UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título:

“REPOTENCIACIÓN DE LABORATORIO DE DISEÑO ELECTRÓNICO POR MEDIO DE PLACAS DE TRABAJO PARA PRUEBAS POR NIVELES DE ESTUDIOS”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“INGENIERO ELECTRÓNICO”

AUTOR:

Arturo Guillermo Chiquito Robinson

TUTOR:

Ing. Víctor Larco

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Arturo Guillermo Chiquito Robinson con documento de identificación N° 0930989504 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 9 de enero del año 2025

Atentamente,

(f) Arturo Guillermo Chiquito Robinson

C.I.: 0930989504

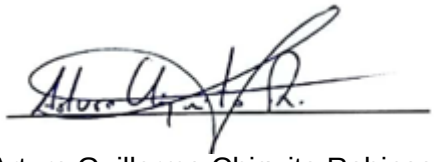
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Arturo Guillermo Chiquito Robinson con documento de identificación No. 0930989504, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo de Titulación: **"REPOTENCIACIÓN DE LABORATORIO DE DISEÑO ELECTRÓNICO POR MEDIO DE PLACAS DE TRABAJO PARA PRUEBAS POR NIVELES DE ESTUDIO"**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELECTRÓNICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 9 de enero del año 2025

Atentamente,



Arturo Guillermo Chiquito Robinson

C.I.: 0930989504

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Víctor David Larco Torres con documento de identificación N° 0923270136, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “REPOTENCIACIÓN DE LABORATORIO DE DISEÑO ELECTRÓNICO POR MEDIO DE PLACAS DE TRABAJO PARA PRUEBAS POR NIVELES DE ESTUDIOS”, realizado por el estudiante Arturo Guillermo Chiquito Robinson con documento de identificación N° 0930989504, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 9 de enero del año 2025

Atentamente,

Víctor David Larco Torres

C.I.: 0923270136

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, cuyo amor y aliento han sido mi mayor motivación en cada paso que he dado. Gracias por su inquebrantable confianza en mí y por ser mi roca en los momentos de dificultad.

A mi esposa, la dra. Hellen Mora y mis hijos Arturito y Markus, por su constante alegría y compañía, que me recordaron que el aprendizaje y la pasión pueden ir de la mano.

A mis queridos amigos, quienes siempre estuvieron presentes para celebrar mis triunfos y apoyarme en los desafíos. Su amistad ha sido un faro en mi travesía académica.

A mis profesores y mentores, por su sabiduría compartida y su guía experta. Gracias por haberme inspirado a ir más allá de mis límites y descubrir mi potencial.

Esta tesis resulta de la unión de ustedes, quienes han sido mis pilares en este camino. Gracias por ser parte de esta historia.

Con gratitud,

Arturo Guillermo Chiquito Robinson

AGRADECIMIENTOS

En este emocionante y significativo capítulo de mi vida académica, deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido y brindado su apoyo durante el desarrollo de esta tesis de electrónica. Sin su valiosa ayuda, este logro no hubiera sido posible.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a mi distinguido tutor, Ing. Víctor Larco, por su inmensa paciencia, orientación y sabios consejos a lo largo de todo el proceso de investigación. Su dedicación a mi crecimiento académico ha sido fundamental para el éxito de este trabajo.

Quiero agradecer también a mis demás profesores, quienes me inspiraron y motivaron en cada paso del camino. Sus comentarios y debates enriquecedores han sido fundamentales para la ampliación de mi conocimiento en el campo de la electrónica.

No puedo olvidar mencionar a mi familia y amigos, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y palabras de aliento cuando más lo necesitaba. Su constante respaldo ha sido mi mayor motivación.

Por último, agradezco a todos aquellos cuyos nombres no están escritos aquí, pero cuya influencia y contribuciones han dejado una huella significativa en este trabajo.

Este logro no solo representa mi esfuerzo, sino el resultado del apoyo y colaboración de muchas personas excepcionales a las que estaré eternamente agradecido.

¡Gracias!

Arturo Guillermo Chiquito Robinson

RESUMEN

AÑO	ESTUDIANTE	TUTOR	TEMA
2025	ARTURO GUILLERMO CHIQUITO ROBINSON	ING. VÍCTOR LARCO	“REPOTENCIACIÓN DE LABORATORIO DE DISEÑO ELECTRÓNICO POR MEDIO DE PLACAS DE TRABAJO PARA PRUEBAS POR NIVELES DE ESTUDIO”

La tesis titulada "Repotenciación de Laboratorio de Diseño Electrónico por medio de Placas de Trabajo para Pruebas por Niveles de Estudio" se enfoca en mejorar y modernizar el laboratorio de diseño electrónico mediante la implementación de placas de trabajo diseñadas para pruebas que abarquen diferentes niveles de estudio.

El objetivo principal de esta investigación es elevar la calidad del aprendizaje y la formación práctica de los estudiantes de electrónica, desde el nivel inicial hasta el nivel avanzado. Para lograrlo, se realiza un exhaustivo diagnóstico del estado actual del laboratorio, identificando áreas de mejora y necesidades específicas.

El enfoque innovador consiste en diseñar y desarrollar placas de trabajo especializadas, cada una dirigida a un nivel de estudio particular. Estas placas estarán equipadas con componentes y circuitos que se ajusten al nivel de conocimiento de los estudiantes, desde conceptos básicos hasta proyectos de mayor complejidad.

La tesis se apoya en una metodología de investigación práctica, donde se llevan a cabo pruebas piloto con los prototipos de las placas de trabajo en el laboratorio. Se evalúan los resultados obtenidos, recopilando datos sobre la efectividad de las placas para mejorar la comprensión teórica y práctica de los estudiantes.

Además, se incluye una revisión exhaustiva de la literatura académica relacionada con metodologías de enseñanza en electrónica y laboratorios de diseño, para fundamentar y enriquecer la propuesta.

Los resultados obtenidos destacan el impacto positivo de las placas de trabajo en la adquisición de conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes. La implementación de estas placas ha demostrado un aumento significativo en la comprensión y retención de conceptos clave, así como en la capacidad de los estudiantes para diseñar y depurar circuitos electrónicos.

En conclusión, esta tesis es un valioso aporte para la educación en electrónica, al presentar una solución innovadora para repotenciar el laboratorio de diseño electrónico usando placas de trabajo adaptadas a los distintos niveles de estudio. Estas mejoras contribuyen significativamente a la formación de profesionales más capacitados y preparados para enfrentar los desafíos del mundo electrónico actual.

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	PROJECT DIRECTOR	PROJECT THEME
2025	ARTURO GUILLERMO CHIQUITO ROBINSON	ING. VÍCTOR LARCO	“ENHANCEMENT OF ELECTRONIC DESIGN LABORATORY THROUGH WORK BOARDS FOR LEVEL-BASED TESTING”

The thesis titled "Enhancement of Electronic Design Laboratory through Work Boards for Level-Based Testing", focuses on improving and modernizing the electronic design laboratory by implementing work boards designed for testing at different educational levels.

The main objective of this research is to enhance the quality of learning and practical training for electronics students, from beginners to advanced levels. To achieve this, a thorough diagnosis of the current state of the laboratory is conducted, identifying areas for improvement and specific needs.

The innovative approach involves designing and developing specialized work boards, each tailored to a particular level of study. These boards will be equipped with components and circuits that align with the students' level of knowledge, ranging from basic concepts to more complex projects.

The thesis relies on a practical research methodology, conducting pilot tests with prototypes of the work boards in the laboratory. Results are evaluated, collecting data on the effectiveness of the boards in improving students' theoretical and practical understanding.

Furthermore, an exhaustive review of academic literature related to teaching methodologies in electronics and design laboratories is included to substantiate and enrich the proposal.

The obtained results highlight the positive impact of the work boards on students' knowledge and skills acquisition. The implementation of these boards has shown a significant increase in

the comprehension and retention of key concepts, as well as the students' ability to design and debug electronic circuits.

In conclusion, this thesis represents a valuable contribution to the field of electronics education by presenting an innovative solution to enhance the electronic design laboratory through the use of work boards adapted to different levels of study. These improvements significantly contribute to the training of more capable professionals prepared to face the challenges of the current electronic world.

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN 2

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA 3

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN 4

RESUMEN 7

ABSTRACT 9

INDICE GENERAL 11

INDICE DE FIGURAS 13

INTRODUCCIÓN 15

1. EL PROBLEMA 15

1.1. Planteamiento del Problema. 15

1.2. Antecedentes 16

1.3. Importancia y Alcance. 17

1.4. Delimitación del problema 18

1.4.1. Delimitación Temporal: 18

1.4.2. Delimitación Espacial: 18

1.4.3. Delimitación Académica: 19

2. OBJETIVOS. 19

2.1. Objetivo General: 19

2.2. Objetivos Específicos: 19

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 19

3.1. Uso de Software en el Diseño y Simulación de Circuitos 19

3.1.1. Proteus para Simulación de Circuitos Electrónicos 19

3.1.2. FlatCAM para Diseño de PCB 20

3.1.3. Candle para el Control CNC 21

3.1.4. Genmitsu SainSmart 3018 PROVer CNC 21

4. MARCO METODOLÓGICO 22

4.1. Práctica #1. CIRCUITO EXPERIMENTAL AND 22

4.1.1. Análisis del Circuito 22

4.1.2. Diseño de su PCB 24

4.1.3. Detalles de la PCB 24

5. RESULTADOS 25

5.1. Pasos para la elaboración de los modelos Gerber y Excellon 25

6. CONCLUSIONES 44

7. RECOMENDACIONES 45

8. BIBLIOGRAFÍA 46

9. ANEXOS 47

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1......**18**

FIGURA 2......**20**

FIGURA 3......**21**

FIGURA 4......**21**

FIGURA 5......**22**

FIGURA 6......**23**

FIGURA 7......**24**

FIGURA 8......**25**

FIGURA 9......**26**

FIGURA 10. .....**26**

FIGURA 11. .....**27**

FIGURA 12. .....**27**

FIGURA 13. .....**28**

FIGURA 14. .....**28**

FIGURA 15. .....**29**

FIGURA 16. .....**29**

FIGURA 17. .....**30**

FIGURA 18. .....**30**

FIGURA 19. .....**31**

FIGURA 20. .....**31**

FIGURA 21. .....**32**

FIGURA 22. .....**32**

FIGURA 23. .....**33**

FIGURA 24. .....**33**

FIGURA 25. .....**34**

FIGURA 26. .....**34**

FIGURA 27. .....**35**

FIGURA 28. .....**35**

FIGURA 29. 36

FIGURA 30. 36

FIGURA 31. 37

FIGURA 32. 37

FIGURA 33. 38

FIGURA 34. 38

FIGURA 35. 38

FIGURA 36. 39

FIGURA 37. 39

FIGURA 38. 40

FIGURA 39. 40

FIGURA 40. 41

FIGURA 41. 41

FIGURA 42. 42

FIGURA 43. 42

FIGURA 44. 43

FIGURA 45. 43

FIGURA 46. 47

FIGURA 47. 48

FIGURA 48. 50

INTRODUCCIÓN

La electrónica es una disciplina en constante evolución, y la formación de profesionales en este campo es fundamental para mantenerse al día con los avances tecnológicos. El laboratorio de Diseño Electrónico es crucial en la preparación de estudiantes académicos, desde principiantes hasta expertos en electrónica. Sin embargo, para garantizar una formación efectiva y relevante, es necesario que este laboratorio esté debidamente actualizado y repotenciado. A lo largo de esta investigación, se explorarán los desafíos y las oportunidades que implica la repotenciación de laboratorio de Diseño Electrónico, así como la creación y utilización de placas de trabajo diseñadas para atender las necesidades específicas de estudiantes en diferentes etapas de su formación. Se examinará cómo esta iniciativa puede mejorar la calidad de la enseñanza en electrónica, promoviendo un aprendizaje más práctico, interactivo y contextualizado.

Además, se investigarán las mejores prácticas en la implementación de placas de trabajo por niveles de estudios en laboratorios académicos, considerando aspectos como la selección de componentes, la integración de tecnologías emergentes y la adaptación a los planes de estudio existentes. Con esta investigación, se busca ofrecer recomendaciones sólidas y prácticas para la repotenciación efectiva del laboratorio de Diseño Electrónico, para mejorar la formación de futuros ingenieros y profesionales en electrónica.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.

El laboratorio de Diseño Electrónico es un componente fundamental en la formación de estudiantes de ingeniería y disciplinas afines. Sin embargo, en muchos casos, estos laboratorios enfrentan desafíos significativos relacionados con la obsolescencia de equipos y la falta de adaptación a las necesidades de estudiantes en diferentes niveles de estudio. En este contexto, surge la necesidad de abordar la repotenciación de laboratorio mediante la

implementación de placas de trabajo diseñadas específicamente para pruebas por niveles de estudios.

El planteamiento del problema radica en varios aspectos clave:

- Obsolescencia tecnológica: Los laboratorios de Diseño Electrónico a menudo cuentan con equipos y tecnología que han quedado desfasados con respecto a las últimas tendencias y avances en electrónica. Esto dificulta la formación de estudiantes y la preparación para el mundo laboral, donde se requieren habilidades actualizadas.
- Falta de adaptación a niveles de estudios: Los programas académicos en electrónica pueden variar desde cursos introductorios para principiantes hasta proyectos de investigación avanzados para estudiantes graduados. La falta de un enfoque diferenciado y adaptado a cada nivel puede resultar en una experiencia de aprendizaje ineficiente y desmotivadora.
- Escasez de recursos didácticos: La disponibilidad de recursos didácticos específicos para cada nivel de estudio en un laboratorio de Diseño Electrónico es limitada en muchos casos. Esto dificulta la enseñanza y el aprendizaje, ya que los estudiantes pueden carecer de las herramientas necesarias para desarrollar sus habilidades de manera efectiva.
- Desafíos en la evaluación y seguimiento: La evaluación del progreso y el desempeño de los estudiantes en un laboratorio de Diseño Electrónico puede ser complicada sin un sistema adecuado de pruebas y seguimiento adaptado a los niveles de estudio. Esto puede afectar la calidad de la formación proporcionada.

