

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE TALLADO EN MADERA
DE DIFERENTES DENSIDADES, UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

MORENO PÉREZ MARIO EDER

PUCALLPA – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

408/2020-CGyT-FCFyA-UNU

Siendo las 11:40 am del 20 de enero de 2020, se reunieron los miembros del jurado calificador en la sala de docentes de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por los siguientes docentes:

Ing. Mg. PEDRO APARICIO CAMPOS CABRERA	: PRESIDENTE
Dr. JORGE ARTURO MORI VASQUEZ	: MIEMBRO
Ing. M. sc MOISES TORRES VELASCO	: MIEMBRO

Para proceder a la evaluación de la tesis titulado: "AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE TALLADO EN MADERA DE DIFERENTES DENCIDADES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE".

Finalizado la sustentación se procedió a la formulación de las preguntas al sustentante Bachiller **MARIO EDER MORENO PÉREZ**, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia la tesis fue aprobada por UNANIMIDAD, con recomendación de publicación y el calificativo de bueno, quedando expedito para el otorgamiento del título de ingeniero forestal, después de las correcciones respectivas de la tesis. El asesor de la tesis fue el **Dr. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS**.



Ing. Mg. PEDRO APARICIO CAMPOS CABRERA
PRESIDENTE



Dr. JORGE ARTURO MORI VASQUEZ
MIEMBRO



Ing. M. sc MOISES TORRES VELASCO
MIEMBRO

ACTA DE APROBACION

Tesis aprobada por el jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado:

Ing. Mg. Pedro Aparicio Campos Cabrera



Presidente

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez



Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco



Miembro

Ing. M.Sc. Manuel Iván Salvador Cárdenas



Asesor

Bach. Mario Eder Moreno Pérez



Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA
ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°059-2020

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

"AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE TALLADO EN MADERA DE DIFERENTES DENSIDADES, UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE".

Cuyo autor (es) : MORENO PÉREZ, MARIO EDER
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional : INGENIERIA FORESTAL
Asesor : Dr. SALVADOR CARDENAS, MANUEL IVAN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 07%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 03/02/2020


UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL
DRA. DINA PARIGUISPE
Direc. Gen. Prod. Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Mario Eder Moreno Pérez

Autor de la TESIS titulada:

« AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE TALLADO EN MADERA
DE DIFERENTES DENSIDADES, UTILIZANDO SOFTWARE
LIBRE »

Sustentada el año: 2020

Con la asesoría de: DR. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales

Carrera Profesional de: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 11 / 02 / 2020

Email: Bellin_28@hotmail.com

Firma: 

Teléfono: 975075913

DNI: 41416155

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y sus múltiples bendiciones para lograr mis objetivos.

A mis hermanos por la paciencia que me brindan y a mi abuelo Marcos Pérez Pipo que Dios los tenga en su gloria.

A mis padres Gilberto Moreno Díaz y Doyli Pérez Tuesta que me brindaron la oportunidad para poder seguir una carrera profesional y los consejos que cada día me brindan para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali y los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por la enseñanza y conocimientos recibidos durante la formación académica, permitiendo mi desarrollo académico y profesional, así mismo alcanzando el logro más deseado del momento, la tesis.

Al señor Sandro Suarez Pellane por sus consejos y amistad, que dios lo tenga en su gloria.

Al ingeniero David Gerardo Lluncor Mendoza que dios lo tenga en su gloria.

Al señor Melchor Peñaloza por el tiempo que me dedico para enseñarme las diferentes técnicas usadas con el software de modelado para el mecanizado del tallado en la CNC.

A los diferentes ingenieros de la facultad que me brindaron sus consejos para la realización de la tesis.

A mi asesor el ingeniero Iván Salvador Cárdenas.

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo el de implementar el uso de un software libre en el proceso de tallado en madera de diferentes densidades, se diseñó y construyó una máquina para el uso del software libre en el proceso de tallado, las muestras usadas para las pruebas de tallado fueron especies maderables de diferentes densidades. Se utilizó la metodología de forma exploratoria y aplicada, con ensayos de prueba y error para la construcción de la máquina CNC (control numérico computarizado) y la adaptación de componentes fáciles de fabricar en algunos casos y accesible a su compra en otros componentes.

Los ensayos de tallado computarizado se realizaron con residuos de especies maderables de diferentes densidades.

Para los ensayos se usó los diferentes software libre como GRBL, MACH TRES, INKSCAPE y MARLÍN, cada uno con una peculiaridad, de los cuales INKSCAPE y GRBL presentaron las condiciones adecuadas para la realización del tallado, sin embargo INKSCAPE al momento de la creación del archivo en código G modificaba los datos originales, cambiando el tamaño del tallado.

Con la información disponible en la red y los resultados obtenidos en las pruebas de tallado en madera, muestran que el software libre GRBL es adecuado para el control de la CNC en los procesos de tallado de forma libre en madera de diferentes densidades, así mismo presenta una muy buena compatibilidad con el hardware o placa de control ARDUINO UNO.

Palabras claves: software libre, máquinas de control numérico computarizado.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to implement the use of free software in the process of wood carving of different densities, a machine was designed and built for the use of free software in the carving process, the samples used for the tests of carving were timber species of different densities. The exploratory and application methodology was used, with trial and error tests for the construction of the CNC machine (numerical control machines) and the adaptation of components that are easy to manufacture in some cases and accessible to purchase in other components.

The computerized carving trials were carried out with residues of timber species of different densities.

For the tests, the different free software such as GRBL, MACH TRES, INKSCAPE and MARLÍN were used, each one with a peculiarity, of which INKSCAPE and GRBL presented the appropriate conditions for the realization of the carving, however INKSCAPE at the moment of the creation of the G code file modified the original data, changing the size of the carving.

With the information available in the network and the results obtained in the wood-carving tests, they show that the GRBL free software is suitable for the control of the CNC in the processes of free-form cutting in wood of different densities, likewise it presents a very good compatibility with hardware or control board ARDUINO ONE.

Keywords: free software, computer numerical control machines.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I	01
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1 Formulación General del Problema.....	01
1.2 Objetivo	02
1.2.1 Objetivo general.....	02
1.2.2 Objetivo específico	02
1.3 Justificación.....	03
1.4 Hipótesis, Variables he Indicadores	04
1.4.1 Hipótesis	04
a. General.....	04
b. Específicos	04
1.4.2 Variables.....	04
a. Independiente.....	04
b. Dependiente	04
1.4.3 Indicadores	04
CAPITULO II	05
2.1 Antecedentes del problema.....	05

2.2 Marco Teórico	07
2.2.1 Control Numérico	09
❖ Qué es el control numérico computarizado (CNC).....	09
❖ Ventajas y Desventajas del Control Numérico Computarizado	09
❖ Ventajas en Diseño	09
❖ Ventajas en Manufactura.....	09
❖ Desventajas.....	10
❖ Interfaz de Usuario	10
❖ Tipos de Interfaz de Usuario.....	10
2.2.2 Acutadores o Motores a Paso a Paso.....	10
❖ Motores Paso a Paso	10
❖ Características	11
2.2.3 Sistema de Transmisión de una Maquina de Control Numérico	
Computarizado	12
❖ Correa Dentada	12
❖ Poleas	12
❖ Engranajes	12
2.2.4 Lenguaje de Programación.....	13
❖ Normas ISO 841:2001	13
❖ ISO (Organización Internacional de Estandarización).....	13
a. Código G.....	14
b. Código M.....	14

c. Código S	14
d. Códigos X, Y y Z	14
2.2.5 Software para Modelado y Mecanizado.....	14
2.2.5.1 Software para Modelado.	14
ASPIRE	14
COREL DRAW	15
ILUSTRATOR.....	15
2.2.5.2 Software Libre de Código Abierto.....	15
GRBL.....	15
MARLI.....	16
INKSCAPE	16
2.2.5.3 Software para Mecanizado.....	17
MACH TRES.	17
UNIVERSAL G CODE SENDER.	17
2.2.6 Densidad y Dureza de la Madera	20
2.2.6.1 Especies para el Proceso de Tallado Según su Densidad.....	21
a) <i>Manilkara bidentada</i> (Quinilla colorada).	21
b) <i>Amburuna cearensis</i> (Ishpingo).....	22
c) <i>Cedrela odorata</i> (Cedro).	22
d) <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina blanca).....	23
e) <i>Simarouba amara</i> (Marupa).....	23
f) <i>Cariniana decandra</i> (cachimbo blanco).	24
2.2.7 TALLADO EN LA MADERA.....	26

➤ COMPORTAMIENTO DE LA MADERA A LOS PROCESOS MECÁNICOS ..	27
2.2.8 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	27
CAPITULO III	29
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1 Lugar de Ejecución.	29
3.2. Método de la investigación.....	29
3.3. Población y Muestra.	29
3.4 Materiales, diseño y software usado.	29
3.4.1. Materias para construcción de la máquina.	29
3.4.2. Diseño	30
a) Chasis	30
a.1 Plataforma o eje “X”.	30
a.2. Plataforma o eje “Y”.	30
a.3. Plataforma o eje “Z”.	31
b) Movimiento de los ejes.	31
b.1. Movimiento del eje “Y”.	31
b.2. Movimiento del eje “Z”.	32
b.3. Movimiento de la plataforma del elemento cortante.....	32
c) Construcción del sistema electrónico para el control de movimiento. .	32
c.1. La Computadora.	32
c.2. Tarjeta de control para el micro controlador de motores pasó a paso.	32

c.3. Micro controlador de los motores pasó a paso.....	33
3.4.3. Software libre.....	33
3.4.4. Software usado para el control del movimiento de la máquina.....	33
3.4.5. Software usado para la edición de archivos.	33
CAPITULO IV.....	34
4.1 RESULTADOS.....	34
4.1.1. Adaptación del Software.....	34
➤ Proceso para la descarga e instalación del GRBL.	35
4.1.2. Construcción de la máquina de control numérico computarizado (CNC)	40
4.1.3. Aplicación del software y la CNC en el tallado de madera	41
➤ Validación del proceso de tallado de la CNC.	44
4.2 DISCUSIÓN	45
CAPITULO V.....	46
5.1 CONCLUSIONES.	46
5.2 RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXO	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Determinación de Bobinas en motores unipolar	11
<i>Figura 2.</i> Descarga GRBL.....	32
<i>Figura 3.</i> Descarga XLoader.zip.....	32
<i>Figura 4.</i> Ejecutando el archivo XLoader.exe.....	33
<i>Figura 5.</i> Cargando el GRBL al XLOADER	33
<i>Figura 6.</i> Cargando el GRBL al ARDUINO UNO.....	34
<i>Figura 7.</i> Descarga del Universal G-Code Sender.....	34
<i>Figura 8.</i> Descarga del Universal G-Code Sender.	35
<i>Figura 9.</i> Descarga del Universal G-Code Sender.	35
<i>Figura 10.</i> Abriendo el Controlador Universal G-Code Sender.	36
<i>Figura 11.</i> Estructura para el Equipo de tallado con el uso de Software Libre.	37
<i>Figura 12.</i> Escultura de un Romano tallado en madera Ishpingo.....	38
<i>Figura 13.</i> Caballo tallado y cortado al contorno en madera de cedro	39
<i>Figura 14.</i> Tallado en diferentes especies, A) Almendro, B) Huayruro, C) Palisangre	39
<i>Figura 15.</i> Base del eje X.....	47
<i>Figura 16.</i> Plataforma principal y base del eje Y.....	47
<i>Figura 17.</i> a y b, Sistema de ruedas de aluminio para el deslizamiento de la base del eje X.....	48
<i>Figura 18.</i> Ensamblaje de las ruedas con la plataforma principal.....	49
<i>Figura 19.</i> Ensamble de las plataforma X, Y y el sistema de deslizamiento	49
<i>Figura 20.</i> A y b Adaptación de los motores y eje roscado en los diferentes ejes.....	50

<i>Figura 21. C. Adaptación del motor en el eje X.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. Ensamblaje de la parte electrónica.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23. Prueba de Conexión de los Motores, Controlador, Fuente y ARDUINO UNO..</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Correa dentada.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25. Ruedas de aluminio con rodajes encajados.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26. Eje de rosca cuadrado..</i>	<i>55</i>
<i>Figura 27. Eje de bolas..</i>	<i>55</i>
<i>Figura 28. Fresas para tallado.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 29. Esquema de conexión de los diferentes componentes</i>	<i>57</i>
<i>Figura 30. Plano de la mesa base de la cnc</i>	<i>58</i>
<i>Figura 31. Plano de la base del eje X en vista alzado y vista lateral derecho</i>	<i>59</i>
<i>Figura 32. Plano del sistema de deslizamiento y soporte del eje X</i>	<i>60</i>

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Estimación de tiempo y herramientas usadas para el tallado manual en madera de diferentes densidades	40
Tabla 2. Tallado de una imagen con el uso de la maquina CNC y software libre.....	40
Tabla 3. Costo en soles según el consumo en kWh de componentes eléctricos	52
Tabla 4. Fórmula para el cálculo de costos	53

ÍNDICE DE DIAGRAMA.

Diagrama 1. Conversión de una imagen al archivo con el código G	17
Diagrama 2. Proceso de tallado	18

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.

La región Ucayali forma parte de uno de los puntos más importantes del Perú por la extracción y venta de madera en bruto a las diferentes localidades de nuestro país, la madera vendida a la capital es transformada en muebles de distintas calidades y dependiendo de su acabado (forma, tallado de formas o imágenes en el mueble) se obtiene un valor agregado de mayor costo, este proceso se ha realizado continuamente desde muchos años atrás.

