

# UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL MARÍA AUXILIADORA



## PROYECTO TÉCNICO

### TEMA:

Rediseño y habilitación de un Router CNC para el grabado en aluminio, madera, acrílico y circuitos impresos

### AUTORES:

Ayovì Estacio Odalis

Ñacato Bone Andy

Camacho Polanco Raúl

Uquillas Raad Wilson

León Aragundi Nicole

Carvajal Rodríguez Mario

Estupiñan Lucas Damarys

Chicaiza Tandayamo Royer

España Jara Jhonny

Quishpe Flores Angela

Caicedo Flores Jordan

### ASESORES:

MSc. Rodrigo Angulo Camacho

Ing. Carlos Tello Hidalgo

**AÑO LECTIVO 2022 – 2023**

## INDICE

1. INTRODUCCIÒN.....	3
2. JUSTIFICACIÒN .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1.    Objetivo general .....	4
3.2.    Objetivos específicos .....	4
4. MARCO TEÒRICO.....	4
4.1.    Control Numérico Computarizado .....	4
4.2.    Router CNC.....	6
4.3.    Programas CAD/CAM.....	8
4.3.1.    Programa CAD .....	9
4.3.1.1.    SolidWorks:.....	9
4.3.2.    Programa CAM .....	10
5. ESTADO INICAL DE LA MÀQUINA ROUTER CNC.....	11
5.1.    Funcionamiento de los elementos de control .....	11
5.2.    Componentes del Router CNC.....	11
6. PROGRAMACIÒN DE LA MÀQUINA ROEUTER EN ARDUINO .....	12
7. DISEÑO DE COMPONENTES EN SOLIDWORKS .....	13

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el mecanizado de partes y piezas ha pasado de ser artesanal a realizarse de forma automatizada a través del control numérico computacional (CNC), con sus respectivas ventajas tales como son: menor tiempo de producción, mayor versatilidad en el uso de diferentes tipos de materiales y mejor calidad en el acabo del producto final.

Esta investigación cobró gran relevancia al rediseñar y habilitar un Router CNC para los talleres mecanizado e instalaciones de la Unidad Educativa Fiscomisional María Auxiliadora (UEFMA), lugar donde los estudiantes realizan prácticas constantes como cumplimiento a su desarrollo académico propio de la especialidad, como una alternativa para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos teóricos impartidos en clases en materia como programación Arduino, operaciones metalmecánicas, metrología, diseño en programas CAD y manejo de simuladores en las actividades prácticas, anhelando promover bachilleres capacitados que se instalen en el proceso productivo del país y en los programas de profesionalización técnica que ofertan muchas universidades del país.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

En el marco de la falta de fuentes de trabajo, la creatividad y el emprendimiento para que alcancen niveles de excelencias deben estar siempre apoyado en el uso de máquinas y herramientas sofisticadas.

El término sofisticados no nos debe asustar, es así que la UEFMA presenta el rediseño y habilitación del Router CNC de 3 ejes, que permitirá a estudiantes de la sección de bachillerato técnico diseñar y programar el proceso de corte, es decir les permite realizar prácticas sobre la construcción de elementos hechos en materiales de madera, aluminio y acrílico, que podrán ser utilizados en diferentes tipos de proyectos.

El equipo de estudiantes que participaron en el desarrollo del proyecto tuvieron como meta principal el habilitar la máquina Router CNC, con el fin de proveer con un recurso didáctico que servirá para que los estudiantes conozcan el manejo y funcionamiento de máquinas que trabajan con control numéricos computarizado y poder implementar un programa de innovación educativa en las figuras profesionales técnicas que cuenta nuestra institución educativa.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Rediseñar y habilitar un Router CNC para el grabado en aluminio, madera, acrílico y circuitos impresos que servirá como material didáctico para los talleres de formación técnica.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diseño de los planos del Router CNC en el programa CAD de SolidWorks.
- Implementar circuitos electrónicos que permitan el funcionamiento de la máquina.
- Crear la programación de trabajo del Router CNC, en el IED de arduino.
- Demostrar los procesos de trabajo y piezas elaboradas con el Router CNC.

### **4. MARCO TEÓRICO**

#### **4.1. Control Numérico Computarizado**

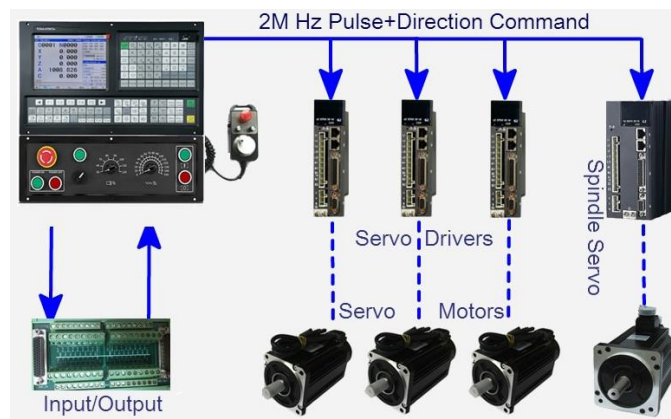
Según datos históricos los inicios de las máquinas de control numérico computarizado datan del año 1942 con la evolución de los circuitos integrados y microprocesadores, las necesidades de la industria aeronáutica llevaron a las fuerzas armadas de los estados unidos de la mano con el Instituto de Tecnología de Massachusetts al desarrollo de lo que se conoce como la primera máquina de control numérico computarizado, hacia el año 1960 las máquinas de control numérico computarizado empezaron a hacerse comerciales y con el desarrollo de las computadoras digitales su uso empezó a masificarse(Mipesa, 2021).

