons for 'AGREGAR ARCHIVO' (Add File), 'CARGAR ARCHIVO' (Load File), 'INICIAR' (Start), and 'CANCELAR' (Cancel).
- CONFIGURACIONES AVANZADAS:** A panel for advanced configurations. It features 'AUTOMATICO' and 'MANUAL' buttons, a 'GENERAR ARCHIVO EXCEL' button with an XLS icon, and a 'GUARDAR' (Save) button. Dimensions are set with sliders: 'ANCHO' (Width) at 40, 'LARGO' (Length) at 40, and 'ALTO' (Height) at 20. There are also directional arrow icons.
- SECUENCIA NÚMÉRICA COMPUTACIONAL:** A panel for numerical simulation. It shows a 3D wireframe model of the PCB layout. Below it are three sliders for 'MOV.X', 'MOV.Y', and 'MOV.Z', each ranging from 0 to 10. To the right, there are input fields for 'plant parameters in': 'process gain' (1.000), 'time constant (s)' (0.010), and 'delay time (s)' (0.000). There is also a 'reinitialize' (F) button with a refresh icon, a 'STOP' button, and an 'output' field showing 0.00.
- Output Graph:** A graph titled 'output 2' showing 'Amplitude' on the y-axis (ranging from 90 to 110) and 'Time' on the x-axis (ranging from 0 to 1023). The graph area is currently empty.

Figura 46. Interfaz de configuración y registro.

f) Secuencia numérica computacional

Dentro de una ventana de proyección, graficaremos las trayectorias y movimientos que ejecutara el Router CNC, para poder tener una vista más directa del proceso físico de fabricación, todas las trayectorias empleadas saldrán de una posición inicial y mediante el fresado se ira mostrando el acabado de la placa.

Se ve la necesidad de implementar una tabla grafica para indicar los pasos del motor, verificando que ninguno de estos salga más del valor establecido.

- **Movimientos y calibración de los motores.**

Se contará con 3 barras deslizadoras para manipular de manera manual los ejes del Router CNC, a su vez ingresaremos unos parámetros establecidos por su hoja de datos de cada motor para, tener una mejor precisión y no ocurran errores al momento de trabajar.

g) Carcar diseño pcb

En este apartado cargaremos un archivo pdf con nuestra PCB diseñada, esta se podrá visualizar en una ventana para corroborar que el archivo seleccionado sea el correcto. Una vez que el archivo sea verificado se procederá a cargarlo y como último paso presión aremos el botón iniciar para que comience el proceso de fresado.

- **Configuraciones avanzadas**

En las configuraciones avanzadas encontramos dos botones de “automático” y “manual”

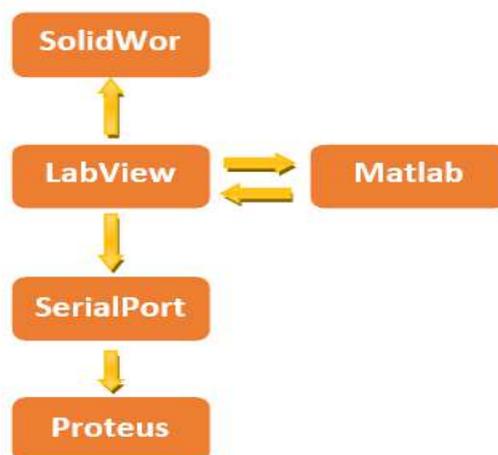
En automático el proceso se moverá según el código GRBL generado por el software de MATLAB, mientras que en modo manual nosotros controlaremos los ejes mediante los deslizados.

La interfaz fue diseñada con el propósito de adaptarse a otras CNC de mayor tamaño, por tal motivo se generó un aparatado para ingresar “ancho”, “largo” y “alto”, con estas configuraciones establecidas se podrá generar un archivo XLS para tener como registro todos las trayectorias realizadas y el tamaño de CNC con el que se trabajó.

4.1.1.2. Resultados de la simulación.

Para el proceso de simulación se emplearon los siguientes softwares:

- **LabVIEW**- software encargado para desarrollar la interfaz virtual
- **Matlab** -Software encargado de vectorizar una imagen y generar el código GRBL
- **Proteus**- Software encargado para el diseño electrónico y simulación de los motores
- **SolidWorks**-software encargado para simular el movimiento mecánico de una CNC
- **SerialPort**-software encargado para realizar la conexión entre LabVIEW y Proteus



a) Primera etapa

Lo primero a realizar es cargar el archivo PCB en formato de PDF a la interfaz de labview indicar sus configuraciones de tamaño de la CNC con la cual se esta trabajando y realizar las calibraciones de la fresadora.



Figura 47. Interfaz para cargar un archivo.

b) Segunda etapa

En la segunda etapa la plataforma de labview enviará el archivo de la PCB al software de MatLab, este de aquí se encargará de realizar la vectorización de la imagen y generar el código GRBL, el cual será almacenado en una matriz.

La matriz generada se enviará al labview donde este lo decodificará en pulsos de movimientos para indicar cuantos pasos debe de moverse cada motor.

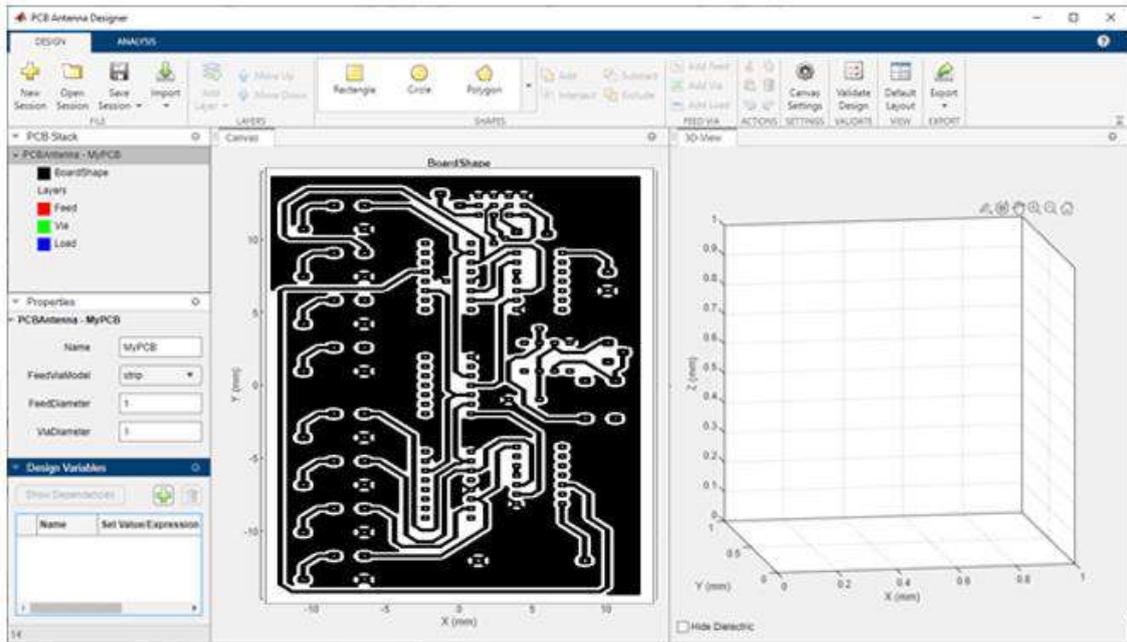


Figura 48. Vectorizar imagen en MatLab.

c) Tercera etapa

En esta etapa Labview enviará los datos de movimiento a proteus, pero se necesitará un software de intermediario para su comunicación para lo cual se utilizó el software de SerialPort con el fin de simular los puertos digitales.

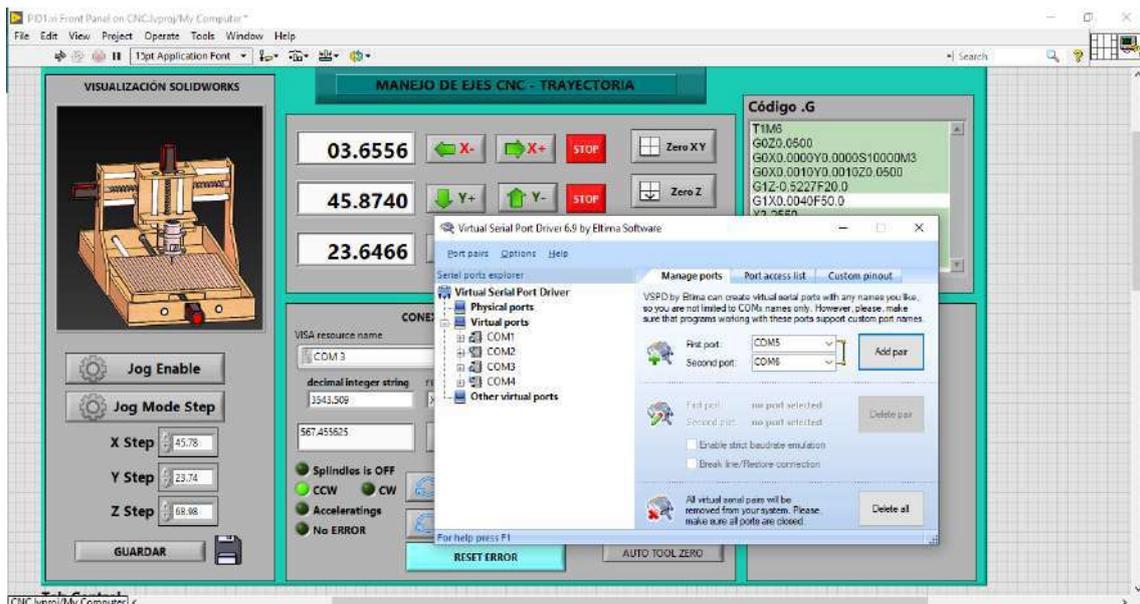


Figura 49. Configuración y conexión virtual.

En el software de proteus se implementó 3 motores paso a paso para simular el movimiento de estos.