1.2. Antecedentes

En numerosas instituciones educativas a nivel global se han atendido antecedentes sobre la repotenciación de laboratorios académicos, específicamente en el ámbito de la electrónica. En universidades de todo el mundo, se ha reconocido la necesidad de modernizar los

laboratorios de Diseño Electrónico para mantenerse al día con los avances tecnológicos y proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más efectiva y relevante. Algunos de los antecedentes y tendencias que han influido en este estudio incluyen:

- Avances tecnológicos en electrónica: La rápida evolución de la electrónica, con la introducción constante de nuevos componentes, tecnologías y dispositivos, ha generado la necesidad de actualizar y modernizar los laboratorios para reflejar los cambios en el campo.
- Adaptación a las necesidades del mercado laboral: Las empresas y la industria electrónica demandan profesionales altamente capacitados y actualizados. Por lo tanto, las universidades buscan preparar a sus estudiantes con las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos del mercado laboral.
- Enfoque en el aprendizaje práctico: La tendencia hacia un enfoque de aprendizaje más práctico y orientado a proyectos en la educación superior ha llevado a la necesidad de contar con laboratorios equipados con herramientas y recursos adecuados para proyectos de electrónica.
- Mejora de la evaluación y seguimiento: La implementación de placas de trabajo adaptadas a diferentes niveles de estudio permite una mejor evaluación y seguimiento del progreso de los estudiantes, lo que es esencial para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.3. Importancia y Alcance.

La repotenciación de laboratorio de Diseño Electrónico con placas de trabajo adaptadas a niveles de estudio es esencial para mejorar la calidad de la educación en universidades. Beneficia a estudiantes, educadores, instituciones educativas y la industria electrónica al proporcionar una formación más actualizada y práctica, preparando a los graduados para el mercado laboral y fomentando la investigación en el campo.

El alcance de la repotenciación de laboratorio de Diseño Electrónico con placas de trabajo diseñadas para pruebas por niveles de estudios puede extenderse a múltiples áreas y actores:

- A los estudiantes como principales beneficiarios para fomentar un aprendizaje más efectivo y aumentar la confianza en la aplicación de conceptos.
- Los educadores y la institución para que puedan fortalecer su reputación como centros de formación líderes en el campo de la electrónica y atraer a estudiantes y financiamiento adicional.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Delimitación Temporal:

El proyecto de titulación se la realizó dentro de un tiempo de 10 meses y se culminó el presente año 2025

1.4.2. Delimitación Espacial:

Laboratorio de Diseño Electrónico del bloque E en la Universidad Politécnica Salesiana sede Centenario de la ciudad de Guayaquil, tal como se puede apreciar en la Figura 1 que hace referencia a un mapa geográfico con la ubicación exacta de la universidad.

Figura 1.
Delimitación espacial. Ubicación del Laboratorio de Diseño Electrónico (Google, 2024)

1.4.3. Delimitación Académica:

En el ámbito académico, se enfocará en los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Electrónica en el campus centenario de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, centrándose en su progreso en el campo técnico y tecnológico.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General:

Repotenciar el laboratorio de Diseño Electrónico por medio de la elaboración de prácticas y generación del ORA, para impresión de placas de trabajo para pruebas por medio de los estudiantes de distintos niveles de la carrera de ingeniería electrónica.

2.2. Objetivos Específicos:

- Generar los esquemáticos, diseños en PCB y las vistas 3D de los circuitos que se usarán en el Laboratorio.
- Generar los parámetros de configuración en FlatCAM para su posterior ejecución en GRBL control.
- Generar un Objeto Renovable de Aprendizaje para el uso de la Genmitsu SainSmart 3018 PROVer CNC.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

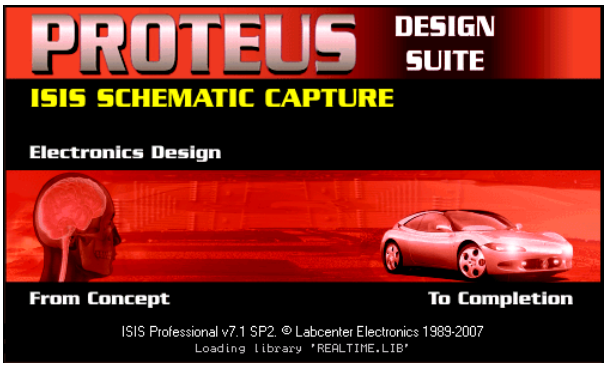
3.1. Uso de Software en el Diseño y Simulación de Circuitos

3.1.1. Proteus para Simulación de Circuitos Electrónicos

Proteus es una plataforma de simulación y diseño electrónico ampliamente reconocida por su capacidad para emular circuitos en tiempo real, incluyendo microcontroladores como el Arduino (como se muestra el logotipo en le Figura 2). Esta herramienta es especialmente valorada en el ámbito educativo por permitir que estudiantes desarrollen y prueben sus diseños en un entorno virtual antes de construir prototipos físicos, optimizando recursos y

fomentando una comprensión profunda de los conceptos de electrónica y control. Estudios recientes muestran que el uso de simuladores como Proteus en el aprendizaje de sistemas de control y electrónica mejora significativamente el rendimiento de los estudiantes, facilitando el aprendizaje experimental en entornos con recursos limitados (Edidas, 2019) (Wach, 2023).

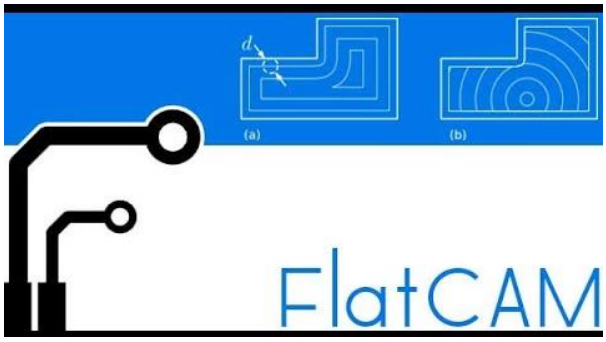
Figura 2.
Software Proteus



3.1.2. FlatCAM para Diseño de PCB

FlatCAM es una herramienta de código abierto diseñada para preparar archivos de diseño PCB en formatos como Gerber y Excellon para su posterior procesamiento en fresadoras CNC (como se muestra el logotipo en le Figura 3). Este software es especialmente útil para la conversión de diseños PCB en instrucciones de maquinado, lo cual permite un prototipado rápido y adaptable, facilitando la personalización de circuitos en entornos académicos y de investigación. FlatCAM permite a los usuarios generar G-code compatible con máquinas CNC, ofreciendo flexibilidad y control sobre los parámetros de diseño, lo que lo convierte en una herramienta fundamental en la fabricación de prototipos electrónicos a pequeña escala (González, 2019) (Juan Pablo Caram, 2018).

Figura 3.
Software FlatCAM



3.1.3. Candle para el Control CNC

Candle es una aplicación ligera y de código abierto que se utiliza para controlar máquinas CNC basadas en GRBL (como se muestra el logotipo en le Figura 4), ofreciendo una interfaz gráfica intuitiva para la visualización en tiempo real de las rutas de corte y del progreso del trabajo. Esta herramienta es ideal para el control de fresadoras CNC de bajo costo, ampliamente utilizadas en entornos educativos y makers. Al proporcionar una manera simple de operar y monitorear las tareas de fresado, Candle facilita a estudiantes e investigadores la ejecución de proyectos de fabricación que requieren alta precisión y control detallado en los movimientos de la herramienta de corte (González, 2019) (GitHub, 2022).

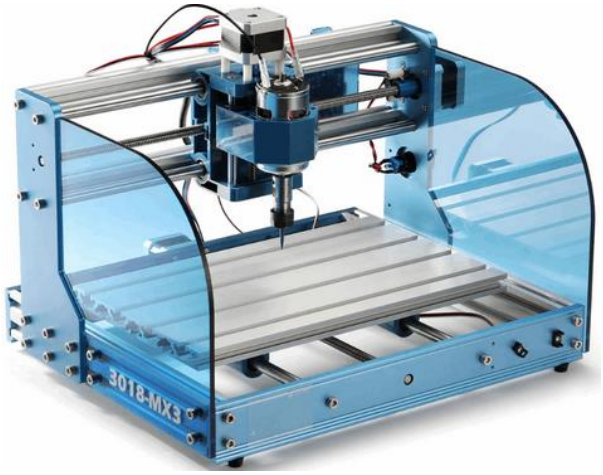
Figura 4.
Software Candle

3.1.4. Genmitsu SainSmart 3018 PROVer CNC

La Genmitsu SainSmart 3018 PROVer CNC es una máquina (véase Figura 5) de control numérico computarizado diseñada para principiantes y entusiastas del grabado, que también es adecuada para proyectos a pequeña escala en diversos materiales como madera, plástico y PCB (placas de circuito impreso). Esta máquina de escritorio compacta y de bajo costo

ofrece una introducción asequible y accesible al mundo del fresado CNC, siendo ideal para la fabricación y el prototipado personal. La 3018 PROVer incluye un marco de aluminio reforzado y características de seguridad como baffles de acrílico y un botón de parada de emergencia, lo cual mejora la seguridad durante el uso (SaintSmart, 2011) (Genmitsu, 2011)

Figura 5.
Máquina Genmitsu SainSmart 3018 PROVer CNC



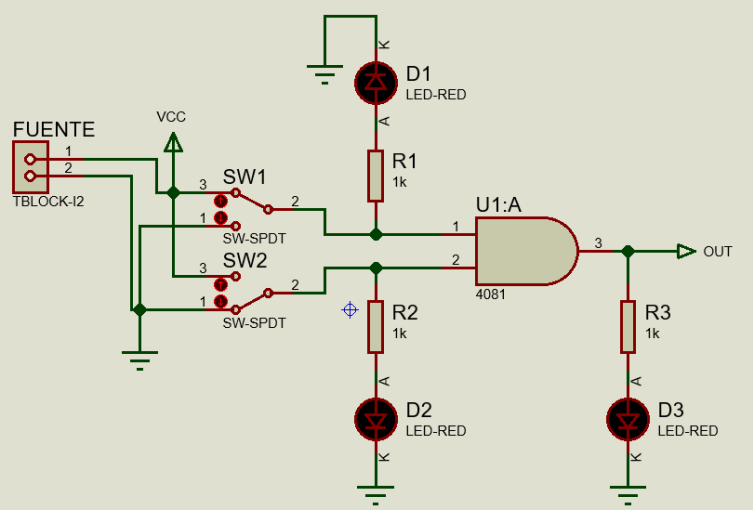
4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Práctica #1. CIRCUITO EXPERIMENTAL AND

4.1.1. Análisis del Circuito

En el diagrama que se muestra en la figura 6, representa un circuito que utiliza una puerta lógica AND y una serie de componentes pasivos y activos para controlar el encendido de diodos LED en función del estado de dos interruptores. El circuito está compuesto por una fuente de alimentación (VCC), dos interruptores SPDT (Single Pole Double Throw, o Interruptor de Una Sola Vía y Doble Posición), resistencias para limitar la corriente a los LEDs y una puerta AND (circuito integrado 4081), que controla la salida del sistema.

Figura 6.
Representación del circuito AND en un simulador.



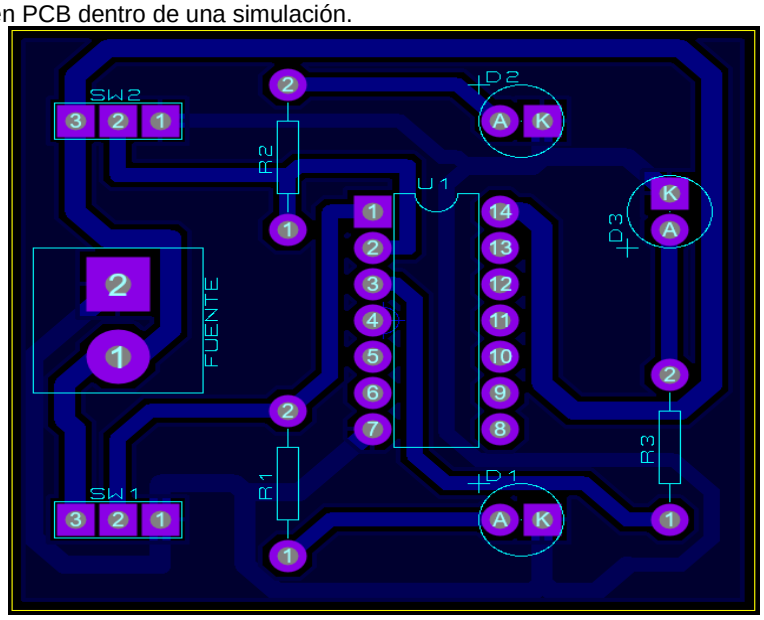
- **Fuente de Alimentación y Conexiones Iniciales:** La fuente de alimentación provee un voltaje constante (VCC), que se distribuye hacia los interruptores y los componentes conectados a ellos. Los interruptores SW1 y SW2 permiten redirigir el flujo de corriente hacia las entradas de la puerta lógica (U1).
- **Funcionamiento de los Interruptores (SW1 y SW2):** Los interruptores son del tipo SPDT, lo que significa que cada uno puede conectar un terminal común a uno de dos terminales alternativos. En este circuito, los interruptores se usan para controlar el voltaje aplicado a las entradas de la puerta lógica AND. Cuando ambos interruptores están en posición que conecta VCC a las entradas de la puerta AND, la salida de la puerta se activa (Tocci, Widmer, & Moss, 2011).
- **Puerta AND (U1):** La puerta AND (IC 4081) recibe las señales de los interruptores en sus entradas (pines 1 y 2). Esta puerta solo produce una señal de salida alta (OUT) cuando ambas entradas reciben una señal alta (ambos interruptores están en la posición "encendido"). En caso contrario, la salida permanecerá en bajo. La función AND es común en aplicaciones de control lógico, ya que solo permite que el sistema avance cuando se cumplen ambas condiciones (Horowitz & Hill, 2015).
- **LEDs y Resistencia Limitadora:** La salida de la puerta AND se conecta a dos LEDs (D2 y D3) en paralelo, cada uno con su resistencia limitadora (R2 y R3, ambas de 1kΩ),

que protegen a los LEDs de un exceso de corriente. Cuando la salida está en alto, ambos LEDs se encienden, indicando que ambas condiciones de los interruptores se han cumplido. El LED D1, conectado antes de la puerta, también puede servir como indicador del estado de uno de los circuitos antes de la lógica AND.