Las máquinas de control numérico computarizado fueron desarrolladas con el afán de reducir la intervención de mano de obra humana en los procesos de maquinado para así poder tener procesos más rápidos y exactos, las principales máquinas de control numérico computarizado fueron el torno y la fresadora, siendo esta última la que más variaciones respecto a aplicaciones ha tenido, ya que conforme la tecnología ha ido avanzando esta puede hacer desde frezados y solo con intercambiar el cabezal se puede usar corte por láser, corte por hilo eléctrico y muchas aplicaciones que se le den, se debe señalar que la configuración más común en fresadoras es la configuración cartesiana la cual permite mayor flexibilidad en aplicaciones que requiere la industria(Cándido, 2013).

El control numérico por computadora CNC y la computadora han aportados cambios significativos a la industria metalmecánica, como nuevas máquinas-herramientas, en combinación con CNC, que le permiten a la industrial producir de manera consistente componentes y piezas con precisiones imposibles de imaginar hace solo unos cuantos años. Si el programa ha sido apropiadamente preparado, y la máquina ha sido puesta a punto correctamente, se puede producir la misma pieza con el mismo grado de precisión. Los comandos de operación que controlan la máquina herramienta son ejecutados automáticamente con una velocidad, eficiente, precisión y capacidad de repetición

- **¿Cómo funciona el CNC?**

Para cumplir una tarea o trabajo, el sistema de control numérico computarizado utiliza una serie de órdenes, generadas por un software de control, que serán simuladas, identificadas y codificadas y puestas en marcha para luego ser asumidas por la máquina, utilizando movimientos en un sistema de coordenadas de referencia que especificarán el movimiento del dispositivo o de la herramienta que hace la operación. Generalmente el Control Numérico Computarizado es utilizado en operaciones específicas de maquinado como son las de torneado y de fresado, cortado, doblado o especialmente cuando la industria necesita producir objetos o productos que cumplan con las características de normalización e igualdad de productos exigidas por un mercado, tomando como ejemplo el mercado de repuestos y auto partes; este sistema ha revolucionado la fabricación de todo tipo de objetos, en la industria metalúrgica.



- **Ventajas de un sistema CNC**

- ❖ Amplia capacidad de operaciones de trabajo.
- ❖ Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos o de alto riesgo.
- ❖ Amplia capacidad de diseño. Las máquinas o herramientas de control numérico computarizado cuentan con una amplia y abierta capacidad para realizar diseños desde básicos hasta complejos.

- ❖ Disposición de varios lenguajes de programación, aunque es muy común encontrar diferentes fabricantes de máquinas o herramientas de control numérico computarizado donde cada uno asume un software actual para el desarrollo de las operaciones de la máquina, pero que generalmente suelen ser compatibles entre sus versiones.
- ❖ Control y normalización de sus productos. Por medio del uso de esta tecnología, se ejerce mayor control en las empresas sobre el uso adecuado de materias primas, puesto que, según una producción, se pueden estimar las dimensiones de la materia prima.
- ❖ Precisión. Mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las máquinas tradicionales, puesto que la máquina realiza avances programados totalmente asistidos por computador.
- ❖ Un solo operador para varias máquinas. Con el uso de esta tecnología un operario puede sincronizar varias máquinas para que trabajen al mismo tiempo, ahorrando el uso de mano de obra calificada.
- ❖ Mayor exactitud en sus operaciones. Aunque el margen de error que se maneja es muy pequeño, la máquina cuenta con un sistema de auto calibraciones periódicas para evitar errores.
- ❖ Mínimas pérdidas de materia prima.
- ❖ Mayor capacidad en cuanto a la programación y puesta en marcha.
- ❖ Competitividad frente a las máquinas tradicionales.
- ❖ Mayor rendimiento y menores costos.
- ❖ Amplia representación de mantenimiento y repuestos por parte del fabricante.

#### 4.2. Router CNC

El Router CNC es una máquina- herramienta muy útil cuando se trata de esculpir, fresar, cortar materiales como madera y una amplia variedad de materiales blandos, tales como acrílicos, MDF o ciertos metales como el aluminio, PVC, latón, bronce, cartón, entre otros. Una manera práctica muy utilizada es el corte y grabado como en la fabricación de muebles, perfilado de cantos, y tallado de maderas. En la Figura 1, se muestra un modelo de Router CNC.