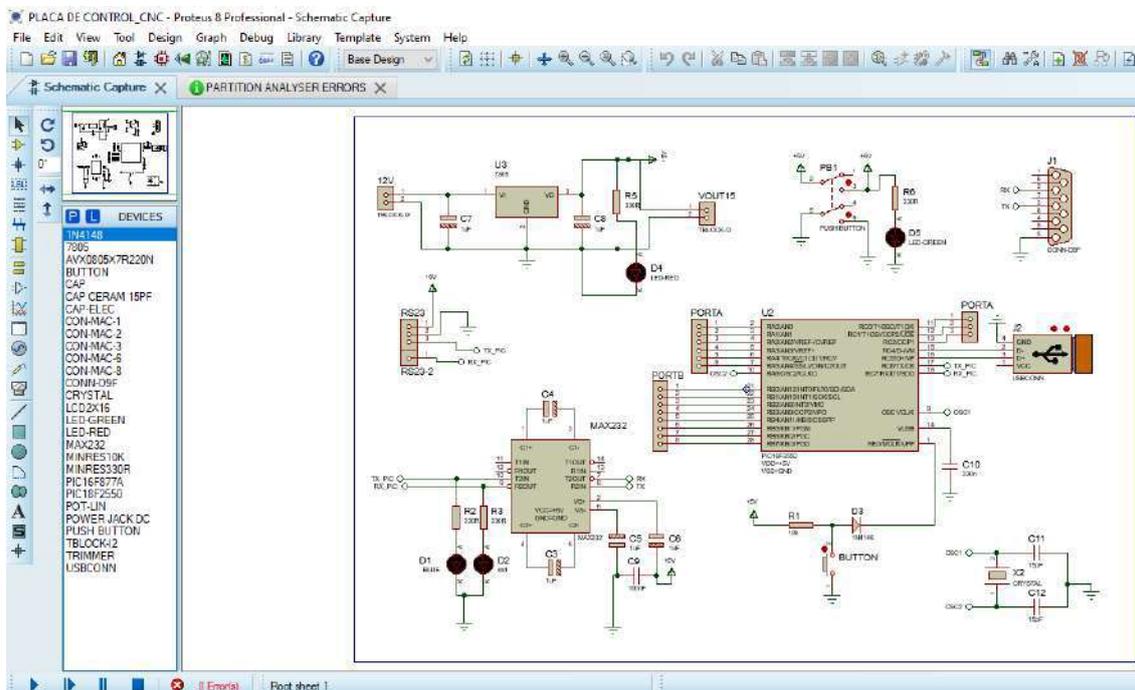


Figura 50. Conexión al software de proteus.

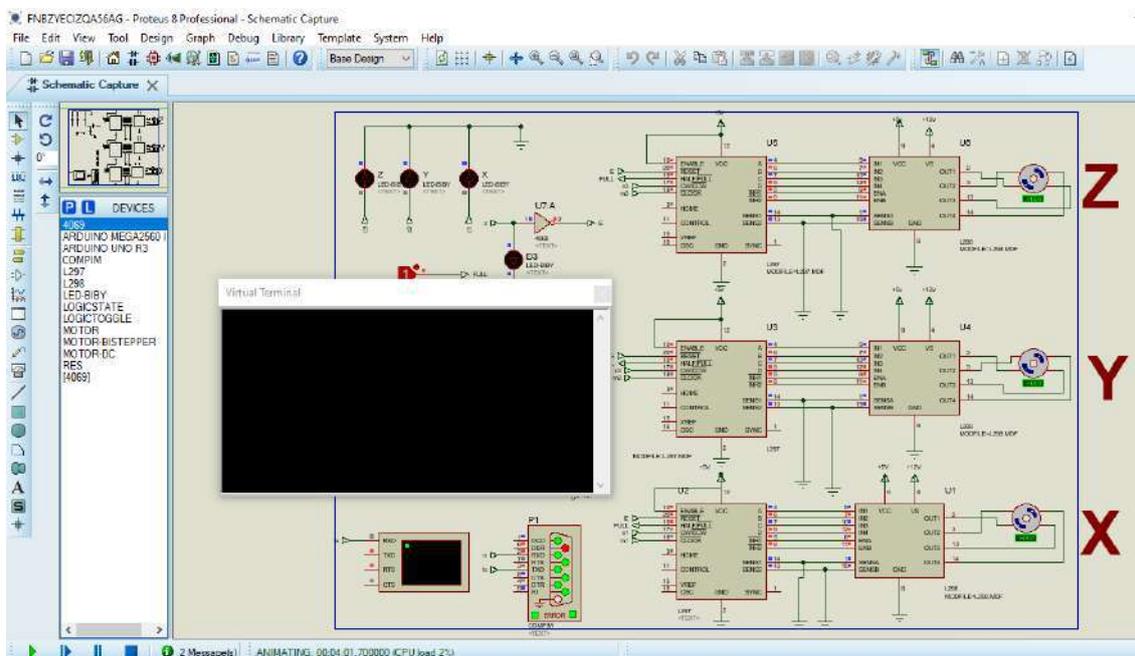


Figura 51. Ejecución de movimiento de motores.

d) Cuarta etapa

En esta última etapa se enviarán los movimientos y coordenadas desde labview al software de SoliWorks, con el fin de poder visualizar el movimiento mecánico del ROUTER CNC.

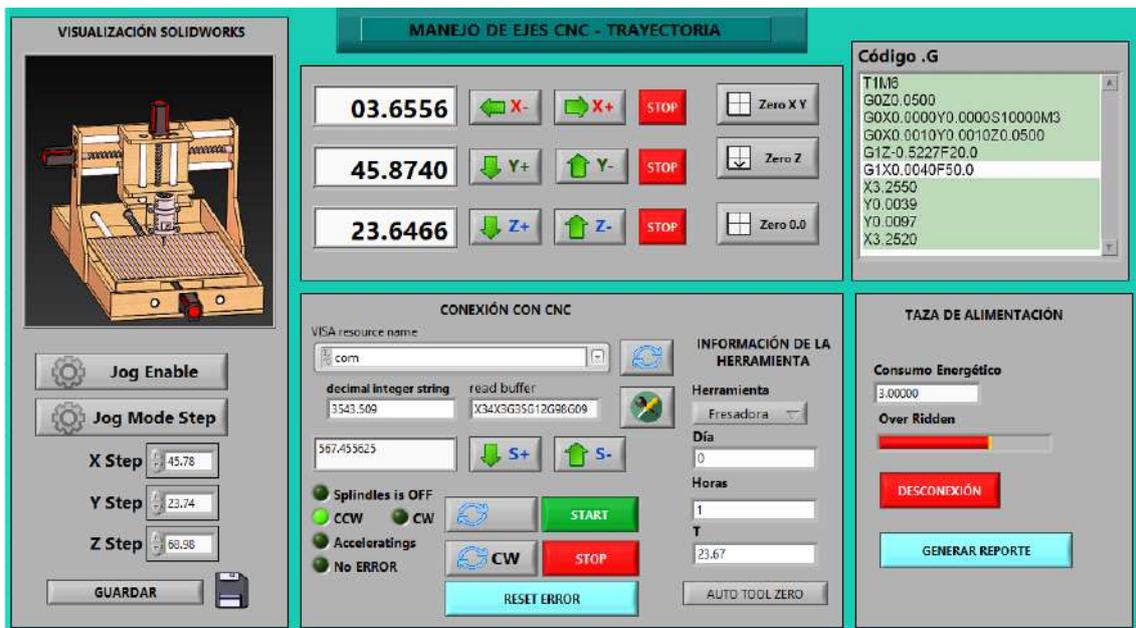


Figura 52. Monitorea en el software de LabView.

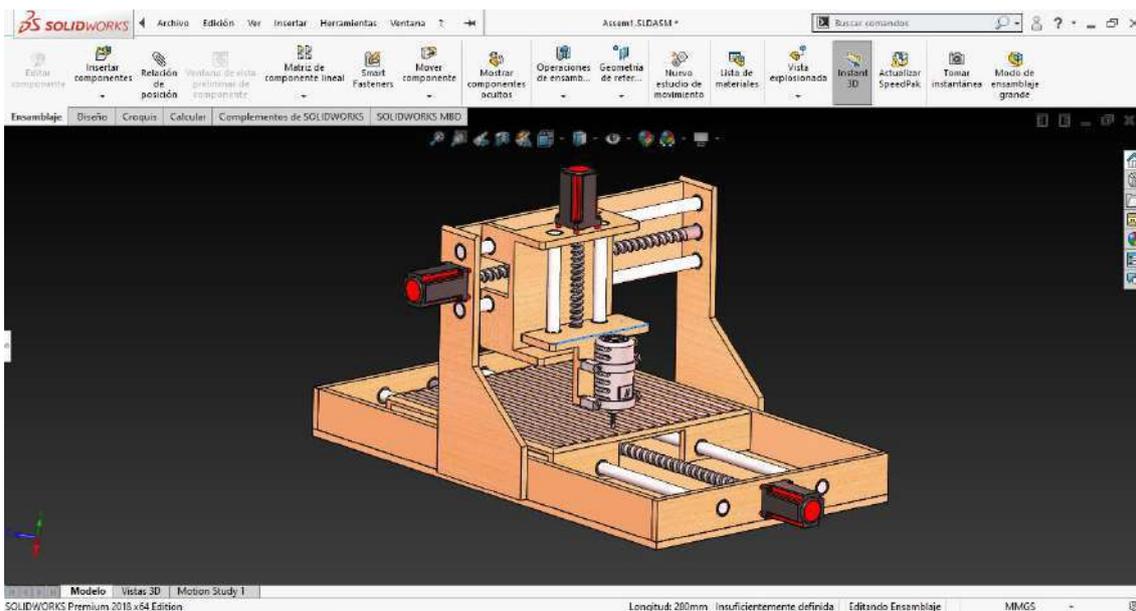


Figura 53. Simulación en el software de SolidWorks.

