

MÁQUINA CNC PARA DESBASTE DE MADERA.

Haro Yépez Jairo Mauricio
 jmharoy@utn.edu.ec
 Universidad Técnica del Norte

Resumen— En el presente trabajo se muestra el diseño y construcción de una máquina fresadora de madera, de tipo puente móvil para el taller de carpintería “Arte y Madera” ubicado en la parroquia de San Antonio de Ibarra, la cual es reconocida por la realización de trabajos en madera de índole artesanal e industrial.

Para el diseño y construcción de esta máquina se tomó en cuenta la voz del cliente, del cual se obtuvo información necesaria para el funcionamiento deseado por el mismo.

La máquina consta de 3 ejes móviles, los cuales utilizan varillas roscadas para la transmisión de fuerza, y guías de acero y hierro en donde se asientan los carros Z, Y, X.

El sistema eléctrico se conjuga con un sistema mecánico por medio de motores paso a paso híbridos de imán permanente, los cuales están controlados por la tarjeta electrónica Arduino cargada con el firmware CNC libre, GRBL versión 9.0j, el mismo que puede ser controlado desde un computador con características técnicas muy básicas utilizando software libre como lo es el programa Universal GCode Sender.

La herramienta para la realización del mecanizado de la madera es una tupi propia del taller, y su uso para la construcción de esta máquina es un requerimiento por parte del dueño del taller.

I. INTRODUCCIÓN

Hace años atrás, la carpintería en el sector de San Antonio se desarrolló básicamente con los conocimientos que se adquirían en lo que hoy es el Instituto Superior Tecnológico de Artes Plásticas “Daniel Reyes” de los cuales su herencia tanto en tallado como en pintura proceden de la Escuela Quiteña, cuando Don Daniel Reyes oriundo de San Antonio de Ibarra vuelve a su tierra natal en donde fundó, en 1880, un Liceo Artístico.

Actualmente, en la industria de la carpintería en San Antonio de Ibarra, muchos talleres tallan los grabados no solo en artesanías, sino en productos como puertas, mesas, anaqueles, mueblería en general, en forma manual o semi-automática, por lo que a su actividad se la relaciona como artesanal, siendo esto, un limitante para que las pequeñas industrias crezcan en

capacidad de producción y de calidad que ahora se demandan.

Según la superintendencia de compañías más del 90 % de la industria dedicada a la producción de muebles está ubicada en las provincias de Pichincha, Guayas, Azuay y Manabí. [1]

Siendo la parroquia de San Antonio de Ibarra un sector referente de mueblería y artesanías en madera dentro de la provincia de Imbabura es conveniente la implementación de estrategias de desarrollo tecnológico para competir con los productores de las provincias con mayor producción.

El taller de carpintería “Arte y Madera” ubicado en la parroquia de San Antonio de Ibarra oferta decoraciones en puertas y mueblería general básicos, sencillos y repetidos en el mercado, lo que representa una desventaja competitiva para el taller, y a la vez una oportunidad de la que el taller puede beneficiarse, por lo que con el equipo a implementar se pretende automatizar el proceso de desbaste de figuras artísticas en superficies planas de madera para la producción de puertas y demás mueblería.

II. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

La madera ha sido una de las primeras materias primas de la que la humanidad se ha beneficiado, por sus características, la han convertido por mucho tiempo en el principal material para la construcción, combustible, armas, caza y muchas otras actividades del hombre que nos ha llevado hasta nuestros días.

Incluso hoy en día, es difícil imaginar una vivienda sin que la madera o sus derivados estén presentes en diferentes formas, tamaños y usos.

Clasificación de la madera

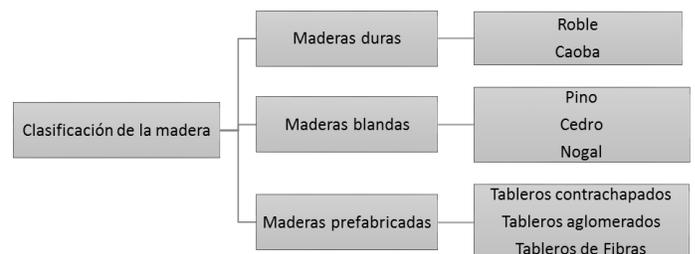


Fig. 1 clasificación de la madera

El Fresado

Es un proceso de mecanizado por arranque de viruta por medio de una herramienta denominada fresa, que puede tener uno o varios filos, acoplado a una herramienta rotativa de corte.