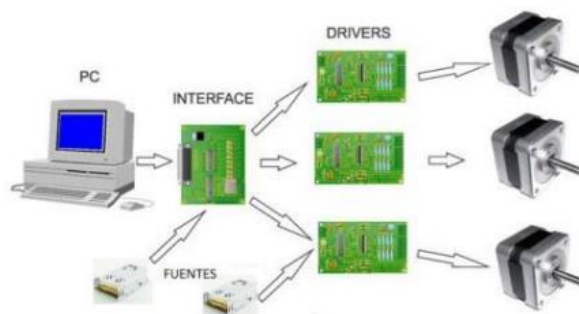
Figura 2. Router Fresadora CNC MR 6090

El CNC Router consiste en un eje de accionamiento vertical que sujeta un motor movido por 3 motores ubicados de tal forma que le permita moverse en los ejes x, y, z. Debido a ello, es catalogada como una de las máquinas más versátiles para el corte en dos y tres dimensiones sobre cualquier tipo de superficie. Se logra diseños e ideas ejecutados que antes solo era posible en papel o mediante un trabajo artesanal que toma mucho tiempo. Los componentes eléctricos son los encargados de coordinar y ejecutar el movimiento de la máquina CNC, interactuar con el usuario, recibir y enviar datos a la máquina que permiten desarrollar las operaciones de trabajos.

Los elementos principales que conforman un Router CNC son las que se muestran en la siguiente Tabla 1.

Nº	Detalle
1	Base
2	Bancada
3	Puente
4	Motores paso a paso
5	Husillo
6	Unidad de control
7	Drives
8	Fuente de poder

Tabla 1. Partes principales de un Router CNC.



Fuente: CNC DIY. 2019

Figura 3. Elementos electrónicos de un CNC

- 1) **Unidad de control.** De la máquina es el centro del sistema CNC y tiene dos subunidades la de procesamiento de datos (DPU) y la unidad de bucle de control (CLU). Cuando se recibe la programación del trabajo a realizar una pieza, la DPU interpreta y codifica transformándolo en códigos internos de la máquina para luego calcular las posiciones del movimiento en términos de BLU (Basic length Unit) que corresponde a la longitud de unidad más pequeña que puede ser manejada por el controlador. Los datos de la DPU se convierten en señales eléctricas que sirven para accionar y realizar los movimientos necesarios.

- 2) **Los Drivers.** Son componentes que se encargan de recibir señales del controlador y luego de estabilizarlas retransmitirlas directamente a los motores, considerando que sólo se debe usar un Drive por cada motor. De esta manera se envía la corriente suficiente a los motores, lo cual permite controlar la velocidad de movimiento y dirección de giro.
- 3) **Los motores.** Son los encargados de darle movimiento a los ejes o husillos de la máquina CNC.
- 4) **La fuente de poder.** Sirve para proveer corriente eléctrica tanto a la interfaz, como a los motores. La mayoría de las interfaces disponibles en el mercado funcionan con 5 V y los Drivers funcionan desde los 12 hasta los 80 V dependiendo de la marca y modelo por lo que se puede usar una, dos o más fuente.

Los sistemas de Control CNC es la solución a aquellas máquinas que exigen grandes precisiones o que requieren funcionalidades de gran precisión, logrando piezas de calidad increíble. Estos sistemas de control no solo han conseguido que la máquina herramientas aumentara su productividad, sino que también ha reducido los tiempos de edición de las piezas a realizar.

#### 4.3. Programas CAD/CAM

Es necesario conocer las diferencias entre los softwares CAD, CAM y CAD/CAM.

En el software CAD solamente se dibuja y/o diseña una pieza o conjunto para su impresión o se archiva para su posterior utilización en un software CAM O CAD/CAM. En el software CAM se ingresa el código de control numérico mediante la digitación directa del usuario o se importa de un programa CAD/CAM. Algunos pueden importar el dibujo del CAD ya partir de allí obtener el código de CN. En cualquier caso, se puede simular y llevar a cabo el mecanizado en las máquinas CNC.

En el software CAD/CAM se diseña y dibuja la pieza, se genera la trayectoria del corte, se simula el mecanizado mediante el ingreso de los parámetros de corte y la herramienta para obtener el programa de Control Numérico. También se puede transmitir el programa CN y mecanizar la pieza.

**SOFTWARE MAS COMERCIALES:**

**CAD:** AutoCAD, Autodesk Inventor, Pro/Engineer, SolidWorks, Solid Edge, Catia, TurboCAD.

**CAM:** Unigraphics CAM, Prolight lathe, Benchman, Hypermill, HyperWork, EdgeCAM Solid Machinist.

**CAD/CAM:** Mastercam, Edge CAM, Dell Cam, JetCam, BobCad



#### 4.3.1. Programa CAD

CAD por sus siglas en inglés significa Computer Aided Design o en español, diseño asistido por computadora, es la tecnología que aprovecha la capacidad de las técnicas gráficas por computadora, apoyadas en software especializado, que permite solucionar problemas analíticos, lo cual permite automatizar las tareas necesarias del proceso de diseño (Vidal, 2002).

