



MANUAL DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PCB EN CNC

En este instructivo se dará a conocer el proceso de uso, recomendaciones y funcionalidades de la CNC en el proceso de diseño y fabricación de circuitos en PCB.

2025-2

CONTENIDO

1

Preparación del diseño en Software: Uso de Kicad, configuraciones y exportación a Gcode con Flatcam.

2

Configuración de la máquina CNC: Descripción de la máquina, fijación de placa, calibración de ejes, selección de herramienta y cargar el Gcode

3

Proceso de fresado, taladrado y corte: Configuración de velocidades y profundidades, cambio de herramientas, ejecución del fresado y corte del contorno.

4

Limpieza, soldadura y pruebas de continuidad: Eliminación de polvo, soldadura de componentes y verificación de continuidad.

5

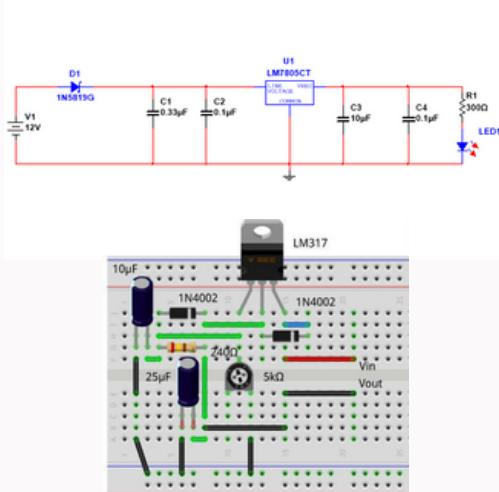
Prácticas de seguridad: Equipamiento adecuado, supervisión, recomendaciones de la CNC etc.

6

Conclusiones y referencias: Resultados esperados y referencias de apoyo para un buen uso.

PREPARACION DEL DISEÑO EN SOFTWARE

Para esta guía, utilizaremos un circuito básico que funciona como regulador a 5V con el 7805 que funciona para un adaptador jack de 2.1mm. Inicialmente se simula y se monta en protoboard para verificar el buen funcionamiento del circuito. En este caso, se realizó el diseño en Multisim antes de pasar a la herramienta de PCB.



Antes de fabricar la placa en la CNC, es fundamental simular el circuito o montarlo en una protoboard. Este paso permite verificar el correcto funcionamiento del diseño, identificar posibles errores en las conexiones, valores de componentes o comportamiento eléctrico, y realizar ajustes sin incurrir en el gasto de material ni tiempo de fabricación. De esta manera, se garantiza que el diseño final sea confiable y funcione adecuadamente al ser transferido a la placa definitiva.

USO DE KICAD

Para este tutorial, usaremos y explicaremos el proceso de diseño desde la aplicación KiCad, sin embargo puede usar la de su preferencia.

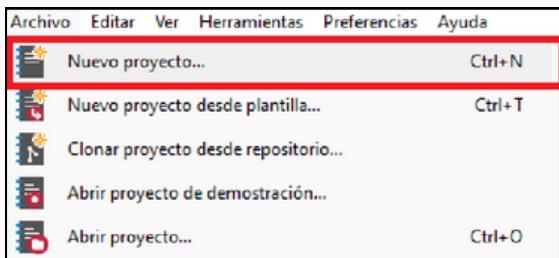
KiCad es un software libre y de código abierto utilizado para el diseño de circuitos electrónicos y placas de circuito impreso (PCB). Su entorno integrado permite realizar todo el proceso de desarrollo, desde el esquema eléctrico hasta la generación de archivos de fabricación, como los Gerber o el G-code necesario para el fresado en una máquina CNC.

Una de sus principales ventajas es la integración entre sus diferentes herramientas: el Editor de Esquemas (Eeschema) para dibujar el circuito, el Asignador de Huellas (CvPCB) para vincular cada componente con su forma física, y el Editor de PCB (PCBnew) donde se diseña el trazado de las pistas y se definen las capas de cobre, taladros y bordes de la placa.



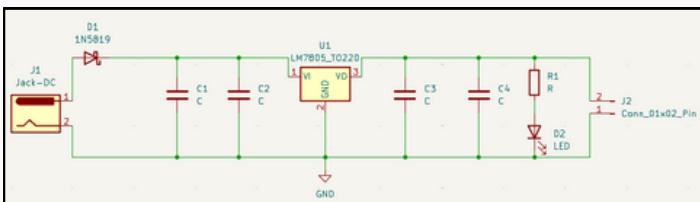
PASO 1.

El primer paso consiste en crear un nuevo proyecto desde la ventana principal de KiCad, donde se generarán automáticamente los archivos del esquema eléctrico y de la PCB.



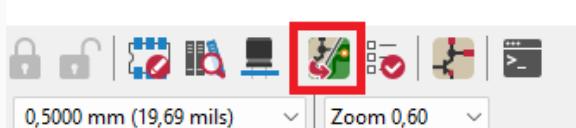
PASO 3.

Después de colocar los componentes, se procede a realizar las conexiones eléctricas mediante la herramienta de cableado. Es importante asegurarse de que todos los nodos estén correctamente conectados, ya que uniones incorrectas o desconectadas pueden generar errores al momento de transferir el diseño al PCB.