Dentro de nuestra región el valor agregado que se da a la madera mediante la fabricación de productos tales como muebles, artesanía, entre otros, solo son negociados en muchos casos dentro del área local, siendo muy escaso los productos que se fabrican para la venta hacia el interior y exterior del país, debido en muchos casos a los diferentes acabados que se da al producto.

Un valor adicional a la fabricación de un mueble de madera es el tallado de imágenes, formas o figuras, el cual requiere de un costo adicional (personas dedicadas al tallado de madera) y un tiempo determinado para su acabado.

El Perú dentro del contexto latino americano es un país con poca aplicación en la automatización de procesos y robótica industrial, debido a los altos costos que con llevan su implementación.

Viendo el poco desarrollo económico del Perú y de las industrias que no tienen muchas veces las posibilidades de la automatización dándole un gran avance de cumplir con normas internacionales de calidad para llegar a exportar a nivel global.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad automatizar el proceso de tallado de madera con el uso de un software libre, mediante el diseño y construcción de una máquina, el cual realice el proceso de tallado en menor tiempo, este proceso de innovación puede ser implementada en las diferentes empresas (pymes) dedicadas a las carpinterías en nuestra localidad

¿ES POSIBLE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE TALLADO DE MADERA UTILIZANDO UN SOFTWARE LIBRE?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar y comprobar un sistema de automatización utilizando un software libre en el proceso de tallado de madera.

1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.

- Determinar un software libre aplicable a los procesos de tallado en madera.
- Acondicionamiento y Construcción de la interfaz entre el software y hardware, para el tallado de madera.
- Validar el proceso automatizado del tallado en madera.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

En la región de Ucayali el manejo de software y la implementación de procesos automatizados en el área de carpintería de tallado presentan un alto índice de deficiencia, debido a que los procesos de automatización tienen un costo muy elevado. Con el presente trabajo de investigación se pretende uniformizar y mejorar los procesos de tallado de madera tradicionales. Mediante la implementación de un sistema automatizado en procesos de tallado de madera usando un software libre.

El sector nacional de muebles de madera está conformado por una industria de tradición familiar, cuyo estilo predominante es el artesanal. La industria de la región Ucayali se caracteriza por el escaso avance tecnológico en el diseño y acabado de sus productos, la baja difusión de técnicas modernas de gestión y la alta heterogeneidad en la gama de productos fabricados, los cuales normalmente poseen una baja o nula estandarización entre ellos.

Con el diseño y la construcción de una máquina automatizada para el tallado en madera y el uso de herramientas y metodología de control numérico automatizado (CNC), a costos más accesibles para el empresario, se reducen los costos y mejora la calidad del producto, de esta manera se pueda comercializar a los distintos puntos del país y en un futuro al exterior.

1.4 HIPOTESIS, VARIABLES HE INDICADORES.

1.4.1 Hipótesis

a. General

- ✓ El uso de un sistema automatizado mediante software libre mejora el proceso del tallado en la madera.

b. Específicos.

- ✓ Existe un interfaz de fácil uso entre el software libre y hardware que automatiza el proceso de tallado de madera.
- ✓ Evaluar el tiempo que demora el tallado tradicional y el proceso automatizado de una pieza.

1.4.2 Variables

a. Independiente:

- ✓ Realización del proceso de automatización con software libre.

b. Dependiente:

- ✓ Tallado de la madera.

1.4.3 Indicadores.

- ✓ Interfaz entre el software y hardware.
- ✓ Tiempo de proceso de tallado.
- ✓ Costos de inversión, operación y mantenimiento.

CAPITULO II

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

(Santiago et al., 2012, p.15) En informe técnico remitido al ministerio de agricultura realizado a empresas de transformación primaria sobre la capacitación que se debe brindar a las diferentes áreas, mencionan que para el diseño de muebles y acabado solo el 6% es de importancia para el empresario.

Estudiantes de SENATI exhiben en feria de innovaciones tecnológicas del parque KENNEDY una maquina desgranadora de maíz automatizada, con una producción de dos toneladas por hora, el cual puede ser implementado a los pequeños agricultores (SENATI, 2012).

En informe técnico remitido al ministerio de agricultura (Santiago et al, 2012, p. 18). Se mencionan que:

El equipamiento de maquinarias que presentan las empresas de segunda transformación de la madera teniendo entre ellas: veinte (20) empresas cuentan con despuntadora, dieciséis (16) tienen Cepilladora y quince (15) tienen garlopa, doce (12) tienen circular y diez (10) tienen tableadora, cinco (05) declaran tener sierra múltiple, cinco (05) tienen machihembradora, cinco (05) trabajan con tupi, finalmente cinco (05) tienen afilador de disco y afilador de cuchillas, cuatro (04) tienen machihembradora, canteadora, torno y sierra de disco, tres (03) tienen aserradero de cinta, secador de maderas y moldurera, dos (02) tienen aserradero portátil, uno (01) tiene sierra radial y lijadora. En las cuales no mencionan a empresa alguna que posea equipos automatizados (p.18).

Se realizó la implementación de un sistema de control automático en el caldero piro tubular en el laboratorio de operaciones unitarias de la facultad de ingeniería química y textil para mejorar el aprovechamiento de vapor generado por este. Los puntos implementados fueron, un sistema de purga automático empleando un lenguaje de programación “ladder”. (Apaza et al, 2014).

(Flores y Flores , 2015) Compararon la eficiencia de un sistema computacional de pintado con un sistema tradicional. Obteniendo por resultado que el sistema computacional para el pintado de superficies planas demostró un ligero mejor rendimiento frente al rendimiento del sistema tradicional.

(Taïpe, 2015). Realizó la automatización del sistema de recirculación de agua caliente, usando Arduino Mega y Python como software libre. Permitiendo reducir el tiempo de la toma de datos al realizar la inspección de 12 minutos a 1 minuto, disminuyendo la interacción del operador ante los procesos potencialmente peligrosos de riesgos físicos y enfermedades laborales.

La adquisición de un horno de secado automatizado contribuye a un avance significativo en el proceso de secado de la madera, con un monitoreo constante por parte del sistema operacional del programa de secado, perteneciente al área de industrias de la facultad de ciencias forestales de la universidad nacional de Ucayali, este punto fue concedido (J. Salinas, entrevista personal, 13 de mayo de 2017).

2.2 MARCO TEÓRICO

El sector nacional de muebles de madera está conformado por una industria de tradición familiar, cuyo estilo predominante es el artesanal. La industria se caracteriza por el escaso avance tecnológico en el diseño y acabado de sus productos, la baja difusión de técnicas modernas de gestión y la alta heterogeneidad en la gama de productos fabricados, los cuales normalmente poseen una baja o nula estandarización entre ellos. La oferta nacional de muebles presenta un alto grado de atomización, dado que está integrada mayoritariamente por pequeñas y micro empresas (90%), cuya producción ostenta problemas de acabado y calidad, y abastece al mercado interno a través del canal minorista tradicional. Estas empresas se caracterizan por invertir sus recursos en la extensión de sus procesos, más que en la incorporación de nuevas tecnologías para incrementar su productividad y eficiencia (Mincetur, 2008).

Nuestros bosques tropicales abarcan 67.5 millones de hectáreas del territorio nacional. 24.5 millones de ha. Son considerados bosques para producción de madera. Estructuralmente la industria de la madera es de transformación primaria (aserraderos, fábrica Chapas y de triplay). Existen pocas empresas de elaboración secundaria sólidamente constituidas. (Promperu, 2007)

La industria del mueble a nivel mundial presenta una gran heterogeneidad tecnológica. Las innovaciones son en su mayoría de procesos, incentivadas por la utilización de nuevas máquinas, por la introducción de nuevos materiales o por el desarrollo del diseño. Una característica de los bienes de capital utilizados en la

industria del mueble es la utilización de maquinaria automatizada en base a la microelectrónica con control numérico, que permite mejorar el control de corte y el acabado y posibilita la fabricación de varios productos bajo una misma línea de producción (Promperu, 2007)

“Invertir en innovación es fundamental para impulsar el crecimiento económico a largo plazo” Francis Gurry director de la organización mundial de la propiedad intelectual (2016, 30 de agosto). El choche p. 6.

(Martin et al., sf, p.276) Menciona que “el control numérico es un sistema de fabricación mediante el cual la maquina es controlada por informaciones alfanuméricas introducidas mediante un programa que puede ser comprobado y evaluado en el ordenador para su posterior mecanización”

La decisión sobre el cuándo es necesario utilizar máquinas y herramientas de control numérico (M.H.C.N), muchas veces se resuelve en base a un análisis de producción y rentabilidad; sin embargo en nuestros países subdesarrollados, existe un factor inercial que impide a los empresarios realizar el salto tecnológico en la medida que estas personas se motiven a acercarse a estas tecnologías surgirán múltiples alternativas financieras y de producción que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión (Rios, 2006).

Entre las ventajas que presenta el control numérico es la mecanización de piezas muy difíciles de elaborar con gran precisión, reduciendo el tiempo de verificación, aumento de la productividad al no existir fatiga del trabajador, (Martin et al., sf, p. 729)

2.2.1 Control Numérico.

Qué es el control numérico computarizado (CNC)

El control numérico computacional es el control de una maquina usando una serie de instrucciones codificadas mediante números y letras. Es un sistema en el cual los valores numéricos programados son directamente insertados y almacenados en alguna forma de medio de entrada y automáticamente leídos y decodificados para provocar el movimiento correspondiente en la máquina que se está controlando.

Ventajas y desventajas del control numérico computarizado.

Ventajas en diseño

- Reducción en la dificultad para manufacturar partes.
- Prototipos precisos.
- Cumplimiento de especificaciones.

Ventaja en manufactura.

- Permite una mejor planeación de las operaciones
- Reducción en tiempo de programación.
- Disminución de los costos en herramientas.
- Incremento de la seguridad para el usuario.
- Aumento de productividad.
- Reducción de tiempo de flujo de material.
- Mejor control del proceso y tiempo de maquinado.

(Ricardo, s.f)

Desventajas

- Costo de fabricación.
- Costo de mantenimiento
- Costo de las herramientas de corte
- Es necesario entrenar a personal calificado para el uso y el mantenimiento.

Interfaz de usuario.

Es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo.

Tipos de interfaces de usuario.

- Interfaz de hardware. Son los diferentes dispositivos utilizados para ingresar datos (teclado, ratón, etc)
- Interface de software. Destinada a entregar la información acerca de los procesos y herramientas de control.
- Interface de Software – Hardware. Establece un puente entre la máquina y las personas, permite a la maquina entender la instrucción y al hombre entender el código binario traducido a información legible. (ecured, 2018)

2.2.2 Acutadores o Motores pasó a paso

Son equipos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica:

- **Motores Pasó a Paso**

De dispositivos capaces de transformar la energía eléctrica en mecánica. Este tipo de motor, a pesar de tener una concepción bastante antigua, únicamente ha podido emplearse en la práctica a partir del momento en que la tecnología de semiconductores ha permitido el desarrollo de circuitos de actuación y control suficientemente rápidos y adecuados. (Faletti, 2010)

Determinación de las bobinas de un motor a paso unipolar (seis cables), usando el multítester.

- Colocar el multítester en la opción de ohmios y proceder a medir

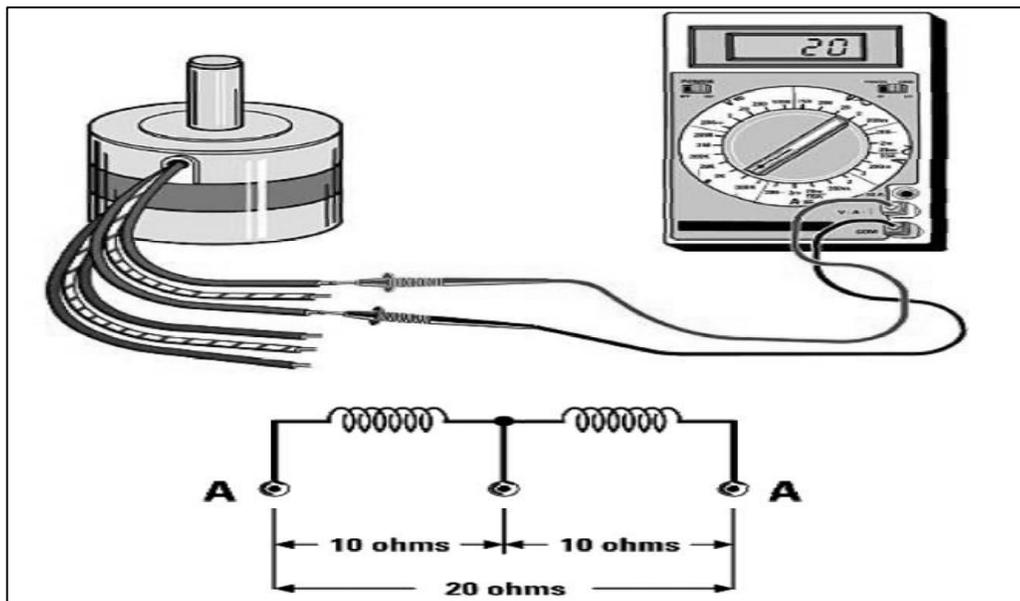


Figura 1. Determinación de Bobinas en motores unipolar

Fuente: (Capacitación, 2015)

Características

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos

motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° . Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas. (EcuRed, s.f)

2.2.3 Sistema de Transmisión de una Máquina de Control Numérico Computarizado (CNC).

“Los principios de ejes y movimientos se basan en un sistema de coordenadas normalizado, es decir, las coordenadas cartesianas” (Martin et al., sf. p.733)

Para llevar a cabo el movimiento de elementos en la máquina CNC empleando los motores, se precisa de una serie de elementos que posibiliten el enlace del motor a los elementos e incluso para modificar el plano del movimiento. Este tipo de elementos se conocen como elementos de transmisión, siendo los más conocidos y utilizados los siguientes:

Correas dentadas, las cuales, uniendo dos o más ruedas dentadas, transmiten el movimiento del eje del motor a elementos haciendo que se muevan perpendiculares al motor, pudiendo llevarse a cabo reducciones para así aumentar el par del motor en los movimientos.