4.2. Analisis de resultados descriptivo

Tabla 2. Router CNC

<i>Router CNC</i>				Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Bajo	30	27,3	27,3	27,3
	Medio	67	60,9	60,9	88,2
	Alto	13	11,8	11,8	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

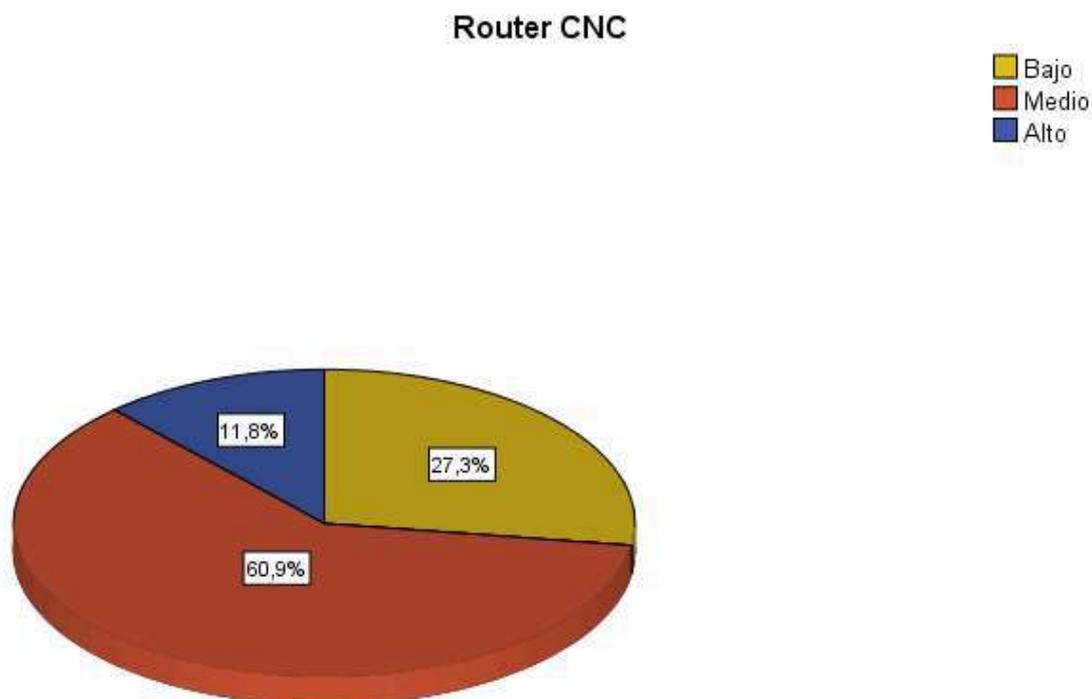


Figura 54. Router CNC

De la figura 54, un 60,9% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel medio en la variable del Router CNC, un 27,3% un nivel bajo y un 13,3% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 3. *Motores paso a paso*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	53	48,2	48,2	48,2
	Medio	39	35,5	35,5	83,6
	Alto	18	16,4	16,4	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

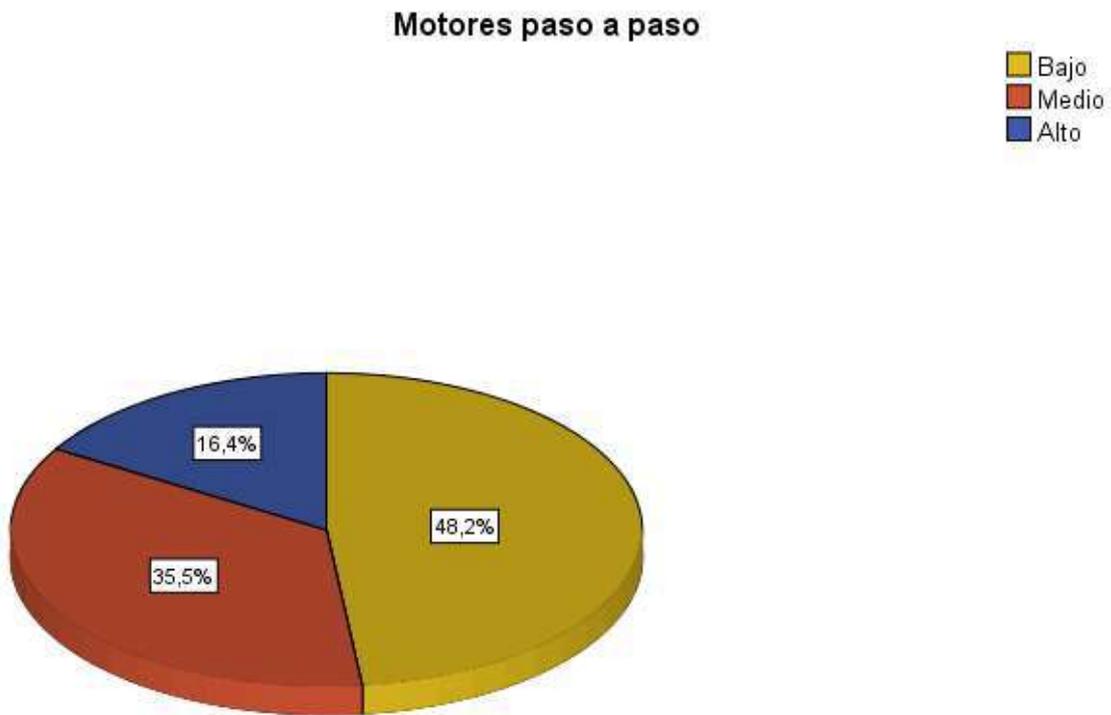


Figura 55. Motores paso a paso

De la figura 55, un 48,2% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel bajo en la dimensión de los motores paso a paso, un 35,5% un nivel medio y un 16,4% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 4. *Controlador CNC*

<i>Controlador CNC</i>				Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Bajo	54	49,1	49,1	49,1
	Medio	43	39,1	39,1	88,2
	Alto	13	11,8	11,8	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

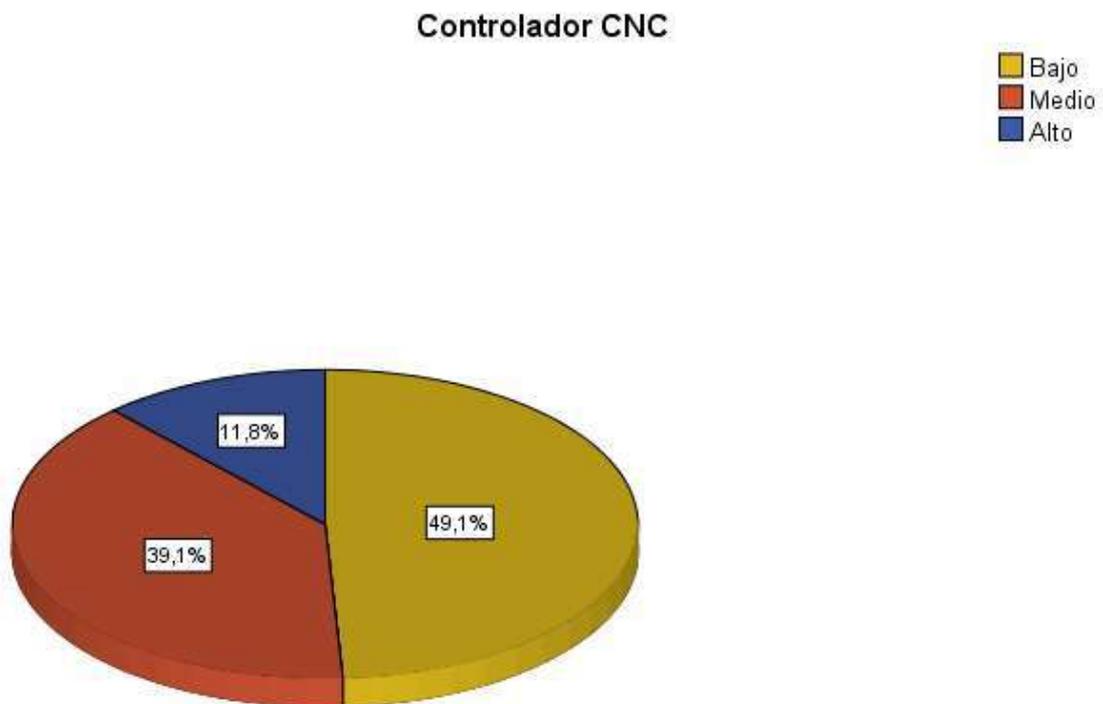


Figura 56. Controlador CNC

De la figura 56, un 49,1% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel bajo en la dimensión Controlador CNC, un 39,1% un nivel medio y un 11,8% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 5. Programación del control numérico

		<i>Programación del control numérico</i>			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	52	47,3	47,3	47,3
	Medio	40	36,4	36,4	83,6
	Alto	18	16,4	16,4	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

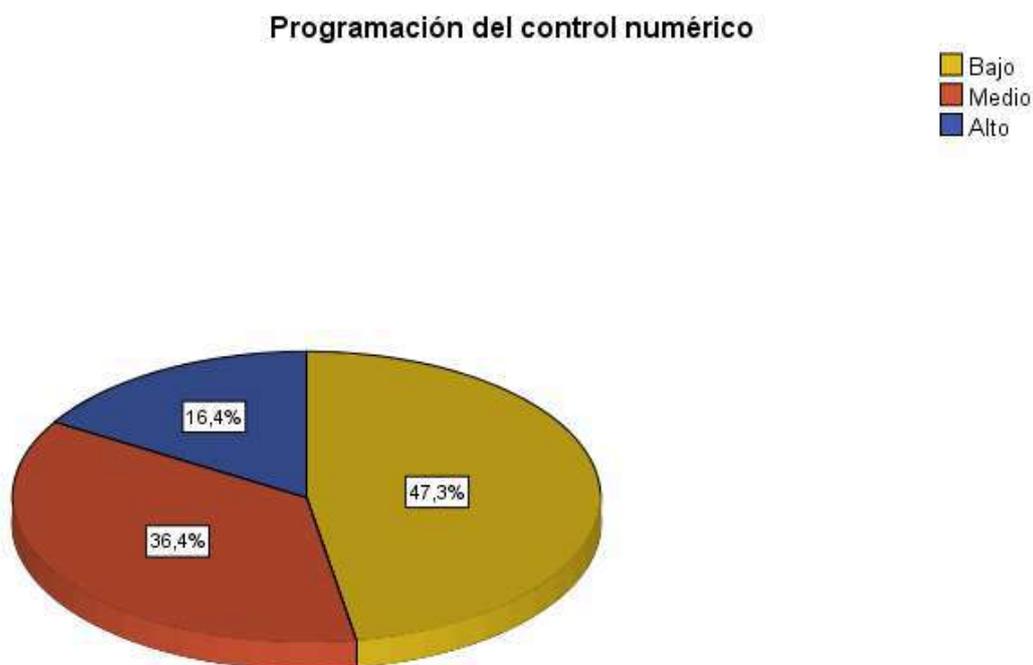


Figura 57. Programación del control numérico

De la figura 57, un 47,3% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel bajo en la dimensión programación del control numérico, un 36,4% un nivel medio y un 16,4% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 6. Circuitos impresos

<i>Circuitos impresos</i>				Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Bajo	54	49,1	49,1	49,1
	Medio	47	42,7	42,7	91,8
	Alto	9	8,2	8,2	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