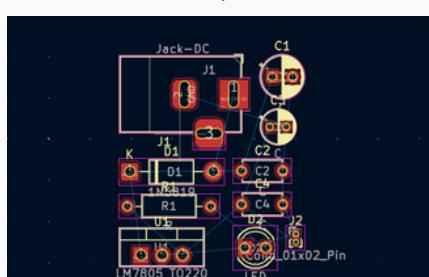


PASO 5.

Una vez asignadas todas las huellas, se importa el diseño al Editor de PCB (PCBnew). Aquí se observa la disposición física de los componentes sobre la placa, y es posible organizar su ubicación según criterios de tamaño, flujo de señal o facilidad de soldadura.

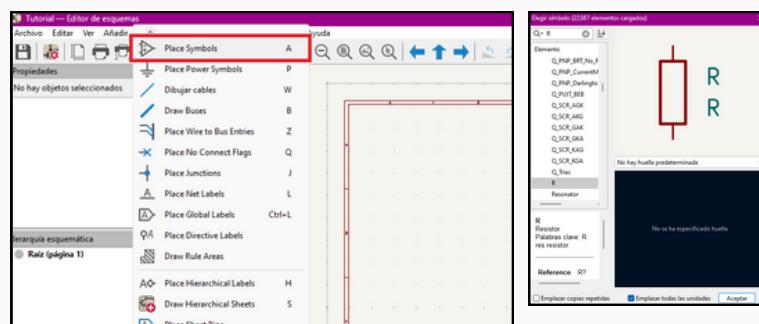


Se selecciona la opción de actualizar placa y tendremos nuestros componentes en PCBnew.



PASO 2.

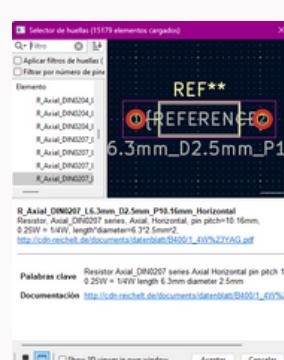
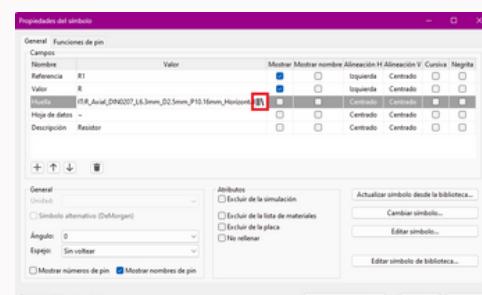
Con el proyecto creado, se abre el Editor de Esquemas (Eeschema). En esta interfaz se colocan los componentes electrónicos que conforman el circuito, como resistencias, capacitores, diodos o circuitos integrados. Estos se pueden buscar desde la biblioteca de símbolos y ubicar sobre el área de trabajo con precisión.



Se desplegará la siguiente ventana -->

PASO 4.

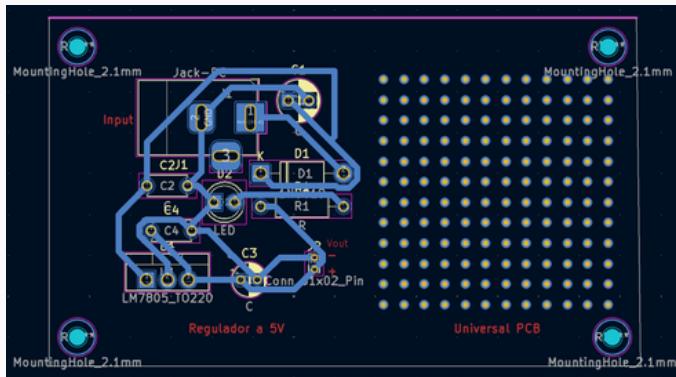
Completado el esquema, se debe asignar una huella (footprint) a cada componente. Este paso define la forma física del componente en la placa. Para ello, se utiliza el módulo Asignador de Huellas (CvPCB), donde se puede seleccionar manualmente la huella más adecuada o utilizar las sugeridas por defecto según el tipo de componente.



Se nos abrirá esta ventana donde seleccionaremos la huella de nuestro componente basandonos en las medidas reales de este.

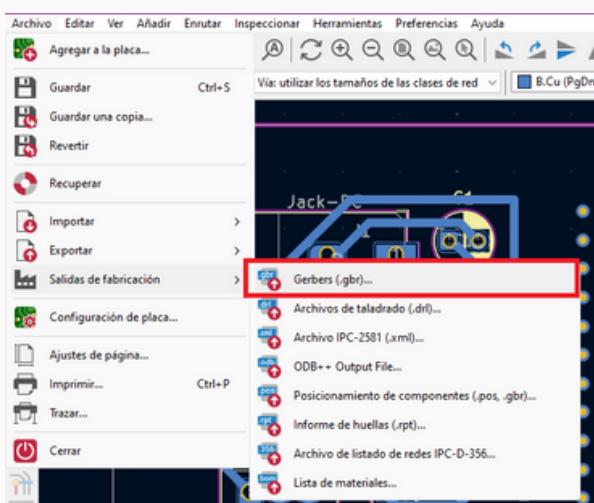
PASO 6.