El corte del material se realiza combinando el giro de la herramienta rotativa con movimientos longitudinales en diferentes ejes de la herramienta o de la pieza [2].

La máquina herramienta que realiza el fresado se la denomina fresadora, y se las puede clasificar como se muestra en la siguiente figura.

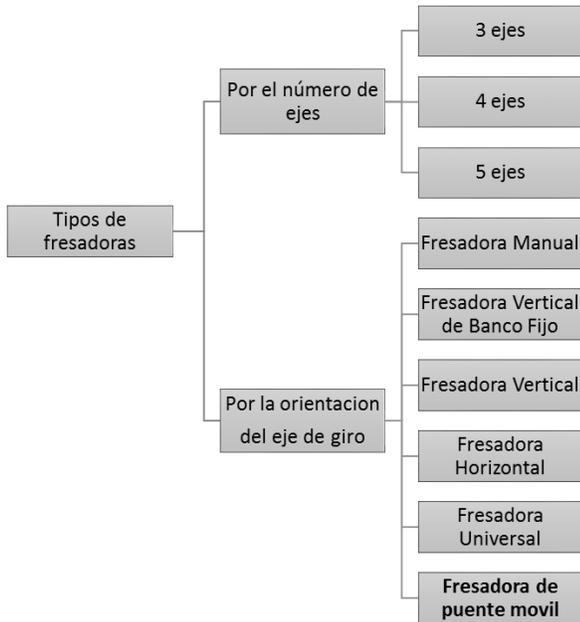


Fig. 2 Clasificación de las fresadoras

Fresadora de puente móvil

Son fresadoras en las que la mesa permanece inmóvil y el movimiento sucede en la herramienta, que se desliza a lo largo de la pieza a mecanizar, por medio de una estructura similar a la de un puente grúa.

Su uso principal es el de la mecanización de piezas de gran tamaño.

Es importante saber que este tipo de fresadoras no cuenta con mucha flexibilidad, dado que suelen tener uno o dos motores de gran tamaño, destinado a mover el peso del puente grúa [3].

El control numérico computarizado CNC es un sistema de automatización utilizado en máquinas herramientas. Las instrucciones y comandos para realizar un trabajo en un sistema de control numérico se codifican con caracteres alfanuméricos, los cuales que, con ayuda de un procesador, se los interpreta para generar señales a controladores de actuadores los que por medio de mecanismos realiza movimientos precisos sobre una superficie o espacio.

Como ventajas de máquinas CNC se tiene:

- Integración de las operaciones de manufactura para mejorar la calidad y uniformidad del producto
- Minimizar los tiempos de ciclo y esfuerzos y, con ello, reducir los costos de mano de obra.
- Mejorar la productividad, reduciendo los costos de manufactura a través del mejor control de la producción.
- Mejorar la calidad de los productos finales empleando procesos más repetibles.
- Reducir la intervención humana, minimizando el error humano.
- Reducir daños en las piezas causados por mala manipulación.
- Aumentar el nivel de seguridad para el personal en especial bajo condiciones de trabajos pesados.
- Liberar al trabajador de tareas tediosas rutinarias y peligrosas.

Como desventajas de máquinas CNC se tiene:

- Elevado costo inicial
- Necesidad de conocimiento de la programación de código G
- Mantenimiento especializado
- Condiciones de riesgo

Programación CNC

Las máquinas herramientas que utilizan controladores CNC se manejan con un lenguaje de programación estandarizado por la ISO que consiste en simbología alfanumérica, aunque algunos fabricantes de controladores agregan sus propios códigos especiales para funciones especiales.

CAD (computer-aided design) diseño asistido por computador, son herramientas computacionales con los que se diseñan dibujos en 2D y modelos 3D con el fin de obtener una pre visualización del producto.

CAM (computer-aided manufacturing) manufactura asistida por computador, son herramientas computacionales con las cuales se simula y/o controla máquinas herramientas para la elaboración de piezas de trabajo siendo este un proceso posterior al CAD.

III. CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

Para este trabajo se realiza una investigación de los parámetros de trabajo que el cliente requiere, con el fin de obtener información general de funcionamiento y presentar propuestas de solución basados en ingeniería mecatrónica para su construcción posterior.