Poleas: Se trata de un mecanismo mediante el cual se transmite un esfuerzo, facilitando además el movimiento.

Engranajes: Se trata de un mecanismo para la transmisión de potencia, muy similar al de las correas, pero por medio de dos ruedas dentadas, denominadas corona y piñón, a la mayor y a la menor, respectivamente. Además, el empleo de este sistema asegura que no va a perderse parte (Mar04) del movimiento, a diferencia que con las correas que puede darse el caso de que se produzca deslizamiento. (Mora, 2016).

2.2.4 Lenguaje de Programación

El lenguaje de programación se compone de códigos compuestos por letras seguidas de números, por medio de los cuales se dan las órdenes de movimiento y activación de funciones de la máquina.

Norma ISO 841: 2001

Sistemas de automatización industrial e integración - Control numérico de máquinas Sistema de coordenadas y nomenclatura de movimiento. (Standardization, 2001).

ISO (Organización Internacional de Estandarización).

Estandarizo el lenguaje de programación para las maquinas CNC (control numérico computarizado), la cual está compuesta por unas letras que siempre van en mayúscula y se les conoce como direcciones. Las letras se combinan con números y a ese conjunto se le llama instrucciones, varias instrucciones en la misma línea se llaman bloques, la maquina ejecuta las ordenes por bloques.

- a. CÓDIGO G. fueron en principio creados para especificar la geometría de la trayectoria de la herramienta, si avanza rápido o mecanizado lineal o en arco. Estos códigos están compuestos por la letra G seguida de números, van desde G0 hasta G99.
- b. CÓDIGO M. para funciones auxiliares se crearon en principio para automatizar las funciones que realizaría el operario, como prender el husillo, encender el refrigerante, etc. Estos códigos van desde M0 hasta M99.
- c. CODIGO S. con este código se programa la velocidad del usillo en rpm, el código S va acompañado de valor numérico de las r.p.m. a las que va a girar el usillo.
- d. CODIGOS X, Y, Z. En un centro de mecanizado vertical el eje X mueve la mesa de trabajo de izquierda a derecha y viceversa. El eje Y mueve la mesa hacia adelante y hacia atrás. El eje Z mueve el cabezal junto con la herramienta de arriba hacia abajo y viceversa.

2.2.5 Software para Modelado y Mecanizado.

2.2.5.1 Software para Modelado.

ASPIRE.

El Aspire es construido de la misma plataforma de VCarve Pro de Vectric, compartiendo la interfaz intuitiva y la facilidad de utilización para la producción de design y mecanizado con una router. Además de las herramientas poderosas de dibujo y de producción de VCarve Pro, el Aspire también tiene herramientas que le permiten transformar bocetos

2D, fotos, dibujos y obras de arte digital en modelos de relieves 3D detallados y en seguida calcular las trayectorias de Desbaste 3D y de Acabado para cortar con precisión estas formas. Importación de archivos de 3D - STL, DXF, OBJ, VRML, V3M, CRV3D, 3DCLIP. (Vectric, s.f.)

COREL DRAW

Corel Draw es una aplicación informática de diseño gráfico vectorial, es decir, que usa fórmulas matemáticas en su contenido.

ILUSTRATOR

Es un editor de gráficos vectoriales en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como «mesa de trabajo» y está destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración (ilustración como rama del arte digital aplicado a la ilustración técnica o el diseño gráfico, entre otros).

2.2.5.2 Software Libre de Código Abierto.

GRBL

De acuerdo a Jeon, S. (2017) citado por Guzmán, O (2019). Grbl es un firmware gratuito de código abierto de alto rendimiento para controlar el movimiento de las máquinas que se mueven, que hacen cosas o que hacen que las cosas se muevan, y se ejecutarán en Arduino. La mayoría de las impresoras 3D de código abierto tienen Grbl. Ha sido adaptado para su uso en cientos de proyectos, incluidos las cortadoras láser, los escritores manuales automáticos, los perforadores de

agujeros, los pintores de graffiti y las máquinas de dibujo. Debido a su rendimiento, simplicidad y requisitos de hardware frugal, Grbl se ha convertido en un pequeño fenómeno de código abierto

Características principales.

- Corre en un Arduino, siempre que tenga el Atmega 328.
- No requiere puerto paralelo.
- Buen controlador simple para fresado CNC.
- Gestión completa de la aceleración con planificador de anticipación.
(Keithellis, 2019)

Marlín.

Marlín es un firmware de código abierto para la familia RepRap de replicadores de prototipos rápidos, popularmente conocido como "impresoras 3D". Se derivó de SPRINTER y GRBL. (Marlin, 2018)

INKSCAPE

INKSCAPE es un editor de gráficos vectoriales de código abierto, con capacidades similares al ILLUSTRATOR, FREEHAND, CorelDraw o Xara X, usando el estándar de la W3C: el formato de archivo Scalable Vector Graphics (SVG). El programa tiene múltiples opciones como la posibilidad de manejar formatos de imagen como PNG, JPG, BMP o TIFF; sistemas de capas; figuras predeterminadas; etc. (Toledo, 2010)

2.2.5.3 Software para Mecanizado.

MACH TRES.

Es un sistema de control computarizado que permite la comunicación con los servos motores usando una computadora. (BodCAD-CAM, 2014)

Mach3 es un programa rico en funciones que también es fácil de usar. Funciona con otros programas e importará archivos DXF, generará G-Code, totalmente personalizable. Trabaja con fresadoras CNC, fresadoras, tornos, cortadoras de plasma y láseres. (themakersguide, 2012).

El software Mach3 presenta un costo de licencia de 175 Euros. (SACOR SL, Sf.)

UNIVERSAL G CODE SENDER.

(Filecroco, 2018) Menciona que es una herramienta basada en java que puede permitir a los usuarios enviar códigos G a maquinas compatibles con CNC (CODIGO numérico de computadora) es Universal G code Sender. El universal G code sender puede proporcionar resultados eficientes para controlar las maquinas basadas en CNC. La alta precisión y la posibilidad de administrar funciones específicas a través de teléfonos inteligentes son algunas de las características de esta aplicación.

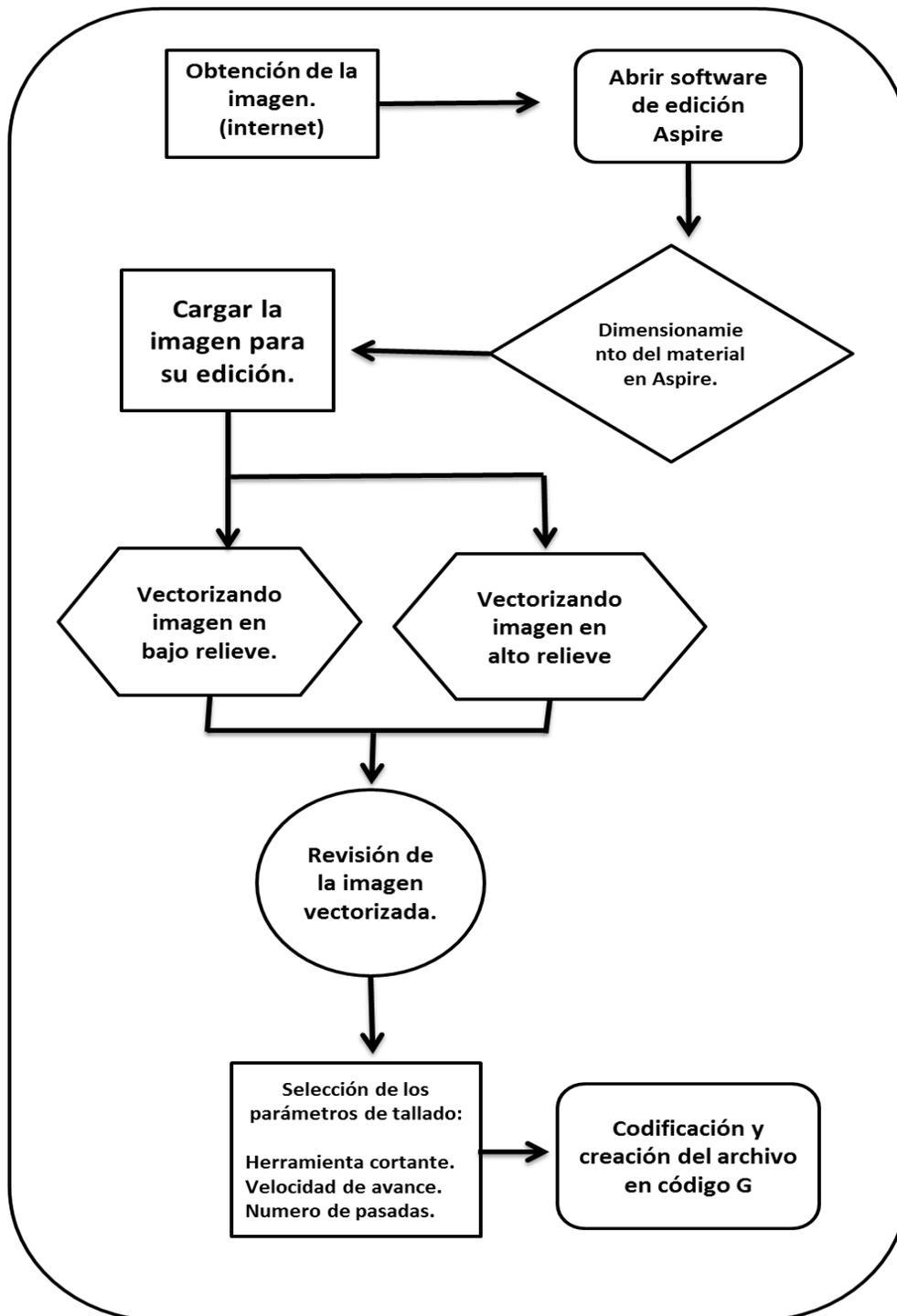


Diagrama 1. Se muestra los diferentes pasos para la conversión de una imagen extraída de internet, que después pasa por el software de edición y los diferentes procesos que se le puede dar a la imagen, hasta la obtención del archivo con el código G

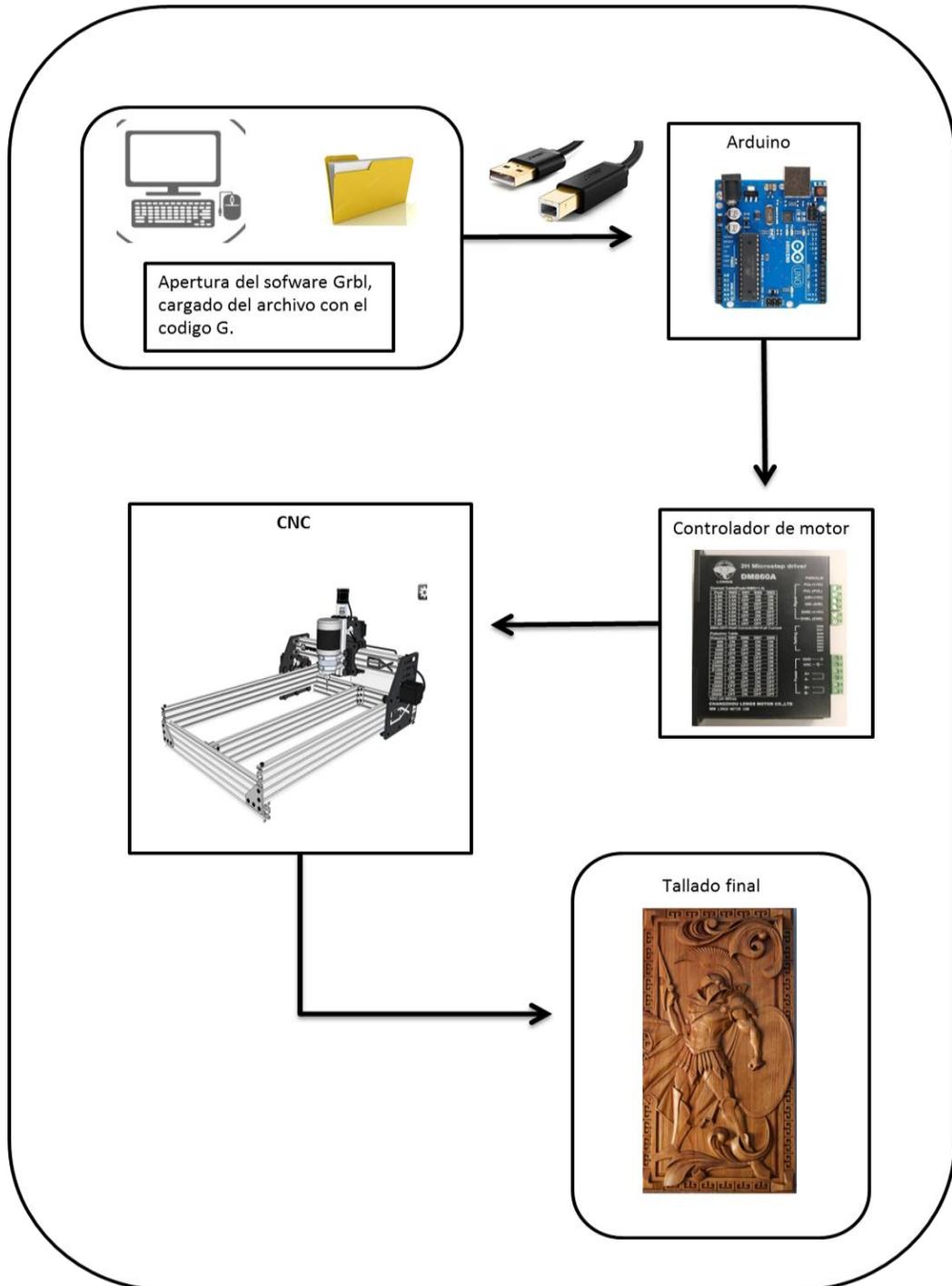


Diagrama 2. Se muestra el proceso que pasa una imagen antes de realizar el tallado, desde la creación del archivo con el código g, hasta el tallado final.