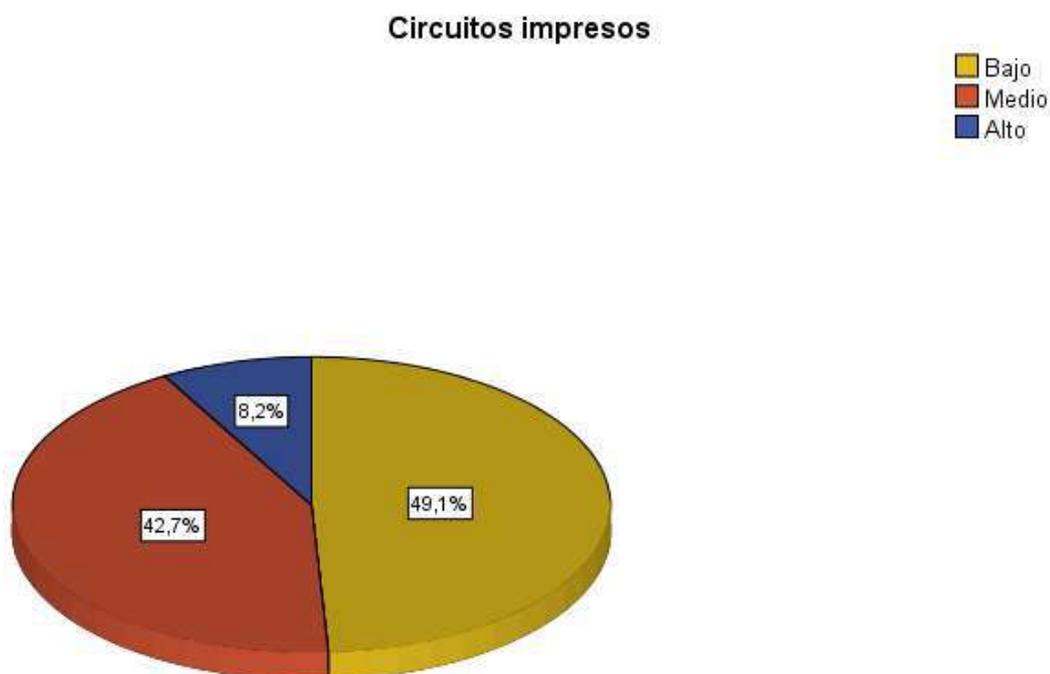


Figura 58. Circuitos impresos

De la figura 58, un 49,1% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel bajo en la variable circuitos impresos, un 42,7% un nivel medio y un 8,2% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 7. *Tipos de circuitos impresos*

<i>Tipos de circuitos impresos</i>				Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Bajo	49	44,5	44,5	44,5
	Medio	52	47,3	47,3	91,8
	Alto	9	8,2	8,2	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

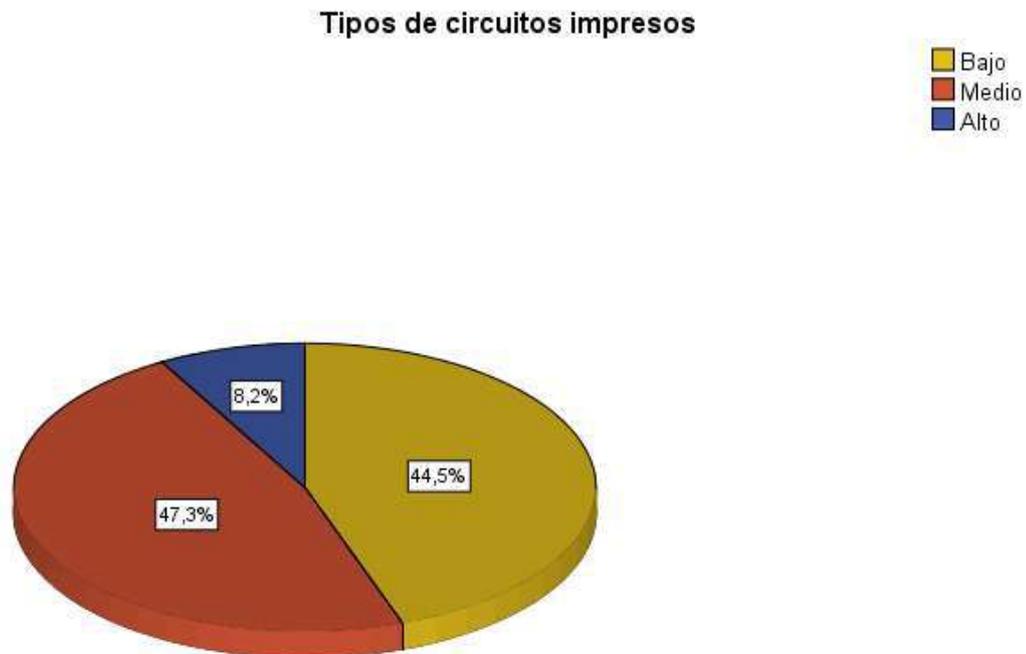


Figura 59. Tipos de circuitos impresos

De la figura 59, un 47,3% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel medio en la dimensión tipos de circuitos impresos, un 44,5% un nivel bajo y un 8,2% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tabla 8. *Microcontroladores*

<i>Microcontroladores</i>				Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
		Frecuencia	Porcentaje		
Válido	Bajo	36	32,7	32,7	32,7
	Medio	65	59,1	59,1	91,8
	Alto	9	8,2	8,2	100,0
	Total	110	100,0	100,0	

Fuente: Ficha de observación aplicada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

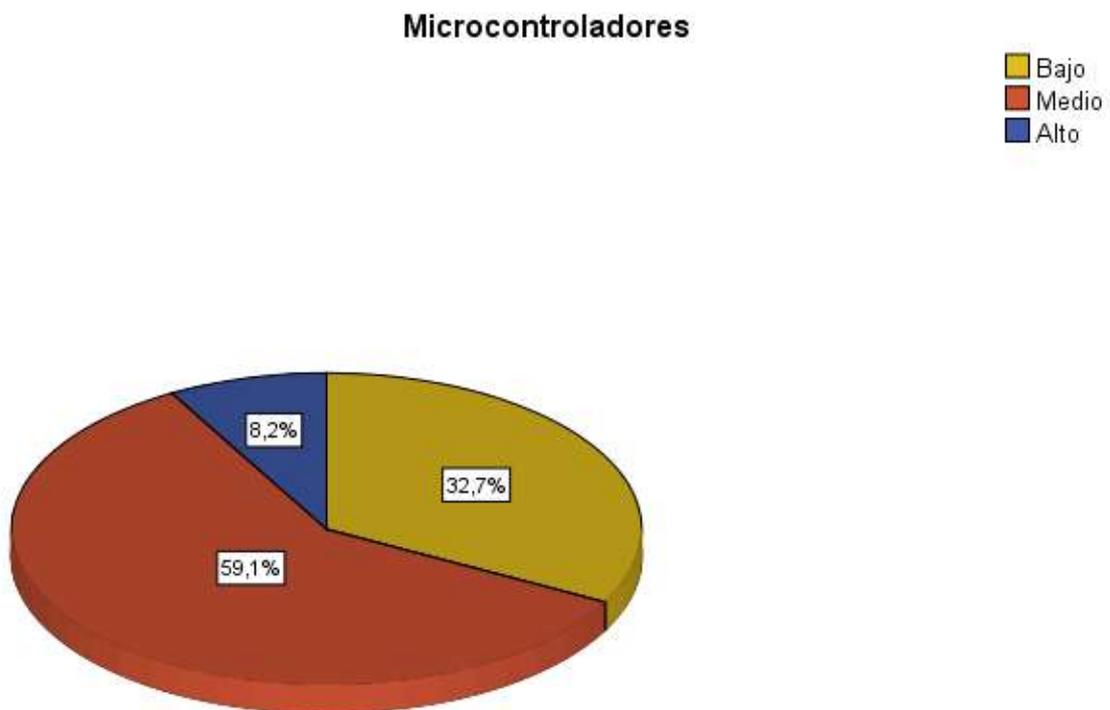


Figura 60. Microcontroladores

De la figura 60, un 59,1% de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica manifiestan que existe un nivel medio en la dimensión microcontroladores, un 32,7% un nivel bajo y un 8,2% un nivel alto en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

4.3. Contrastación de hipótesis

Dado que se tiene 2 variables cuantitativas es necesario comprobar antes de cualquier análisis estadístico inferencial, si los datos de las variables aleatorias estudiadas siguen o no el modelo normal de distribución de probabilidades. Para realizar la prueba de normalidad se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, dado que el tamaño de la muestra es mayor que 50.

Prueba de Normalidad del Router CNC

Para realizar la prueba de normalidad de la variable Router CNC, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se siguió el siguiente procedimiento:

a) Planteo de las hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): Las puntuaciones de la variable Router CNC tienen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H_a): Las puntuaciones de la variable Router CNC no tienen una distribución normal.

b) Nivel de significación o riesgo: $\alpha = 5\% = 0,05$

c) Estadístico de prueba: Kolmogorov-Smirnov

Tabla 9. Prueba de normalidad de la variable Router CNC

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Router CNC	,199	110	,000

d) Regla de decisión:

- Si: $P_{\text{valor}}(\text{Sig}) \leq 0,05$ se rechaza la hipótesis nula
- Si: $P_{\text{valor}}(\text{Sig}) > 0,05$ no se rechaza la hipótesis nula

Sobre la variable router CNC, el p-valor=Sig= es igual ,000 como este valor es menos a 0,05 se infiere que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, concluyendo que los datos no provienen de una distribución normal.