Tabla 1. *Requerimientos del cliente*

Diseñador: Jairo Haro	Producto: CNC para desbaste de madera	Máquina Cliente: Taller de carpintería “Arte y Madera”	
Concepto	Prop one	R/ D	Descripción
Funcionali- dad	C	R	Área de trabajo de 1000x900mm
	C	R	30 mm de máxima profundidad de trabajo en pasos
	C	R	Altura máxima de material de trabajo 50mm
	C	R	Extractor de viruta: no
	C	R	Material de trabajo MDF, Melamínico.
	C	R	Energía eléctrica 110V
Automatiza- ción	C	R	Porta-herramienta Dewalt DWE6000
	C	R	Ingreso del material manual
Precisión	C	D	Sujeción del material por mordazas
	C	R	PC para el control
Costo	C	R	Precisión de trabajo $\pm 2,5$ mm
Mantenimiento	C	D	2000 USD
	C	D	Preventivo superficial

Diseño por análisis funcional.

Para la aplicación de este método de diseño es necesario identificar la función global la misma que se define por el deseo del cliente, en este caso realizar el desbaste de madera por medio de un sistema computarizado.

Las subfunciones permiten la realización de la función global, la relación entre estas se denomina interfases cuya naturaleza puede ser mecánica, de energía, de transferencia de material o de señales.

Las subfunciones se las obtiene al aumentar el nivel de la función global, tomando como punto inicial el nivel cero que se compone de un nivel primitivo y bajo una sola función presentado a continuación [4].

La siguiente figura demuestra el desarrollo de la modularidad a nivel 0 de la máquina.

Nivel 0



Fig. 3 Nivel 0

El desarrollo modular hasta el nivel 2 muestra un esquema suficientemente completo que se muestra a continuación dividido por módulos:

Módulo 1

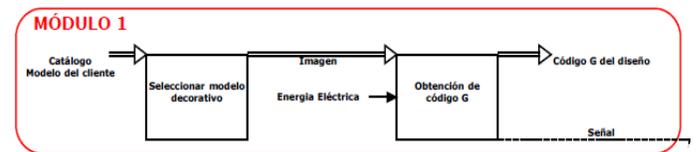


Fig. 4 Módulo 1

Módulo 2

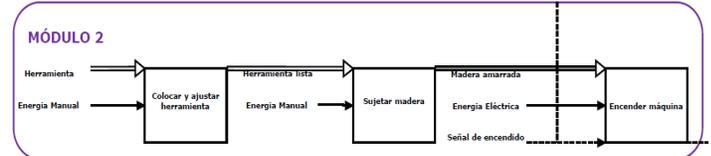


Fig. 5 Módulo 2

Módulo 3

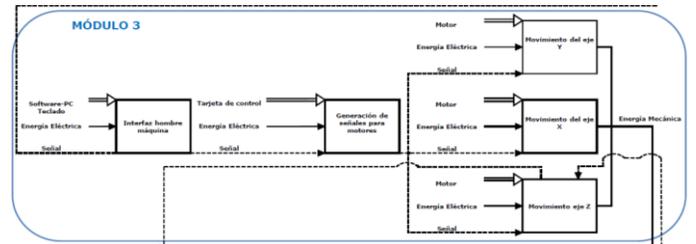


Fig. 6 Módulo 3

Módulo 4

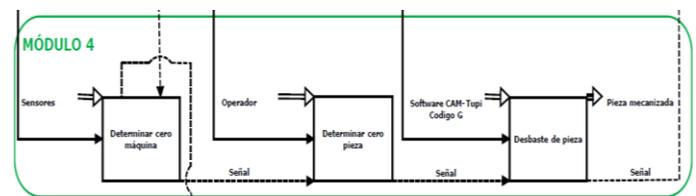


Fig. 7 Módulo 4

Módulo 5

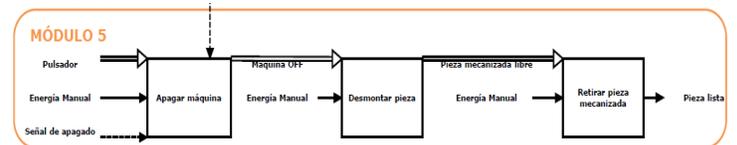


Fig. 8 Módulo 5

Seguidamente se procede a proponer posibles soluciones con las que pueda saciarse las necesidades de cada módulo desde el punto de vista de ingeniería mecatrónica tomando en cuenta las necesidades del cliente y mediante el método de criterios ponderados se seleccionan las soluciones más idóneas para su construcción.

Alternativas y selección de soluciones del módulo 1.