Sistema de diseño asistido por computador, se utiliza para modelar gráficamente una pieza sea esta bi o tridimensionalmente, para plasmar las características exactas del sólido.

Una vez introducidos estos datos, el diseñador puede modificar y manipular la pieza en el programa para facilitar su simulación. La visualización realista de estos programas puede detectar errores de continuidad en superficies y de proporcionalidad que pasaron desapercibidos o que no fueron contemplados en el procedimiento.

Otra ventaja que estos programas poseen, es la versatilidad que tienen con herramientas de dibujo, que permiten realizar planos exactos de un sólido para poder fabricarlos, reproduciendo todas sus características de diseño.

**4.3.1.1. SolidWorks:** este producto se destaca entre otros conocidos disponibles. Utiliza un plan paramétrico, produciendo tres tipos de documentos: parte, reunión y dibujo. SolidWorks incorpora una amplia gama de aspectos destacados, por ejemplo, la aprobación de planes o la determinación de aparatos.

Utilizado habitualmente para piezas mecánicas, es funcional y excepcionalmente punto por punto. A diferencia de muchos otros programas CAD que copian curvas con diseños de planos ligeramente inclinados, SolidWorks utiliza un marco NURBS, que ofrece flujos y reflujos excepcionalmente punto por punto (Reyes, 2016).

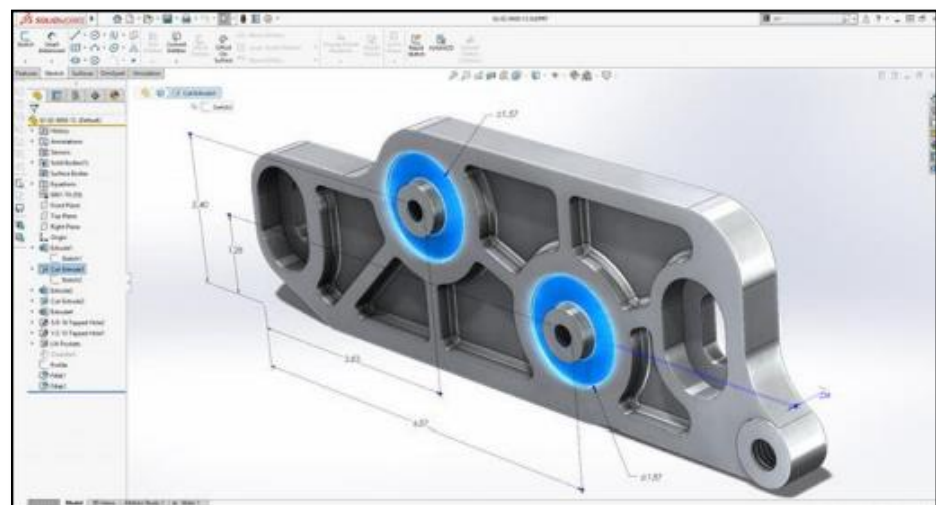


Figura 4. SolidWorks. Fuente: <https://www.solidworks.com/es/category/3d-cad>

#### 4.3.2. Programa CAM

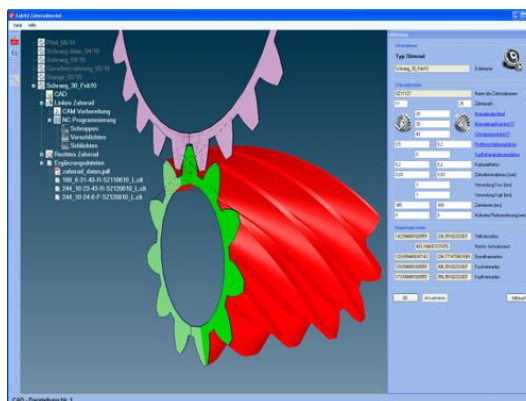
CAM por sus siglas en inglés significa Computer Aided Manufacturing, o en español, manufactura asistida por computadora. Lo cual se refiere a cualquier proceso de fabricación o manufactura que sea controlado por computadora. También un sistema CAM puede ser definido por la intersección de tres campos: las herramientas CAD, el trabajo en red y las herramientas de manufactura (máquinas herramientas de control numérico, sistemas de control y programación de la producción, sistemas de requerimiento de materiales, etc.). Los principales elementos para implantar un sistema CAM a un ambiente de manufactura (Zeid, 1991).

Existen factores primordiales para lograr la implantación. Primero, el flujo de la información entre el CAD y el CAM debe ocurrir sin ningún contratiempo. Las bases de datos del CAD deben contener los requerimientos de manufactura, tales como tolerancias y características. Los diseñadores deben pensar en términos de los requerimientos del sistema de CAM cuando realizan su trabajo. El segundo factor que decide el éxito de un CAM, es el hardware y el software de los diferentes elementos de CAM, para automatizar los procesos de manufactura. De hecho, los diversos softwares llamados de CAD/CAM se han limitado a sólo automatizar el proceso de programación de máquinas de control numérico, en los distintos procesos en que éstas pueden ser utilizadas (Zeid, 1991).