Prueba de Normalidad de la variable de Circuitos impresos

Para realizar la prueba de normalidad de la variable circuitos impresos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se siguió el siguiente procedimiento:

a) Planteo de las hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): Las puntuaciones de la variable circuitos impresos tienen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H_a): Las puntuaciones de la variable circuitos impresos no tienen una distribución normal.

b) Nivel de significación o riesgo: $\alpha = 5\% = 0,05$

c) Estadístico de prueba: Kolmogorov-Smirnov

Tabla 10. *Prueba de normalidad de la variable circuitos impresos*

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Circuitos impresos	,213	110	,000

d) Regla de decisión:

- Si: $P_valor (Sig) \leq 0,05$ se rechaza la hipótesis nula
- Si: $P_valor (Sig) > 0,05$ no se rechaza la hipótesis nula

Sobre la variable circuitos impresos, el p-valor=Sig= es igual 0,000 como este valor es menos a 0,05 se infiere que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, concluyendo que los datos no provienen de una distribución normal.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

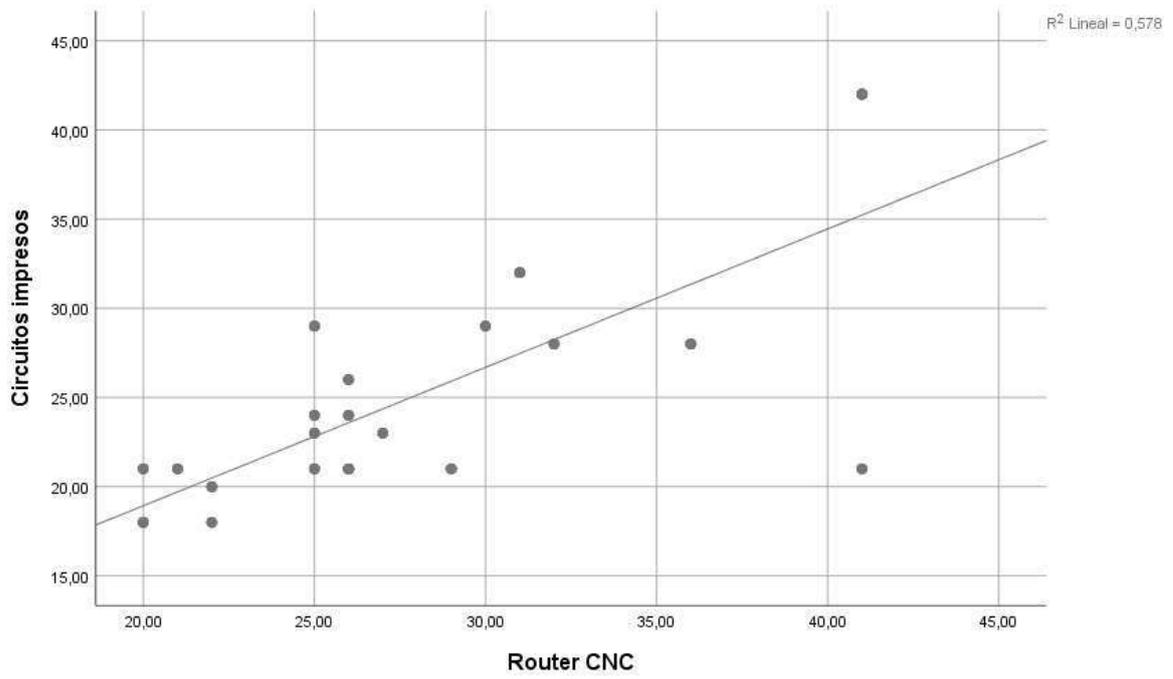


Figura 61. El router CNC y los circuitos impresos

Hipótesis Especifica 1

Hipótesis Alternativa: Los motores paso a paso se relacionan significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Hipótesis nula: Los motores paso a paso no se relacionan significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Tabla 12. *Los motores paso a paso y los circuitos impresos*

			Motores paso a paso	Circuitos impresos
Rho de Spearman	Motores paso a paso	Coefficiente de correlación	1,000	,631**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	110	110
	Circuitos impresos	Coefficiente de correlación	,631**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	110	110

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como se muestra en la tabla 12 se obtuvo un coeficiente de correlación de $r= 0.631$, con una $p=0.000(p<0.05)$ con lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede evidenciar estadísticamente que existe una relación significativamente entre los motores paso a paso y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Se puede apreciar que el coeficiente de correlación es de una magnitud **buena**.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

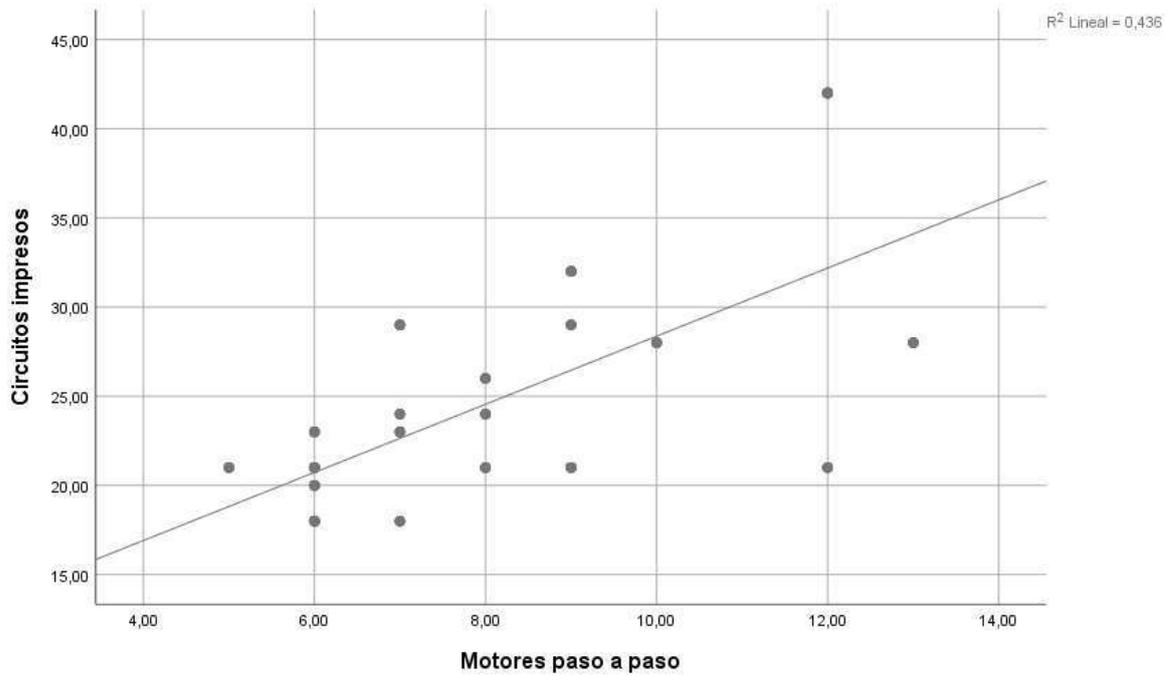


Figura 62. Los motores paso a paso y los circuitos impresos

Hipótesis Especifica 2

Hipótesis Alternativa: El controlador CNC se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Hipótesis nula: El controlador CNC no se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Tabla 13. *El controlador CNC y los circuitos impresos*

			Controlado r CNC	Circuitos impresos
Rho de Spearman	Controlador CNC	Coefficiente de correlación	1,000	,663**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	110	110
	Circuitos impresos	Coefficiente de correlación	,663**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	110	110

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como se muestra en la tabla 13 se obtuvo un coeficiente de correlación de $r= 0.663$, con una $p=0.000(p<0.05)$ con lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede evidenciar estadísticamente que existe una relación significativamente entre el controlador CNC y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Se puede apreciar que el coeficiente de correlación es de una magnitud **buena**.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

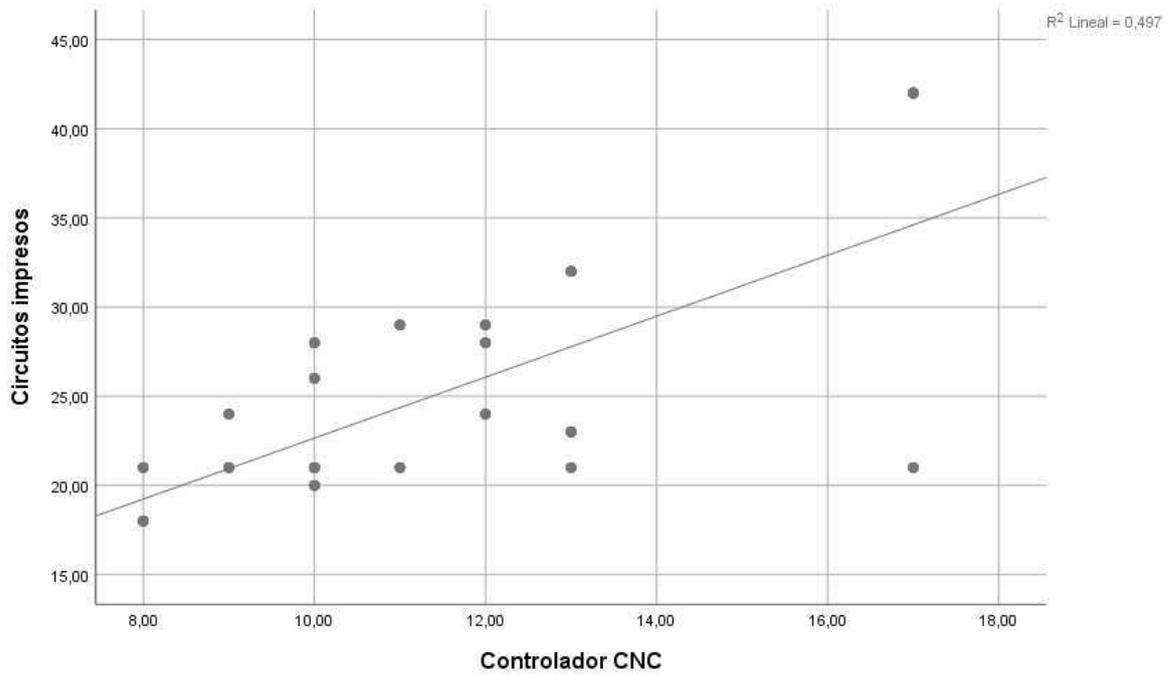


Figura 63. El controlador CNC y los circuitos impresos

Hipótesis Especifica 3

Hipótesis Alternativa: La programación del control numérico se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Hipótesis nula: La programación del control numérico no se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Tabla 14. *La programación del control numérico y los circuitos impresos*

			Programación del control numérico	Circuitos impresos
Rho de Spearman	Programación del control numérico	Coefficiente de correlación	1,000	,620**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	110	110
	Circuitos impresos	Coefficiente de correlación	,620**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	110	110

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como se muestra en la tabla 13 se obtuvo un coeficiente de correlación de $r=0.620$, con una $p=0.000$ ($p<0.05$) con lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede evidenciar estadísticamente que existe una relación significativamente entre la programación del control numérico y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Se puede apreciar que el coeficiente de correlación es de una magnitud **buena**.