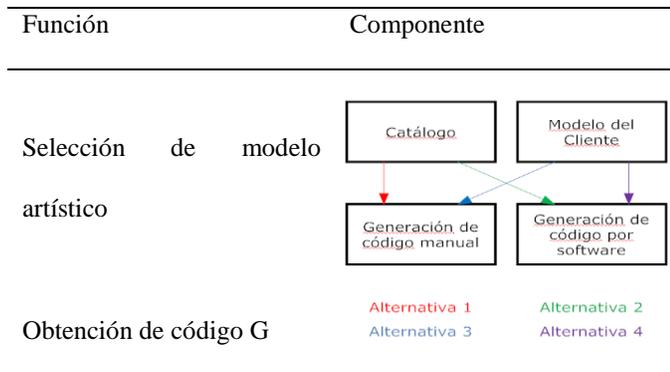


Fig. 9 Combinación de soluciones del módulo 1

Para el módulo 1 la solución adecuada obtenida mediante método de criterios ponderados arroja las alternativas 2 y 4.

Alternativas y selección de soluciones del módulo 2.

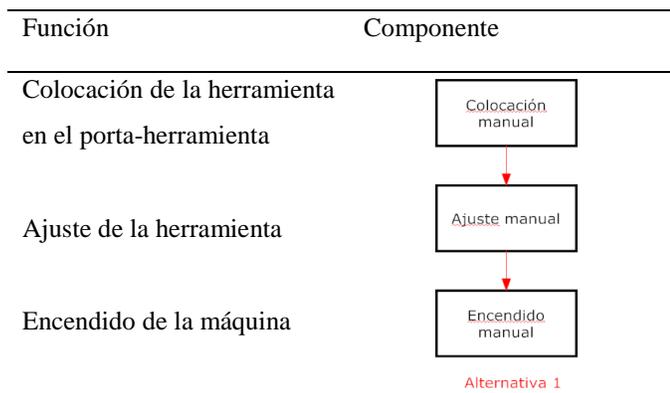


Fig. 10 Combinación de soluciones del módulo 2

Para el módulo 2 se omite el desarrollo del método de criterios ponderados por una única solución.

En este módulo se puede apreciar la importancia e incidencia de la voz del cliente en el proyecto pues reduce las posibles soluciones para que se adapte a sus necesidades.

Alternativas y selección de soluciones del módulo 3.

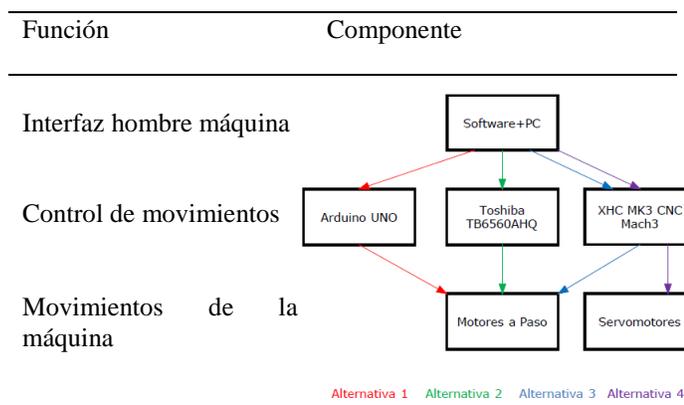


Fig. 11 Combinación de soluciones del módulo 3

Para el módulo 3 la solución adecuada obtenida mediante método de criterios ponderados arroja la alternativa 1 como la más indicada.

Alternativas y selección de soluciones del módulo 4.

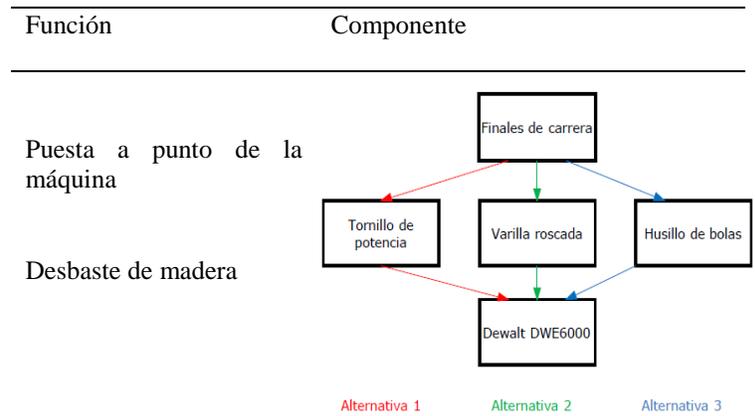


Fig. 12 Combinación de soluciones del módulo 4

Para el módulo 4 la solución adecuada obtenida mediante método de criterios ponderados arroja la alternativa 2 como la más indicada.