Características del sistema CAM.

Para saber más sobre qué es CAM, especificaremos a continuación sus cualidades fundamentales:

- incluye el uso de PC para ayudar al ciclo de montaje de artículos;
- proporciona los dispositivos para complementar el cálculo necesario para fabricar la pieza;
- genera el código de la máquina mecanizada de control matemático;
- complementa la innovación CAD para ayudar a producir;
- se compone tanto del equipo como de la programación de montaje, y de los sistemas que permiten la correspondencia con el equipo.



## **5. ESTADO INICIAL DE LA MÁQUINA ROUTER CNC**

El proyecto tuvo como punto de partida la verificación de los componentes electrónicos que permitieron determinar el funcionamiento de los motores y el desplazamiento de los elementos móviles según sus coordenadas de trabajos. Se logró detectar mediante pruebas el estado de la fuente de poder y las condiciones en que estaban conectados los drivers, mostrando información en donde las instalaciones y conexiones de los circuitos no tenían un diseño correcto para el funcionamiento de la máquina.

La herramienta rotativa que sirve para realizar el trabajo de corte y grabado presentaba deterioro en la mordaza que sirve para sujetar las brocas o fresas como herramientas de corte, por lo cual se tuvo que reemplazar dicho elemento por otra herramienta rotativa de velocidad única marca Dremel serie 100.

Se revisaron el funcionamiento óptimo de los 3 motores paso a paso, presentando dificultades en uno de los motores que proporciona el movimiento en la coordenada “X” el mismo que presentaba baja potencia para generar la transmisión al eje roscado que proporciona el movimiento lineal de dicho elemento.

### **5.1. Funcionamiento de los elementos de control**

A partir de las pruebas de funcionamiento que se realizaron se detecta que la máquina no realizaba los movimientos de coordenada y los motores paso a paso no eran controlados por el programa de la máquina. El fallo era debido a la mala conexiones de los drivers y motores paso a paso que habían realizado estudiantes de años anteriores que intentaron habilitar en aquellos tiempos la máquina.

Se realizaron pruebas eléctricas y electrónicas para identificar los problemas y poder tener un punto de partida para realizar los ajustes correspondientes para poner en funcionamiento la máquina Router CNC.

### **5.2. Componentes del Router CNC**

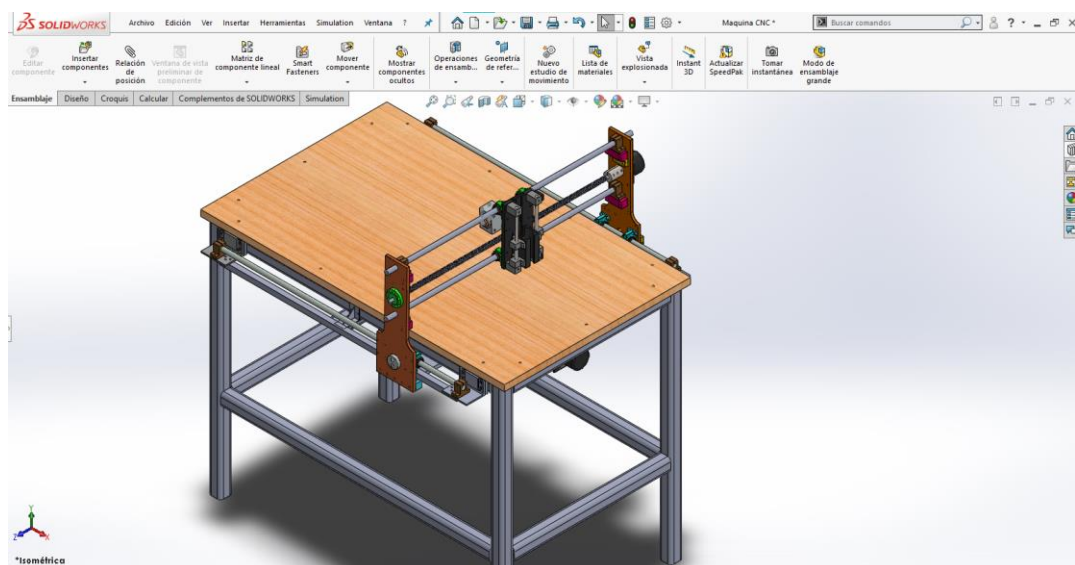
Un Router CNC se puede dividir en 3 componentes principales: sistema mecánico y estructura del Router; sistema de automatización y control; y maquinaria de corte.

