

Implementación de un sistema de impresión de PCB para circuitos electrónicos en placa fenólica con control numérico computarizado CNC

Implementation of a PCB printing system for electronic circuits on phenolic board with computerized numerical control CNC

Verónica Paulina Freire Andrade¹, Cristian David Pachacama Tipán¹, Denis Mauricio Toapanta Herrera¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga – Ecuador

Correo correspondencia: veronica.freire@utc.edu.ec, cristian.pachacama5099@utc.edu.ec, denis.toapanta3227@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
25/02/2022

Aceptado:
14/05/2022

Publicado:
15/06/2022

Revista:
DATEH



Resumen

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo principal implementar un sistema de impresión de PCB's para circuitos electrónicos en placa fenólica con control numérico computarizado CNC para la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, siendo una necesidad por parte de los estudiantes y en ocasiones en la realización de propuestas tecnológicas. El sistema de impresión de PCB's con tecnología CNC es capaz de realizar un proceso completo de desbaste, perforación y corte en placas de cobre; el tiempo y proceso automatizado de manufactura son los factores importantes que presiden a la propuesta tecnológica ya que con la implementación de la máquina CNC se determinó una reducción significativa de tiempo en relación a los métodos convencionales y a su vez la eliminación total del proceso de atacado químico, contribuyendo así con la conservación del medio ambiente. Para ello se estableció el diseño de la estructura, como puente fijo y mesa móvil a través de sistemas mecánicos, de transmisión, electrónicos, eléctricos y estructurales, cada uno de ellos detallan el proceso de implementación de la máquina CNC, en el requerimiento de características idóneas para el proceso de fresado, perforado y corte con un enfoque de ingeniería en la manufactura de tarjetas de tipo THT y SMT.

Palabras clave: PCB, CNC, placa fenólica, THT, SMT

Abstract

The present technological proposal has as main objective to apply a printing system of PCB's for electronic circuits on a phenolic board with a computerized numerical control CNC destined to the Electromechanical engineering career of the Cotopaxi Technical University being a student's necessity and in occasions the realization as technological proposals. The printing system of PCB's with technology CNC is able to perform a complete roughing process, drilling and cut in copper plates. The time and automatic process of manufacture are the important factors which preside to the technological proposal because with the implementation of the CNC device it was determined a significant time reduction regarding to basic methods and in addition the total elimination of the chemical attack process, contributing to the environment preservation. To achieve this, it was taken some design considerations for the proposal, through mechanical transmission electronic and electric systems each one of them details the implantation process of CNC device on the requirement of suitable features in order to drilling milling and cutting focused in manufacture engineering making THT and SMT Cards.

Keywords: PCB, CNC phenolic plate, THT, SMT.

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta tecnológica se refiere a la implementación de un sistema de impresión de PCB's para circuitos electrónicos en placa fenólica con control numérico computarizado CNC, debido a la carencia de esta máquina en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, lo cual obliga a los estudiantes de la Carrera de

Ingeniería Electromecánica a recurrir a métodos tradicionales.

Se comienza definiendo el sistema mecánico, a partir de la mesa de trabajo con una medida estándar de 250 x 250 mm, la cual se determina a base de una placa fenólica de 200 x 200 mm, siendo esta una medida comercial de nuestro país en cuanto a placas de cobre. Posteriormente, el diseño

estructural se lo realiza una vez definida el área de trabajo, tomando como referencia de diseño, la impresora 3D “ANET A8”, la misma que se desarrolla utilizando un software de diseño “SolidWorks”, en su versión educacional, una vez generado el diseño final de la máquina se procede a realizar los cortes mediante láser de cada una de sus partes. Para el sistema eléctrico y electrónico se opta por los componentes más amigables y accesibles, como lo son el Arduino UNO, ya que al ser un controlador personalizable trabaja en conjunto con un módulo Shield CNC y drivers A988, estos últimos son los que controlan los motores paso a paso previamente definidos, a su vez para la máquina herramienta se utiliza un motortool “DREMEL 3000-N/10”. Por último, se utiliza el software libre OpenCNC Pilot el cual se encarga del control de la máquina.