Alternativas y selección de soluciones del módulo 5.

Para el desmontaje de la pieza mecanizada se apaga la máquina, se desamarra la pieza ya mecanizada y se retira de la mesa de trabajo manualmente.

En este módulo se prescinde el método de selección por tener una única solución.

De este análisis se obtiene el funcionamiento y partes principales de las que se compone la maquina a desarrollar que se presenta a continuación.

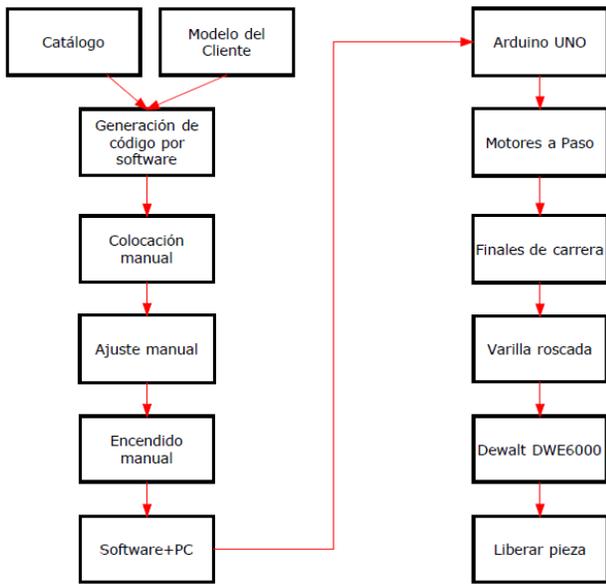


Fig. 13 Combinación de soluciones final

Diseño del sistema mecánico:

Con la información obtenida previamente, se realiza un esquema funcional-estructural de la máquina con ayuda de un software de diseño el cual se presenta en la figura a continuación.

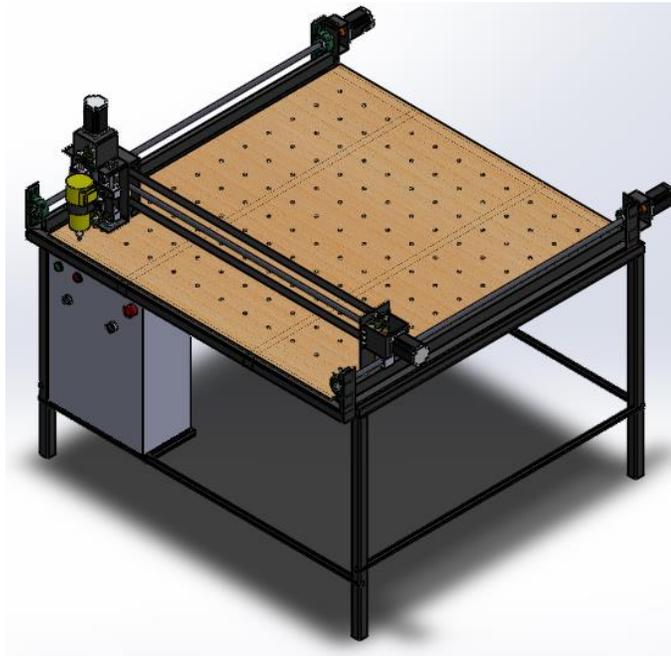


Fig. 14 Forma general de la máquina

La fuerza de corte aparece cuando la herramienta perfora la superficie de un material y lo desgarrar, por lo tanto, esta fuerza debe ser considerada para el diseño de la máquina. Para un diseño conservador, se obtendrá la fuerza de corte con condiciones críticas de la máquina y del material.

Diseño del carro en el eje Z

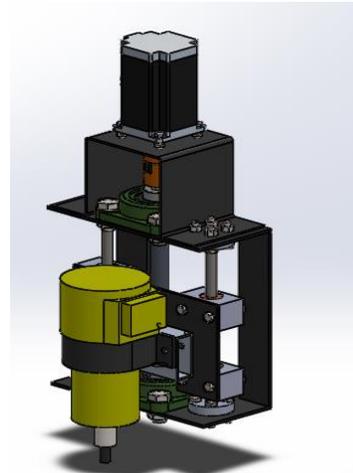


Fig. 15 Esquema del carro eje Z

En la figura 15 se aprecia las partes principales del eje Z como son:

- El portaherramientas (tupí).
- Una mordaza para el portaherramientas.
- Una plancha para soportar al portaherramientas.
- Cuatro bocines para soportar la plancha.
- Dos ejes para soportar los bocines y a la vez para guiarlos.
- Una varilla roscada y una tuerca para realizar el movimiento sobre el eje Z.
- Dos chumaceras de piso para soportar la varilla roscada y permitir su rotación.
- Un motor paso a paso y un acople lovejoy para transmitir potencia a la varilla roscada.