- 5.2.1.** Sistema mecánico y estructura del Router CNC: La pieza más importante de este sistema es la mesa de corte o grabado, donde se sostiene y asegura la pieza que será trabajada, para lograr un trabajo con mayor precisión. Las mesas tienen variaciones de tipo, tamaño y diseño.
- 5.2.2.** Sistema de automatización y control: Los controladores del Router CNC son los distintos softwares que se instalan en la computadora. El control y el sistema computarizado fungen como el cerebro de la máquina, mandando las órdenes que debe seguir cada eje.
- 5.2.3.** Maquinaria de corte: Las herramientas de corte son básicamente las fresas o brocas. Éstas tienen formas variadas diseñadas para cada tipo de material y trabajo a realizar, ya sean cortes, grabados y ranuras.

Para la recolección de las especificaciones técnicas del Router se determinaron los siguientes componentes que se muestran en la siguiente tabla y las referencias de cada una de ellas.

Componente	Referencia
Material de la estructura	Tubo cuadrado (50 mm x 1.5 mm)
Motores paso a paso	SUPERIOR ELECTRIC M092-FC-409-SYN SYNCHRONOUS motor paso a paso 4.6 A. SUPERIOR ELECTRIC M092-FC-317-SYN SYNCHRONOUS motor paso a paso 4.6 A. STEPPING MOTOR PS 191-8356 (12v – 0.6 <sup>a</sup> )
Ejes roscados para avances	M16 x 5 trapecial
Motor Tool	Dremel 100 (120V – 1.15 A- 35000/min)
Interfaz de comunicación	USB
Dimensiones de la estructura	1.20m x 0.74 m x 0.90 m
Recorrido de la máquina	0.75 m x 0.55 m
Materiales de trabajo	MDF, acrílico, circuitos impresos, láminas de aluminio.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del Router CNC



## 6. PROGRAMACIÓN DEL ROUTER CNC EN ARDUINO

- **Arduino:** Es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla

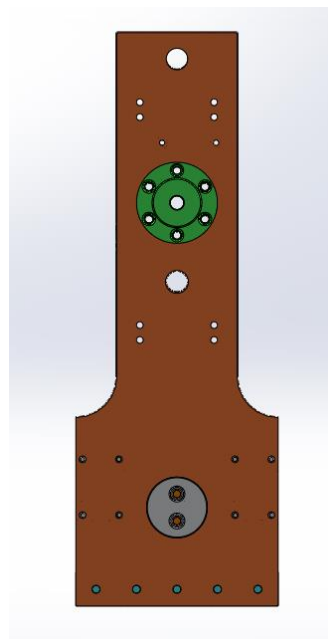
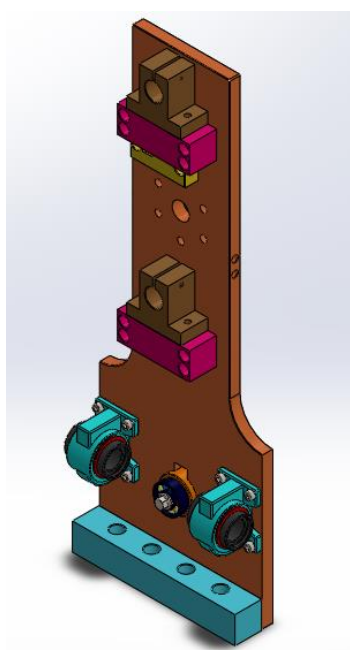
Micro controlador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines E/S Digitales	14 (6 proporcionan salida PWM)
Pines analógicos entrada	6
Corriente pin E/S	40 mA
Corriente pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328)