Finalmente, al desarrollar las pruebas necesarias, la máquina CNC demuestra un correcto desempeño al momento de realizar el fresado y perforado de la placa fenólica, reduciendo el tiempo de trabajo, eliminando los métodos tradicionales en su totalidad y presentando un acabado de calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la implementación de la propuesta tecnológica se detallan los aspectos metodológicos e instrumentos que permiten alcanzar el objetivo de la investigación, basado en modelos cuantitativos por medio de ecuaciones y el uso de herramientas digitales de modelado, estudios y simulación. Mediante la implementación de este sistema se concibe tecnificar el proceso de realización de PCB's con la ayuda de la tecnología CNC, y con esto reducir de manera significativa el tiempo que tarda la elaboración de dichas tarjetas de forma tradicional y adicionalmente reducir los riesgos que conlleva utilizar ácido férrico, para la verificación del correcto funcionamiento de la máquina se determinan análisis con distintos parámetros que contribuirán con la construcción de la misma, a base de diferentes variables establecidas previamente para su desarrollo.

Los siguientes objetivos hacen parte de una técnica investigativa:

- Recolección de información
- Análisis de ecuaciones
- Desarrollo del proyecto

La presente propuesta tecnológica utilizó las siguientes técnicas:

Simulación. – Softwares de diseño

Medición. - Toma de datos de variables

Observación. - Funcionamiento de la máquina CNC mediante la manufactura de la PCB.

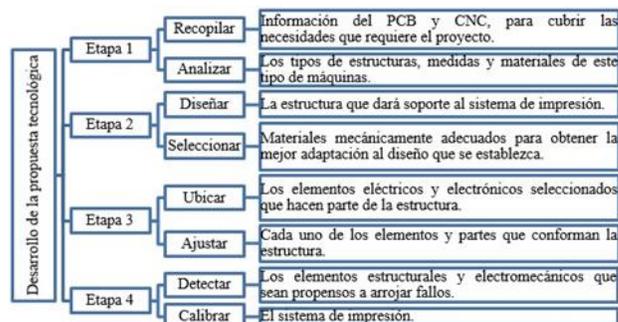


Figura 1. Descripción del desarrollo de la propuesta tecnológica.

Diseño del sistema mecánico

Para iniciar con el diseño de la estructura mecánica se consideran las dimensiones de la máquina y de los componentes mecánicos con lo que esta va a trabajar ya que una máquina CNC depende de varios elementos los cuales ayudan a realizar los movimientos exactos y precisos que la caracterizan.

Parámetros del área de trabajo

El tamaño máximo de placas fenólicas que se encuentran en el mercado comercial es de 200×200 mm, siendo esta una medida estándar para el dimensionamiento de la mesa de trabajo.

En la Tabla 1, se detalla el recorrido de cada eje de desplazamiento.

Recorrido eje X	250 mm
Recorrido eje Y	270 mm
Recorrido eje Z	50 mm

Tabla 1. Área de trabajo

Consideraciones de diseño

Hoy en día existen diferentes tipos de impresoras CNC para placas electrónicas, las mismas que varían en su diseño, siendo estas de mesa fija y brazo en voladizo, mesa fija y puente móvil o mesa móvil y puente fijo. Cada uno de estos diseños de forma varían en diferentes características, como se detalla a continuación.

Características de la mesa fija y brazo en voladizo

- Mesa de trabajo fija, el movimiento de los tres ejes cartesianos se da en la herramienta de corte con la ayuda del brazo cantiléver.
- Buena accesibilidad para carga y descarga de las piezas.
- Excelente inspección en piezas medianas y pequeñas.
- Pérdida de precisión por caída de brazo.

e) Estructura abierta y ligera.

Características de la mesa fija y puente móvil

- a) Fácil de manejar.
- b) Mesa de trabajo fija, requiere un actuador para el movimiento del puente móvil en el eje Y, y dos actuadores para el movimiento de la herramienta de corte en el eje X, Z.
- c) Diseño con alto volumen de trabajo y precisión.
- d) La altura del puente limita el tamaño al momento de manufacturar piezas.