Para el diseño de los ejes de deslizamiento se debe considerar las cargas a los que estos están sometidos, en este caso dichas cargas se generan por la fuerza de corte, y el peso que soporta

Mediante el método de progresión de momentos se calcula las reacciones provocadas en los ejes por las cargas involucradas para la selección del material y geometría de los ejes.

Diseño del carro en el eje Y

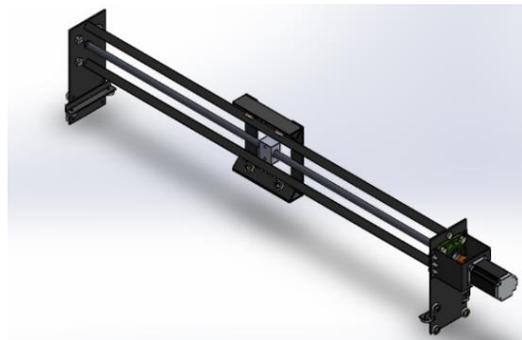


Fig. 16 Esquema del carro eje Y

En la figura se aprecia las partes principales del eje Y como son:

- Un carro móvil compuesto de rodamientos y perfiles angulares
- Dos tubos cuadrados como ejes y guías para el carro
- Una varilla roscada y tuerca para el movimiento horizontal
- Un motor paso a paso y un acople lovejoy para la transmisión de potencia
- Dos chumaceras de piso para soportar la varilla roscada y permitir su rotación.
- Dos planchas como apoyo de los ejes y chumaceras con rodamientos para el movimiento en el eje Y

De igual manera mediante el método de progresión de momentos se calcula las reacciones provocadas en los ejes por las cargas involucradas para la selección del material y geometría de los ejes.

Diseño del carro en el eje X

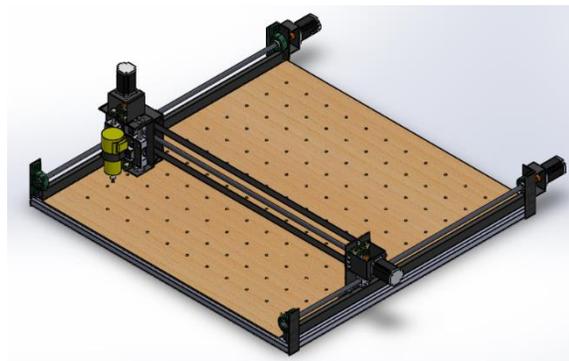


Fig. 17 Esquema del carro eje X

En la figura se aprecia las partes principales del eje X como son:

- Dos tubos perfiles cuadrados como ejes y guías para el carro
- Dos varillas roscadas y dos tuercas para el movimiento horizontal
- Dos motores paso a paso con acoples lovejoy para la transmisión de potencia
- Cuatro chumaceras de pared para soportar las varillas roscadas y permitir su rotación.
- Un cuadro estructural donde se asientan las piezas y mesa de madera.

De igual manera mediante el método de progresión de momentos se calcula las reacciones provocadas en los ejes por las cargas involucradas para la selección del material y geometría de los ejes

Diseño del sistema electrónico:

Se compone de dispositivos de automatización y de potencia necesario para realizar la lectura de código CNC, realizar

movimientos ordenados y precisos en los tres ejes y para el control de la herramienta para el desbaste de la madera.

Para realizar el sistema electrónico, se parte de la tarjeta controladora, en este caso la tarjeta Arduino, cargado con el firmware GRBL versión 0.9j.

Esquema eléctrico

En la siguiente figura, se muestra un esquema unifilar general de las conexiones del sistema eléctrico de la máquina.

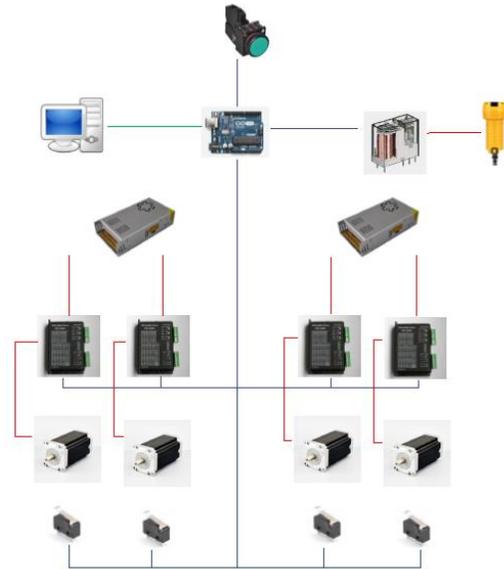


Fig. 18 Esquema unifilar del sistema eléctrico

Tarjetas auxiliares.