2.2.6 Densidad y Dureza de la Madera

Es la relación que existe entre el peso y el volumen de una madera determinada y se puede expresar en gramos por centímetro cúbico, en kilogramos por decímetro cúbico, o en toneladas por metro cúbico, (BONILLA, 1997).

La dureza es una propiedad mecánica y se determina por su resistencia a la penetración de otros objetos; con lo que puede concluirse que las maderas van de muy duras a muy blandas. Así mismo, la densidad es una propiedad física que se expresa como la relación entre la masa de la pieza y su volumen a diferentes contenidos de humedad. Ambas se incluyen dentro de las propiedades organolépticas porque, a través del tacto, es posible tener una idea inicial con relación al grado de dureza y a la mayor o menor densidad de las maderas, lo que en algunos casos puede ser de gran interés y utilidad en la descripción, (LÓPEZ, 2011, p.70).

Característica observable en los planos longitudinales radial (LR) y tangencial (LT). Es producida por la disposición que tienen los elementos axiales (vasos, fibras, traqueidas, parénquima, etc.) con respecto al eje del árbol o a la arista de la pieza aserrada. Esta característica se produce tanto por el proceso de crecimiento como por el aserrado de la madera, y puede ser:

Recto. Este tipo es considerado el normal, presentando la dirección de los elementos paralela al eje del árbol o a la arista de la pieza aserrada.
Entrecruzado. Cuando los elementos axiales forman un arreglo irregular en

dirección transversal. Produce un veteado y brillo muy atractivos y decorativos en el plano longitudinal tangencial (LT), cuando la madera ha sido pulida. A partir del rajado de la pieza, es posible observar más claramente la orientación de los diferentes elementos leñoso.

Ondulado o crespo. Cuando los elementos axiales forman un arreglo irregular y sinuoso (ondulado) en dirección longitudinal, con un brillo característico que ocasiona un bellissimo efecto decorativo, (LÓPEZ, 2011, p.70).

2.2.6.1 Especies para el Proceso de Tallado Según su Densidad.

a) *Manilkara bidentada* (Quinilla colorada). Árbol alcanza una altura total de 25 m. Altura comercial promedio de 13 m. Diámetro a la altura del pecho de 90 cm. El fuste es cilíndrico, ramifica en la parte terminal conformando una copa abierta, amplia, redondeada, presenta aletas basales pequeñas y gruesas. La corteza externa es de color pardo oscuro, de textura compacta, espesor de 15 mm, profundamente fisurada a lo largo del fuste en surcos paralelos, ritidoma leñoso en placas rectangulares. La corteza interna es laminar y rosada.

Nombre científico : ***Manilkara bidentada***

Familia : Sapotaceae

Grano : Recto

Densidad básica : Alta (0.87 gr/cm³)

Textura : fina

b) *Amburuna cearensis* (Ishpingo). Es un árbol caducifolio, de gran desarrollo, 15-25 (ocasionalmente 35) m de altura de fuste recto de 5-13 dm de diámetro, corteza castaño anaranjada, lisa, se desprende en escamas papiláceas; copa aplanada, follaje verde oscuro; hojas alternas.

Nombre científico : ***Amburuna cearensis***

Familia : Fabaceae - Papilionoideae

Grano : Entrecruzado

Densidad básica : Media (0.43 gr/cm³)

Textura : Media a gruesa

c) *Cedrela odorata* (Cedro). Árbol que alcanza hasta 30-40 m de altura, Tronco recto y cilíndrico con raíces tablares grandes, Corteza externa gruesa gris-marrón, con fisuras longitudinales irregulares de Copa redondeada y densa, Hojas pinnadas, agrupadas hacia el extremo de las ramas, de 15-50 cm de longitud, con 5-11 pares de folíolos opuestos o alternos, a menudo falcados, color verde oscuro en el haz y más claros o verde amarillentos en el envés, glabros en ambas caras, con olor a ajo cuando se estrujan, Flores masculinas y femeninas en la misma

inflorescencia. Fruto cápsula leñosa lenticelada, dehiscente, oblongo-elipsoide. (Marco, 2012)

Nombre científico	: <i>Cedrela odorate</i>
Familia	: Meliaceae
Grano	: Recto a ligeramente entrecruzado
Densidad básica	: Media (0.48 gr/cm ³)
Textura	: desde fina hasta áspera

d) *Guazuma crinita* (Bolaina blanca). Árbol de especie codominante y abundante, con copa plana o aparasolada, abierta. Su fuste es recto y cilíndrico. Altura total de 20 a 25 m. altura comercial de 25 m., d.a.p. de 50cm., generalmente sin raíces tablares o estas muy pequeñas, extendidas y ramificadas. Corteza externa lisa y luego agrietada afirmada superficialmente, de color grisáceo pálida o casi negruzca. Corteza interna laminar, se puede desprender en grandes tiras, de color crema y oxida a marrón oscuro, exuda mucílago incoloro y escaso.

Nombre científico	: <i>Guazuma crinita</i>
Familia	: sterculiaceae
Grano	: recto
Densidad básica	: bajo (0.41 gr/cm ³)
Textura	: media y homogénea

e) *Simarouba amara* (Marupa). Se encuentra en zonas altas con suelos arenosos bien drenados, de fuste recto, ahusado, cilíndrico sin aletones, Altura comercial promedio de 24 metros y altura total promedio de 40

metros. El diámetro promedio a la altura del pecho de 0,60 metros. La corteza externa es de color gris claro, de textura casi lisa a levemente agrietada con fisuras finas verticales, lenticular, presenta 4 centímetros de espesor. Corteza interna de color amarillo cremoso, con veteado blancuzco, de textura arenosa y sabor muy amargo, de allí proviene su nombre genérico y conicidad pronunciada.

Nombre científico : ***Simarouba amara***

Familia : Simaroubaceae

Grano : recto

Densidad básica : bajo (0,36 gr/cm³)

Textura : Mediana uniforme.

Para taladrar considerar las siguientes características del taladro eléctrico:

- a) Potencia: 500 w.
- b) Velocidad de giro en vacío: 3 000 RPM.
- c) Diámetro de agujero: 3/8".

El comportamiento de la Marupa al taladrado es de maquinado fácil a muy fácil. Las superficies taladradas no presentan vellosidades, ni grano levantado, ni grano arrancado, ni marca de astillas. (Sibille, S.F.)

f) *Cariniana decandra* (cachimbo blanco). Se desarrolla en bosques no inundables, en terrazas y colinas bajas, así como en suelos franco arenosos de color marrón Alcanza más de 40 metros de altura y 90

centímetros de diámetro, La corteza superficial del tronco de color marrón, presenta tres capas, una externa de color rosado parduzco, otra intermedia rosada y una interna que es blanquecina y más delgada.

Para torneear el Cachimbo Blanco hay que considerar las siguientes.

Características de la máquina de torno copiado hidráulico:

- a) Motor: Capacidad 5,5 HP.
- b) Velocidad de giro: 1 200 - 2 500 - 4 000 - 6 000 RPM.
- c) Longitud entre cabezales: 130 centímetros.
- d) Tipo de cuchillas: Con punta en forma de "V". Acero rápido.

Nombre científico : ***Cariniana decandra***

Familia : Lecythidaceae

Grano : recto

Densidad básica : Media (0,55 gr/cm³)

Textura : Media.

2.2.7 TALLADO EN LA MADERA

Técnica escultórica para trabajar la madera o cualquier otra materia leñosa. Nace en la era primitiva, aunque el hombre ha obtenido efectos decorativos de toda clase, indudablemente el primer material que utilizó para satisfacer su instinto decorativo fue la madera, como más fácil de trabajar que ningún otro, sobre todo por la mediana eficacia de las herramientas primitivas, posteriormente en la era primitiva siguieron tallando o labrando en hueso y piedra, debido a que la madera era destruida por la acción del tiempo. (EcuRed, 2015). Así mismo el autor menciona que aunque ha sido aplicado a nivel arquitectónico, por siglos ha sido utilizado por los carpinteros como complemento de sillas, camas, mesas y puertas, logrando crear verdaderas obras de arte. Las obras más antiguas provienen de la edad media en Italia y Francia. Esculpir madera es un oficio que se transmite de generación en generación, los artistas del tallado de madera generalmente aprenden el oficio de los padres, los cuales, a su vez, lo aprendieron de los suyos, aunque, en casos particulares, hay quienes han asistido a la escuela a aprender este hermoso arte, usualmente es una cualidad que se lleva en la sangre.

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA A LOS PROCESOS MECÁNICOS

La especie utucuro (*Septotheca tessmanii*) presenta un excelente comportamiento al taladrado con velocidades de giro de 890 rpm, (Herrera, 2012).

La madera de la especie Oje Renaco (*Ficus insípida willd*) en los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado presenta un comportamiento excelente, en cuanto al torneado bueno, (Garcia, 2010).

(A. Mendoza, comunicación personal, 29 de mayo de 2018). Realizo el tallado de una imagen en madera de diferentes densidades, obteniendo los siguientes datos (tabla 1). Datos obtenidos del proceso de tallado manual en madera de cedro y capirona en una imagen de 13 cm de largo por 9 cm de ancho.

(M. Peñaloza, comunicación personal, 28 de febrero de 2019). Realizo en una máquina de control numérico semi industrial el tallado de la figura N° 12 en madera de pino, con medidas 14 cm por 23 cm en alto relieve; en un tiempo de 49 minutos.

2.2.8 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

AUTOMATIZACIÓN: Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

CNC: control numérico computarizado, se dice de aquellas máquinas que son controladas por ordenador.

CÓDIGO G: es el nombre que recibe el lenguaje de programación usado en control numérico para máquinas y herramientas controladas por ordenador.

DENSIDAD DE LA MADERA: La densidad es la relación entre la masa y el volumen.

HARDWARE: Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

INTERFAZ: Dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

SOFTWARE LIBRE: se refiere a la Libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el Software.

TALLADO: es una obra de escultura, especialmente en madera.¹ La madera se talla mediante un proceso de desgaste y pulido, con el propósito de darle una forma determinada, que puede ser un objeto concreto o abstracto.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Lugar de Ejecución.

La construcción de la maquina se realizó en taller de soldadura, ubicado en prolongación San Martín 198 en el distrito de Callarúa, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. Los ensayos finales se realizaron en el laboratorio de tecnología de la madera de la universidad nacional de Ucayali.

3.2. Método de la investigación.

El método a usado para la realización de la tesis fue exploratorio, aplicativo y con uso en el mercado actual.

3.3. Población y Muestra.

Especies maderables de densidad media y alta.

3.4 Materiales, diseño y software usado.

3.4.1. Materias para construcción de la máquina.

- Acero cuadrado de 1"1/2" x 1"1/2 x 3mm.
- Acero cuadrado de 2" x 1" x 3mm.
- Acero cuadrado de 1"x1"x3mm.
- Ejes de roscado cuadrado de 3/4".
- Rodajes de bola 6302 RS.
- Rodajes de bola 6201 RS.
- Eje de aluminio de 2" de diámetro.
- Motor a paso modelo: 103H7126-3013 3.6 A. Sanyo.

- Platina de acero de 2" x 1/8".
- Arduino Uno.
- Fuente de alimentación.
- Controlador de motores a paso DM 860 A.
- Rectificador para metal.
- Correa dentada S2M.

3.4.2. Diseño

Componentes del sistema mecánico.

a) Chasis.

Conformado por tres partes, construido con tubo cuadrado de 1"x2"x1.2mm.

a.1. Plataforma o eje "X". Base por donde se desplaza el eje Y.

Construido metal, siendo este dónde se alojan todos los elementos mecánicos.

De forma rectangular, con medidas de 1.25 mts de ancho por 1.50 mts de largo, con refuerzos soldado en las esquinas y separadores como refuerzo cada 0,51 mts.

a.2. Plataforma o eje "Y". Es una base que se ubica sobre la plataforma "X"

De forma rectangular, con medidas de 0.60 mts. de alto por 1.34 mts. de largo con una altura de 0.40 mts, 1.25 mts, de largo.

a.3. Plataforma o eje "Z". Con un rango de desplazamiento de 0.40 a 0.50 mts.

Conformado por (4) tubos de 1" x 0.26 mts.

(4) ejes de 12mm x 14 cm. De longitud.

(8) ejes de 12 mm x 5.5 cm de longitud.

(16) rodamientos 6201 2rs.

(4) bocinas de 12 mm de diámetro interior por 13 cm de longitud.

(3) piezas de platina de 1 ½" x 31 cm.