4.1.2. Diseño de su PCB

En la Figura 7, se presenta el diseño de la PCB del circuito de la compuerta AND.

Figura 7.
Muestra del diseño en PCB dentro de una simulación.



4.1.3. Detalles de la PCB

Las medidas de los Pads son:

- **Circulares:** 90-50 (para los integrados, resistencias y leds), 150-60 (para el positivo del T-Block).
- **Cuadrados:** 90-50 (para espadines de los interruptores y negativos de los leds), 150-60 (para el negativo del T-Block).

Ancho de las pistas:

- Para la GND y la alimentación positiva se usó una pista T50, mientras que para las pistas de distribución se usó una T40, se usan de esta manera para diferenciar el sistema de control con el de alimentación.

Separación entre Pads-Vías:

- Se implementó la separación de V30 para las vías de control y V40 para la alimentación.

Malla de Tierra:

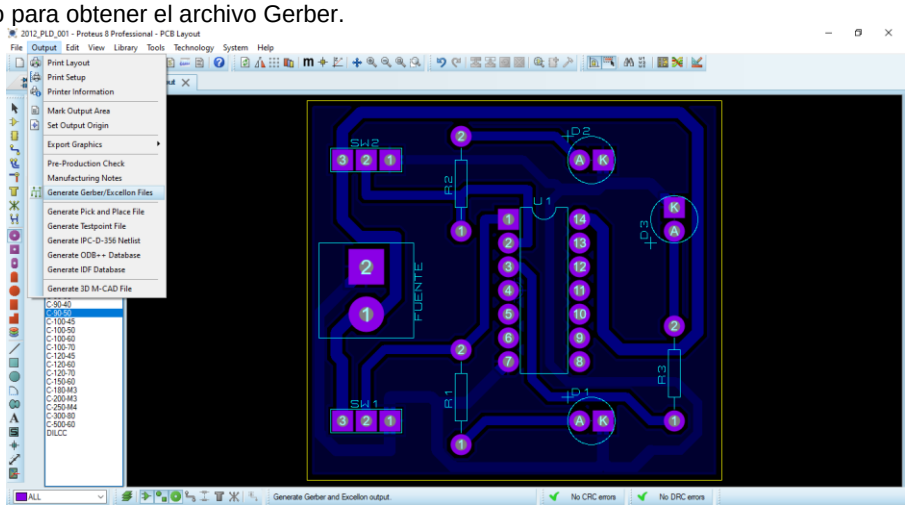
- Se usó una malla de tierra para darle una protección extra al circuito en caso de una sobrecarga.

5. RESULTADOS

5.1. Pasos para la elaboración de los modelos Gerber y Excellon

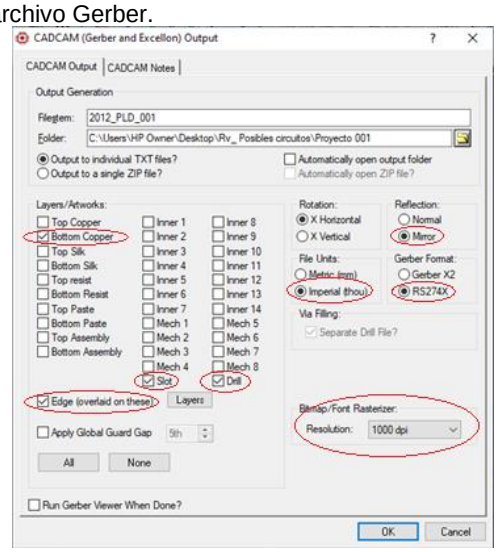
1. En la Barra de herramientas se dirige a la opción OUTPUT y se selecciona la opción Generate Gerber/Excellon Files, como se muestra en la figura 8.

Figura 8.
Procedimiento para obtener el archivo Gerber.



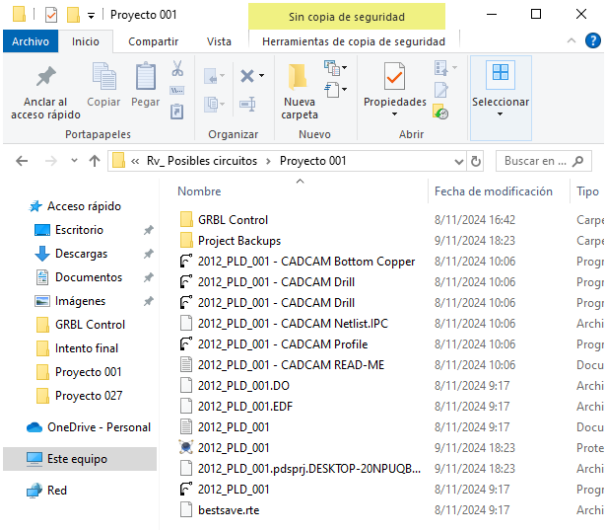
2. Al seleccionar, se abrirá una ventana (como se muestra en la figura 9), en la cual se deben señalar las capas con las que se trabajan en el diseño (bottom, drill, slot y Edge); al ser un circuito de una cara, se debe activar la opción Mirror, se cambia a la opción Imperial en las unidades métricas, se indica que se trabajará con el formato Gerber RS274X con una resolución de 1000dpi.

Figura 9.
Ventana para la generación del archivo Gerber.



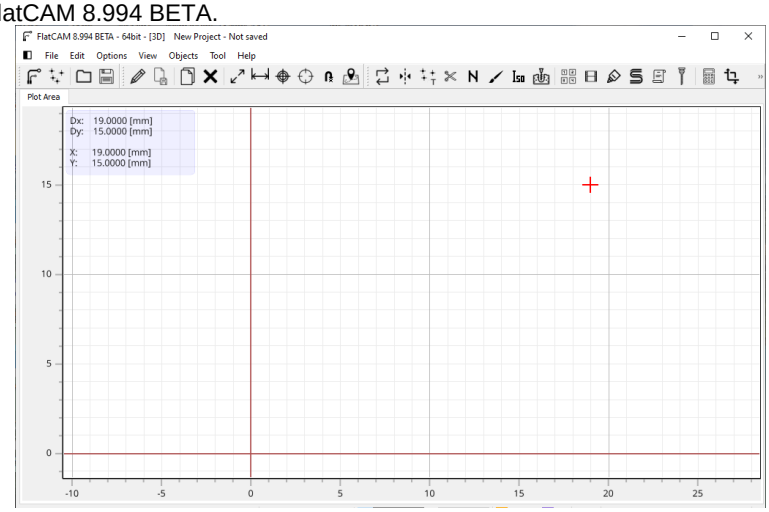
3. Los archivos creados se almacenarán en la ruta especificada, (como se detalla en la figura 10), de la cual se pueden escoger para editar en el FlatCAM.

Figura 10.
Ventana de edición del guardado de los archivos Gerber.



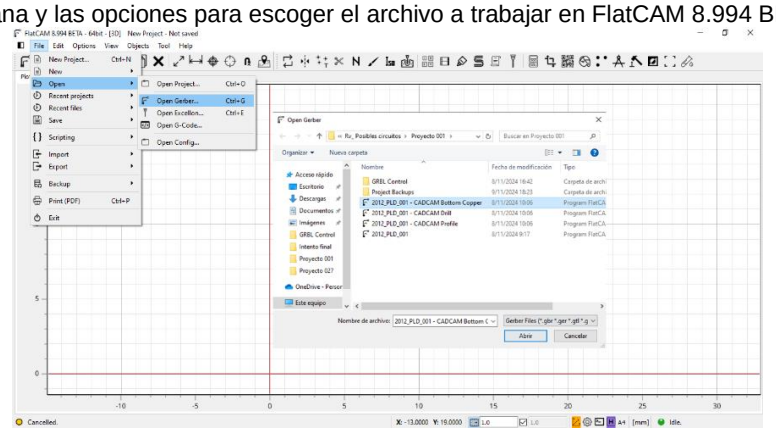
4. Se abre el programa FlatCAM 8.994 BETA (como se muestra en la figura 11), el cual es el más estable para poder modificar los parámetros de corte y rotulación de las tarjetas.

Figura 11.
Vista del software FlatCAM 8.994 BETA.



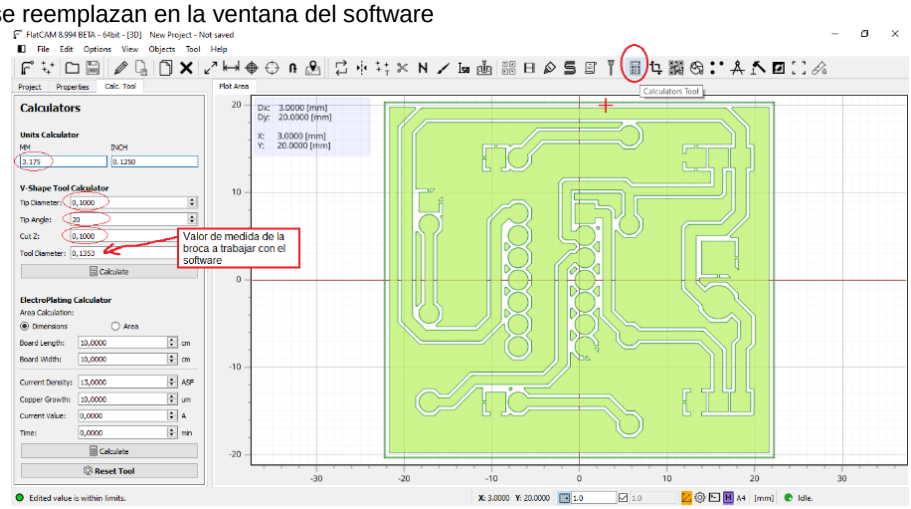
5. En la opción File, se carga el primer archivo desde Abrir-Gerber File (como se muestra en la figura 12), el cual será la cara inferior de la tarjeta (Bottom Cooper).

Figura 12.
Se visualiza la ventana y las opciones para escoger el archivo a trabajar en FlatCAM 8.994 BETA.



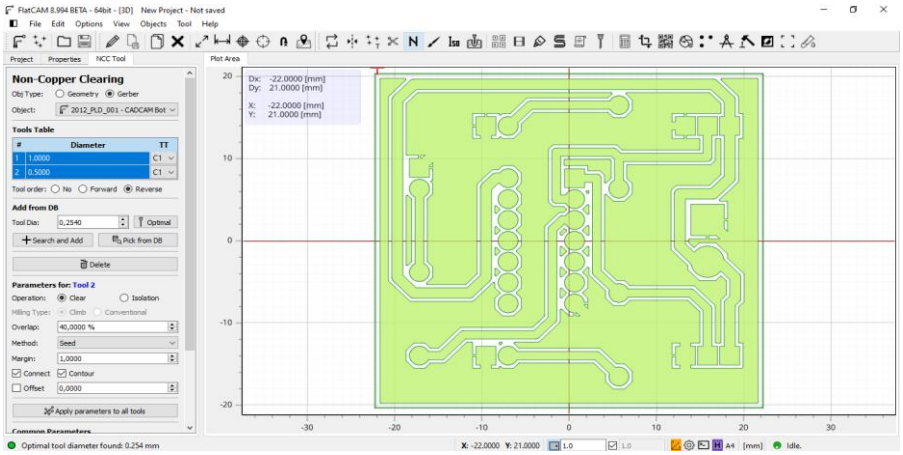
6. Una vez cargado el archivo, se tiene que calcular el tipo de broca con la cual se va a desgastar en la tarjeta (como se muestra en la figura 13), para delimitar las pistas del diseño de la placa, para ello, se selecciona la calculadora y se escriben los siguientes valores: Unidad: 3.175 mm, tipo de ángulo: 20°, corte en Z: 0.1, tipo de diámetro: 0.1. (En caso que la broca a usar sea diferente, modificar según las especificaciones de la tabla).

Figura 13.
Valores que se reemplazan en la ventana del software



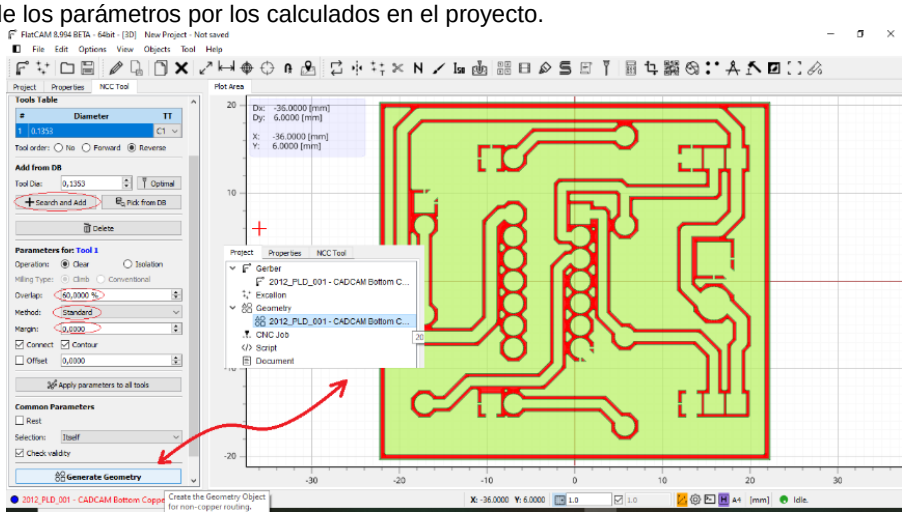
7. Procede a seleccionar la herramienta NCC Tools (como se muestra en la figura 14), donde se pueda configurar la herramienta usada en el trabajo.

Figura 14.
Configuración de la herramienta a utilizar en el devanado.