Existen tres tarjetas auxiliares necesarias para el funcionamiento de la máquina CNC las cuales son:

Tarjeta auxiliar para los límites del eje X (TA1).

El firmware GRBL 0.9j cargado en el Arduino, ofrece la capacidad de detectar un sensor límite de carrera para cada eje, X, Y, Z.

Dado que el procedimiento propuesto presenta dos motores en el eje X, es necesario un sistema de detección de sensores finales de carrera de los movimientos de estos dos motores de manera singular, y los integre a la función Home (la detección del cero máquina) del firmware GRBL, importante para este tipo de máquinas, para lo cual se hace uso de compuertas operacionales que obedezcan a una lógica previamente analizada.

Tarjeta auxiliar para el ventilador (TA2).

Dentro del gabinete eléctrico se sitúan los drivers para los cuatro motores a paso, por lo que se genera dentro del mismo, un aumento de temperatura, para lo cual se propone un sistema de ventilación artificial basado en un ventilador que disipe el calor generado por los drivers y los demás componentes electrónicos dentro del gabinete. Para la activación de este, se propone una tarjeta que permita la regulación de la activación y desactivación del ventilador haciendo uso de potenciómetros y de un timer 555 para la regulación del tiempo, la regulación del tiempo de activación y desactivación se lo realiza por medio de experimentación según la máquina lo requiera y este dentro unos parámetros normales de temperatura.

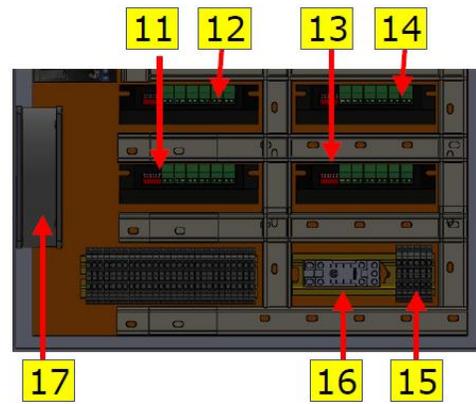


Fig. 20 Parte inferior del gabinete eléctrico.

Tarjeta auxiliar para activación de tupi (TA3).

La herramienta rotativa (tupi) funciona con 110VAC, por lo que es necesario una etapa de potencia que permita su activación con la señal de 5VDC entregada por el pin 11 del Arduino, dado que se dispone de un relé de 120V con la capacidad de conmutar la tupi, se realiza una tarjeta auxiliar que permita conjugar la señal del Arduino con este relé. Para la activación de la bobina del relé, se hace uso de un triac y un optotriac.

Partes del gabinete eléctrico.

Tabla 2. Partes del gabinete eléctrico.

Número	Dispositivo
1	Breaker de alimentación
2	Contactador
3-4	Fuente de poder conmutada
5	Filtro de aire
6-15	Borneras
7	TA3
8	TA2
9	TA1
10	Arduino
11-12-13-14	Drivers motores a paso
16	Relé para tupi
17	Ventilador

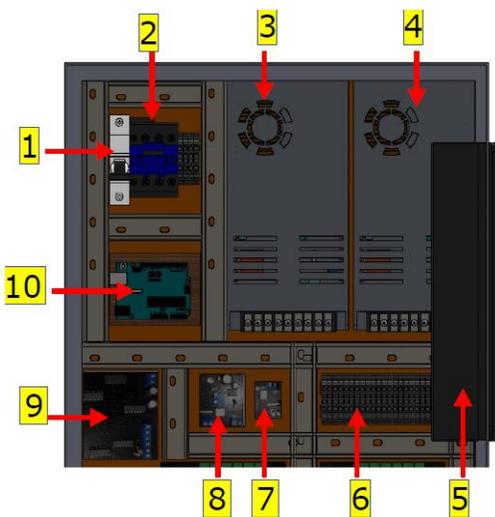


Fig. 19 Parte superior del gabinete eléctrico.

IV. CAPÍTULO III
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para comprobar el buen funcionamiento de la máquina se procede a realizar un grabado que contenga formas variadas. Para lo cual se realiza en primera instancia, la generación de código G del dibujo.