El siguiente paso consiste en unir las pistas de cobre que representan las conexiones eléctricas del circuito. Esta tarea se realiza manualmente con la herramienta de enrutado o automáticamente con el enrutador integrado. Se recomienda mantener las pistas cortas y evitar cruces para reducir interferencias y mejorar el rendimiento.



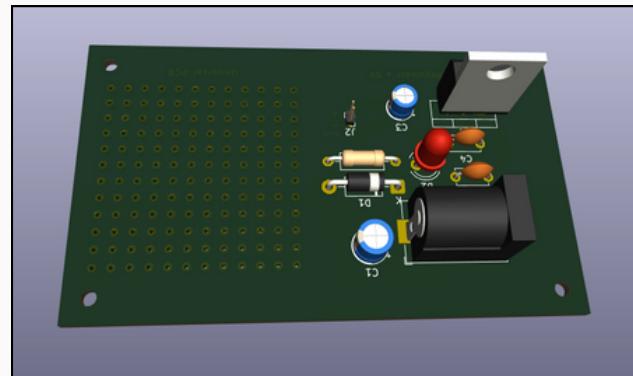
PASO 8.

Finalmente, se procede a la exportación de los archivos Gerber, que contienen toda la información necesaria para la fabricación de la placa. Desde el menú Archivo → Salidas de fabricación → Archivos Gerber, se seleccionan las capas correspondientes (cobre, máscara, serigrafía y contorno de la placa). Estos archivos también pueden convertirse en G-code para su uso directo en la máquina CNC.



PASO 7.

Cuando el diseño del PCB esté completo, se puede visualizar la placa en 3D para verificar que las dimensiones, la orientación de los componentes y la distribución general sean correctas. Esta herramienta es muy útil antes de exportar los archivos finales.



Para acceder a esta opción, debes darle click al icono de visor 3D.



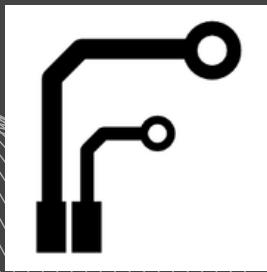
PASO 9.

Se genera el Gcode, en este caso utilizamos la aplicación FLATCAM, donde ademas de subir los archivos Gerber, debemos calibrar algunos parametros de la CNC, como la herramienta, la posición entre otras cosas.



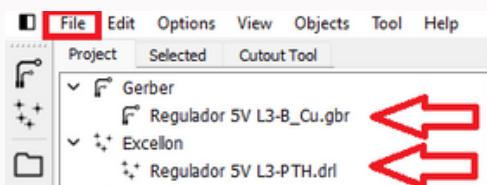
En el QR adjunto, encontraras un pequeño tutorial donde se detallará el paso a paso y las funcionalidades que nos trae esta aplicación para la generación del Gcode.

UTILIZACIÓN DE FLATCAM



PASO 1.

Primero creamos nuestro proyecto y desde la pestaña de archivos, importamos nuestros archivos gerber y drill, en nuestro caso contamos con un gerber de la cara inferior de la pcb donde estan las pistas y un archivo drill con los huecos a perforar..



PASO 3.

Realizamos el mismo procedimiento pero ahora con el archivo excellon, donde configuraremos el drill, es decir las perforaciones de la PCB. Inicialmente observaremos todos los diametros de las diferentes perforaciones.

Excellon Object

Basic

Plot Options: Solid

Name: Regulador 5V L3-PTH.drl

Tools Table:

#	Diameter	Drills	Slots	P
1	0.6000	2		<input type="checkbox"/>
2	0.8000	7		<input type="checkbox"/>
3	0.9000	320		<input type="checkbox"/>
4	0.9000	3		<input type="checkbox"/>
5	1.0000	2	3	<input type="checkbox"/>
6	1.1000	5		<input type="checkbox"/>
Total Drills		339		
Total Slots		3		

Es importante tener esta información en cuenta para que el diámetro de la fresa no exceda el tamaño del diámetro mínimo que hay que perforar, por lo que es recomendable utilizar las siguientes configuraciones dentro de los siguientes parametros.