Características de la mesa móvil y puente fijo

- a) Para este tipo de máquina herramienta se requiere tener soportes en dos puntos para el desplazamiento de la mesa en el eje Y.
- b) Requiere de tres actuadores, uno para cada eje (X, Y, Z), adicionalmente se necesita un actuador para accionamiento de la herramienta.
- c) Mecaniza plásticos, madera, ceras, MDF.
- d) Diseño con excelente rigidez.
- e) Buena visibilidad al momento de mecanizar.
- f) Máquina Herramienta óptima para microempresas.

Para escoger el mejor prototipo de la máquina CNC para circuitos electrónicos, se realiza un análisis de características técnicas en relación a la estructura, establecidas en la Tabla 2

	Funcionalidad	Estructura	Accesibilidad	Consumo energético	Carcasa
Mesa fija y brazo en voladizo	Mesa de trabajo fija	Abierta y ligera	Carga y descarga de piezas	110/220V	Amplia
Mesa fija y puente móvil	Mesa de trabajo fija	Cerrada e inestable	Carga y descarga de piezas	110/220V	Compacta
Mesa móvil y puente fijo	Desplazamiento de la mesa en el eje Y	Cerrada y rígida	Carga y descarga de piezas	110/220V	Compacta

Tabla.2. Matriz de selección para la estructura en base al área de trabajo.

Diseño del sistema de Transmisión

La importancia del sistema de transmisión en la máquina CNC es fundamental, ya que, para determinar un desplazamiento simétrico, es necesario establecer las fuerzas, pesos y torques adecuados en los ejes, presentando una velocidad constante y un coeficiente de fricción despreciable ya que la misma trabaja con rodamientos lineales y ejes lisos de alta frecuencia que disminuyen considerablemente la fricción.

Cálculo del torque para la carga de los ejes X, Y, Z

Donde:

$$T_{eje} = \text{Torque de la carga del eje (N.m)}$$

$$F_{eje} = \text{Tabla 4.15 (Fuerza para mover la carga)}$$

$$P = 0.015875 \text{ m (Paso de husillo)}$$

$$\eta = 90 \% \text{ (Rendimiento del husillo de paso)}$$

Variables	Eje X	Eje Y	Eje Z
Fuerza para mover la carga	110.85 N	107.76 N	105.50 N
Paso del husillo	0.015875 m		
Rendimiento del husillo de paso	0.9		
Torque de la carga	0.3111 Nm	0.3025 Nm	0.2961Nm

Tabla 3. Torque para mover la carga en cada eje.

Diseño del sistema electrónico

El sistema electrónico es fundamental en el proceso mecánico de la CNC, ya que al implementarlo necesita de herramientas para definir el posicionamiento y dirección, estas son dictadas automáticamente a través de un dispositivo electrónico mediante datos numéricos en tiempo real.

El sistema electrónico se compone de actuadores, utilizados para el desplazamiento de los ejes, su controlador y el software adecuado para su funcionamiento.

Diagrama de bloques del sistema de impresión CNC

Para llegar a un mecanizado de calidad en una PCB, se debe realizar un proceso, el cual se detalla en la Figura 2 con ello delimitamos caracteres esenciales que van desde el diseño hasta la fabricación del circuito.