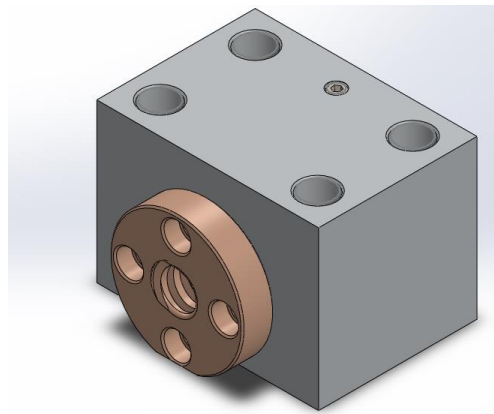
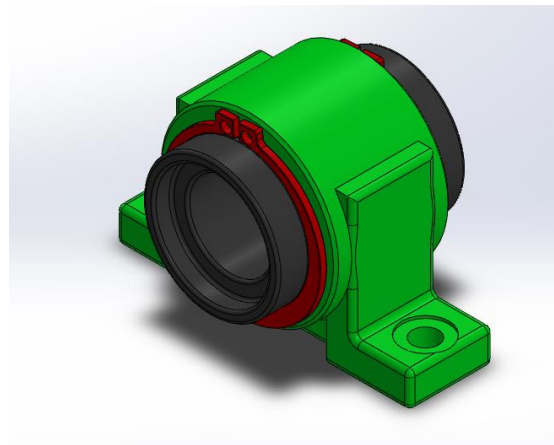
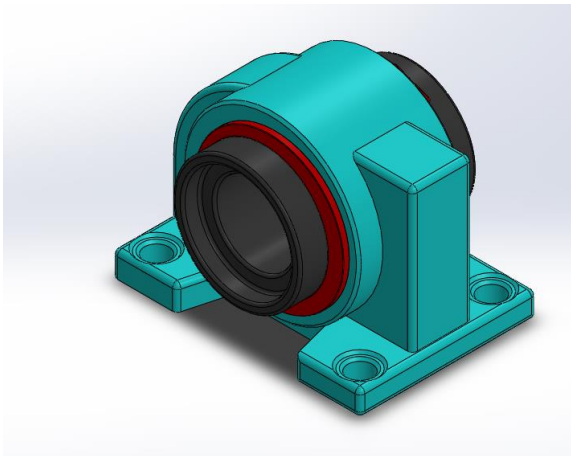
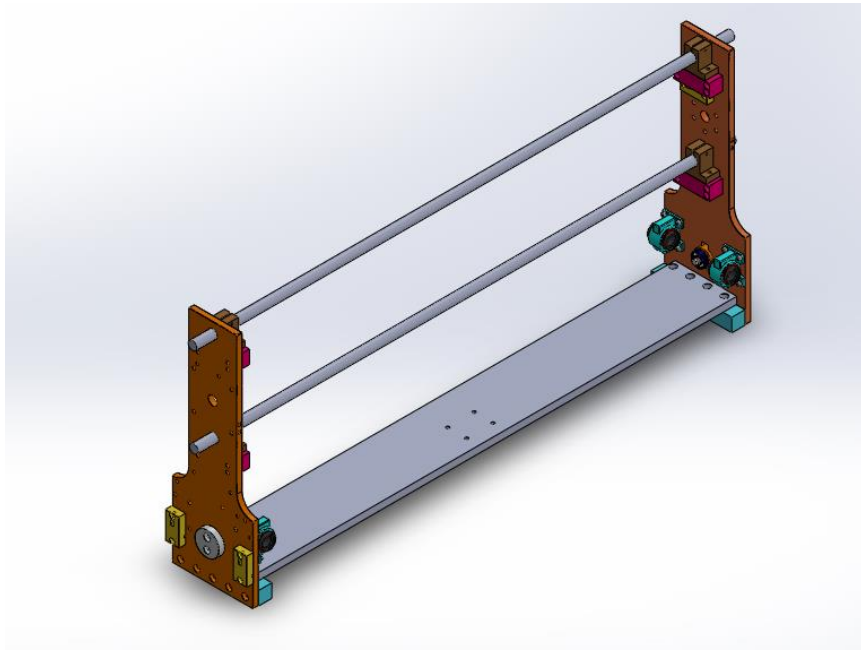
Tabla 5: Especificaciones técnicas del Arduino Uno

- **Código G:** En los inicios de la programación de máquinas CNC se utilizaba un lenguaje de bajo nivel denominado G, el cual es un lenguaje de programación vectorial por el cual se describen acciones simples, dicho lenguaje está acompañado de entidades geométricas sencillas, básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia. El nombre G proviene del hecho de que el programa está formado por instrucciones generales. En la actualidad existen diferentes adaptaciones de programación con códigos G, pero gracias al estándar ISO 6983 / EIA RS274 el código puede ser empleado en distintas máquinas CNC de manera directa o con ajustes menores.