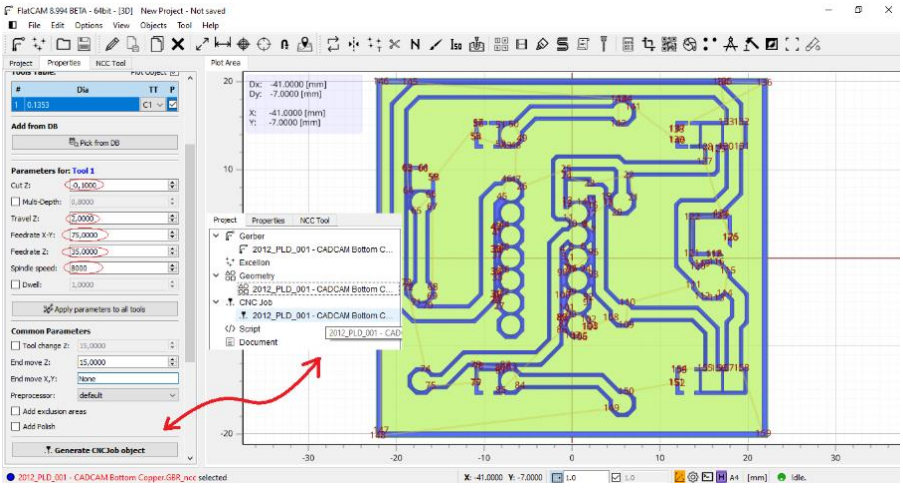
8. Se modifican los parámetros (como se muestra en la figura 15), empezando por eliminar las herramientas que vienen por default, añadiendo la que se calcula en el paso anterior; se cambia el Overlap por un valor de 60%; el método de trabajo Standard; un margen de 0 y se procede a generar la Geometría.

Figura 15.
Modificación de los parámetros por los calculados en el proyecto.



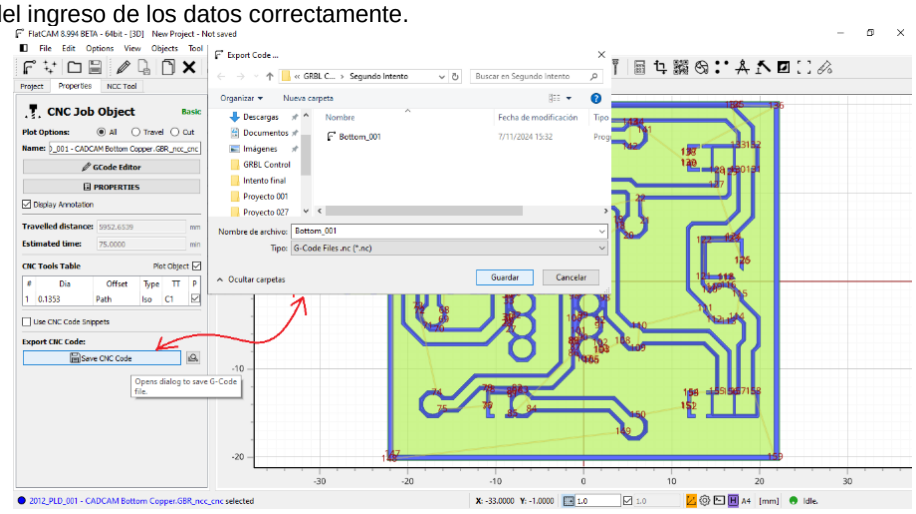
9. Generada la Geometría, se hace doble clic para abrir las propiedades (como se muestra en la Figura 16), donde se cambien los parámetros por default por lo siguiente: cut Z: -0.1 (al darle un valor negativo, se asegura que la broca baje un poco más de la posición base establecida, realizando la rotulación como un grabado superficial, sin pasar la tarjeta); travel Z se mantiene en 2; el feedrate en x-y: 75mm/s (esta es la velocidad de desplazamiento entre los planos x-y); feedrate z: 35mm/s (esta es la velocidad de desplazamiento en el plano z); Spindle speed: 8000 (las revoluciones a la que girará la broca). Al final se genera el CNC Job Object.

Figura 16.
Corrección de datos en las herramientas a utilizar.



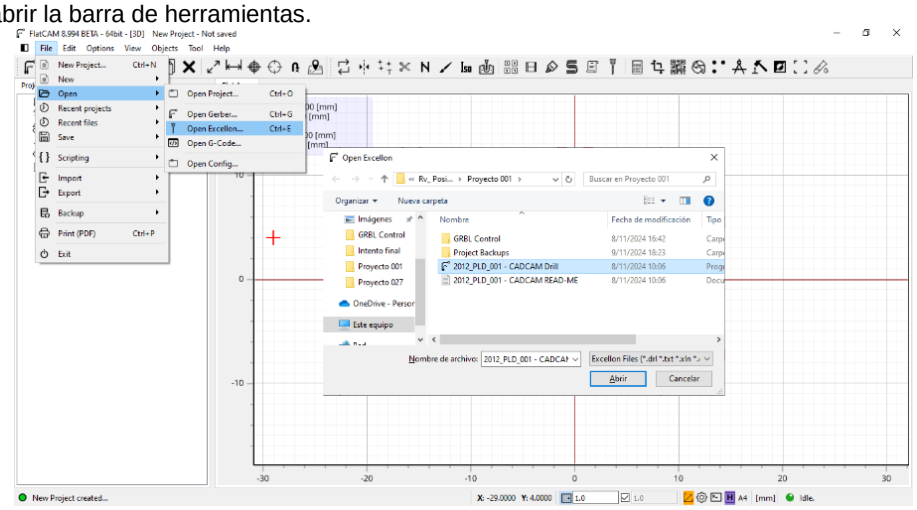
10. Haz doble clic en el archivo generado para acceder a las propiedades de la CNC Job Object, donde se verifica que estén bien los parámetros y se procede a guardar el trabajo con el nombre respectivo (bottom) (como se muestra en la Figura 17)

Figura 17.
Verificación del ingreso de los datos correctamente.



11. Para crear el archivo de perforación, se ubica la herramienta File – Open – Open Excellon (como se muestra en la Figura 18) y se selecciona el archivo .dll que es el formato de las perforaciones.

Figura 18.
Se procede abrir la barra de herramientas.



12. En el archivo abierto, se da doble clic y se dirige a la opción Drilling tool, con la cual se cambian los parámetros por default de cada una de las herramientas que el software sugiere (como se muestra en la Figura 19), con los siguientes: cut Z: -2mm

(al darle un valor negativo, se garantiza que la broca perfore por completo la tarjeta); travel Z: 2mm (se lo mantiene sin cambio); feedrate Z: 35mm/s (esta es la velocidad de desplazamiento en el plano z); Spindle speed: 9000 (se aumentó un poco más la velocidad para facilitar a la broca la perforación, aunque con los 8000 también está permitido trabajar). Y se genera el CNC Job Object, para cada una de las brocas sugeridas por el software (como se muestra en la Figura 20).

Figura 19.
Modificación de los parámetros por los calculados en el proyecto.

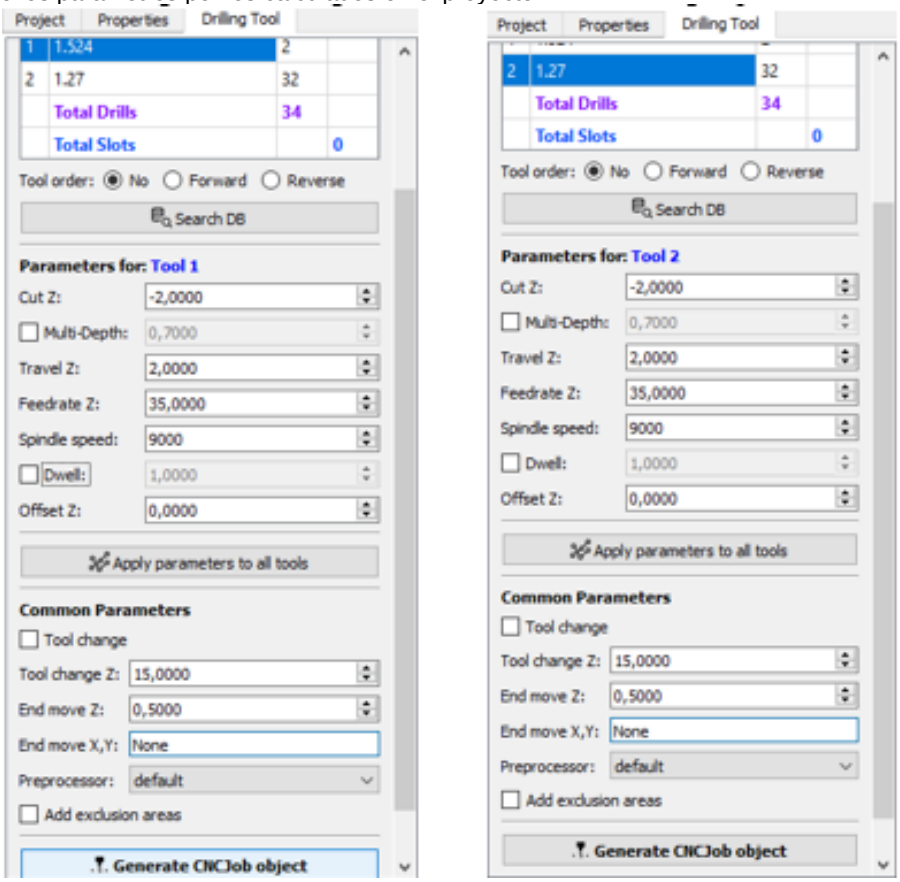
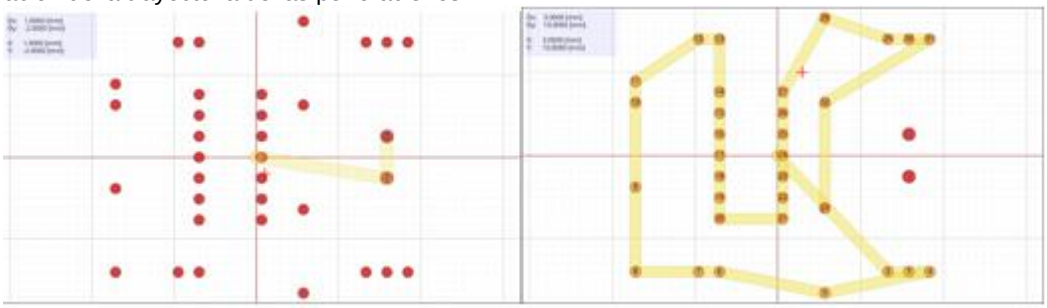


Figura 20.
Visualización de la trayectoria de las perforaciones



13. Con el archivo generado, se observa que los parámetros estén correctamente establecidos y se guarda los archivos por separado (como muestra la Figura 21 y 22).

Figura 21.
Revisión de los parámetros.

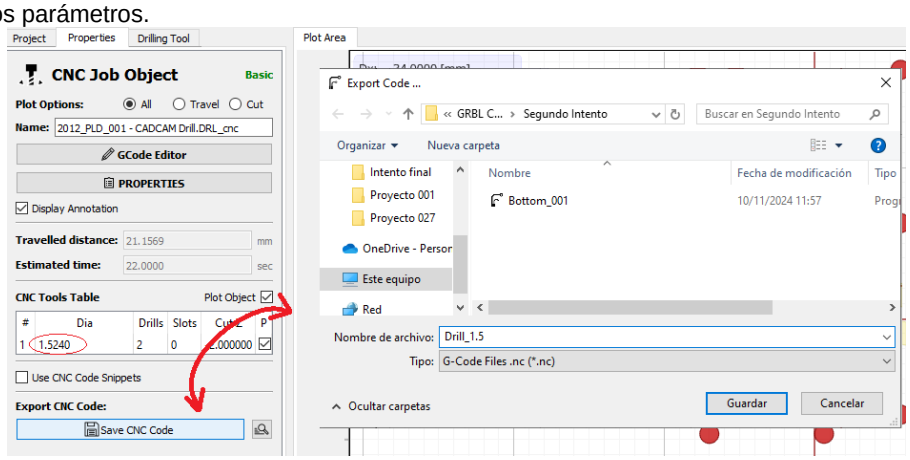
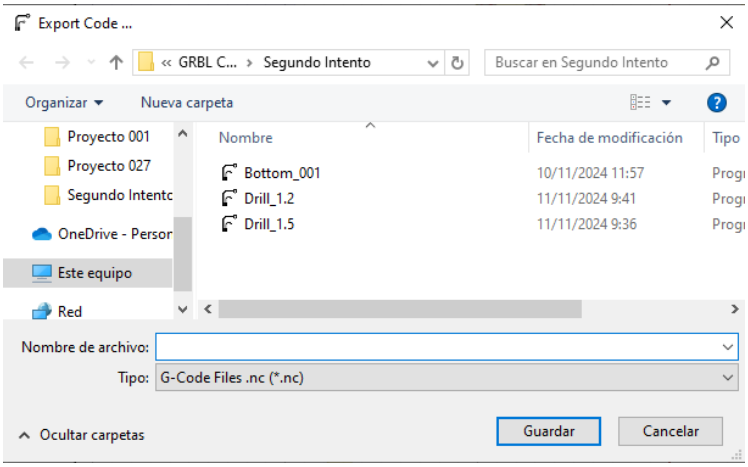
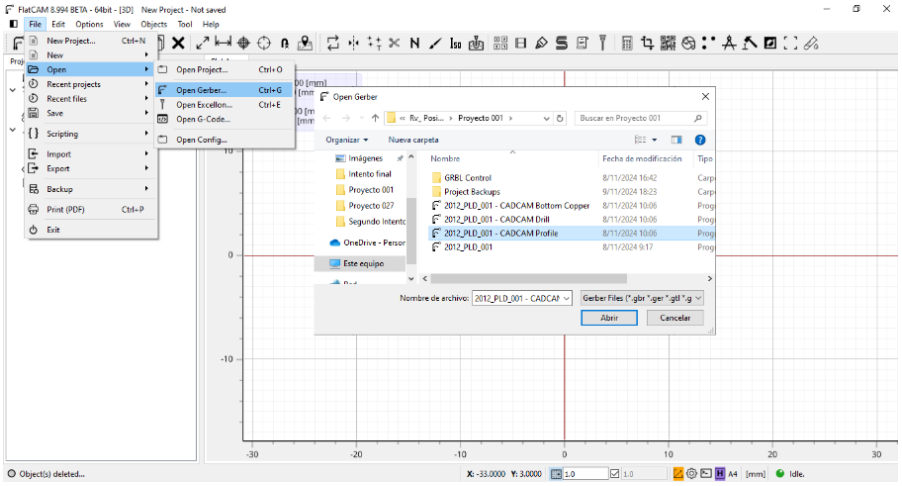


Figura 22.
Se procede a guardar las modificaciones observadas.