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:

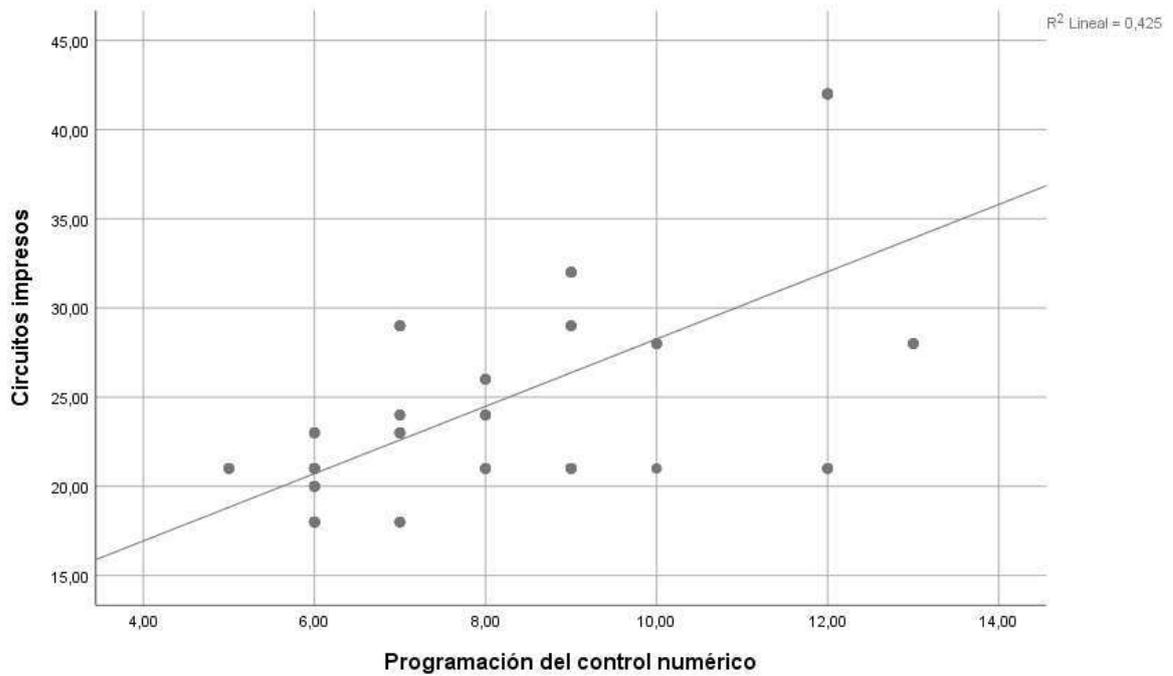


Figura 64. La programación del control numérico y los circuitos impresos

Capítulo V. Discusión

5.1. Discusión

Los resultados estadísticos demuestran que existe una relación significativamente entre el router CNC para fresar y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. Se puede apreciar que el coeficiente de correlación es de una magnitud buena, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0.729, representando una buena asociación. Guardando similitud con la investigación de Molina (2012) quien concluyó que se alcanzó en su totalidad diseñando un sistema capaz de fresar y perforar placas de circuito impreso, que realiza la tarea en un tiempo menor al utilizado al fabricar PCB por métodos artesanales y con una calidad final mayor.

Luego analizamos estadísticamente por dimensiones las variables el cual la primera dimensión se puede apreciar también existe una relación significativamente entre los motores paso a paso y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,631, representando una buena asociación. Coincidiendo con la investigación de Hurtado (2015) quien concluyó que el diseño y construcción de un prototipo de fresadora-CNC trabaja en tres dimensiones, controlada por ordenador en casa que permite la realización de modelos que se han creado previamente en el ordenador utilizando programas de diseño.

En la segunda dimensión se puede apreciar también que existe una relación significativamente entre el controlador CNC y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,633, representando una buena asociación. Guardando similitud con la investigación de Gauna (2019) quien

concluyó que el diseño de la estructura del módulo router CNC, en la que se utilizó un programa de diseño solidworks, se logró simular la estructura junto con los componentes mecánicos seleccionados tal y como se muestra en el capítulo III – montaje completo de módulo router CNC; además el módulo router CNC, puede ser replicado para fines didácticos y personales, ya que en el capítulo III se detalla el proceso de ensamble y montaje del módulo router CNC.

En la tercera dimensión se puede apreciar también que existe una relación significativamente entre la programación del control numérico y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,620, representando una buena asociación. Coincidiendo con la investigación de Macha (2021), quien concluyó que se definieron a través de un esquema las características y funcionalidades del ruteador CNC. Esto nos sirve para determinar el modelo de diseño que tiene la máquina.

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

De las pruebas realizadas podemos concluir:

- 1. Primero:** Existe una relación significativamente entre el router CNC para fresar y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0.729, representando una buena asociación.
- 2. Segundo:** Existe una relación significativamente entre los motores paso a paso y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,631, representando una buena asociación.
- 3. Tercero:** Existe una relación significativamente entre el controlador CNC y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,633, representando una buena asociación.
- 4. Cuarto:** Existe una relación significativamente entre la programación del control numérico y los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021, debido a la correlación de Spearman que devuelve un valor de 0,620, representando una buena asociación.

6.2. Recomendaciones

1. Se recomienda implementar un sistema que pueda aspirar los desechos dejados por la fresadora con el fin de evitar obstrucción en el avance del trabajo.
2. Se recomienda reemplazar los motores por unos que tengan menor inductancia para que así permitan tener una velocidad mayor en vacío.
3. Se recomienda Fresar con pasadas de menor profundidad, para disminuir los danos en la punta de la fresa.
4. Es recomendable implementar a futuro una pantalla LCD y un teclado en el equipo, para que así el operario pueda manejar las configuraciones desde el mismo equipo sin la necesidad de emplear un computador.
5. Se recomienda emplear un sistema de disipación de calor en los controladores de los motores con el fin de evitar el recalentamiento de la placa.
6. Es recomendable realizar una implementación física, para corroborar los resultados obtenidos en la simulación del router CNC

Capítulo VII. Referencias bibliográficas

7.1. Fuentes bibliográficas

Bernal, C. (2006). Editorial Pearson Education, Segunda Edición 2006 Metodología de la Investigación

Carrillo, E. (2015). Diseño y construcción de una fresadora de control numérico computarizado con movimientos en tres ejes (tesis de pregrado). Universidad Internacional de Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/680>

Chang, R. (2015). Diseño e implementación de una máquina fresadora CNC para la fabricación de placas de circuitos impresos (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1117/1/Rodrigo%20Rafael%20Chang%20Papa.pdf>

Echevarría, M., Gómez, R. y Quintero, J. (2012). Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC (tesis de pregrado). Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. Recuperado de: http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/688/1/Rep_IUPB_Tec_Sis_Mecatr%c3%b3nicos_Circuitos_Impresos.pdf

Llerena, A., & Coronel, M. (2014). Estudio, diseño e implementación de una máquina herramienta de control numérico computarizado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Pita, M. (2021). Implementación de un sistema de circuitos impresos para electrónica analógica en la carrera de Ingeniería en Computación y redes (tesis de pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3043/1/PITA%20ALAVA%20MICHAEL%20ANGELO.pdf>

Racines, I. (2020). Diseño de un router CNC con cambio automático de hasta tres herramientas (tesis de pregrado). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4143/1/T-UIDE-0002.pdf>

Ramirez, L. (1990). El motor paso a paso: descripción, modelación, simulación (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11484/1/T395.pdf>

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

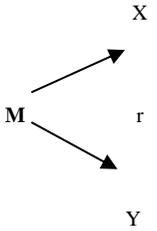
Anexo N°2: Instrumento de recolección de datos

Anexo N°3: Confiabilidad de Alfa Cronbach

Anexo N°4: Biase de daitos

ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO Y TECNICAS
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cómo el router CNC para fresar se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?</p>	<p><u>Objetivos General</u></p> <p>Conocer el router CNC para fresar y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>El router CNC para fresar se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p>	<p>(X)</p> <p>Router CNC para fresar</p>	<p>X.1.- Motores paso a paso</p> <p>X.2.- Controlador CNC</p> <p>X.3.- Programación del control numérico</p>	<p>X.1.1.- Motor paso a paso de reluctancia variable</p> <p>X.1.2.- Motor de imán permanente</p> <p>X.1.3.- Motores paso a paso híbridos</p> <p>X.2.1.- Unidad de entrada y salida de datos</p> <p>X.2.2.- Unidad de memoria interna</p> <p>X.2.3.- Unidad de cálculo</p> <p>X.2.4.- Enlace con la máquina - herramienta</p> <p>X.3.1.- Código G</p> <p>X.3.2.- Programación manual</p> <p>X.3.3.- Programación automática</p>	<p>Población = 306</p> <p>Muestra = 110</p> <p>Método: Científico.</p> <p>Técnicas :</p> <p>Para el acopio de Datos:</p> <p>La observación</p> <p>Encuesta</p> <p>Análisis Documental y Bibliográfica.</p> <p>Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Guía de observación.</p> <p>Cuestionario.</p> <p>Análisis de contenido y Fichas.</p> <p>Para el Procesamiento de datos.</p>

<p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>1. ¿Cómo los motores paso a paso se relacionan con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?</p> <p>2. ¿Cómo el controlador CNC se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?</p> <p>3. ¿Cómo la programación del control numérico se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>1. Conocer los motores paso a paso y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p> <p>2. Conocer el controlador CNC y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p> <p>3. Conocer la programación del control numérico y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p>	<p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>1. Los motores paso a paso se relacionan significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p> <p>2. El controlador CNC se relaciona significativamente con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p> <p>3. La programación del control numérico se relaciona con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.</p>	<p>(Y)</p> <p>Circuitos impresos</p>	<p>Y.1.- Tipos de circuitos impresos</p> <p>Y.2.- Microcontroladores</p>	<p>Y.1.1.- Circuito impreso de una cara</p> <p>Y.1.2.- Circuito impreso de doble cara</p> <p>Y.1.3.- Circuito impreso multicapa</p> <p>Y.1.4.- Circuito impreso rígido</p> <p>Y.1.5.- Circuito impreso flexible</p> <p>Y.1.6.- Circuito impreso rígido - flexible</p> <p>Y.2.1.- Arquitectura</p> <p>Y.2.2.- Dispositivos que componen un microcontrolador</p> <p>Y.2.3.- Recursos auxiliares</p>	<p>Consistenciación, Codificación Tabulación de datos.</p> <p>Técnicas para el análisis e interpretación de datos.</p> <p>Paquete estadístico SPSS 25.0</p> <p>Estadística descriptiva para cada variable.</p> <p>Para presentación de datos</p> <p>Cuadros, gráficos y figuras estadísticas.</p> <p>Para el informe final:</p> <p>Tipo de Investigación: Básica</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>Esquema propuesto por la EPII. UNJFSC.</p> <p>Descriptiva Correlacional</p> <p>Transeccional.</p> 
--	--	--	---	---	---	--

ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

“Cuestionario para conocer Router CNC para fresar y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021”

Estimado colaborador esperamos tu colaboración respondiendo con responsabilidad y honestidad, el presente cuestionario. Se agradece no dejar ninguna pregunta sin contestar.