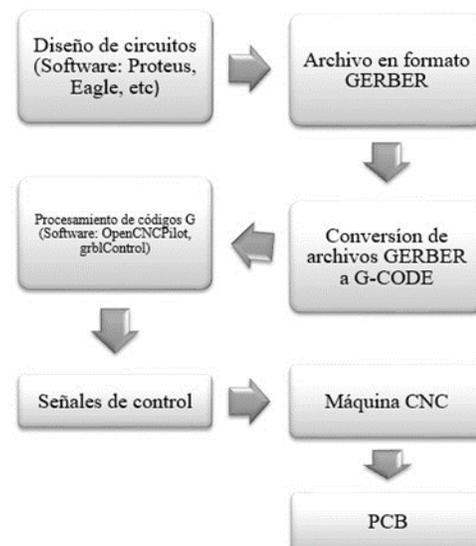


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema de impresión CNC

Diagrama de flujo para el desbaste, perforado y corte del PCB

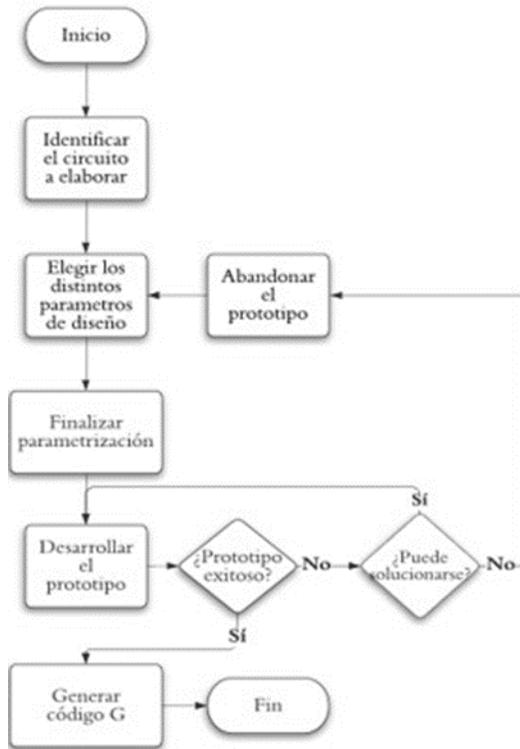


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de manufactura de PCB.

Diseño del sistema estructural

Para el diseño estructural de la máquina CNC, se considera un sinnúmero de software CAD, sin embargo, para la propuesta tecnológica se opta por el software de diseño en su versión de prueba SolidWorks 2019, con el fin de concretar ideas y bosquejos que consoliden una estructura acorde a un proceso de ingeniería.

Modelado CAD de la máquina CNC

Elemento	Descripción	Modelado CAD
Base de traslación del eje X	Se encarga de la traslación del eje X, y a su vez sirve como soporte para la máquina herramienta y la traslación del eje Z.	
Base de traslación del eje Z	Su función es la de dar soporte a la base de sujeción del DREMEL y a su vez a la traslación del eje Z.	
Base de sujeción del DREMEL	Se encarga de alojar la máquina herramienta, la misma que se encuentra acoplada a la base de traslación del eje Z.	
Base de traslación del eje Y	Se encarga de dar soporte a la placa fenólica mientras se produce el mecanizado.	
Cubierta de sujeción	Su función es dar la rigidez necesaria a toda la estructura.	
Puente de sujeción de los soportes laterales	Su función es la de sujetar los soportes laterales y a su vez proporciona estabilidad a la base de la máquina.	
Soportes frontal y posterior	Estos soportes se encargan de acoger el sistema de traslación del eje Y, y a su vez confirman una parte de la base.	
Soportes laterales	Su función en gran parte es la de acoplar a las distintas piezas, ejes de traslación, que a su vez son parte de la base que proporciona la estabilidad.	

Figura 4. Piezas modeladas en software SolidWork

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo de manufactura

El tiempo de manufactura al ser realizado de manera automática a través de la CNC se reduce de manera

significativa. A través de este proceso se comprueba la eliminación total del método tradicional de atacado químico.

Desbaste

La figura 5, muestra el tiempo estimado que tarda el grabado de las pistas conductoras sobre la placa fenólica, el cual es 00:04:26.



Figura 5. Tiempo estimado para desbaste.

Perforado

La figura 6, muestra el tiempo estimado que tarda el perforado en los pads de las pistas conductoras sobre la placa fenólica, el cual es 00:02:03.

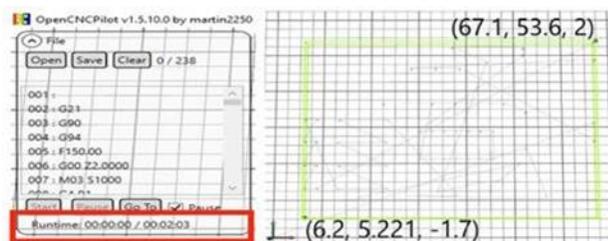


Figura 6. Tiempo estimado para perforado

Borde

La figura 7, muestra el tiempo estimado que tarda en cortar el borde de la tarjeta electrónica el cual es 00:00:52.