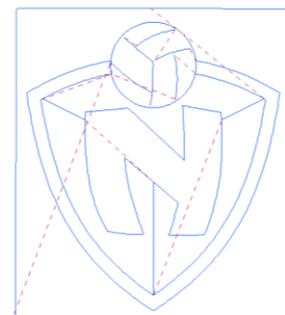


Fig. 21 Visualización del código G generado por Inkscape

Posteriormente se coloca una plancha de madera aglomerada y se procede a realizar el mecanizado.



Fig. 22 Mecanizado de la figura de prueba

Al terminar el proceso de mecanizado, se procede a desmontar la pieza y con ayuda de una lija fina se realiza un proceso breve de acabado.

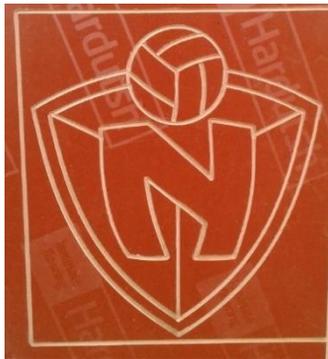


Fig. 23 Pieza de prueba finalizada

Al terminar el proceso, se obtiene un grabado estético satisfactorio ante los ojos del cliente.

V. CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se diseñó y construyó una máquina fresadora CNC para desbaste de madera para el taller de carpintería “Arte y Madera” con un volumen de trabajo de 100 x 90 x 6 cm.
- La voz del cliente que se muestra en la tabla 1 fue determinante para la realización del trabajo, pues proporcionó lineamientos importantes al diseño y construcción de la máquina, de los cuales se hizo uso, para determinar materiales y elementos adecuados para la construcción de la máquina.
- El diseño mecánico de la máquina se ajustó a las necesidades planteadas y el costo de su construcción

está dentro del presupuesto establecido.

- Las partes más críticas del sistema de control de la máquina como son, la tarjeta Arduino, y los motores paso a paso brindaron un funcionamiento satisfactorio para las necesidades presentadas por el cliente.
- El software Inkscape, Universal Gcode Sender, y el firmware GRBL 9.0j, cumple con las necesidades tanto en el momento del diseño de figuras artísticas como en el mecanizado de ellas.
- Con las pruebas de funcionamiento se verificó el funcionamiento adecuado de la máquina ya que resultaron satisfactorias y de agrado del cliente.
- Se realizó el manual de funcionamiento y mantenimiento para su entrega conjunta con la máquina al propietario del taller de carpintería “Arte y Madera”.

Recomendaciones:

- Diseñar el sistema mecánico y eléctrico con el mayor detalle posible para evitar gastos innecesarios y alteraciones de diseño.
- Para la construcción de máquinas de tipo CNC de mediana y largas dimensiones se recomienda considerar el sistema piñón-cremallera con el que se obtiene una mayor velocidad de avance.
- Realizar una tabla a modo empírico que relacione velocidades de avance y materiales con ayuda de la experiencia del maestro en carpintería y pegarlo en un lugar visible en la posición de trabajo del operador.
- El uso correcto del manual de funcionamiento y mantenimiento de la máquina permitirán seguridad del operario y de la máquina.
- Se recomienda la investigación y desarrollo de sistemas de movimiento lineal con control lazo cerrado en la carrera de ingeniería en mecatrónica.
- Se recomienda la investigación y desarrollo de una interfaz para controladores basados en la plataforma GRBL con el fin de omitir la presencia de un computador en el entorno de trabajo.

VI. REFERENCIAS

- [1] Pro Ecuador, 2015. [En línea]. Available: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/12/PROEC_AS2015_MUEBLES_ACABADOS_CONSTRUCCION.pdf.

- [2] IMH, 2015. [En línea]. Available:
<http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion/conformacion-por-mecanizado/mecanizado-por-arranque-de-viruta/fresado>.
- [3] Maquinas, Herramientas y CNC, «Máquinas, Herramientas y CNC,» 9 Septiembre 2011. [En línea]. Available:
<https://pyrosisproyect.wordpress.com/category/fresadora/>.
- [4] C. Riva Romeva, Diseño Concurrente, Barcelona, 2002.

Autor.

JAIRO MAURICIO HARO YÉPEZ

Nacido en la ciudad de Atuntaqui -Imbabura - Ecuador, el 03 de junio de 1993.

Estudios Universitarios realizados en la Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Mecatrónica.