14. Se procede con el archivo de corte para que la tarjeta quede lista. En este paso se selecciona nuevamente File – Open – Open Gerber, pero se busca el archivo que diga Profile (como se muestra en la Figura 23) y se carga.

Figura 23.
Se procede abrir la barra de herramientas.



15. Haz doble clic en el archivo cargado y se dirigen a la herramienta Edit – Conversion – Conv Any to Geo. Se desactiva temporalmente el archivo Gerber del Profile con clic derecho Disable Plot y se trabaja en el archivo Geo convertido (como se muestra en la Figura 24 y 25).

Figura 24.
Selección de archivo para convertir.

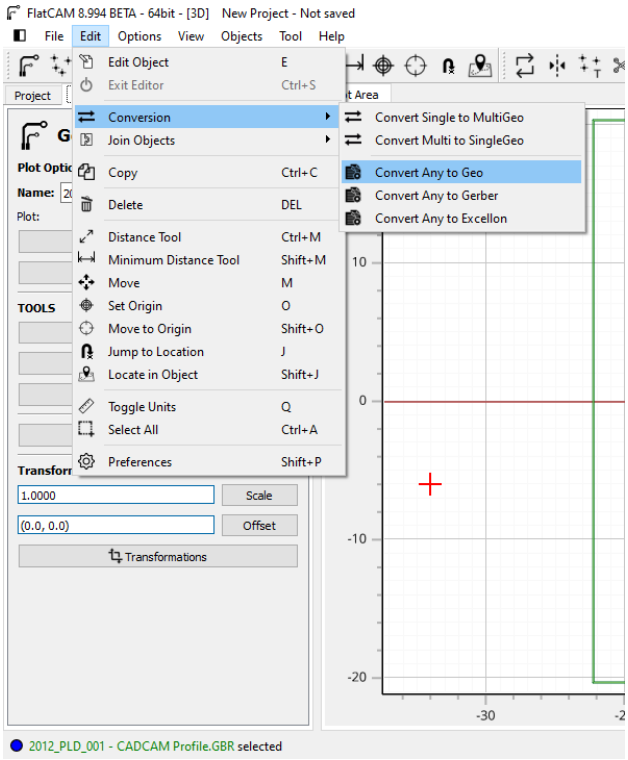
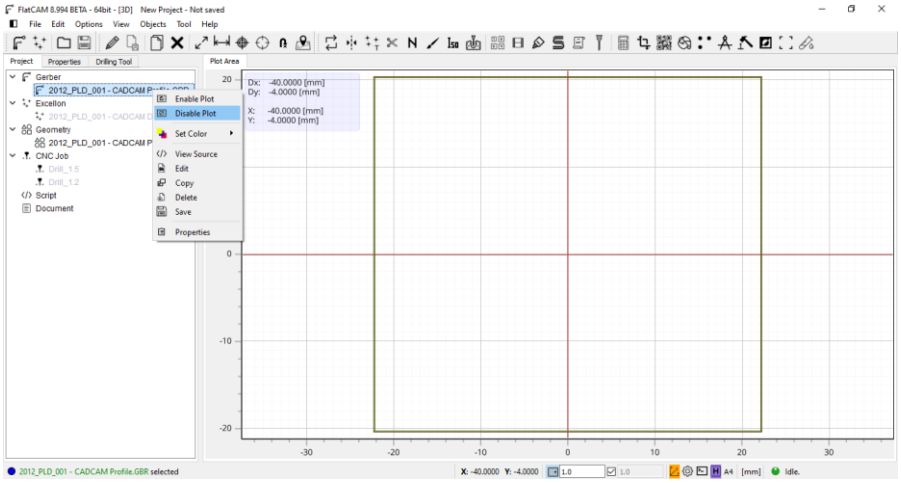
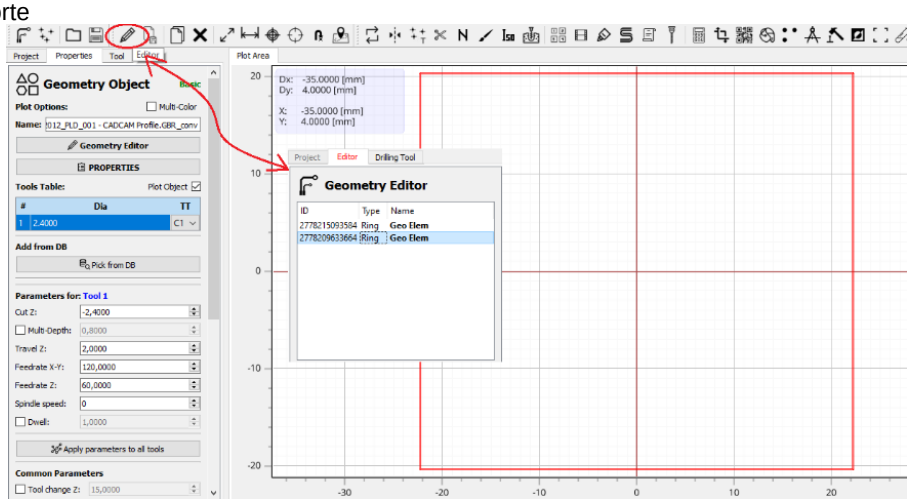


Figura 25.
Se procede convertir en un archivo GEO.



16. Con el Geometry Object abierto se dirigen al ícono del lápiz y se lo selecciona, donde se elimina la cara interna de la tarjeta. Y se guarda la edición. (como se muestra en la Figura 26)

Figura 26.
Edición del corte



17. Retorna al Geometry Object y se vuelve a seleccionar la herramienta Tools – CutOut PCB (como se muestra en la Figura 27 y 28), aquí se le puede añadir unas muescas, por medio del Manual Add Bridge Gaps, a la placa para que al momento de cortar no se mueva y tenga un soporte el cual se pueda retirar fácilmente después.

Figura 27.
Aplicación de puentes fijos

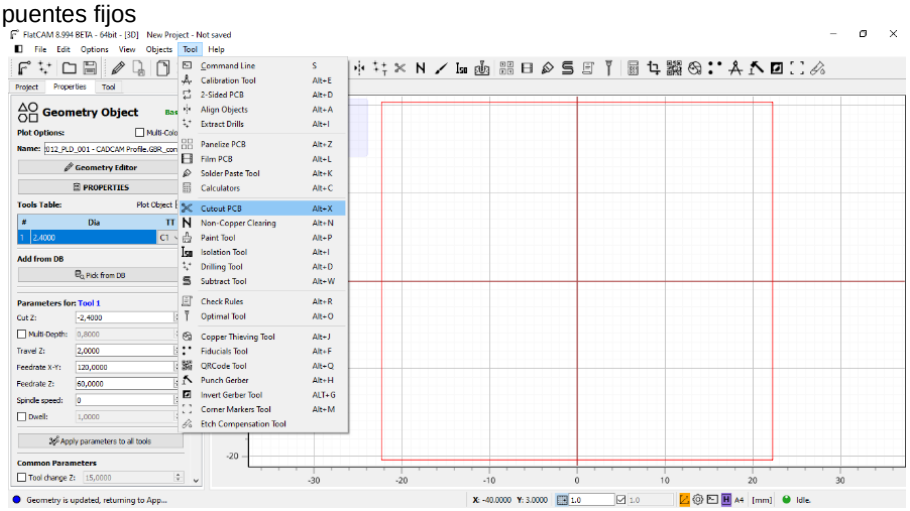
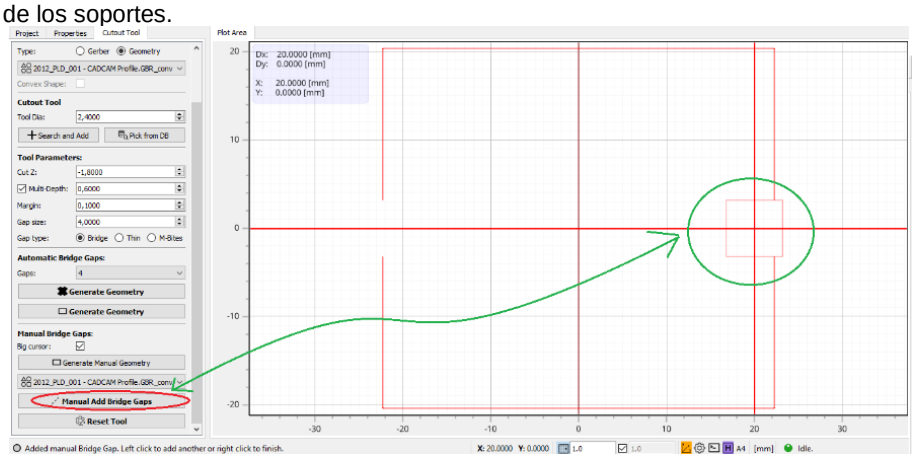
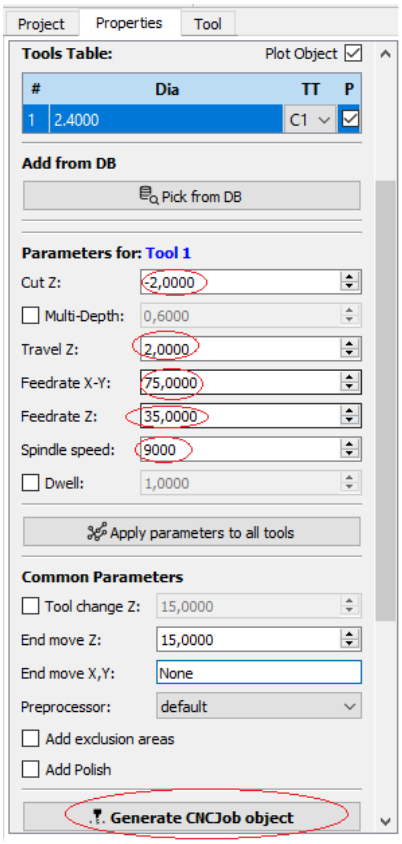


Figura 28.
Visualización de los soportes.



18. Vuelve a las propiedades del archivo y se modifican los parámetros por default (como se muestra en la Figura 29) por los siguientes: cut Z: -2mm (al darle un valor negativo, se asegura que la broca perfore por completo la tarjeta); travel Z: 2; feedrate x-y: 75mm/s; feedrate Z: 35mm/s; Spindle Speed: 9000rpm (se aumentó un poco más la velocidad para facilitar a la broca la perforación en el corte). Y se genera el CNC Job Object.

Figura 29.
Configuración del corte.



19. Visualiza si esta correcto el documento editado y se procede a guardarlo con el nombre de Borde para luego visualizar todos los archivos creados (como se observa en la Figura 30 y 31)

Figura 30.
Se guarda el proyecto

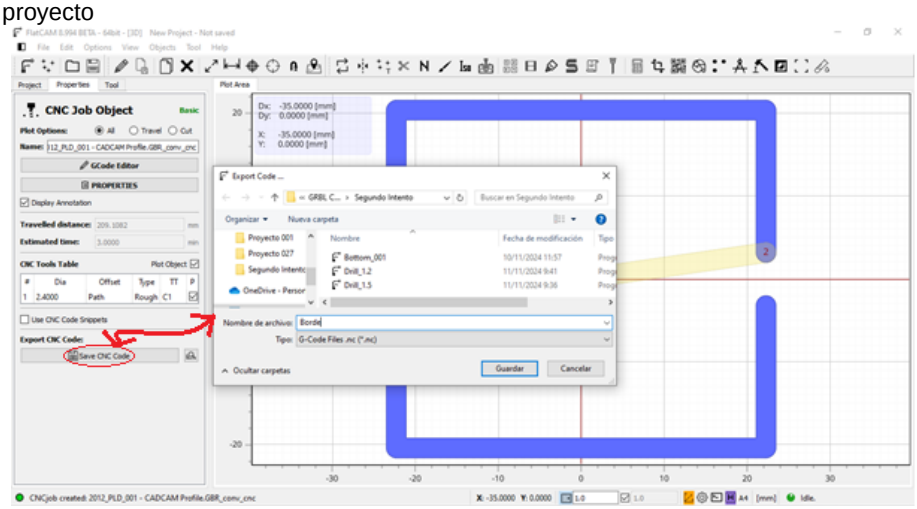
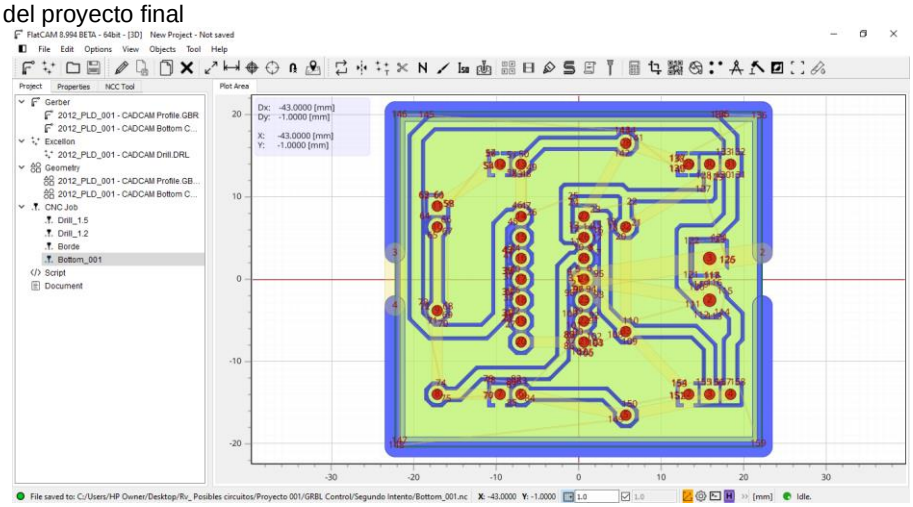


Figura 31.
Visualización del proyecto final



20. Cierra FlatCAM y se desplaza al software Candle o GRBL Control (como se muestra en la figura 32 y 33) para enviar los archivos a la máquina y realizar el proceso de fabricación de las pistas.