El objetivo es recopilar información, para conocer el Router CNC para fresar y su relación con los circuitos impresos de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021.

Instrucciones: Lea cuidadosamente las preguntas y marque con un aspa (x) la escala que crea conveniente.”

Escala valorativa

Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
5	4	3	2	1

Router CNC (X)						
N°	X.1. Motores paso a paso	N.	C.N	A.	C.S.	S.
01	¿En qué medida el motor paso a paso de reluctancia variable del Router CNC proporciona un rendimiento satisfactorio en términos de precisión y control de movimiento?					
02	¿En qué medida el motor de imán permanente en el Router CNC proporciona un rendimiento confiable y consistente en términos de velocidad y potencia?					

03	¿En qué medida los motores paso a paso híbridos proporcionan un equilibrio óptimo entre torque, precisión y velocidad en un sistema de control de movimiento?					
X.2. Controlador CNC						
04	¿Qué tan adecuada considera la unidad de entrada y salida de datos en el Controlador CNC de un Router CNC en términos de eficiencia y facilidad de uso?					
05	¿En qué medida considera que la unidad de memoria interna del Controlador CNC del Router CNC es eficiente y funcional para el almacenamiento y recuperación de datos?					
06	¿En qué medida considera que la unidad de cálculo del Controlador CNC del Router CNC es capaz de realizar los cálculos necesarios de manera precisa y eficiente?					
07	¿En qué medida considera que el enlace entre el Controlador CNC y la máquina-herramienta en el Router CNC es efectivo y confiable para la transmisión de comandos y datos de control?					
X.3. Programación del control numérico						
08	¿Considera que la utilización del código G en la programación del control numérico del Router CNC es eficiente y facilita la creación de instrucciones precisas para el mecanizado?					
09	¿Considera que la programación manual en el control numérico del Router CNC es una opción práctica y eficiente para la creación de instrucciones de mecanizado precisas?					
10	¿Considera que la programación automática en el control numérico del Router CNC es una opción eficiente y precisa para la generación de instrucciones de mecanizado en comparación con la programación manual?					
Circuitos impresos (Y)						
Y.1. Tipos de circuitos impresos						
11	¿Con qué frecuencia se utiliza el circuito impreso de una sola cara debido a su simplicidad y menor costo?					
12	¿Con qué frecuencia se utiliza el circuito impreso de doble cara debido a su capacidad para alojar componentes más densos y permitir rutas de conexión más complejas?					
13	¿Con qué frecuencia se utilizan los circuitos impresos multicapa debido a su capacidad para alojar una mayor densidad de componentes y permitir diseños más complejos?					
14	¿Con qué frecuencia se utilizan los circuitos impresos rígidos debido a su durabilidad y estabilidad estructural?					
15	¿Con qué frecuencia se utilizan los circuitos impresos flexibles debido a su capacidad de adaptación a formas y espacios reducidos?					
16	¿Con qué frecuencia se utilizan los circuitos impresos rígido-flexibles debido a su capacidad para combinar la estabilidad estructural de los circuitos rígidos con la flexibilidad de los circuitos flexibles?					
Y.2. Microcontroladores						
17	¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en la conexión de Internet en el Distrito Provincial de Pativilca?					

18	¿Con qué frecuencia consideras que se logra una integración eficiente de los componentes electrónicos, optimizando el rendimiento y la funcionalidad del sistema?					
19	¿Consideras que los dispositivos que componen un microcontrolador en un circuito impreso están adecuadamente seleccionados y configurados para brindar un rendimiento óptimo y satisfacer las necesidades del sistema					
21	¿Con qué frecuencia consideras que se incluyen dispositivos como relojes, generadores de interrupciones, reguladores de voltaje y memoria EEPROM para mejorar la funcionalidad y rendimiento del sistema?					

Anexo N°3: Confiabilidad de Alfa Cronbach

CONFIABILIDAD

FORMULACIÓN

El alfa de Cronbach no deja de ser una media ponderada de las correlaciones entre las variables (o ítems) que forman parte de la escala. Puede calcularse de dos formas: a partir de las varianzas o de las correlaciones de los ítems. Hay que advertir que ambas fórmulas son versiones de la misma y que pueden deducirse la una de la otra.

A partir de las varianzas

A partir de las varianzas, el alfa de Cronbach se calcula así:

$$\alpha = \left[\frac{K}{K-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_t^2} \right],$$

donde

- S_i^2 es la varianza del ítem i ,
- S_t^2 es la varianza de la suma de todos los ítems y
- K es el número de preguntas o ítems.

A partir de las correlaciones entre los ítems

A partir de las correlaciones entre los ítems, el alfa de Cronbach se calcula así:

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n-1)},$$

donde

- n es el número de ítems y
- p es el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems.

Midiendo los ítems del cuestionario

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,859	19

Anexo N°4: Base de datos

N	Router CNC																	ST1	X
	Motores paso a paso					Controlador CNC						Programación del control numérico							
	1	2	3	S1	D1	4	5	6	7	S2	D2	8	9	10	S3	D3			
1	2	3	1	6	Bajo	3	1	3	2	9	Bajo	4	5	1	10	Medio	25	Medio	
2	2	1	2	5	Bajo	5	3	1	1	10	Bajo	2	1	2	5	Bajo	20	Bajo	
3	3	2	5	10	Medio	2	5	2	3	12	Medio	3	2	5	10	Medio	32	Medio	
4	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto	
5	2	4	2	8	Medio	2	2	3	3	10	Bajo	2	4	2	8	Medio	26	Medio	
6	1	3	3	7	Bajo	3	3	1	4	11	Medio	1	3	3	7	Bajo	25	Medio	
7	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo	
8	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio	
9	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo	
10	5	3	5	13	Alto	3	3	2	2	10	Bajo	5	3	5	13	Alto	36	Medio	
11	2	2	3	7	Bajo	5	2	3	3	13	Medio	2	2	3	7	Bajo	27	Medio	
12	3	3	1	7	Bajo	2	1	2	3	8	Bajo	3	3	1	7	Bajo	22	Bajo	
13	3	4	2	9	Medio	2	3	1	5	11	Medio	3	4	2	9	Medio	29	Medio	
14	4	2	3	9	Medio	1	2	3	2	8	Bajo	4	2	3	9	Medio	26	Medio	
15	2	3	4	9	Medio	3	4	3	2	12	Medio	2	3	4	9	Medio	30	Medio	
16	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto	
17	3	2	3	8	Medio	2	3	2	2	9	Bajo	3	2	3	8	Medio	25	Medio	
18	4	1	2	7	Bajo	4	3	2	3	12	Medio	4	1	2	7	Bajo	26	Medio	
19	2	3	1	6	Bajo	3	2	5	3	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio	
20	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo	
21	2	3	3	8	Medio	1	3	3	3	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	26	Medio	
22	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto	
23	2	3	1	6	Bajo	2	5	1	5	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio	
24	2	3	1	6	Bajo	3	1	3	2	9	Bajo	2	3	1	6	Bajo	21	Bajo	
25	2	1	2	5	Bajo	5	3	1	1	10	Bajo	2	1	2	5	Bajo	20	Bajo	
26	3	2	5	10	Medio	2	5	2	3	12	Medio	3	2	5	10	Medio	32	Medio	
27	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto	
28	2	4	2	8	Medio	2	2	3	3	10	Bajo	2	4	2	8	Medio	26	Medio	
29	1	3	3	7	Bajo	3	3	1	4	11	Medio	1	3	3	7	Bajo	25	Medio	
30	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo	
31	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio	
32	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo	
33	5	3	5	13	Alto	3	3	2	2	10	Bajo	5	3	5	13	Alto	36	Medio	
34	2	2	3	7	Bajo	5	2	3	3	13	Medio	2	2	3	7	Bajo	27	Medio	
35	3	3	1	7	Bajo	2	1	2	3	8	Bajo	3	3	1	7	Bajo	22	Bajo	
36	3	4	2	9	Medio	2	3	1	5	11	Medio	3	4	2	9	Medio	29	Medio	
37	4	2	3	9	Medio	1	2	3	2	8	Bajo	4	2	3	9	Medio	26	Medio	

38	2	3	4	9	Medio	3	4	3	2	12	Medio	2	3	4	9	Medio	30	Medio
39	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
40	3	2	3	8	Medio	2	3	2	2	9	Bajo	3	2	3	8	Medio	25	Medio
41	4	1	2	7	Bajo	4	3	2	3	12	Medio	4	1	2	7	Bajo	26	Medio
42	2	3	1	6	Bajo	3	2	5	3	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
43	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
44	2	3	3	8	Medio	1	3	3	3	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	26	Medio
45	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
46	2	3	1	6	Bajo	2	5	1	5	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
47	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo
48	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio
49	2	3	1	6	Bajo	3	1	3	2	9	Bajo	2	3	1	6	Bajo	21	Bajo
50	2	1	2	5	Bajo	5	3	1	1	10	Bajo	2	1	2	5	Bajo	20	Bajo
51	3	2	5	10	Medio	2	5	2	3	12	Medio	3	2	5	10	Medio	32	Medio
52	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
53	2	4	2	8	Medio	2	2	3	3	10	Bajo	2	4	2	8	Medio	26	Medio
54	1	3	3	7	Bajo	3	3	1	4	11	Medio	1	3	3	7	Bajo	25	Medio
55	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo
56	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio
57	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
58	5	3	5	13	Alto	3	3	2	2	10	Bajo	5	3	5	13	Alto	36	Medio
59	2	2	3	7	Bajo	5	2	3	3	13	Medio	2	2	3	7	Bajo	27	Medio
60	3	3	1	7	Bajo	2	1	2	3	8	Bajo	3	3	1	7	Bajo	22	Bajo
61	3	4	2	9	Medio	2	3	1	5	11	Medio	3	4	2	9	Medio	29	Medio
62	4	2	3	9	Medio	1	2	3	2	8	Bajo	4	2	3	9	Medio	26	Medio
63	2	3	4	9	Medio	3	4	3	2	12	Medio	2	3	4	9	Medio	30	Medio
64	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
65	3	2	3	8	Medio	2	3	2	2	9	Bajo	3	2	3	8	Medio	25	Medio
66	4	1	2	7	Bajo	4	3	2	3	12	Medio	4	1	2	7	Bajo	26	Medio
67	2	3	1	6	Bajo	3	2	5	3	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
68	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
69	2	3	3	8	Medio	1	3	3	3	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	26	Medio
70	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
71	2	3	1	6	Bajo	2	5	1	5	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
72	2	3	1	6	Bajo	3	1	3	2	9	Bajo	2	3	1	6	Bajo	21	Bajo
73	2	1	2	5	Bajo	5	3	1	1	10	Bajo	2	1	2	5	Bajo	20	Bajo
74	3	2	5	10	Medio	2	5	2	3	12	Medio	3	2	5	10	Medio	32	Medio
75	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
76	2	4	2	8	Medio	2	2	3	3	10	Bajo	2	4	2	8	Medio	26	Medio
77	1	3	3	7	Bajo	3	3	1	4	11	Medio	1	3	3	7	Bajo	25	Medio
78	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo
79	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio
80	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
81	5	3	5	13	Alto	3	3	2	2	10	Bajo	5	3	5	13	Alto	36	Medio