(3) piezas de platina de 2" x 61 cm.

b) Movimiento de los Ejes.

b.1. Movimiento del eje "Y". El movimiento se da por medio de los motores paso a paso el cual se encuentra unido a un eje roscado de ½" por 13 hilos por pulgada por 1.45 mt. De largo; sobre la plataforma "X", a cada extremo de la base de la plataforma "Y" se colocó ruedas de aluminio con encaje de rodaje para su mejor deslizamiento.

Cantidad y diámetro de las ruedas de aluminio (10 unidades) de 51mm de diámetro por 28mm de ancho, con encaje para rodaje de 32mm ambos lados

Rodajes 6201 RS.

b.2. Movimiento del eje “Z”. El movimiento se da por medio de rodajes.

El avance lo realiza el motor paso a paso, el cual se encuentra unido a un eje roscado de 1/2” y 13 hilos por pulgada por 1.25 mt. De largo, colocado en la parte posterior de la plataforma “Y”.

b.3. Movimiento de la plataforma del elemento cortante. El movimiento se realiza sobre varillas de 12 mm, colocados de forma vertical en el cual se encuentran alojados cuatro rodamientos lineales (lm 12mm). El avance lo realiza un tornillo de bolas de 10 mm de diámetro (c7/sfu1605), el cual es accionado por el motor paso a paso.

c) Construcción del sistema electrónico para el control de movimiento.

c.1. La Computadora.

Es la base principal para el control en el proceso de tallado de la máquina, mediante los diferentes programas de dibujo como el Aspire, AutoCAD, INKASCAPE, RINOS, COREL DRAW entre otros.

c.2. Tarjeta de control para el micro controlador de motores pasó a paso.

La placa de control lo conforma el circuito integrado Arduino Uno, de software libre que se conecta a la computadora principal.

c.3. Micro controlador de los motores pasó a paso.

El micro controlador conformado por la placa EASY DRIVER y DM860A que a su vez son controlados por el Arduino.

3.4.3. Software libre.

GRBL.

3.4.4. Software usado para el control del movimiento de la máquina.

Universal G code Sender v 2.0.0

3.4.5. Software usado para la edición de archivos.

Aspire v 8.5

ArtCAM.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Adaptación del software.

Por las características del software GRBL tales como: ser un software libre, accesible, fácil de uso en el control de la maquina CNC en los procesos de tallado, utilizar pocos recursos del sistema operativo, posee actualizaciones frecuentes, compatible con los sistemas operativos Windows y Linux y disponibles en diferentes idiomas. También este software reconoce el circuito electrónico (ARDUINO) y presenta una compatibilidad con el software de diseño Aspire.

Toda esta información permitió elaborar un programa con el software libre para el tallado de madera. Así mismo al desarrollar el proceso de tallado con el GRBL este no modifica el archivo inicial, los parámetros iniciales se mantienen, a diferencia del software INKSCAPE los parámetros cambiaron sin haber realizado modificación alguna.

El software mach 3 utilizado para la codificación y control de la maquina en las diferentes tiendas virtuales poseen un costo que va desde los 175 \$ a 200 \$ a comparación del software libre GRBL no posee costo alguno.

El resultado al tallar en alto relieve obtenido por M. Peñaloza al comparar una cnc semi industrial (el cual usa el software Mach 3) y la cnc fabricada con el

uso del software libre presenta una diferencia significativa en la variación del tiempo.

Proceso para la descarga e instalación del GRBL.

Se descargó el archivo comprimido de extensión (.hex) del siguiente enlace

<https://github.com/gnea/grbl/releases>.



Figura 2. Descarga GRBL.

Fuente: github.com.

Para poder cargar el GRBL al ARDUINO UNO se descargó y extrajo el archivo XLoader.zip del siguiente enlace

<http://xloader.russeotto.com/XLoader.zip>.

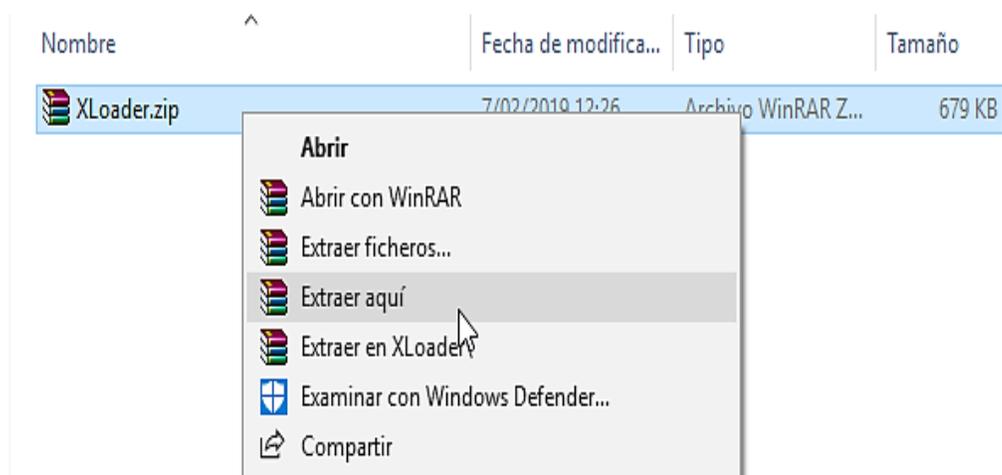


Figura 3. Descarga XLoader.zip

Fuente: propia.

Descomprimido el paquete XLoader.zip, se ubicó la carpeta con el mismo nombre y se ejecutó el archivo XLoader.exe.

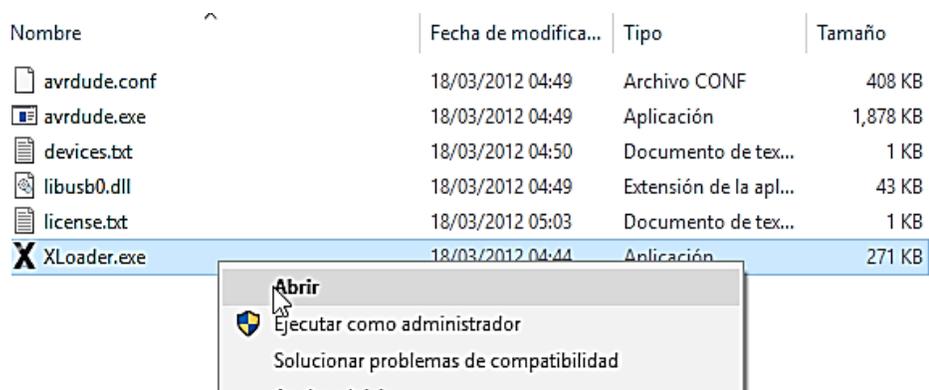


Figura 4. Ejecutando el archivo XLoader.exe

Fuente: propia.

Se abrió el archivo y se presenta la siguiente ventana, click en el rectángulo con los tres puntos, en la nueva ventana buscamos el archivo descargado con extensión .hex que se descargó en el primer punto y lo seleccionamos.

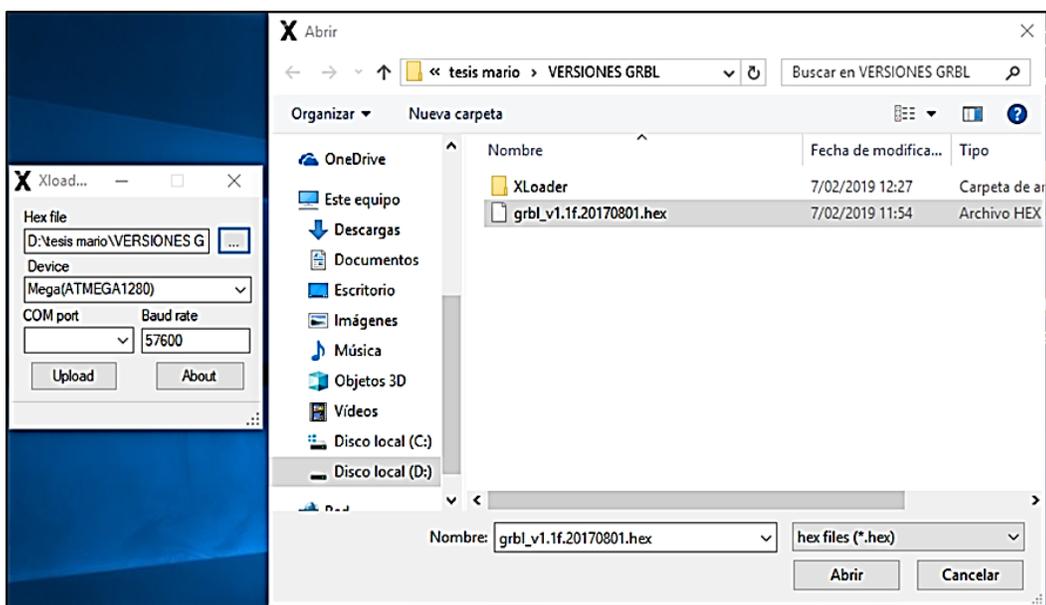


Figura 5. Cargando el GRBL al XLOADER Fuente: propia.

En la misma ventana abierta se seleccionó en “device” uno (ATmega328), el puerto COM que reconoce el ARDUINO, en Baud rate se debe digitar 115200, ver imagen como debe quedar y click en Upload, empieza a cargar el GRBL al ARDUINO UNO.

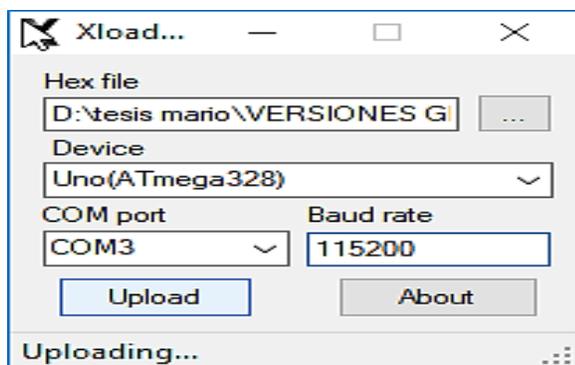


Figura 6. Cargando el GRBL al ARDUINO UNO.

Fuente: propia.

Una vez completado la carga de GRBL, se procedió a descargar el programa encargado de comunicar el Arduino con nuestra computadora para poder controlarlo, el Universal G-Code Sender, lo podemos descargar del siguiente enlace: <https://github.com/winder/Universal-G-Code-Sender> nos desplazamos hasta la opción de descargas como se muestra:

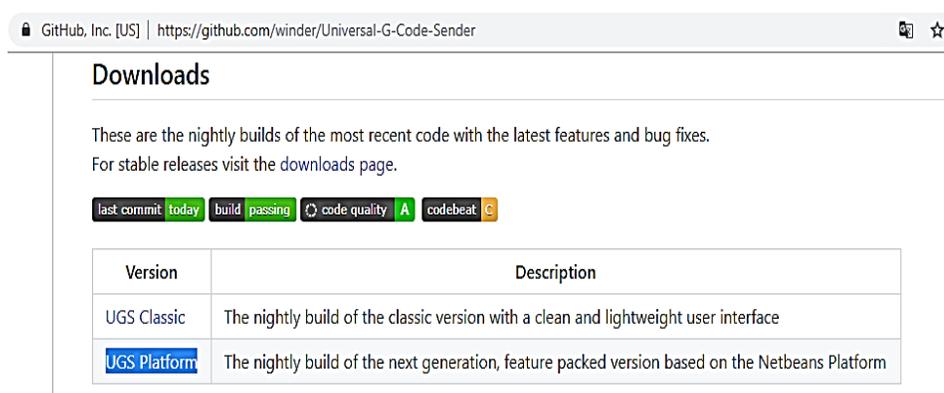


Figura 7. Descarga del Universal G-Code Sender. (Fuente: github.com)

Se descargó un archivo comprimido de nombre “ugsplatform-2.0.0-stable.zip”, el cual extrajo y nos generó una carpeta con el mismo nombre del archivo, abriremos dicha carpeta para encontrar lo siguiente.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
bin	20/10/2018 02:14	Carpeta de archivos
etc	20/10/2018 02:14	Carpeta de archivos
extra	20/10/2018 02:14	Carpeta de archivos
ide	20/10/2018 02:14	Carpeta de archivos
java	20/10/2018 02:14	Carpeta de archivos
platform	20/10/2018 02:15	Carpeta de archivos
ugsplatform	20/10/2018 02:15	Carpeta de archivos

Figura 8. Descarga del Universal G-Code Sender.

Fuente: propia.

Se ingresó a la carpeta “bin” y encontraremos el ejecutable del programa:

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
ugsplatform	14/10/2018 12:11	Archivo	5 KB
ugsplatform.exe	14/10/2018 12:11	Aplicación	377 KB
ugsplatform64.exe	14/10/2018 12:11	Aplicación	1,361 KB

Figura 9. Descarga del Universal G-Code Sender.

Fuente: propia.