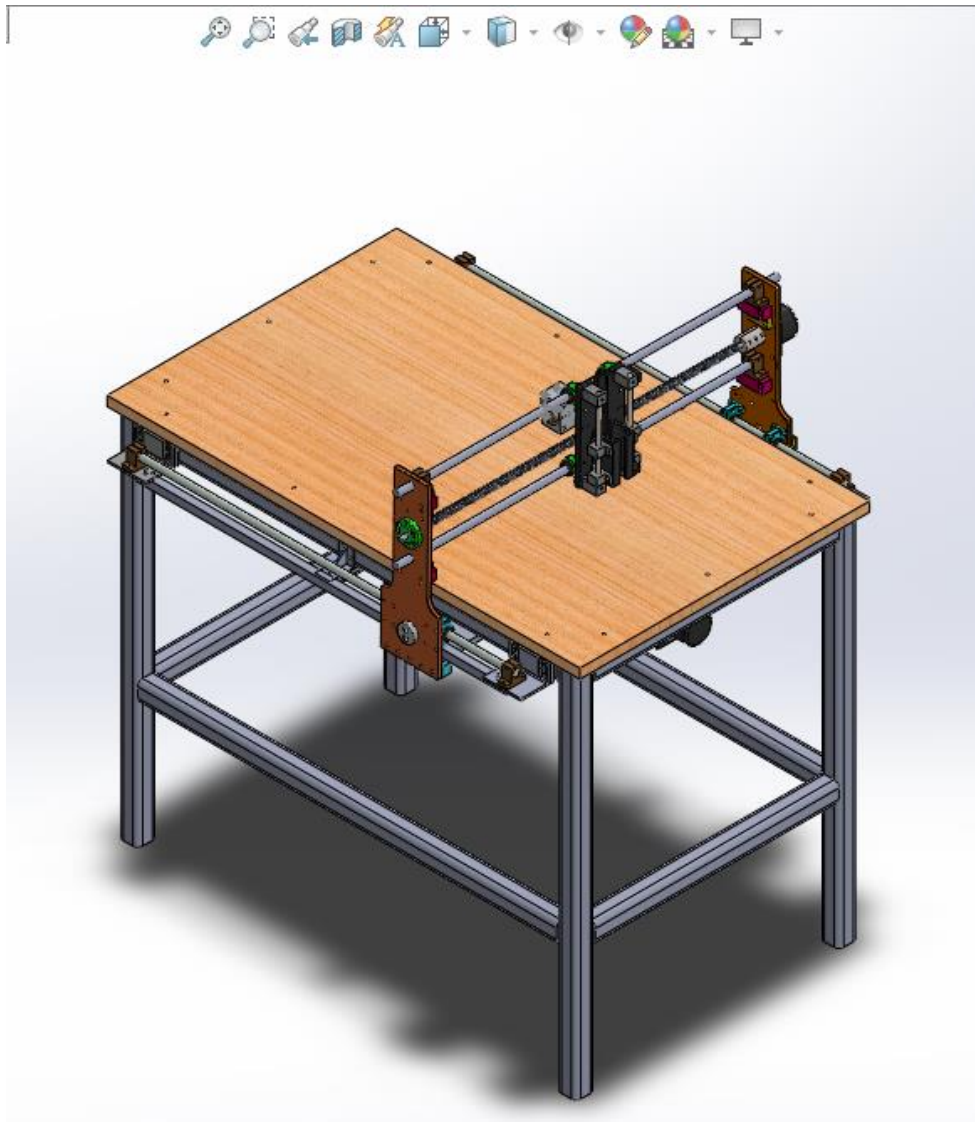
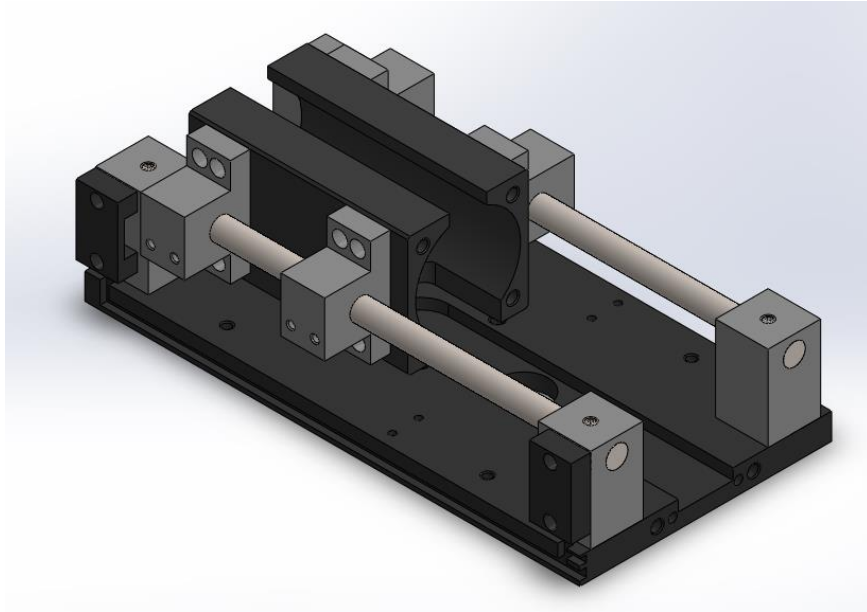
## 7. DISEÑO DE COMPONENTES EN SOLIDWORKS

Elementos representados en 3D









## REFERENCIAS

Ariza Gil, J. A. Acondicionamiento de un Router CNC 3020T para fabricación de componentes en aluminio.

Cándido. (2013). Alma de herrero. Obtenido de Alma de herrero: <http://almadeherrero.blogspot.com/2013/07/las-primeras-maquinas-herramienta-de.html>

CNC DIY. (2019). Obtenido de <https://cncdiyblog.wordpress.com/2017/04/09/titulo-de-la-entrada-de-blog/>

JIMÉNEZ, F. A. (2019). Prototipo multipropósito fresadora cnc e impresora volumétrica.

Mipesa (2021). Historia del control numérico computarizado. Obtenido de: <https://www.mipesa.es/la-historia-del-control-numerico-cnc/>

SIDECO. (2018). Sistemas de corte. Obtenido de ¿Qué es un Router CNC? Obtenido de <https://sideco.com.mx/que-es-un-router-cnc/>

Reyes, A. (2016). Auto Cad. Monterrey, México: Anaya.

Vidal, E. (2002). Una Herramienta de Ayuda al Aprendizaje Activo en Cad/Cam. Recuperado de <https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/4025/p%C3%B3ster11.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zeid, I. (1991). Teoría y práctica Cad/Cam. Pennsylvania, USA: Mc Graw Hill.