Figura 32.
Software GRBL Control o Candle

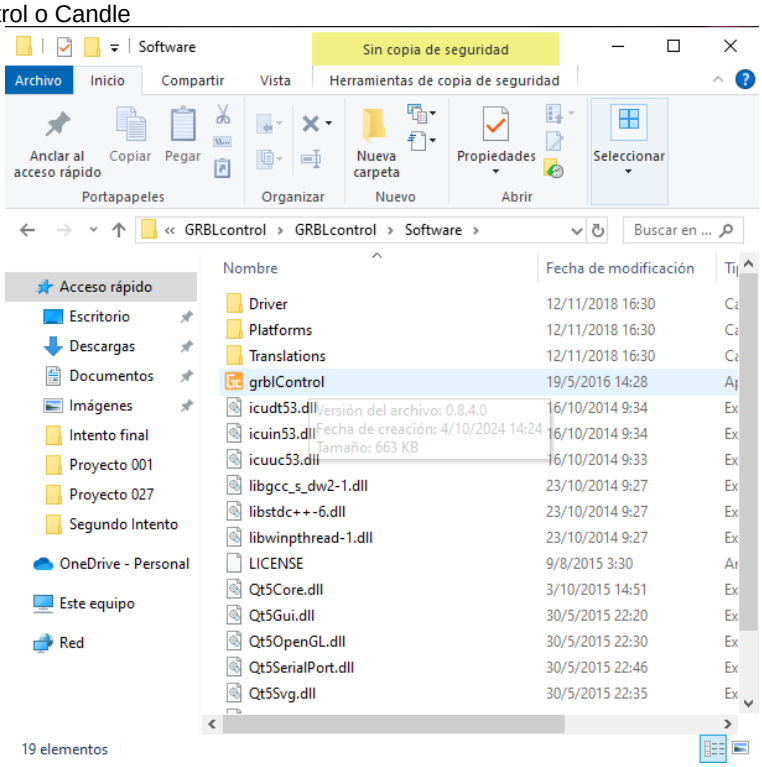
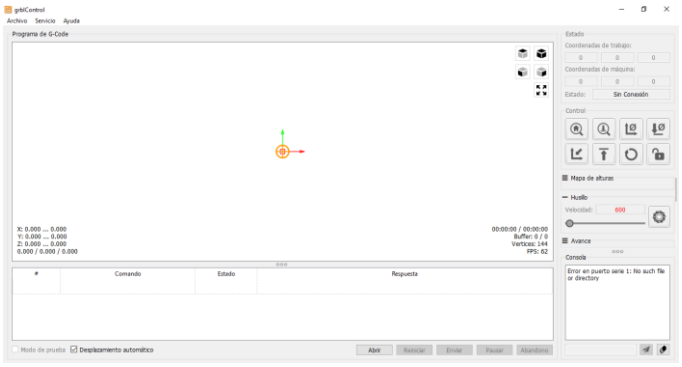
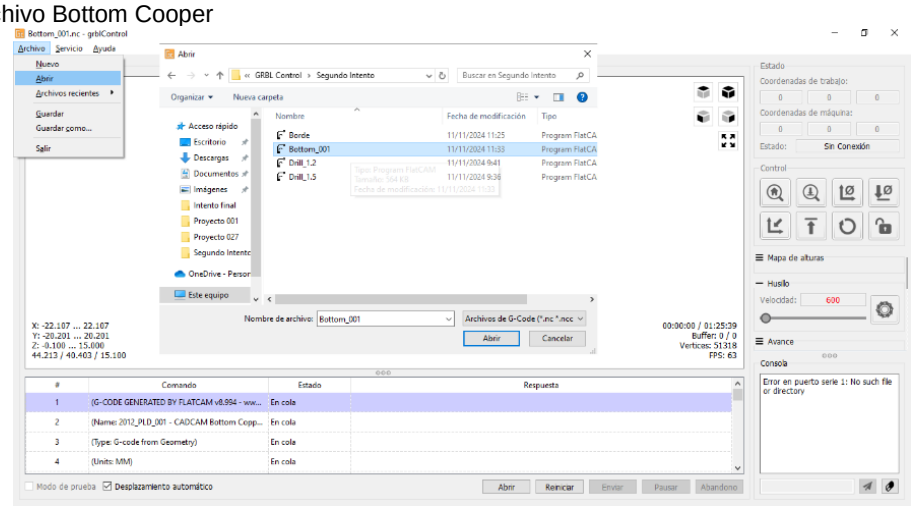


Figura 33.
Espacio virtual Candle



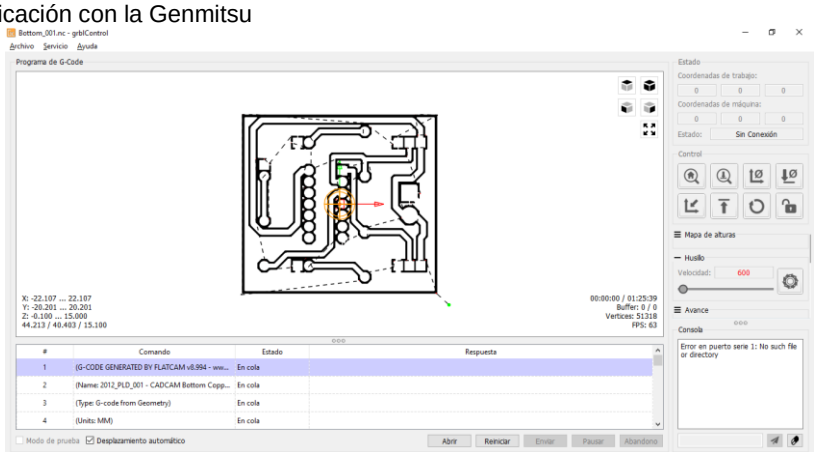
21. Empieza por cargar el archivo Bottom Copper, desde la herramienta Archivo – Abrir – Bottom_001 (como se observa en la figura 34).

Figura 34.
Carga del archivo Bottom Cooper



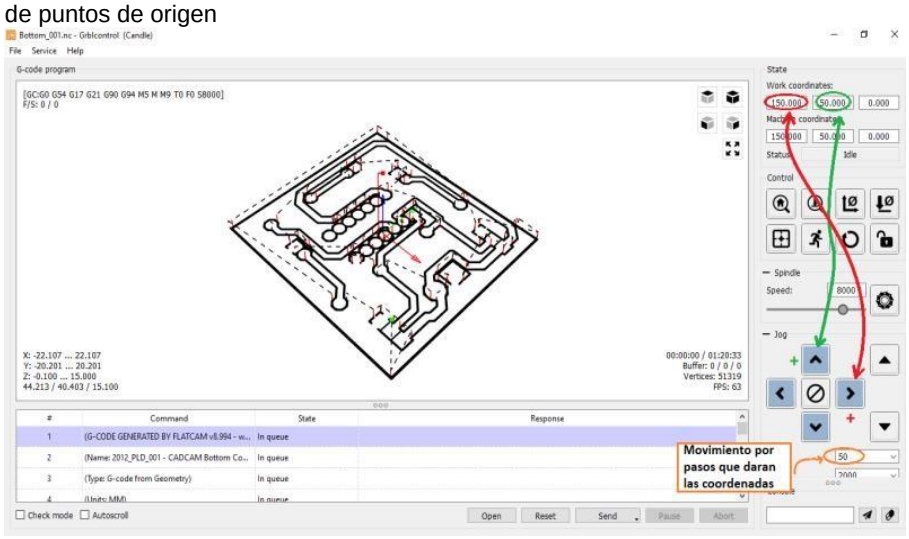
22. Ya con el archivo cargado se procede a trabajar en la interfaz y se enciende la Genmitsu CNC Router (como se ve en la figura 35).

Figura 35.
Interfaz de comunicación con la Genmitsu



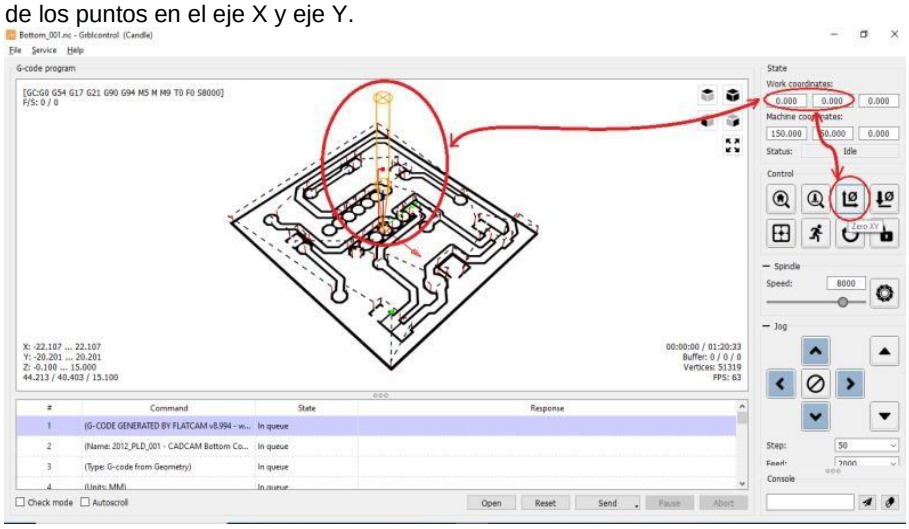
23. En la interfaz del Candle se ubica al centro de la base moviendo x: +150mm a la derecha; y: +50mm hacia adelante (como se observa en la Figura 36)

Figura 36.
Configuración de puntos de origen



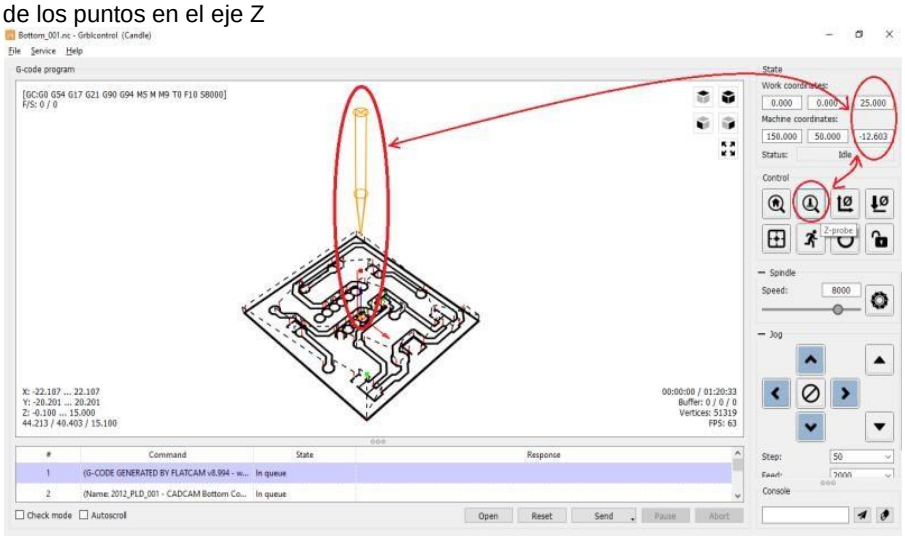
24. Se reinician esos puntos como nuevo origen del cual partirá el modelo para el trazado de las pistas (como se muestra en la Figura 37).

Figura 37.
Configuración de los puntos en el eje X y eje Y.



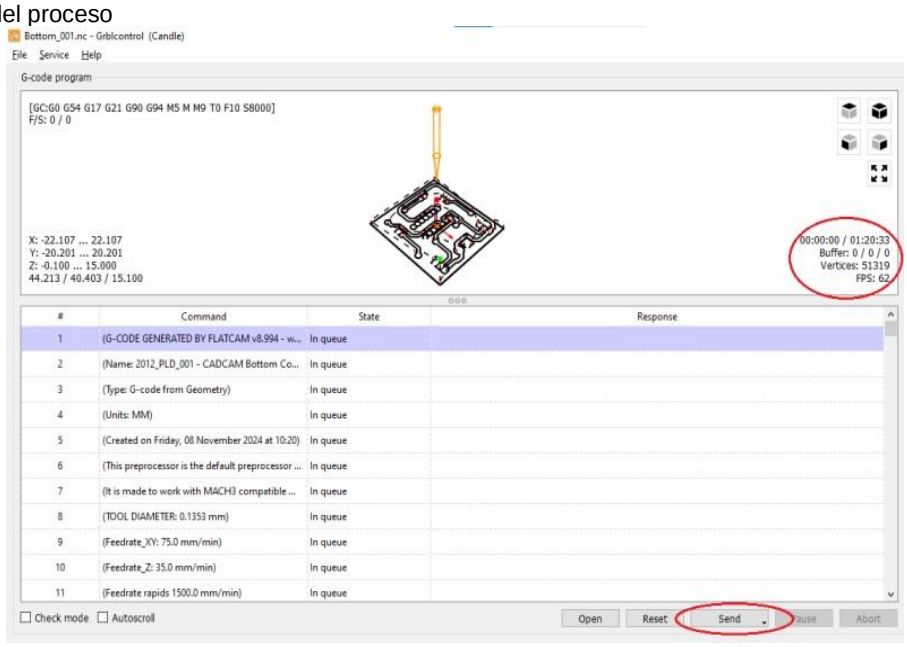
25. Por medio del Probe Z, se le indica a la máquina la posición de la tarjeta y hasta donde debe bajar para comenzar el trazado (como se observa en la Figura 38); esto lo realiza automáticamente desde la interfaz de Candle.