Se ejecutó el programa y se nos presentó la siguiente ventana:

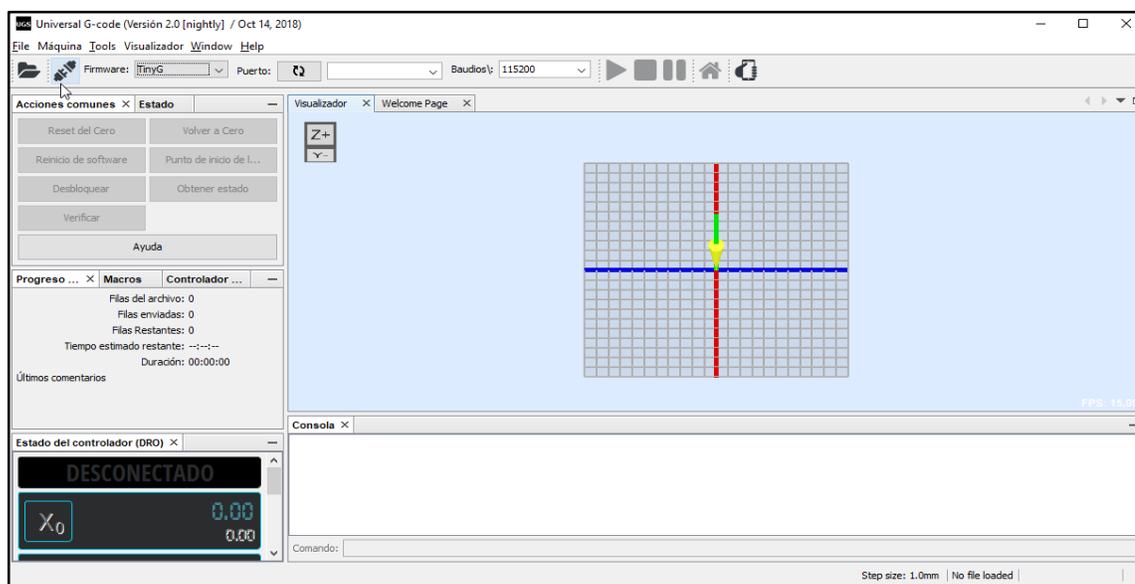


Figura 10. Abriendo el controlador Universal G-Code Sender.

Fuente: propia.

4.1.2. Construcción de la Máquina de Control Numérico (CNC)

EL software libre se complementó con la construcción de una estructura para el equipo de tallado ordenado por computadora. (ver figuras del 15 al 23 en anexos del 1 al 6).

Se construyó la máquina con materiales fáciles de conseguir en el medio local, se adaptó piezas para realizar el movimiento tomando como principio el plano cartesiano.

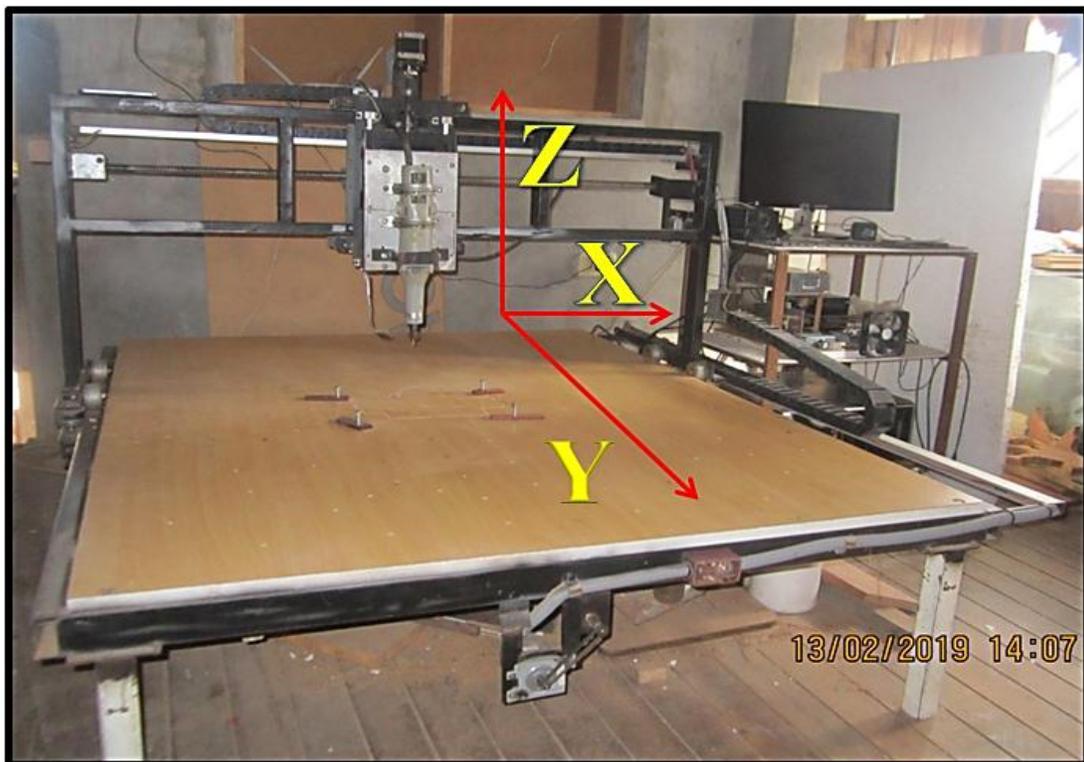


Figura 11. Estructura para el Equipo de Tallado con el uso de Softwar Libre.

4.1.3. Aplicación del software y la CNC en el tallado de madera.

La figura 12. Se muestra el Tallado en alto relieve en madera de ishpingo realizado con una herramienta de fresa cónica con un relieve de 5mm, la madera no presento resistencia al desbaste y debido al tipo de grano entrecruzado no hubo desprendimiento brusco de partículas.



Figura 12. Escultura de un Romano tallado en madera Ishpingo, con medidas de 14cm por 23 cm y un tiempo de 3 horas con 30 minutos.

La figura 13 presenta un tallado de un caballo en bajo relieve en madera de cedro, realizado con una fresa en V, presento recalentamiento leve al cortar el borde del tallado

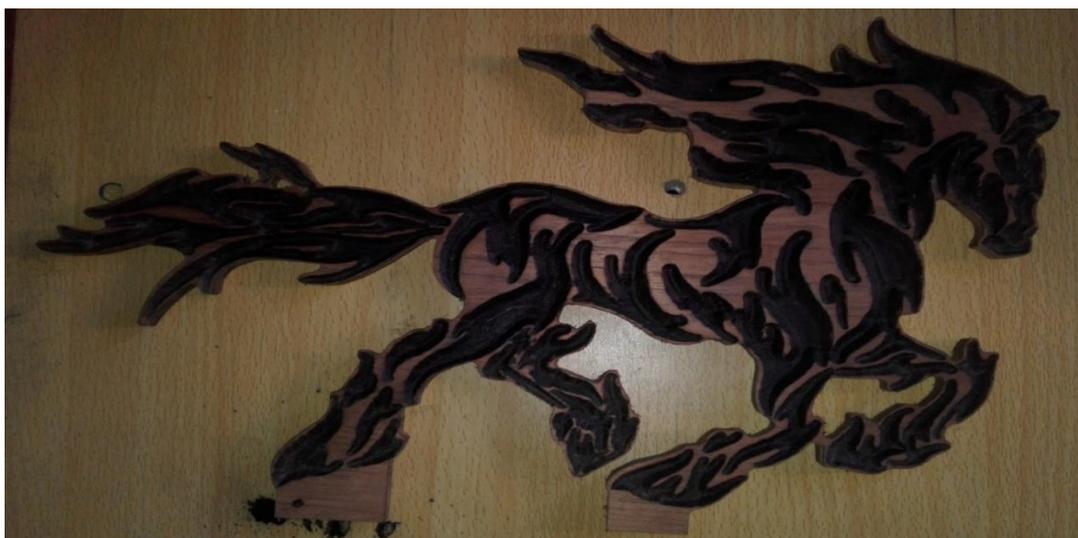


Figura 13. Caballo tallado y cortado al contorno en madera de cedro.

La figura 14 muestra tres tallados en bajo relieve en madera de diferentes densidad, siendo palisangre la especie que presento mayor recalentamiento por las incrustaciones que posee.



Figura 14. Tallado en diferentes especies, A) Almendro, B) Huairuro, C) Palisangre.

Tabla 1

Se presenta la estimación y comparación de tiempo y herramientas usadas para el tallado manual en madera de diferentes densidades.

	CAPIRONA	CEDRO
Tiempo de tallado (minutos)	240min. o (4 horas)	180min. o (3 horas)
Herramientas usadas	*gubia bisel de 1mm. *gubia recta de 1mm *Cuchilla de ½” *formón de 1mm	*gubia bisel de 1mm. *gubia recta de 1mm *Cuchilla de ½” *formón de 1mm

Nota: variación del tiempo de tallado a mano debido a la diferente densidad de las especies. Resultados comparativos.

- ✓ **Se obtuvo los siguientes datos al realizar el tallado computarizado de una imagen de 13 cm de largo por 9cm de ancho en madera de capirona y cedro.**

Tabla 2.

Se realizó el mismo Tallado de la imagen de la tabla 1, con el uso de la maquina CNC y el software libre en las dos especies que se usaron en la tabla 1, para

comparar los tiempos entre el trabajo que realiza un artesano y la maquina con el uso del software libre.

	CAPIRONA	CEDRO
Tiempo de tallado (minutos)	10	10
Herramientas usadas	Fresa de 3/8" por 90°	Fresa de 3/8" por 90°
Numero de pasadas	3	2
Profundidad (mm)	1.5	1.5
Velocidad de trabajo (rpm)	28000	15000
Profundidad de pasada	2.5	2.5

para tallado en el software aspire.

Nota: Para las dos especies el tiempo de tallado, herramienta, profundidad del tallado y profundidad de pasada muestra una similitud; sin embargo debido a la densidad de la capirona presenta un mayor aumento en la velocidad de trabajo 28000 RPM, así mismo el número de pasadas aumento a 3.

➤ **Validación del proceso de tallado de la CNC.**

Documento emitido por un Ingeniero Industrial (Ver Anexo N° 15)

4.2 DISCUSIÓN

El software GRBL por todas las características descritas anteriormente, como son compatibilidad con el ARDUINO, ser un firmware gratuito de código abierto y de alto rendimiento para controlar el movimiento de las maquinas, tal como lo menciono Jeon, S. 2017 citado por Guzmán, O. (2019) y keithellis, 2019 que es un software adaptable para controlar el movimiento de las máquinas para el uso de diferentes proyectos de automatización.

La construcción de la máquina de tallado no funciono adecuadamente con acoples (acoples que transmiten el movimiento del motor a paso hacia los ejes roscados) por el que se tuvo que sustituir el proceso con correas dentadas, obteniendo un movimiento más preciso al momento del tallado.

M. Peñaloza, comunicación personal, 28 de febrero 2019 realizo el tallado de la figura 12 en un tiempo de 49 minutos, usando el software MACH 3 y componentes de mayor calidad, el mismo tallado se realizó con la CNC del proyecto de tesis y el software libre GRBL tomando el proceso un tiempo de 3 ½ horas, esto se debe a que el software libre aún posee limitaciones de trabajo, así mismo los componentes usados deben ser mejorados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- Se logró diseñar y construir una máquina para el tallado de madera así como usar un software libre que permita la utilización de esta máquina en el tallado de este material, lográndose comprobar la capacidad de automatización de este proceso.
- La construcción de una máquina y el uso del software libre permitió comprobar el desempeño del software libre, así mismo a diferencia de otro software que tienen un costo elevado el GRBL presenta un buen desempeño al realizar los tallados.
- El acondicionamiento de las diferentes piezas fabricados y acondicionados de la máquina de control numérico computarizado para tallado de madera, determino que los componentes más adecuados para transmitir el movimiento desde los motores hacia los ejes roscados son las correas dentadas, ejes de rosca cuadrado y ejes de bola.
- Como resultado de la tesis y las pruebas de tallado computarizado realizados con madera de diferentes densidades es posible concluir que el GRBL es el software libre que presenta una interfaz de fácil uso y rendimiento óptimo en los procesos de tallado de forma automatizada.

5.2 RECOMENDACIONES

- Antes de elegir el software libre, se debe comprobar si es compatible con las placas que se encuentran en el mercado local.
- Según el tamaño de la maquina se debe considerar la capacidad de torque del motor.
- Tener en cuenta el tipo de Arduino Uno al comprarlo, existen imitaciones del Arduino que no reconoce el software libre.
- Para corte de profundidad superiores a 2mm, se debe configurar el software aspire a una profundidad de pasada de 1.5, para evitar el recalentamiento y posterior quemado de la fresa.
- Dependiendo a las especificaciones en amperaje de los motores a paso se debe usar controladores con amperaje superior a 2 Amp.
- Para conseguir la transmisión desde los motores hacia los ejes que mueven la máquina, usar fajas dentadas.
- Las ruedas de aluminio para el deslizamiento de la maquina en el eje X se debe mejorar adaptándole una guía o de lo contrario cambiar el sistema por rodamientos lineales y sus respectivas bases de deslizamiento.
- Usar el sistema de porta cables para las conexiones de los cables hacia los motores.