Create CNC Job

Cut Z: -2,5000

Travel Z: 2,0000

Tool change

Tool change Z: 15,0000

End move Z: 35,0000

Feedrate Z: 200,0000

Spindle speed: 5

Dwell: 1,0000

Preprocessor: default

Mill Holes

Drill Tool dia: 0,6000 **Mill Drills Geo**

Slot Tool dia: 1,0000 **Mill Slots Geo**

Scale

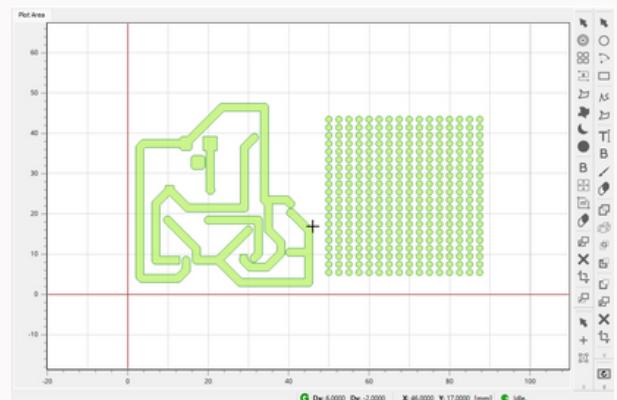
Factor: 1.0000 **Scale**

Offset

Vector: (0.0, 0.0) **Offset**

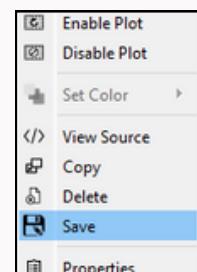
PASO 2.

Como segundo paso, seleccionamos el gerber y vamos a la pestaña selected donde encontraremos las opciones de configuración de nuestra herramienta y como paso de gran importancia, desplazar nuestras pistas hacia el cuadrante I muy cercana a la coordenada (0,0). Despues presionamos el boton que dice **Generate Isolation Geometry**.



PASO 4.

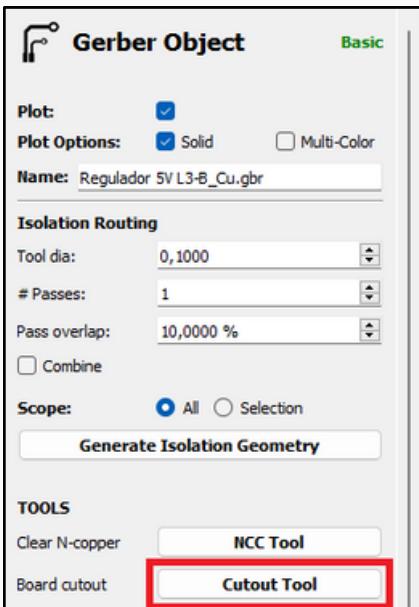
Para el siguiente paso, como lo hicimos con el iso, debemos darle a **Create Drills Gcode**, y esto nos generará otro archivo ya final para la CNC. Cabe aclarar que todos estos archivos se deben guardar despues de generados para pasarlo al siguiente software que en este caso seria el Mach3.



Solo debemos dar click derecho sobre el archivo de CNC y guardarlo en una carpeta donde podamos encontrarlo fácilmente.

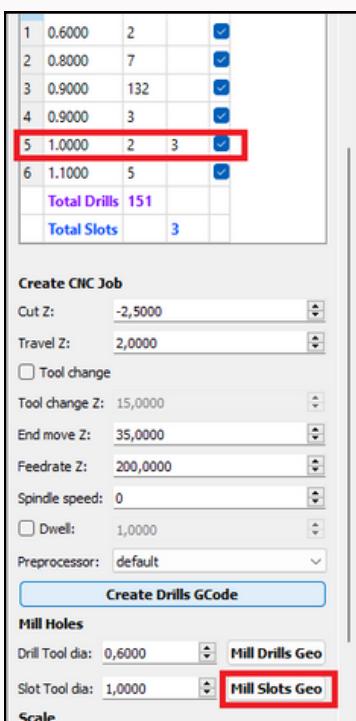
PASO 5.

El siguiente paso consiste en realizar el archivo cn para los cortados de la PCB. Dichos cortados se realizan yendo a selected desde el Gerber inicial y nos dirigimos posteriormente a la herramienta **Cutout Tool**.



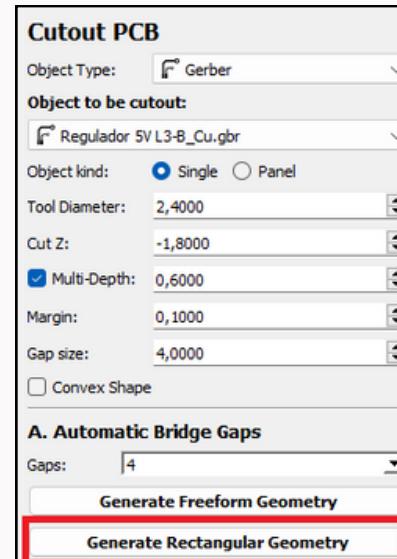
PASO 7.

Ahora realizaremos una configuración extra que requerimos de acuerdo a nuestro diseño, debido a que hay diversas huellas que no se deben realizar con la misma herramienta seleccionada dentro del archivo Drill, esto debido a que algunos componentes manejan slots (huecos alargados), y dificultan el funcionamiento de la broca provocando que se parte en la mayoría de veces. Para ello, debemos dirigirnos al selected del archivo Drill, seleccionar el numero donde estan los slots y seleccionamos la opción **Mill Slots Geo**



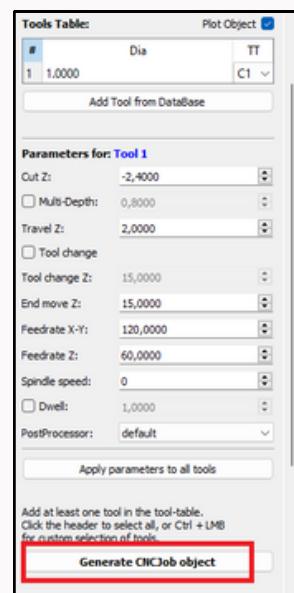
PASO 6.