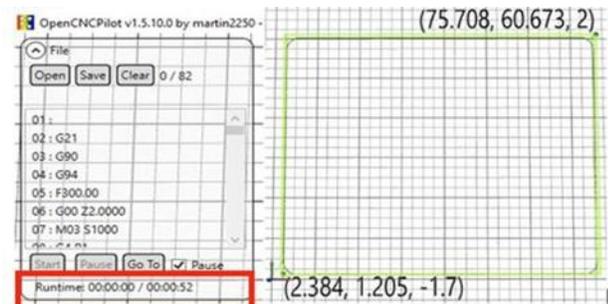


Figura 7. Tiempo estimado para corte del borde.

Para la manufactura de las tarjetas electrónicas se emplean tiempos bajo el método convencional como también con la utilización de la máquina CNC, con ello se compara en la

Tabla 1.5 el tiempo que tarda cada uno de estos procesos en la manufactura de dichas tarjetas.

Método / Actividad	Convencional	CNC
Desbaste	00:20:00	00:04:26
Perforado	00:10:00	00:02:03
Borde	00:05:00	00:00:52
Tiempo Total	00:35:00	00:07:21

Tabla 4. Tiempos en procesos de manufactura.

Validación del tiempo de manufactura en un circuito 555 ASTABLE

De acuerdo a la hipótesis planteada, se comprueba el tiempo de manufactura del circuito electrónico como se demuestra en la Tabla 4.29 del capítulo de metodología, donde se evidencia el tiempo de elaboración de la PCB con la máquina CNC el cual es de 00:07:21, a diferencia del método convencional que es de 00:35:00; por lo anteriormente detallado se estableció que existe una disminución considerable tiempo en un 79.40%, empleada con la tecnología CNC, además la eliminación total del método convencional de atacado químico reduciendo así la contaminación y posibles afectaciones a la salud.

Prueba de mecanizado

Para corroborar que el mecanizado realizado por la máquina CNC tenga una correcta resolución es importante efectuar una prueba de mecanizado que consiste en realizar trazos geométricos y compararlos mediante longitudes que se establecen en el software y en el resultado que arroja la máquina en el proceso.

La prueba realizada, se definió con una circunferencia como se muestra en la figura 8, la misma que consta de un diámetro de 50mm.

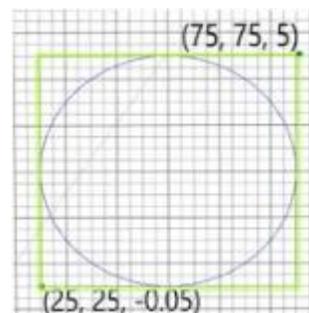


Figura 8. Circunferencia en software

A continuación, la figura 9 muestra el resultado de realización de tarjetas electrónicas, ya que, al ser mecanizado proporcionado por la máquina CNC, el cual un proceso de grabado automático, se contribuye al ser medido

con un calibrador arroja un resultado de directamente con la conservación del medio 49.70 mm de diámetro.



Figura 9. Medición de la circunferencia mecanizada

El error existente es entonces:

$$\text{Error} = \frac{\text{teórico} - \text{real}}{\text{real}} \quad (2)$$

$$\text{Error} = \frac{50 \text{ mm} - 49.70 \text{ mm}}{49.70 \text{ mm}} = 0.00603 = 0.60\%$$

CONCLUSIONES

Referente a la investigación realizada en el apartado de marco teórico, se logró sustentar los distintos conceptos relacionados con la tecnología CNC y sus aplicaciones con respecto placas de circuito impreso PCB. En base a modelos de impresoras con tecnología CNC, se determinó un número reducido de este tipo de diseños, sin embargo, mediante bosquejos y modelos similares con características de mesa móvil y puente fijo se diseñó el prototipo con dimensiones de alto: 490mm, ancho: 400mm y profundidad 450mm.

Al implementar la máquina CNC para tarjetas electrónicas se verificó que cumple con las especificaciones y requisitos necesarios de diseño para el proceso al cual está enfocada, mostrando una estructura compacta y robusta.

Con la implementación del sistema de impresión de PCB's con tecnología CNC, se demostró que el método convencional de planchado tiene un tiempo estimado de 00:35:00 a 00:50:00 minutos en un diseño de un circuito Astable 555, a diferencia que con la implementación de la máquina CNC tarda alrededor de 00:07:21 minutos en un diseño de las mismas características, mostrando un ahorro de tiempo en un 79.40%.