BIBLIOGRAFÍA

- Apaza ed al. (2014). *SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN CALDERO DE 30 BHPPARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICAUTILIZANDO VARIABLES TERMODINÁMICAS*. Lima.
- BodCAD-CAM. (2014). *BodCAD-CAM*. Recuperado el 15 de 10 de 2018, de BodCAD-CAM: <http://www.softwarecadcam.com.mx/software/mach3.html>
- BONILLA, I. S. (1997). La madera como materia de expresión plástica. En I. S. BONILLA, *La madera como materia de expresión plástica*.
- Capacitación, M. (2015). *MCL Capacitación*. Recuperado el 01 de 03 de 2018, de MCL Capacitación: <http://cursos.mcielectronics.cl/motores-paso-a-paso/>
- EcuRed. (10 de 01 de 2015). *EcuRed*. Recuperado el 10 de 01 de 2015, de <https://www.ecured.cu/Tallado>
- ecured. (15 de 10 de 2018). *ecured@idict_cu*. Recuperado el 15 de 10 de 2018, de ecured@idict_cu
- EcuRed. (s.f). Recuperado el 17 de 05 de 2017, de https://www.ecured.cu/Motor_paso_a_paso
- Faletti. (2010). *monografias.com*. Recuperado el 17 de 05 de 2017, de [monografias.com: http://www.monografias.com/trabajos93/motor-paso-paso/motor-paso-paso.shtml](http://www.monografias.com/trabajos93/motor-paso-paso/motor-paso-paso.shtml)
- Filecroco. (17 de diciembre de 2018). *Filecroco*. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de Filecroco: <HTTPS://WWW.Filecroco.com/download-universal-gcode-sender/>
- Flores y Flores . (2015). *SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL PINTADO DE SUPERFICIES PLANAS Y SU EFECTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE PINTADO EN LA PROVINCIA CORONELPORTILLO – 2015*. PUCALLPA.
- García, R. H. (2010). *comportamiento a la trabajabilidad de la madera de ficus insipida will de la zona de tamazo- masisea (alto ucayali)*. pucallpa.
- Gurry, F. (30 de agosto de 2016). choche. *peru ocupa el ultimo lugar en innovacion dentro de la alianza del pacifico*, pág. 6.
- Herrera, R. S. (2012). *comportamiento a la trabajabilidad de la madera de la especie septotheca tessmannii*. pucallpa.
- Keithellis. (13 de 02 de 2019). *RepRap*. Recuperado el 27 de 04 de 2019, de https://reprap.org/wiki/List_of_Firmware#Grbl
- LÓPEZ, H. A. (2011, p.70). ANATOMÍA E IDENTIFICACIÓN DE MADERAS. En H. A. LÓPEZ”, *ANATOMÍA E IDENTIFICACIÓN DE MADERAS* (pág. 70). medellin.
- Marco, V. (15 de 05 de 2012). Recuperado el 17 de 05 de 2017, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-5-cedro/>
- Marlin. (2018). *marlinfw.org*. Recuperado el 2019, de <http://marlinfw.org/>
- Martin et al. (sf, p. 729). *Manual de Mecanica Industrial*. MADRID: CULTURAL, S.A.
- Martin et al. (sf, p.276). *manual de mecanica industrial*. MADRID: CULTURAL, S. A.
- Martin et al. (sf. p.733). *manual de macanica industrial*. MADRID: CULTURAL, S.A.

- Mincetur. (2008). *perfil del mercado y competitividad exportadora de muebles de madera*. ministerio de comercio exterior y turismo.
- Mora, I. P. (2016). *Diseño e implementación de una máquina CNC con funcionalidad de taladradora*. valencia.
- Promperu. (2007). actualidad nacional. *BOLETIN DE PROMOCION DE NEGOCIOS FORESTALES*, 16.
- Promperu. (2007). *PERSPECTIVAS Y TENDENCIAS EN LA EXPORTACIÓN DE MUEBLES DE MADERA*. Comisión de Promoción del Perú, lima.
- Ricardo, J. (s.f). Control Numerico Por Computadora. En J. Ricardo, *Ingeniería De Manufactura* (pág. 54).
- Rios, L. (2006). http://datateca.unad.edu.co/contenidos/243008/EL_CONTROL_NUMERICO_COMPUTARIZADO_EN_EL_DESARROLLO_INDUSTRIAL.pdf.
- SACOR SL. (Sf.). SACOR SL. Recuperado el 07 de 02 de 2019, de SACOR SL: <https://frs-cnc.com/software-cnc/control-cnc/293/mach3-en-espanol-detail>
- Salinas. (13 de 05 de 2017). horno de secado automatizado. (M. E. Perez, Entrevistador)
- Santiago et al. (2012, p. 18). *“Diagnóstico de la industria de primera y segunda transformación y. lima: AIDER.*
- Santiago et al. (2012, p.15). *“Diagnóstico de la industria de primera y segunda transformación y. lima: AIDER.*
- SENATI. (09 de 11 de 2012). *plataforma Senati*. Recuperado el 14 de 05 de 2017, de <http://www.senati.edu.pe/web/noticias/presidente-de-grupo-romero-observo-funcionamiento-de-maquina-desgranadora-de-maiz>
- Sibille, M. A. (S.F.). Guía de Procesamiento Industrial. En A. M. Sibille, *Guía de Procesamiento Industrial* (pág. 20). lima: Editora Argentina S.R.L.
- Standardization, I. O. (10 de 2001). *International Organization for Standardization*. Recuperado el 10 de enero de 2018, de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/23949.html>
- Taipe. (2015). *AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO HARDWARE LIBRE EN EL HOSPITAL IESS LATACUNGA*. Ambato.
- themakersguide. (2012). *themakersguide*. Recuperado el 07 de 01 de 2019, de <http://www.themakersguide.com/home/products/mach3>
- Toledo, A. (24 de 08 de 2010). *Uptodown*. Recuperado el 13 de 09 de 2018, de Uptodown: <https://inkscape.uptodown.com/windows>
- Vetric. (s.f.). *Vetric*. Recuperado el 28 de mayo de 2018, de Vetric: <https://www.vetric.com/Espanyol/aspire.html>

ANEXO

ANEXI 1. Proceso Constructivo de la Máquina CNC.

Las figuras 15 y 16, nos muestran las bases principales de la máquina para tallado, sobre las cuales fueron colocados los diferentes componentes.



Figura 15. Base del eje X



Figura 16. Plataforma principal y base del eje Y.

ANEXO 2. Sistema de ruedas de aluminio.

La figura 17 “a y b” se muestra el sistema de deslizamiento del eje X, conformado por ruedas de aluminio enrodajados, evitando el rose de metal con metal y el desgaste de la base, ver los planos en la figura 32 de anexo 13.

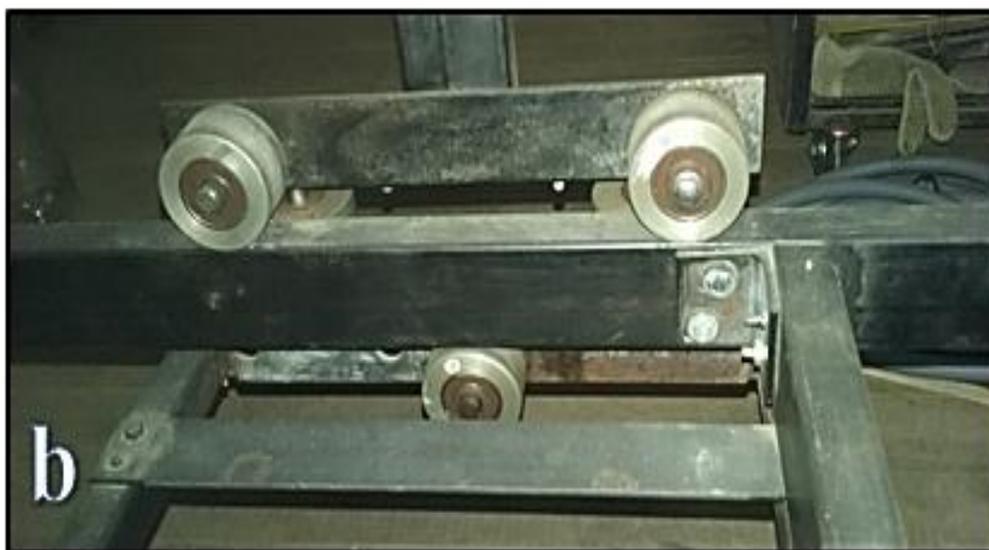


Figura 17. a y b, Sistema de ruedas de aluminio para el deslizamiento de la base del eje X.

ANEXO 3. Proceso de ensamble de la plataforma principal.

La figura 18 muestra la colocación de las ruedas en la base principal, la figura 19 muestra la base del eje Y colocado sobre la base de las ruedas y sobre la plataforma principal.



Figura 18. Ensamblaje de las ruedas con la plataforma principal.



Figura 19. Ensamblaje de las plataforma X, Y y el sistema de deslizamiento

ANEXO 4. ADAPTACION DE LOS MOTORES Y EJES.

La figura 20 “a y b” se muestra los motores y ejes colocados.

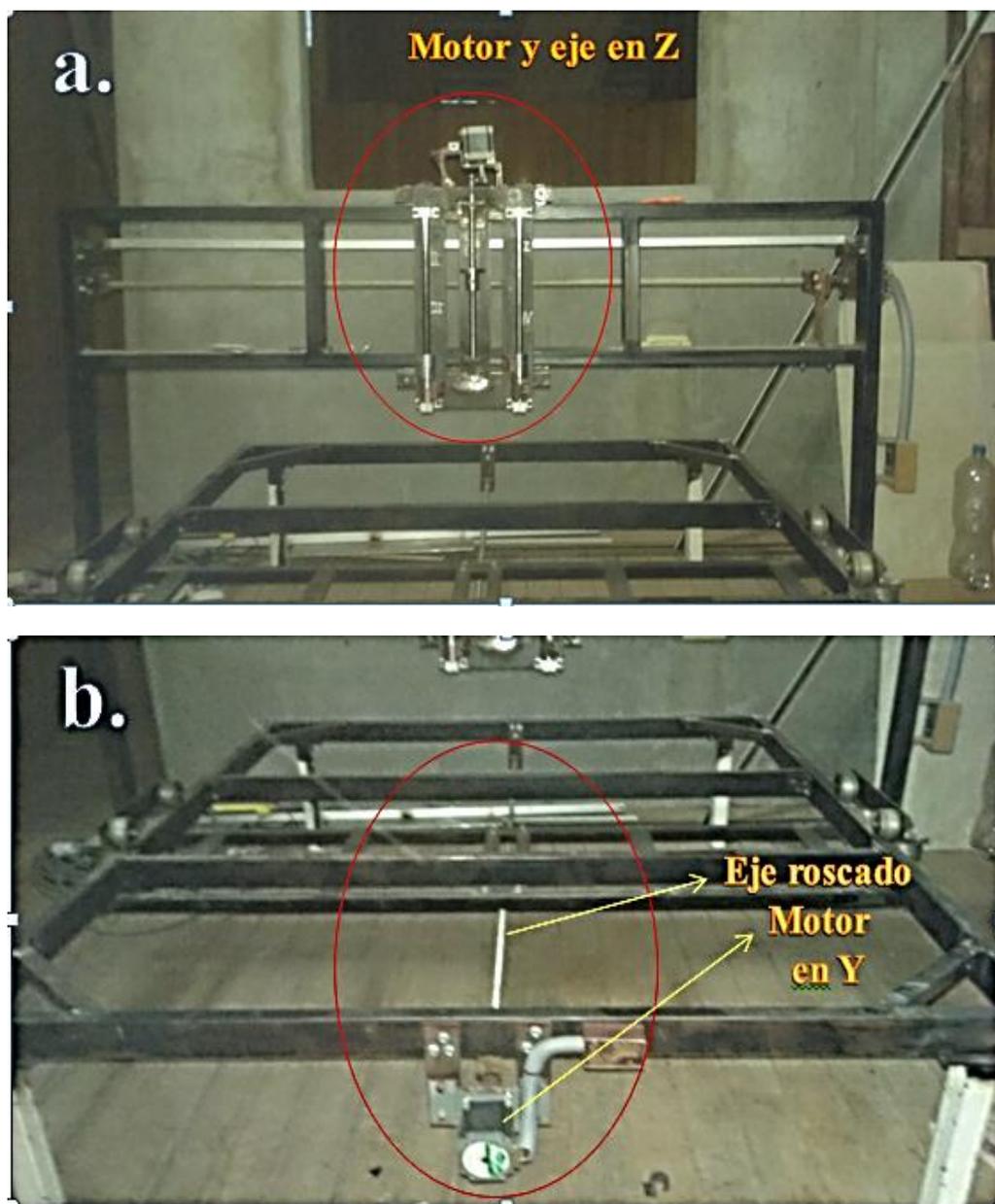


Figura 20. A y b Adaptación de los motores y eje roscado en los diferentes ejes.

ANEXO 5. ADAPTACION DEL MOTOR Y EJE ROSCADO EN X.

la figura 21 C se coloco el motor y el eje roscado en la base del eje X, el cual tiene una transmision por correa dentada.



Figura 21. C. Adaptación del motor en el eje X.

ANEXO 6 COMPONENTES DEL CIRCUITO ELECTRONICO.

El circuito electrónico de la figura 22, muestra la ubicación de los componentes usados en el circuito. La figura 23 muestra las pruebas que se realizan con los motores antes de su colocación.