Posteriormente, se nos despliega una nueva bandeja de configuraciones donde pondremos los valores tipicos mostrados en la imagen y al ya estar configurada, presionamos el botón llamado **Generate Rectangular Geometry**.



PASO 8.

,De esta manera, se nos abrirá una nueva pestaña donde configuraremos de igual forma con los valores estandarizados y generaremos el objeto tenido así un archivo aparte con solo los slots. Como todos los archivos, debeos generarlos y guardarlos.



CONFIGURACIÓN DE LA MÁQUINA CNC

Una vez exportados los archivos Gerber o el código G correspondiente desde KiCad, se procede a la configuración de la máquina CNC que realizará el fresado y taladrado de la placa. Esta etapa es fundamental para garantizar precisión en el mecanizado y evitar daños tanto en la placa como en la herramienta.

TIPS Y CONFIG.

1. Fijación de la placa

El primer paso consiste en asegurar correctamente la placa virgen de cobre sobre la superficie de trabajo de la CNC. Es importante que la placa quede completamente plana y firme, sin movimiento alguno durante el proceso, ya que cualquier desplazamiento afectará la alineación del grabado.

Se recomienda el uso de cinta de doble cara industrial, tornillos de sujeción o mordazas, dependiendo del tipo de máquina y del tamaño de la placa.

2. Selección de herramientas

Para realizar el fresado y taladrado, deben elegirse las brocas y fresas adecuadas según la tarea:

- Fresas de punta fina (0.2-0.4 mm) para el trazado de pistas.
- Brocas de 0.8-1 mm para los agujeros de pines o componentes.
- Fresas planas más grandes (1-2 mm) si se requiere recortar el contorno de la placa.
- Antes de iniciar, verifica que las herramientas estén limpias y bien fijadas en el portabrocas del husillo.



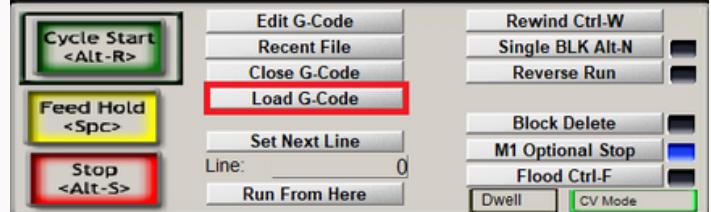
TIPS Y CONFIG.



3. Calibración de ejes

A continuación, se debe calibrar los ejes X, Y y Z para definir la posición de referencia (cero de trabajo).

- Con el software de control CNC (como bCNC, Candle o Mach3), se posiciona manualmente la herramienta sobre la esquina inferior izquierda de la placa.
- Luego, se ajusta el eje Z bajando la fresa hasta que apenas toque la superficie del cobre; este punto se establece como Z = 0.
- Una calibración precisa es esencial para evitar cortes profundos que atraviesen el cobre o, por el contrario, trazos superficiales que no despejen correctamente las pistas.



4. Carga del archivo G-code

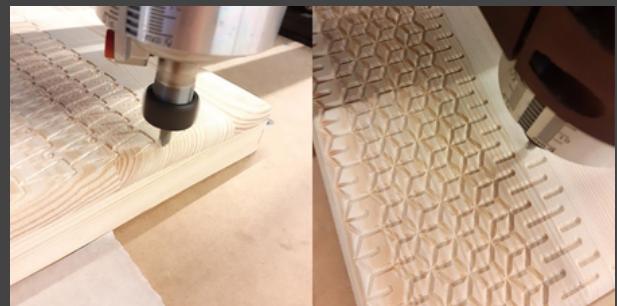
Una vez calibrada la máquina, se carga el archivo G-code generado desde KiCad (usualmente a través de un software intermedio como FlatCAM o bCNC).

En esta interfaz se puede previsualizar la trayectoria de la herramienta para asegurarse de que las rutas coincidan con el diseño del circuito y no haya desplazamientos erróneos.

5. Prueba de recorrido (simulación en vacío)

Antes de comenzar el mecanizado real, se recomienda realizar una simulación en vacío, es decir, ejecutar el recorrido del cabezal con la fresa levantada unos milímetros sobre la placa o en su defecto sobre una tabla de madera.

Esto permite confirmar que los movimientos de los ejes y las dimensiones del trabajo sean correctos, evitando posibles colisiones o cortes fuera de la zona de trabajo.



USO BÁSICO DE MACH3

Mach3 es una aplicación ampliamente utilizada para el control de máquinas CNC. Su función principal es interpretar los archivos G-code generados durante el diseño del PCB y convertirlos en señales que controlan los movimientos de los motores paso a paso de la máquina.