Figura 38.
Configuración de los puntos en el eje Z



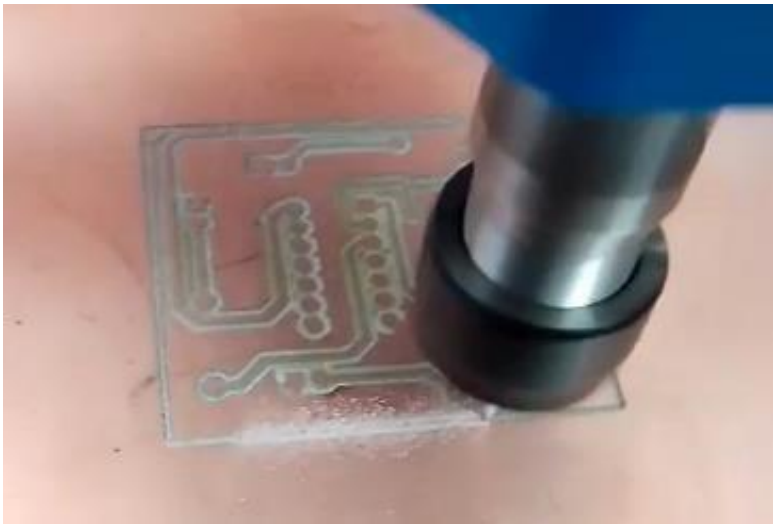
26. Una vez establecidos las coordenadas de trabajo con respecto al diseño, se procede a enviar el modelo y comenzará con el Trazado demorándose aproximadamente 1H20m33s (como se observa en la Figura 39).

Figura 39.
Tiempo total del proceso



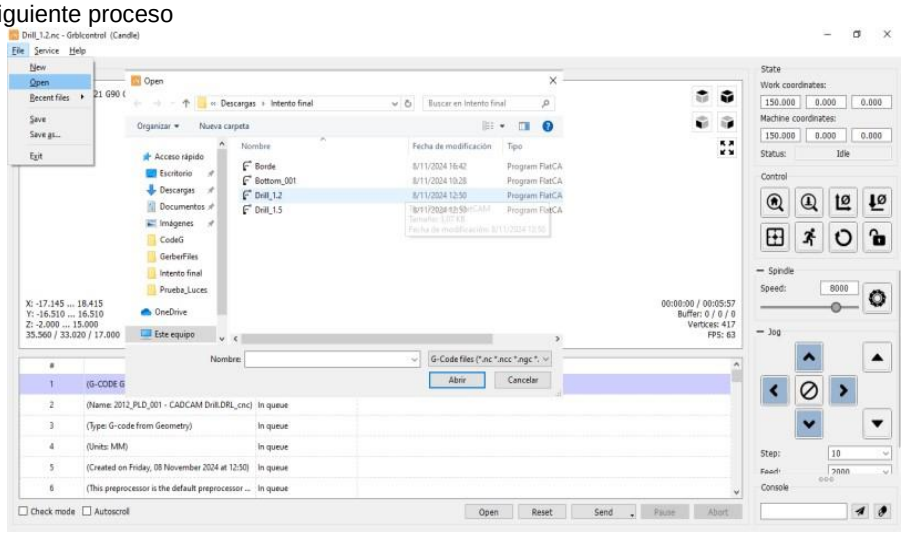
27. Terminado el proceso se tienen ya Trazadas las pistas y los Pads listos para el siguiente proceso que es la perforación (como se muestra en la figura 40).

Figura 40.
Trabajo en ejecución



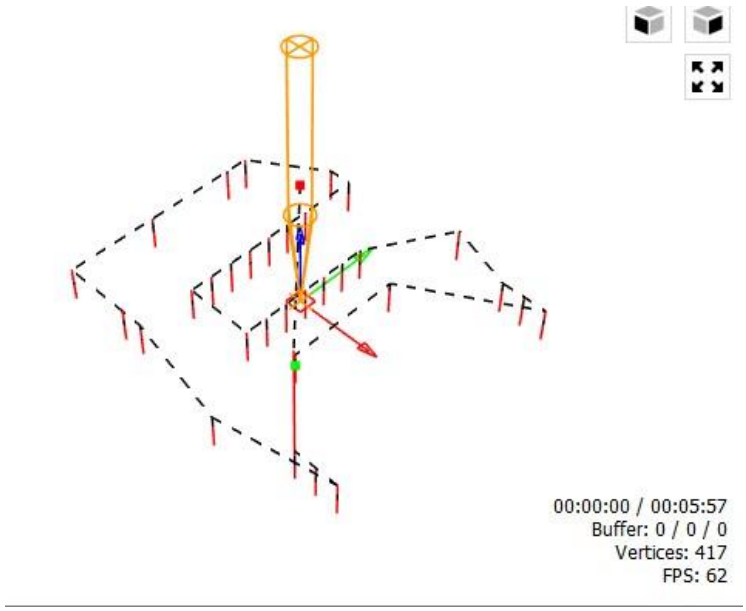
28. Para la perforación se repite el paso 21, pero ahora se selecciona cualquiera de los archivos drill para empezar el proceso y se cambia en la máquina la broca por una de perforación de 1.2mm (revisar la Figura 41).

Figura 41.
Elección del siguiente proceso



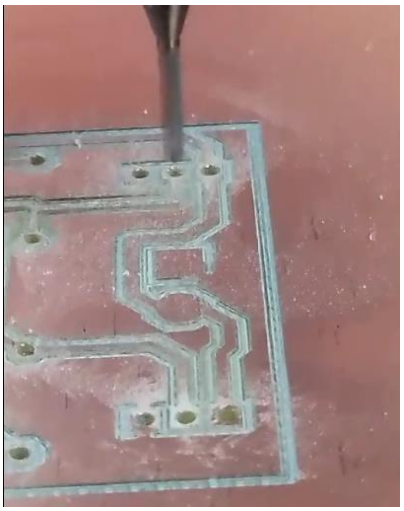
29. Se repiten los pasos 23, 24, 25 y 26 para dar con el tiempo final del proceso de 5m57s aproximadamente (como se muestra en la Figura 42).

Figura 42.
Trabajo en ejecución



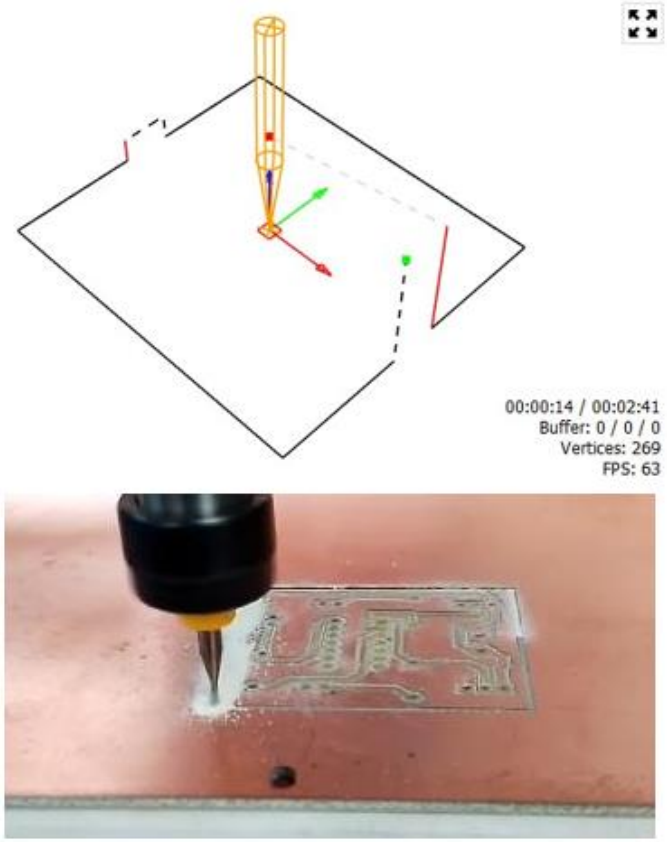
30. Se realiza el mismo proceso desde el paso 28 pero ahora con el archivo drill restante, cambiando la broca por una de 1.5mm. Dando como resultado un tiempo aproximado de 1m02s (como se muestra en la Figura 43).

Figura 43.
Trabajo en ejecución



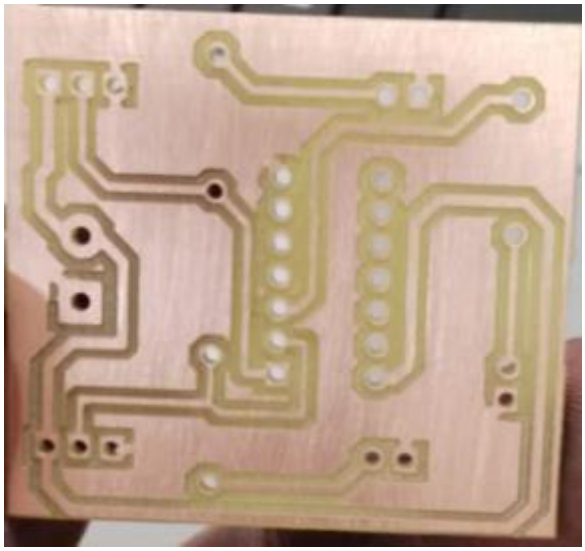
31. Para el corte, se cambia la broca por una de color amarillo que son especiales para el corte uniforme de medida 2mm. Repitiendo los pasos 23, 24, 25, 26; para terminar con un tiempo de 2m41s aproximadamente (véase la Figura 44).

Figura 44.
Proceso de corte de la placa



32. Dando como resultado la presentación de la placa para su debida prueba de funcionamiento como se muestra en la Figura 45.

Figura 45.
Placa terminada



6. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió la materialización de un enfoque técnico integral orientado a la repotenciación de laboratorio de diseño electrónico mediante el desarrollo de placas de trabajo adaptadas a las necesidades de pruebas por niveles de estudio. A través del diseño y fabricación de circuitos electrónicos específicos, se logró implementar una herramienta práctica que no solo optimiza el aprendizaje, sino que también estandariza el proceso de evaluación.

El proceso de fabricación de las placas PCB destacó por su nivel de precisión y metodología estructurada, cumpliendo con normas de diseño como la IPC-2221B. La selección de materiales, el diseño esquemático y la posterior implementación de los circuitos se llevaron a cabo con éxito, garantizando una funcionalidad óptima. Las placas desarrolladas integran componentes clave, tales como transistores, resistencias y diodos LED, que permiten la simulación y prueba de diversas configuraciones circuitales. Además, se aplicó un planeamiento minucioso en el diseño de pistas y separación de vías, asegurando la protección contra interferencias y sobrecargas mediante el uso de mallas de tierra.

Por otro lado, los circuitos implementados representan aplicaciones fundamentales en el campo de la electrónica, lo cual los convierte en herramientas didácticas versátiles. Estos circuitos no solo consolidan conceptos teóricos, sino que también permiten el desarrollo de habilidades prácticas esenciales para los estudiantes en diferentes niveles académicos. El modularidad de las placas permite su adaptación a futuras necesidades de experimentación, asegurando así la sostenibilidad y vigencia de la propuesta.

En conclusión, el trabajo realizado representa una contribución significativa al fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de diseño electrónico. Los resultados obtenidos avalan la viabilidad y eficacia de este enfoque, al tiempo que abren nuevas oportunidades para la implementación de tecnologías avanzadas en la formación

académica. Se recomienda continuar explorando mejoras en el diseño de circuitos y en los procesos de fabricación de PCB, así como evaluar el impacto de estas herramientas en el rendimiento académico a largo plazo.

7. RECOMENDACIONES

Examinar el uso de programas avanzados para simulación y diseño, tales como Altium Designer o KiCad, con el objetivo de potenciar la precisión y eficiencia en las etapas de creación.

Examinar la inclusión de elementos más sofisticados, como microcontroladores avanzados, sensores de IoT y dispositivos programables, con el fin de ampliar las posibilidades educativas de las placas.

La automatización del proceso productivo: Emplear equipos CNC de mayor precisión y automatización en las fases de corte y perforación, lo que reduciría los tiempos de producción y mejoraría la calidad final.

Elaborar un sistema de feedback constante que facilite la recolección de puntos de vista de alumnos y profesores acerca del rendimiento de las placas en el laboratorio, detectando zonas de mejora.

Establecer colaboraciones con otras universidades o institutos de investigación para intercambiar experiencias, perfeccionar los diseños y expandir el efecto de las herramientas creadas, coordinar seminarios para alumnos y profesores acerca del uso correcto de las placas y la implementación de técnicas innovadoras en electrónica.

8. BIBLIOGRAFÍA

Brown, S. D., & Vranesic, Z. G. (2013). *Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design.* McGraw-Hill.

Edidas. (2019). *Influence of the Simulation Program Methods to the Students Learning Outcomes on the Subject of the Microcontroller System.* Journal of Physics. Retrieved from https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012132

Fairchild Semiconductor. (2000). *CD4532 8-Input Priority Encoder with Latch*. Retrieved from https://www.fairchildsemi.com

Fleeman, D. (2015). *Understanding Timer IC 555 Applications.* Analog Device.

Genmitsu. (2011). *Genmitsu CNC Product Manuals*. Retrieved from https://sainsmart.com

GitHub. (2022). *Candle - CNC Control Software*. Retrieved from https://github.com

González, J. D. (2019). *Virtual laboratories of electromagnetism for education in engineering: A perception.* Journal of Physics. Retrieved from https://doi.org/10.1088/1742-6596/1391/1/012157

Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The Art of Electronics.* Cambridge University Press.

Juan Pablo Caram, P. (2018, Octubre 24). *Make-like libraries and tools for Python.* Retrieved from https://flatcam.org

Mancini, R. (2002). *Op Amps for Everyone: Design Reference.* Texas Instruments.

Mano, M., & Kime, C. (2004). *Logic and Computer Design Fundamentals.* Prentice Hall.

Muller, A. (1998). *Digital Systems Design.* Prentice Hall.

Rashid, M. H. (2018). *Microelectronic Circuits: Analysis and Design (3rd ed.).* Cengage Learning.