Por medio del desarrollo de la propuesta tecnológica se ha impulsado la eliminación al 100% del uso de químicos tóxicos en la realización de tarjetas electrónicas, ya que, al ser un proceso de grabado automático, se contribuye directamente con la conservación del medio ambiente y sus habitantes.

Se muestra un modelo versátil, es decir que puede ser controlado con una gran variedad de softwares y extensiones como.bmp, tab.ngc, gcode, etc, enfocados a la tecnología CNC sin la necesidad de modificar algún sistema de la máquina.

Mediante la implementación del sistema de impresión de PCB's con tecnología CNC en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se estimula la interacción entre estudiantes y la tecnología CNC, la cual hace parte de la propuesta tecnológica, para afianzar los lazos de ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UNESCO, «Clasificación Internacional Normalizada de la Educación,» SENEYCYT, Quito, 1997.
- M, «3Dnatives,» 12 octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/startup3d-voltera-disena-circuitos-electricos-mediante-fabricacion-aditiva/#!> [Último acceso: 23 noviembre 2020].
- M. Olczyk, «Zmorph,» 2012. [En línea]. Available: <https://zmorph3d.com/use-cases/cnc-cut-pcb-prototype>. [Último acceso: 26 noviembre 2020].
- L. M. Arias Delgado, «Repositorio UTP,» junio 2019. [En línea]. Available: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2699/1/Luis%20Arias_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf. [Último acceso: 26 noviembre 2020].
- J. D. Fuentes Rojas, M. A. Méndez Mendieta, J. A. Muñoz Cabrera y F. A. Romero González, «Biblioteca USBBOG,» abril 2015. [En línea]. Available: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/137798.pdf>. [Último acceso: 26 noviembre 2020].
- X. A. Cáceres Sagbay y P. J. Monge Romo, «Repositorio USFQ,» 17 mayo 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8586/1/144152.pdf>. [Último acceso: 1 diciembre 2020].
- M. Llerena Pintag y M. O. Coronel Hernandez, «Repositorio ESPOCH,» 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3534/1/108T0095.pdf>. [Último acceso: 1 diciembre 2020].
- Cockfield, «Hackaday,» 27 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://hackaday.com/2019/08/27/another-way-to-make-pcbs-at-home/>. [Último acceso: 2 enero 2021].
- J. A. Castillo, «Profesionalreview,» 11 febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2019/02/11/pcb-que-es/>. [Último acceso: 15 enero 2021].
- M. Sinc, «Mecasin,» 23 junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.mecanizadossinc.com/sistema-cnc-control-numericopor-computadora/>. [Último acceso: 9 enero 2021].

- OurPCB, «OurPCB,» [En línea]. Available: <https://www.ourpcbar.com/archivos-gerber.html>. [Último acceso: 15 enero 2021].
- Designer, «Altium,» 18 diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://resources.altium.com/es/p/what-gerber-file-pcb-fabrication-process>. [Último acceso: 5 febrero 2021].
- Yang, «MokoTechnology,» [En línea]. Available: <https://www.mokotechnology.com/es/gerber-file/>. [Último acceso: 5 febrero 2021].
- L. Llamas, «LuisLlamas,» 12 diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/que-es-el-g-code-y-su-importancia-en-la-impresion-3d/>. [Último acceso: 15 enero 2021].
- J. J. Peters, «Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,» [En línea]. Available: [https://wiki.ead.pucv.cl/Introducci%C3%B3n_al_control_num%C3%A9rico_computarizado_\(CN C\)#Programaci.C3.B3n_Manual](https://wiki.ead.pucv.cl/Introducci%C3%B3n_al_control_num%C3%A9rico_computarizado_(CN C)#Programaci.C3.B3n_Manual). [Último acceso: 17 enero 2021].
- Ramirez, «Fing,» 12 mayo 2017. [En línea]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/personal/nacho/2017/05/12/tecnicas-de-impresion-de-circuitos/>. [Último acceso: 14 Enero 2021].