PASOS IMPORTANTES

- 1.** Al iniciar Mach3, se debe seleccionar el perfil de máquina adecuado, donde se configuran parámetros como los ejes X, Y y Z, la velocidad de avance, y los puertos de comunicación que conectan el software con la tarjeta controladora de la CNC.
- 2.** Una vez configurada la máquina, el archivo G-code se carga desde el menú File → Load G-code. En la ventana principal se puede visualizar la trayectoria de las herramientas y verificar que el recorrido coincida con el diseño esperado antes de iniciar el mecanizado.
- 3.** Durante la operación, Mach3 permite controlar manualmente los ejes, establecer el punto cero de referencia, ajustar la altura de la herramienta y detener o pausar el proceso en cualquier momento.

SOFTWARE

A continuación, te presentaremos una guía donde podrás ubicar las funcionalidades del software en los apartados correspondientes, tal que sea más fácil ubicar las utilidades que ofrece el Mach3.

SECCIÓN PRINCIPAL DE CONTROL

Aquí se encuentran los controles básicos de ejecución del programa CNC:

- **Reset (botón rojo):** activa o desactiva el sistema; se usa para reiniciar la máquina en caso de error o alarma.
- **Cycle Start (verde):** inicia la ejecución del código G cargado.
- **Feed Hold (amarillo):** pausa temporalmente el movimiento de los ejes sin detener el programa.
- **Stop (rojo):** detiene completamente la ejecución del trabajo.

Esta zona es esencial para la seguridad y control manual del proceso. Tener en cuenta que el botón de Reset se encuentre como en la imagen para que la CNC opere.



SECCIÓN DE COORDENADAS Y REFERENCIAS

Muestra la posición actual de los ejes de la máquina en tiempo real.

- **Zero X, Y, Z:** permiten poner en cero las coordenadas de cada eje (punto de referencia de trabajo).
- **REF ALL HOME:** lleva los ejes a la posición de origen definida como "Home".
- **Machine Coord's:** alterna entre coordenadas de máquina y de trabajo.

Esta área se utiliza para calibrar y posicionar el punto de inicio del mecanizado.

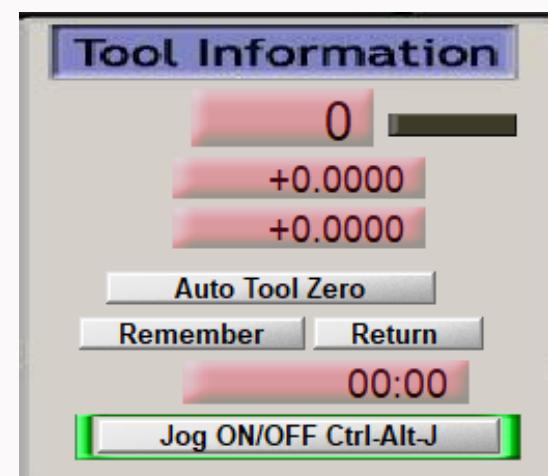


SECCIÓN DE INFORMACIÓN DE HERRAMIENTA

Permite visualizar y configurar la herramienta de corte o perforación actual:

- **Tool #:** número asignado a la herramienta.
- **Auto Tool Zero:** ajusta automáticamente la altura del eje Z al tocar el sensor de referencia.
- **Remember / Return:** guardan o restauran la posición previa del eje.

Ideal para calibrar la profundidad de perforado y cambios de herramienta.

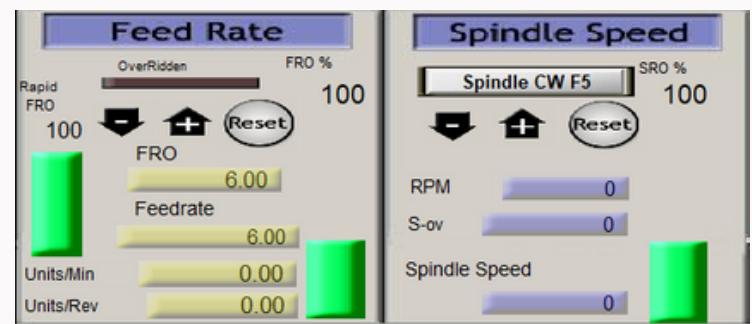


SECCIÓN DE VELOCIDAD Y AVANCE

Permite ajustar la velocidad de movimiento y de rotación del husillo:

- **Feed Rate:** controla la velocidad de avance de los ejes X, Y y Z (en mm/min).
- **Spindle Speed:** regula la velocidad de giro del motor de la fresa.
- Ambos pueden modificarse en tiempo real mediante los botones “+” y “-”.

Ajustar correctamente estos parámetros evita roturas de herramienta o errores de mecanizado.

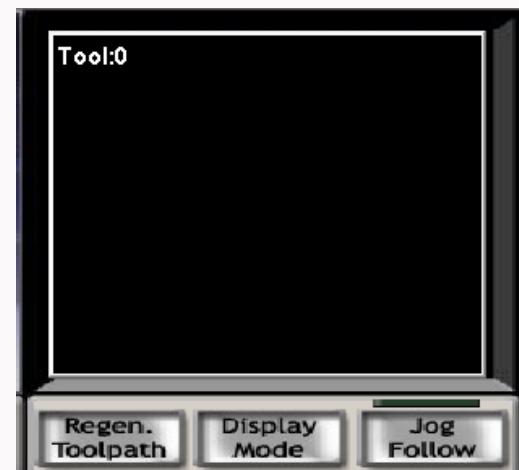


SECCIÓN DE VISUALIZACIÓN Y TRAYECTORIAS

Muestra la posición actual de los ejes de la máquina en tiempo real.