82	2	2	3	7	Bajo	5	2	3	3	13	Medio	2	2	3	7	Bajo	27	Medio
83	3	3	1	7	Bajo	2	1	2	3	8	Bajo	3	3	1	7	Bajo	22	Bajo
84	3	4	2	9	Medio	2	3	1	5	11	Medio	3	4	2	9	Medio	29	Medio
85	4	2	3	9	Medio	1	2	3	2	8	Bajo	4	2	3	9	Medio	26	Medio
86	2	3	4	9	Medio	3	4	3	2	12	Medio	2	3	4	9	Medio	30	Medio
87	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
88	3	2	3	8	Medio	2	3	2	2	9	Bajo	3	2	3	8	Medio	25	Medio
89	4	1	2	7	Bajo	4	3	2	3	12	Medio	4	1	2	7	Bajo	26	Medio
90	2	3	1	6	Bajo	3	2	5	3	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
91	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
92	2	3	3	8	Medio	1	3	3	3	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	26	Medio
93	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
94	2	3	1	6	Bajo	2	5	1	5	13	Medio	2	3	1	6	Bajo	25	Medio
95	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo
96	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio
97	2	3	1	6	Bajo	3	1	3	2	9	Bajo	2	3	1	6	Bajo	21	Bajo
98	2	1	2	5	Bajo	5	3	1	1	10	Bajo	2	1	2	5	Bajo	20	Bajo
99	3	2	5	10	Medio	2	5	2	3	12	Medio	3	2	5	10	Medio	32	Medio
100	5	2	5	12	Alto	4	3	5	5	17	Alto	5	2	5	12	Alto	41	Alto
101	2	4	2	8	Medio	2	2	3	3	10	Bajo	2	4	2	8	Medio	26	Medio
102	1	3	3	7	Bajo	3	3	1	4	11	Medio	1	3	3	7	Bajo	25	Medio
103	3	2	1	6	Bajo	2	3	3	2	10	Bajo	3	2	1	6	Bajo	22	Bajo
104	4	2	3	9	Medio	1	5	4	3	13	Medio	4	2	3	9	Medio	31	Medio
105	3	1	2	6	Bajo	3	2	2	1	8	Bajo	3	1	2	6	Bajo	20	Bajo
106	5	3	5	13	Alto	3	3	2	2	10	Bajo	5	3	5	13	Alto	36	Medio
107	2	2	3	7	Bajo	5	2	3	3	13	Medio	2	2	3	7	Bajo	27	Medio
108	3	3	1	7	Bajo	2	1	2	3	8	Bajo	3	3	1	7	Bajo	22	Bajo
109	3	4	2	9	Medio	2	3	1	5	11	Medio	3	4	2	9	Medio	29	Medio
110	4	2	3	9	Medio	1	2	3	2	8	Bajo	4	2	3	9	Medio	26	Medio

N	Circuitos impresos														
	Tipos de circuitos impresos							Microcontroladores						ST2	Y
	11	12	13	14	15	16	S1	D1	17	18	19	S2	D2		
1	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
2	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
3	5	1	2	2	5	5	20	Medio	2	3	3	8	Medio	28	Medio
4	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
5	2	3	2	2	2	2	13	Bajo	3	3	2	8	Medio	21	Bajo
6	3	5	3	3	3	3	20	Medio	1	4	4	9	Medio	29	Medio
7	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
8	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
9	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
10	5	3	3	3	5	3	22	Medio	2	2	2	6	Bajo	28	Medio
11	3	1	2	5	3	2	16	Medio	3	3	1	7	Bajo	23	Medio
12	1	2	3	2	1	1	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	18	Bajo
13	2	2	2	2	2	3	13	Bajo	1	5	2	8	Medio	21	Bajo
14	3	2	1	1	3	2	12	Bajo	3	2	4	9	Medio	21	Bajo
15	4	3	3	3	4	4	21	Medio	3	2	3	8	Medio	29	Medio
16	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
17	3	2	4	2	3	3	17	Medio	2	2	3	7	Bajo	24	Medio
18	2	3	3	4	2	3	17	Medio	2	3	2	7	Bajo	24	Medio
19	1	4	2	3	1	2	13	Bajo	5	3	2	10	Medio	23	Medio
20	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
21	3	2	5	1	3	3	17	Medio	3	3	3	9	Medio	26	Medio
22	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
23	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
24	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
25	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
26	5	1	2	2	5	5	20	Medio	2	3	3	8	Medio	28	Medio
27	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
28	2	3	2	2	2	2	13	Bajo	3	3	2	8	Medio	21	Bajo
29	3	5	3	3	3	3	20	Medio	1	4	4	9	Medio	29	Medio
30	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
31	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
32	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
33	5	3	3	3	5	3	22	Medio	2	2	2	6	Bajo	28	Medio
34	3	1	2	5	3	2	16	Medio	3	3	1	7	Bajo	23	Medio
35	1	2	3	2	1	1	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	18	Bajo
36	2	2	2	2	2	3	13	Bajo	1	5	2	8	Medio	21	Bajo
37	3	2	1	1	3	2	12	Bajo	3	2	4	9	Medio	21	Bajo
38	4	3	3	3	4	4	21	Medio	3	2	3	8	Medio	29	Medio
39	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
40	3	2	4	2	3	3	17	Medio	2	2	3	7	Bajo	24	Medio
41	2	3	3	4	2	3	17	Medio	2	3	2	7	Bajo	24	Medio

42	1	4	2	3	1	2	13	Bajo	5	3	2	10	Medio	23	Medio
43	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
44	3	2	5	1	3	3	17	Medio	3	3	3	9	Medio	26	Medio
45	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
46	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
47	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
48	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
49	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
50	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
51	5	1	2	2	5	5	20	Medio	2	3	3	8	Medio	28	Medio
52	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
53	2	3	2	2	2	2	13	Bajo	3	3	2	8	Medio	21	Bajo
54	3	5	3	3	3	3	20	Medio	1	4	4	9	Medio	29	Medio
55	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
56	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
57	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
58	5	3	3	3	5	3	22	Medio	2	2	2	6	Bajo	28	Medio
59	3	1	2	5	3	2	16	Medio	3	3	1	7	Bajo	23	Medio
60	1	2	3	2	1	1	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	18	Bajo
61	2	2	2	2	2	3	13	Bajo	1	5	2	8	Medio	21	Bajo
62	3	2	1	1	3	2	12	Bajo	3	2	4	9	Medio	21	Bajo
63	4	3	3	3	4	4	21	Medio	3	2	3	8	Medio	29	Medio
64	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
65	3	2	4	2	3	3	17	Medio	2	2	3	7	Bajo	24	Medio
66	2	3	3	4	2	3	17	Medio	2	3	2	7	Bajo	24	Medio
67	1	4	2	3	1	2	13	Bajo	5	3	2	10	Medio	23	Medio
68	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
69	3	2	5	1	3	3	17	Medio	3	3	3	9	Medio	26	Medio
70	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
71	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
72	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
73	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
74	5	1	2	2	5	5	20	Medio	2	3	3	8	Medio	28	Medio
75	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
76	2	3	2	2	2	2	13	Bajo	3	3	2	8	Medio	21	Bajo
77	3	5	3	3	3	3	20	Medio	1	4	4	9	Medio	29	Medio
78	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
79	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
80	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
81	5	3	3	3	5	3	22	Medio	2	2	2	6	Bajo	28	Medio
82	3	1	2	5	3	2	16	Medio	3	3	1	7	Bajo	23	Medio
83	1	2	3	2	1	1	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	18	Bajo
84	2	2	2	2	2	3	13	Bajo	1	5	2	8	Medio	21	Bajo
85	3	2	1	1	3	2	12	Bajo	3	2	4	9	Medio	21	Bajo

86	4	3	3	3	4	4	21	Medio	3	2	3	8	Medio	29	Medio
87	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
88	3	2	4	2	3	3	17	Medio	2	2	3	7	Bajo	24	Medio
89	2	3	3	4	2	3	17	Medio	2	3	2	7	Bajo	24	Medio
90	1	4	2	3	1	2	13	Bajo	5	3	2	10	Medio	23	Medio
91	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
92	3	2	5	1	3	3	17	Medio	3	3	3	9	Medio	26	Medio
93	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
94	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
95	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
96	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
97	1	4	3	3	1	1	13	Bajo	3	2	3	8	Medio	21	Bajo
98	2	2	4	5	2	3	18	Medio	1	1	1	3	Bajo	21	Bajo
99	5	1	2	2	5	5	20	Medio	2	3	3	8	Medio	28	Medio
100	5	5	5	4	5	3	27	Alto	5	5	5	15	Alto	42	Alto
101	2	3	2	2	2	2	13	Bajo	3	3	2	8	Medio	21	Bajo
102	3	5	3	3	3	3	20	Medio	1	4	4	9	Medio	29	Medio
103	1	2	3	2	1	3	12	Bajo	3	2	3	8	Medio	20	Bajo
104	3	4	5	1	3	5	21	Medio	4	3	4	11	Medio	32	Medio
105	2	2	2	3	2	2	13	Bajo	2	1	2	5	Bajo	18	Bajo
106	5	3	3	3	5	3	22	Medio	2	2	2	6	Bajo	28	Medio
107	3	1	2	5	3	2	16	Medio	3	3	1	7	Bajo	23	Medio
108	1	2	3	2	1	1	10	Bajo	2	3	3	8	Medio	18	Bajo
109	2	2	2	2	2	3	13	Bajo	1	5	2	8	Medio	21	Bajo
110	3	2	1	1	3	2	12	Bajo	3	2	4	9	Medio	21	Bajo