Roth, C. H. (2004). *Fundamentals of Logic Design (5th ed.).* Cengage Learning.

SaintSmart. (2011). *SainSmart Power to the makers.* Retrieved from https://www.sainsmart.com/?sscid=11k9_8td92&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAhP67BhAVEiwA2E_9g4nbdrpfrZOOnOdRazFdzd373mYffSCFLat0FPNRJZwxGZ60VdtX4xoC2O0QAvD_BwE

Texas Instruments. (2002). *CD4532B CMOS Priority Encoder*. Retrieved from https://www.ti.com

Texas Instruments. (2004). *SN7493A Binary Counters*. Retrieved from Datasheet.

Tocci, R., Widmer, N., & Moss, G. (2011). *Digital Systems: Principles and Applications.* Pearson.

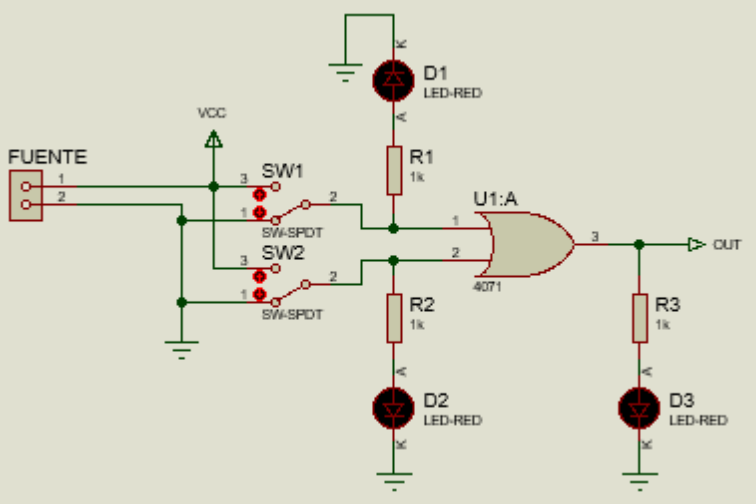
Wach, M. (2023). *Milling Printed Circuit Boards (PCBs) on a Cheap CNC Machine.* Retrieved from https://www.instructables.com/Milling-Printed-Circuit-Boards-PCBs-on-a-Cheap-CNC/

9. ANEXOS

Práctica #2. CIRCUITO EXPERIMENTAL OR

Análisis del Circuito

Figura 46.
Representación del Circuito OR en un simulador.



En el diagrama presentado en la figura 46, se observa un circuito electrónico que utiliza una compuerta lógica OR (implementada mediante un integrado 4071) y una serie de componentes pasivos y activos para controlar el encendido de diodos LED en función del estado de dos interruptores SPDT. A continuación, se analizan los elementos principales y su funcionamiento:

- **Fuente de Alimentación y Conexiones Iniciales:** La fuente de alimentación proporciona un voltaje constante (VCC), que alimenta a los interruptores y, posteriormente, a los componentes del circuito. La conexión correcta de la alimentación garantiza que la compuerta OR pueda operar correctamente y controlar la salida.
- **Interruptores SPDT (SW1 y SW2):** Los interruptores, de tipo SPDT (Single Pole Double Throw), permiten conectar una línea común a dos posibles salidas. En este circuito, los interruptores determinan si la entrada de la compuerta lógica recibe un nivel alto (VCC) o bajo (GND). Cuando cualquiera de los interruptores conecta su

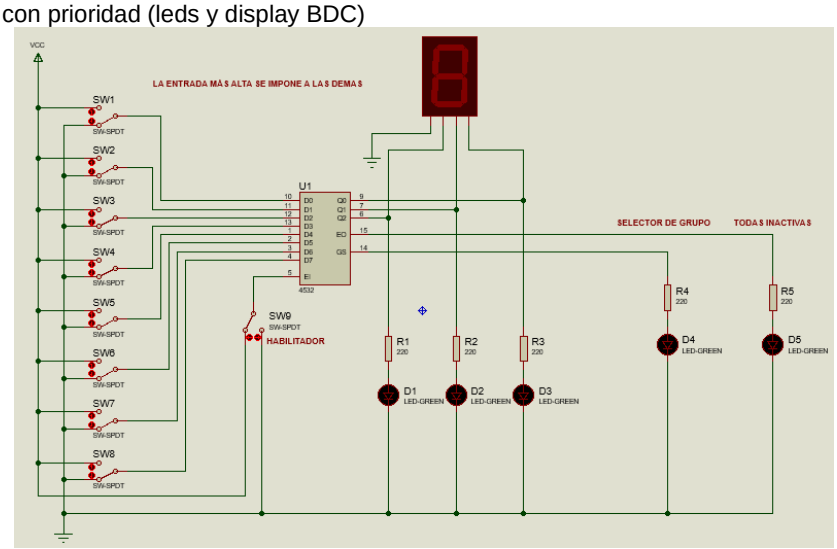
terminal común al VCC, se genera una señal de entrada alta en la compuerta OR (Tocci, Widmer, & Moss, 2011).

- **Compuerta Lógica OR (U1):** La compuerta OR (integrado 4071) es el elemento clave del circuito. Este integrado contiene cuatro compuertas OR independientes, de las cuales se está utilizando una (U1: A). La función lógica OR produce una salida alta (OUT) cuando cualquiera de sus entradas (pin 1 o pin 2) está en nivel alto. En caso de que ambas entradas estén en nivel bajo, la salida permanece baja. Este comportamiento hace que el circuito sea útil para aplicaciones de control donde se necesite encender una carga al cumplirse al menos una de las condiciones definidas por los interruptores (Horowitz & Hill, 2015).
- **LEDs y Resistencias Limitadoras:** La salida de la compuerta OR se conecta a tres LEDs: D1, D2 y D3. Cada LED cuenta con una resistencia limitadora (R1, R2 y R3, de 1kΩ) para evitar que circule una corriente excesiva a través de ellos, protegiendo los dispositivos. Cuando la salida está en nivel alto, los LEDs se encienden, proporcionando una indicación visual del estado del circuito.

Práctica #3. CODIFICADOR 8-3 CON PRIORIDAD (LEDS Y DISPLAY BDC)

Análisis del Circuito

Figura 477.
Codificador 8 - 3 con prioridad (leds y display BDC)



El circuito presentado en la figura 47, utiliza el integrado CD4532, un multiplexor de prioridad con latch, para gestionar señales provenientes de interruptores SPDT y controlar LEDs y un display de 7 segmentos. Este sistema se configura para que la entrada con la mayor prioridad determine la salida activa, ilustrando una aplicación típica del CD4532 en sistemas de control lógico. A continuación, se analizan los componentes y su funcionamiento:

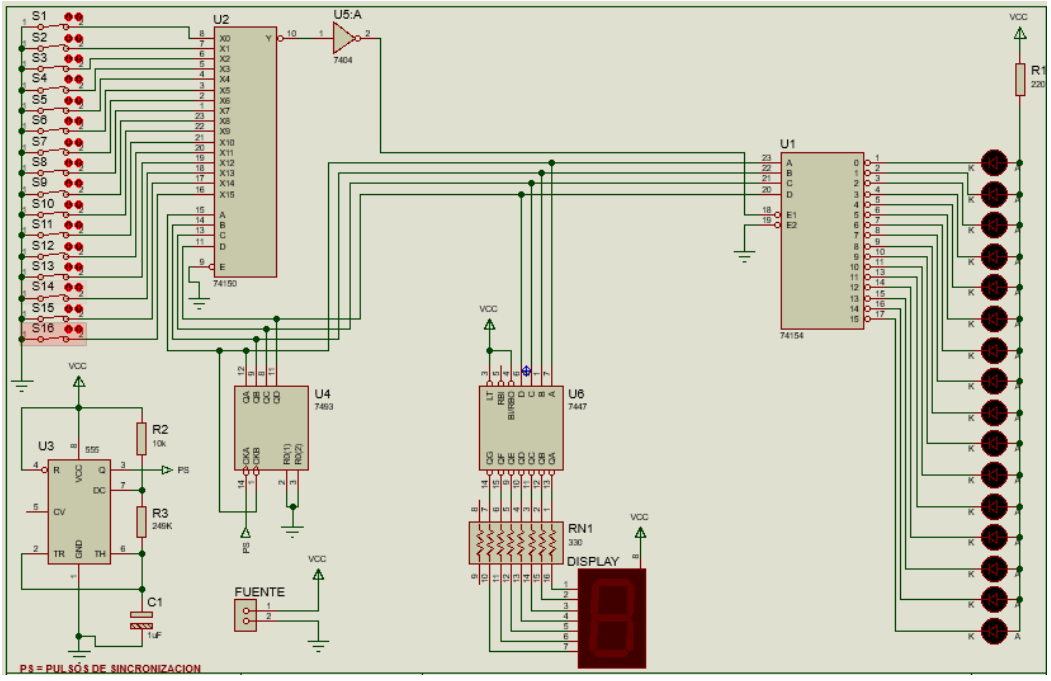
- **Fuente de Alimentación (VCC):** La fuente proporciona un voltaje constante necesario para alimentar el circuito. Este voltaje se distribuye a los interruptores, el circuito integrado (IC), y los LEDs. Una fuente estable es esencial para garantizar el correcto funcionamiento del sistema (Horowitz & Hill, 2015).
- **Interruptores SPDT (SW1 a SW8):** Los interruptores de un solo polo y doble tiro permiten seleccionar manualmente las señales de entrada al IC. En este diseño, se usan para simular señales binarias aplicadas a las entradas del CD4532. Dependiendo de la posición de los interruptores, el multiplexor prioriza la entrada más alta activa (Texas Instruments, CD4532B CMOS Priority Encoder, 2002)
- **Integrado CD4532:** El CD4532 es un codificador de prioridad de 8 entradas que, junto con su latch, selecciona la entrada activa de mayor prioridad (D0 a D7) y la convierte en una salida codificada en formato binario (Q0 a Q2). También genera una señal de habilitación (GS) y un indicador de estado (EO). Esto permite reducir la cantidad de señales necesarias para controlar múltiples dispositivos, como un display de 7 segmentos. Este IC es ideal para aplicaciones de selección de datos en sistemas digitales (Fairchild Semiconductor, 2000).
    - **Modo de operación con latch habilitado:** Cuando el interruptor habilitador (SW9) está en una posición que activa el latch, el IC retiene el último valor válido de las entradas, incluso si estas cambian. Esto asegura la estabilidad en el sistema de control.

- **Display de 7 segmentos:** El display muestra el valor binario de las señales seleccionadas. Esto es útil en aplicaciones de monitoreo y control donde es necesario visualizar los datos codificados. La correcta configuración de las salidas del IC asegura que el display funcione correctamente.
- **LEDs y Resistencias Limitadoras (R1 a R5):** Cada LED está conectado a través de una resistencia limitadora de 220 ohmios, que protege los LEDs de sobre corriente. Los LEDs indican el estado de activación de grupos específicos o si todas las entradas están inactivas, brindando una representación visual complementaria al display (Mano & Kime, 2004).

Práctica #4. SISTEMA SINCRONICO DE TRANSMISION DE DATOS

Análisis del Circuito

Figura 488.
SISTEMA SINCRONICO DE TRANSMISION DE DATOS



El diagrama electrónico presentado en la figura 48 incluye una variedad de componentes activos y pasivos que trabajan en conjunto para lograr un sistema lógico de control y visualización. Entre los integrados utilizados se encuentran el temporizador 555, el contador

7493, el decodificador BCD a 7 segmentos 7447, el decodificador/demultiplexor 74154, el multiplexor 74150 y un display de 7 segmentos. A continuación, se describen las características principales y la funcionalidad de cada uno de estos integrados dentro del sistema:

- **Temporizador 555 (U3):** El integrado 555 es configurado como un multivibrador astable, generando un tren de pulsos de sincronización (PS) que es utilizado como señal de reloj para el contador 7493. Este tren de pulsos establece la frecuencia de operación del sistema, sincronizando las transiciones de estado (Mancini, 2002) (Fleeman, 2015).
- **Contador 7493 (U4):** El integrado 7493 es un contador binario de 4 bits que divide la frecuencia de la señal de reloj proveniente del 555. Este componente genera salidas binarias que sirven como direcciones para los demás integrados del circuito, específicamente para el decodificador/demultiplexor 74154 y el multiplexor 74150 (Horowitz & Hill, 2015) (Texas Instruments, SN7493A Binary Counters, 2004).
- **Decodificador BCD a 7 Segmentos 7447 (U6):** El integrado 7447 convierte las señales binarias provenientes del contador en señales compatibles con el display de 7 segmentos. Este decodificador asegura que los números binarios se muestren de manera legible en el display (Muller, 1998).
- **Decodificador/Demultiplexor 74154 (U1):** El 74154 es un decodificador de 4 líneas a 16 líneas que permite la selección de una única salida en función de las señales binarias de entrada. En este circuito, se utiliza para activar uno de los LEDs de salida en función del estado del sistema (Roth, 2004).
- **Multiplexor 74150 (U2):** El 74150 es un multiplexor de 16 a 1 que selecciona una única línea de entrada y la conecta a la salida común en función de las señales de control. Este integrado se encarga de gestionar múltiples señales de entrada en un

solo canal, optimizando el manejo de datos dentro del circuito (Brown & Vranesic, 2013).

- **Display de 7 Segmentos (RN1):** El display de 7 segmentos recibe las señales del 7447 y las convierte en representaciones numéricas visuales, proporcionando una interfaz fácil de interpretar para el usuario (Tocci, Widmer, & Moss, 2011).

Funcionamiento General

El circuito funciona como un sistema lógico secuencial. El temporizador 555 genera pulsos de sincronización que avanzan el contador 7493. Este contador alimenta señales binarias al decodificador/demultiplexor 74154 y al multiplexor 74150, determinando qué salida del sistema se activa. Las señales son visualizadas en el display de 7 segmentos mediante el decodificador 7447.

Este diseño es ideal para aplicaciones de control lógico y sistemas de visualización, destacando la interacción entre los integrados para lograr un funcionamiento sincronizado y eficiente.