- **Zero X, Y, Z:** permiten poner en cero las coordenadas de cada eje (punto de referencia de trabajo).
- **REF ALL HOME:** lleva los ejes a la posición de origen definida como “Home”.
- **Machine Coord's:** alterna entre coordenadas de máquina y de trabajo.

Esta área se utiliza para calibrar y posicionar el punto de inicio del mecanizado.



BARRA DE MENÚS Y PESTAÑAS SUPERIORES

Estas pestañas permiten acceder a otras funciones avanzadas:

- **Program Run:** ventana principal de ejecución.
- **MDI:** ingreso manual de comandos G.
- **Tool Path:** visualización detallada de la trayectoria.
- **Offsets:** gestión de offsets de herramientas.
- **Settings:** configuración general de la máquina.
- **Diagnostics:** muestra el estado de sensores, finales de carrera y señales de entrada/salida.

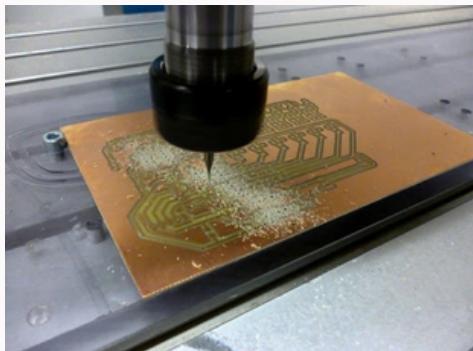
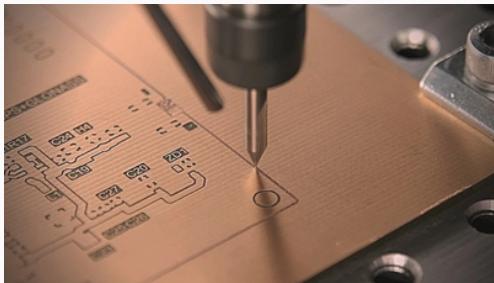
Esta barra ofrece acceso a todo el entorno de control de Mach3.



PROCESO DE FRESADO, TALADRADO Y CORTE

Una vez generado y verificado el código G en FlatCAM y configurada la máquina en Mach3, se procede con el proceso de fabricación de la placa PCB mediante la CNC. Este proceso se compone de tres etapas principales: fresado, taladrado y corte del contorno.

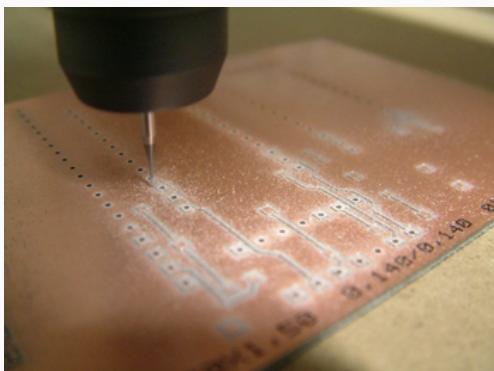
FRESADO



En esta etapa se realiza el eliminado del cobre excedente para definir las pistas del circuito.

- Se fija la placa de cobre a la superficie de trabajo utilizando cinta de doble cara o un sistema de sujeción firme.
- Se selecciona la fresa de punta fina (generalmente de 0.2 mm a 0.4 mm) adecuada para el ancho de las pistas.
- Se carga en Mach3 el archivo G-Code correspondiente al fresado de las pistas.
- Se verifica que la profundidad de corte (Cut Z) no exceda el espesor del cobre (usualmente entre -0.05 mm y -0.1 mm).
- Finalmente, se ejecuta el programa observando que el fresado sea continuo y uniforme.

TALADRADO



Luego del fresado, se cambia la herramienta por una broca del diámetro adecuado para los agujeros de los componentes (entre 0.6 mm y 1.0 mm generalmente).

- Se carga el archivo G-Code de Drill generado en FlatCAM.
- Se ajusta nuevamente la altura del eje Z usando el sensor o el comando Auto Tool Zero.
- Se verifica que las coordenadas de origen sean las mismas usadas en el fresado.
- Se inicia el proceso de perforación siguiendo las trayectorias del código.

CORTE



Finalmente, se realiza el corte exterior para separar la placa del material base.

- Se selecciona una fresa más robusta (por ejemplo, de 1.0 mm o 1.5 mm).
- Se carga el archivo G-Code del contorno.
- Se define una profundidad de corte suficiente para atravesar toda la placa, cuidando de no dañar la mesa de trabajo.
- Se ejecuta el corte a una velocidad moderada y constante.

LIMPIEZA, SOLDADURA Y CONTINUIDAD

Una vez finalizado el proceso de fresado, taladrado y corte, se procede a la etapa de terminación eléctrica y mecánica de la placa PCB, donde se asegura su funcionalidad y calidad antes del montaje final.

El primer paso consiste en la limpieza de la superficie, eliminando residuos de cobre, virutas o polvo que puedan haber quedado tras el mecanizado. Para ello se recomienda usar un cepillo suave o una lija fina (de 1000 o 1200) y limpiar con alcohol isopropílico, asegurando una superficie libre de impurezas que favorezca la adherencia del estaño durante la soldadura.

Posteriormente se realiza la soldadura de los componentes electrónicos. Se recomienda colocar primero los de menor tamaño (resistencias, diodos, puentes), seguidos por los más grandes (capacitores, conectores, reguladores, etc.).

La punta del cautín debe mantenerse limpia y con una capa delgada de estaño para facilitar la transferencia de calor. Se debe aplicar calor tanto al pad como al terminal del componente, y añadir estaño en la cantidad justa para evitar cortocircuitos o uniones frías.

Una vez completada la soldadura, se efectúa la limpieza del flujo residual con alcohol isopropílico y un cepillo pequeño, ya que los restos de flux pueden afectar la conductividad y provocar corrosión a largo plazo.

Finalmente, se realizan las pruebas de continuidad eléctrica utilizando un multímetro en modo continuidad. Este paso permite verificar que todas las pistas estén correctamente conectadas y que no existan cortocircuitos entre ellas.

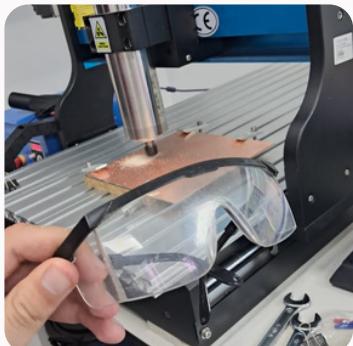
Se comprueba punto a punto siguiendo el diseño esquemático original, asegurando que cada conexión corresponda con la del circuito diseñado en el software.

Esta etapa garantiza que la placa esté completamente funcional y libre de defectos antes de su integración en el sistema final.

PRÁCTICAS DE SEGURIDAD

El uso de una fresadora CNC para el maquinado de placas de circuito impreso requiere seguir estrictamente las normas básicas de seguridad con el fin de evitar accidentes y daños al equipo. A continuación se describen las principales prácticas recomendadas.

RECOMENDACIONES

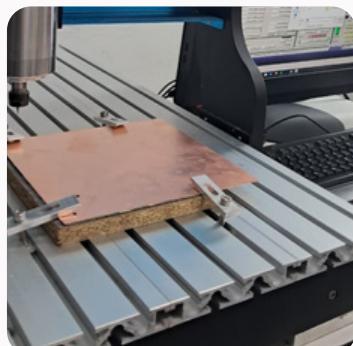


Uso obligatorio de gafas de seguridad:

Todo operador debe utilizar gafas de protección durante el funcionamiento de la CNC. Estas evitan lesiones oculares causadas por virutas metálicas, fragmentos del material o partículas desprendidas durante el proceso de fresado y perforación.

Verificación del área de trabajo:

Antes de iniciar cualquier operación, asegúrese de que el área alrededor de la máquina esté libre de objetos, herramientas o materiales que puedan interferir con el movimiento del cabezal o la pieza.



Fijación correcta de la placa:

La placa de circuito debe estar firmemente sujetada a la base de trabajo utilizando cinta doble faz, tornillos o sujetadores adecuados, para evitar desplazamientos que puedan dañar la herramienta o el PCB.

Revisión de la herramienta de corte:

Verifique que la fresa o broca esté correctamente instalada, sin desgaste excesivo ni daños visibles. Utilice únicamente herramientas con el diámetro apropiado para cada operación.



No manipular la máquina en movimiento:

Nunca intente retirar virutas, cambiar la herramienta o ajustar el material mientras la CNC esté en funcionamiento. Espere siempre a que el husillo se detenga completamente.

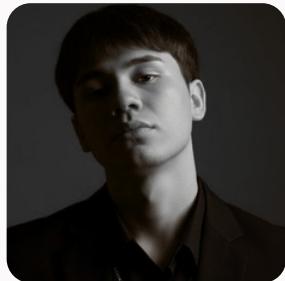
CONCLUSIONES FINALES

El proceso de diseño y fabricación de una placa PCB mediante CNC integra conocimientos de electrónica, diseño asistido por computadora y control de máquinas. Desde la simulación inicial en software como KiCad, hasta la creación del G-code, el fresado, la soldadura y las pruebas finales, cada etapa es fundamental para garantizar un resultado funcional y profesional.

Aplicando buenas prácticas de seguridad y precisión en cada paso, se logra no solo un circuito confiable, sino también una experiencia completa de aprendizaje técnico en el desarrollo electrónico moderno.

NUESTRO EQUIPO

Somos un grupo destacado de estudiantes que cursa Electrónica Analógica III en la Universidad Surcolombiana, comprometidos con el aprendizaje práctico y el desarrollo de proyectos que integran teoría, diseño y aplicación real.



Felipe Dussan



Dilan Perdomo



Dumar Delgado



Felipe Gomez



Juan Diaz

Contáctanos



u20221204392@usco.edu.co