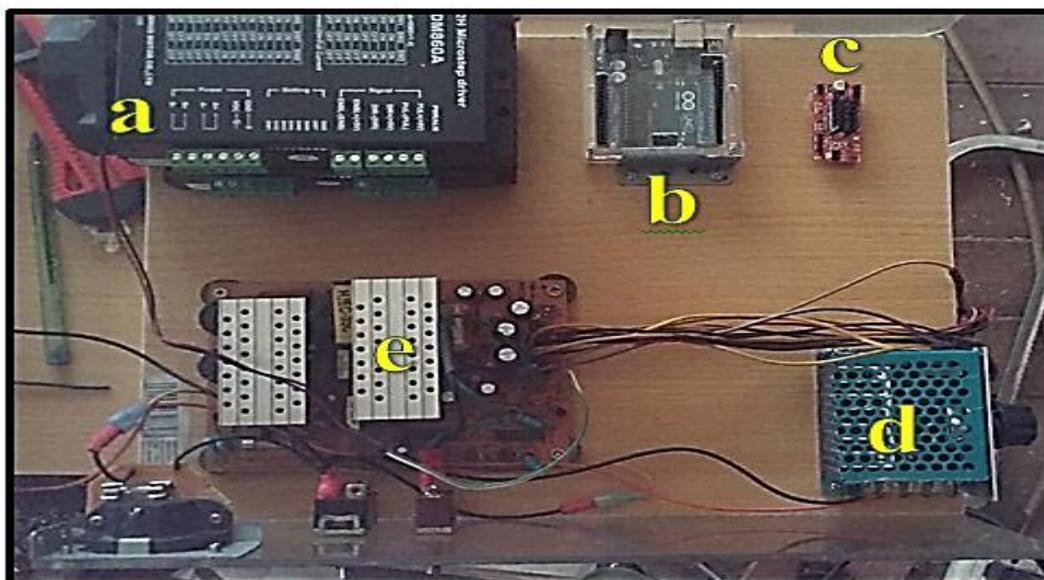
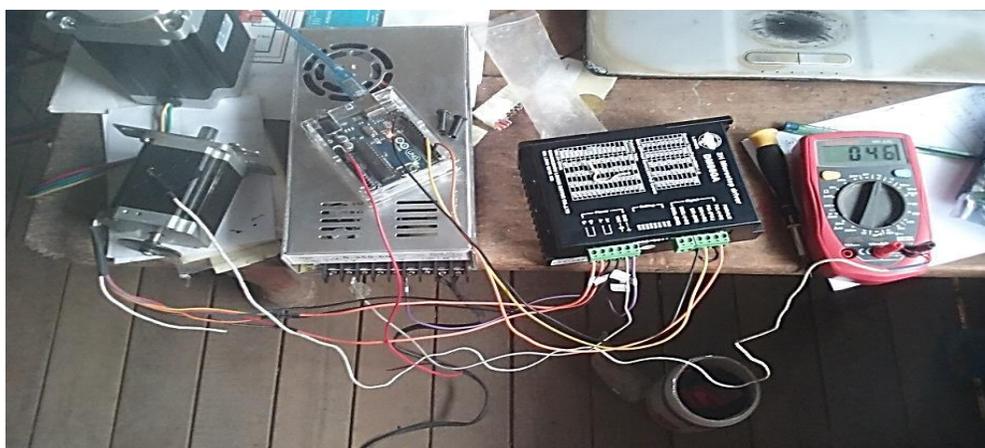


Figura 22. Ensamblaje de la parte electrónica.

Nota: a) Controlador DM860A, b) Arduino uno, c) Easy drivers, d) Regulador voltaje, e) Fuente alimentación.



Conección de los Motores, Controlador, Fuente y ARDUINO UNO.

Figura
23.
Prueba
de

ANEXO 7. TABLAS DE COSTOS ELECTRICOS EN KWH.

La tabla 3 muestra el consumo de cada accesorio eléctrico y electrónico de los componentes de la máquina y el costo total en soles al usar la maquina por una hora. En la tabla 4 se encuentran la formula usada para la obtención de los costos.

Tabla 3. Costo en soles según el consumo en kWh de componentes eléctricos.

CONSUMO DE COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS								
UNIDAD	COMPONENTE	MARCA	WATTS	VOLTAJE DE ENTRADA (v)	rpm	AMPERAJE (mA)	CONSUMO (kWh)	COSTO EN (kWh)
1	Rectificador	FERTON	500	220	28000		0.5	0.30
2	Controlador	LONGS MOTOR DM860A	80	220			0.08	0.10
1	Controlador	EASY DRIVERS	16.8	12 A 30		150 A 750	0.0168	0.01
1	Fuente de alimentacion	LONGS MOTOR S-350-60	350	220			0.35	0.21
1	Fuente de alimentacion de pc	ATX	500	220			0.5	0.30
1	Regulador de voltaje	S/M	4000	220			4	2.38
COSTO TOTAL POR HORA EN NUEVO SOL								3.29

Nota: Costo total por hora de trabajo de la CNC según el costo de 1kWh (0.5954) es de 3.29 soles.

Tabla 4. Fórmula para el cálculo de costos.

formula para calcular kWh	$\text{Watts} \times (1\text{kW}/1000\text{w}) \times 1\text{H}$
formula para calcular Watts	$\text{vol} \times \text{Amp}$
Costo de 1 kWh en soles	0.5954

Nota: Costo de 1kWh (0.5954), fuente electro Ucayali S.A.

ANEXO 8. PRINCIPALES COMPONENTES MECÁNICOS DEL SISTEMA

La figura 24 muestra la correa dentada que fue el componente que mejor se adaptó al sistema de transmisión de los motores hacia los ejes roscados desempeñando un trabajo excelente. La figura 25 muestra las ruedas de aluminio enrodajadas usada en el deslizamiento de la base del eje X.



Figura 24. Correa dentada.

Ruedas de aluminio. Ubicado a cada extremo de la base del eje X, soporta toda la base del eje X al momento del desplazamiento, evitando el rose entre metal.



Figura 25. Ruedas de aluminio con rodajes encajados

ANEXO 9. EJES USADOS EN LA TRANSMISION DE MOVIMIENTO.

La figura 26 presenta el Eje de rosca cuadrada. Ubicado en las plataformas principales en X y Y, convierten la energía circular del motor a paso en energía lineal de fabricación semi industrial. La figura 27 presenta eje de bola, produce el movimiento del eje Z, (sube y baja), presenta un comportamiento del trabajo muy excelente, de fabricación industrial.



Figura 26. Eje de rosca cuadrado.



Figura 27. Eje de bolas.

ANEXO 10. HERRAMIENTAS USADAS PARA EL DEBASTE DE LA MADERA.

La 28 se aprecia las diferentes herramientas (fresas) usadas para el desbaste de la madera, herramientas de punta cónica, herramientas de puntas en V y herramienta de punta recta.



Figura 28. Fresas para tallado.

ANEXO 11. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL CIRCUITO PRINCIPAL

En el esquema de la figura 29 se muestra la conexión de los diferentes componentes así como los controladores, motores, fuente de alimentación y el ARDUINO UNO.

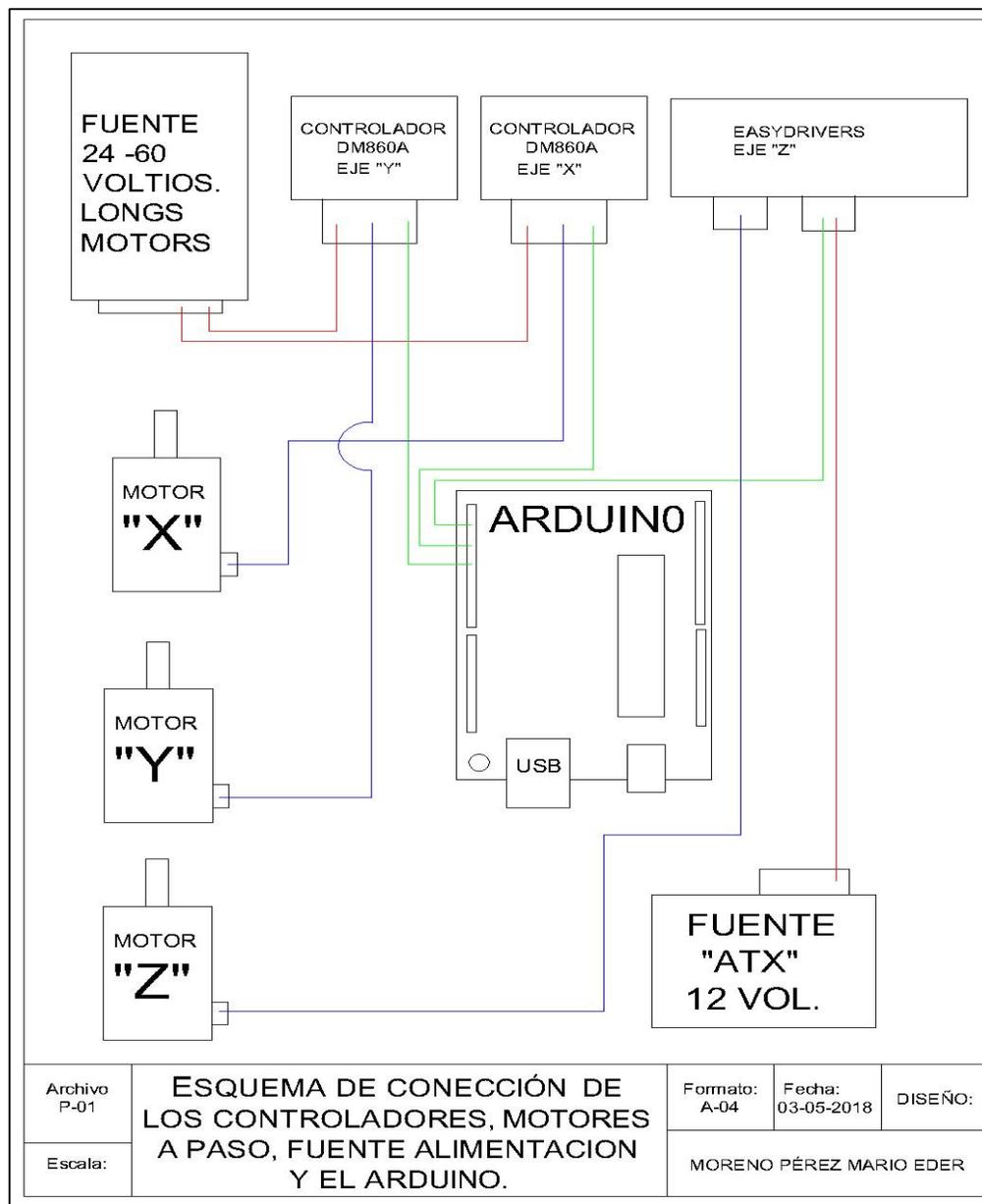


Figura 29. Esquema de conexión de los diferentes componentes.

ANEXO 12. PLANO DE LA MESA BASE DE LA CNC .

La figura 30. Se aprecia las vistas de planta y vista alzado de la base principal de la maquina para tallar.

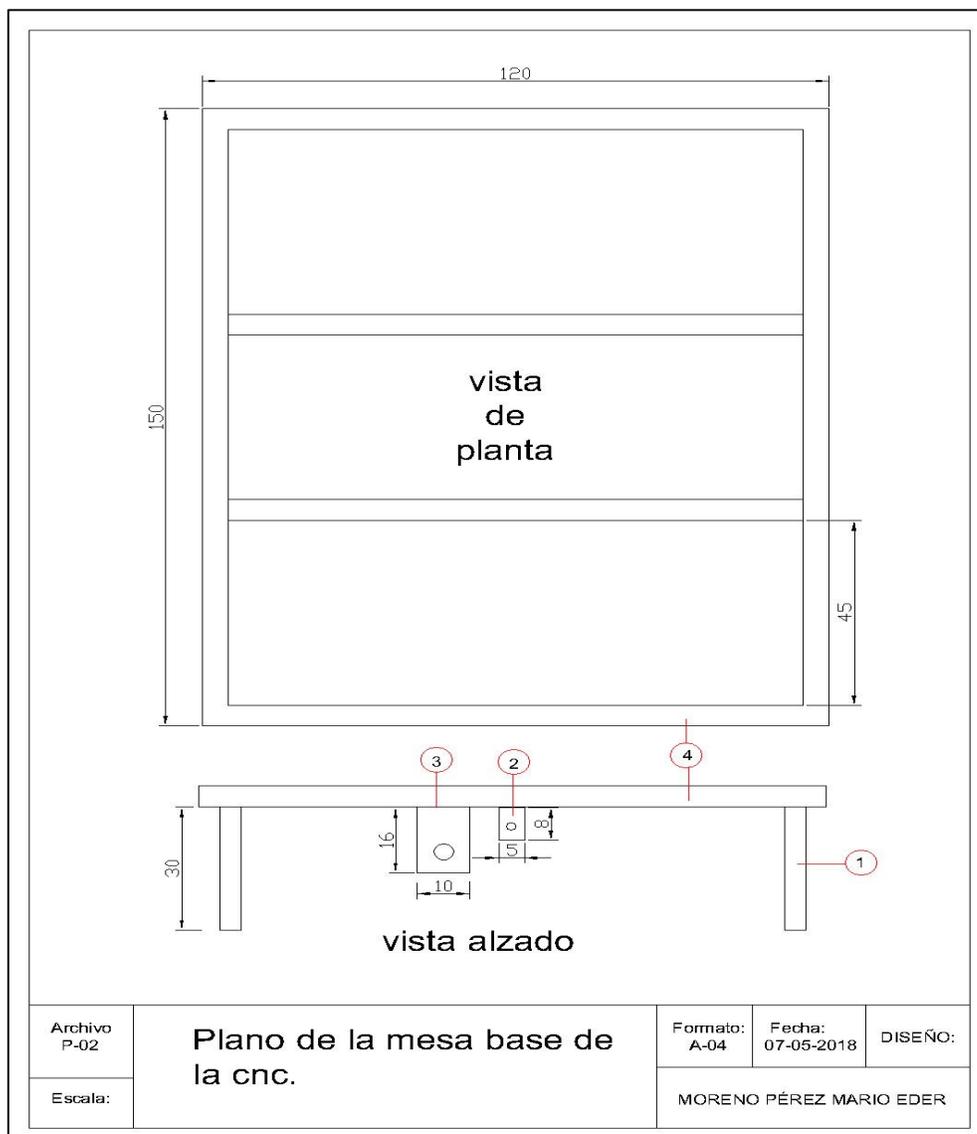


Figura 30. Plano de la mesa base de la cnc.

Nota: (1) pata de la mesa base, (2) base para el eje roscado, (3) base para el motor a paso, (4) plataforma.

ANEXO 13. PLANO BASE DEL EJE X EN DIFERENTES VISTAS.

Plano en vista alzado y lateral de la base del eje X mostrada en la figura 31, con sus respectivas medidas.

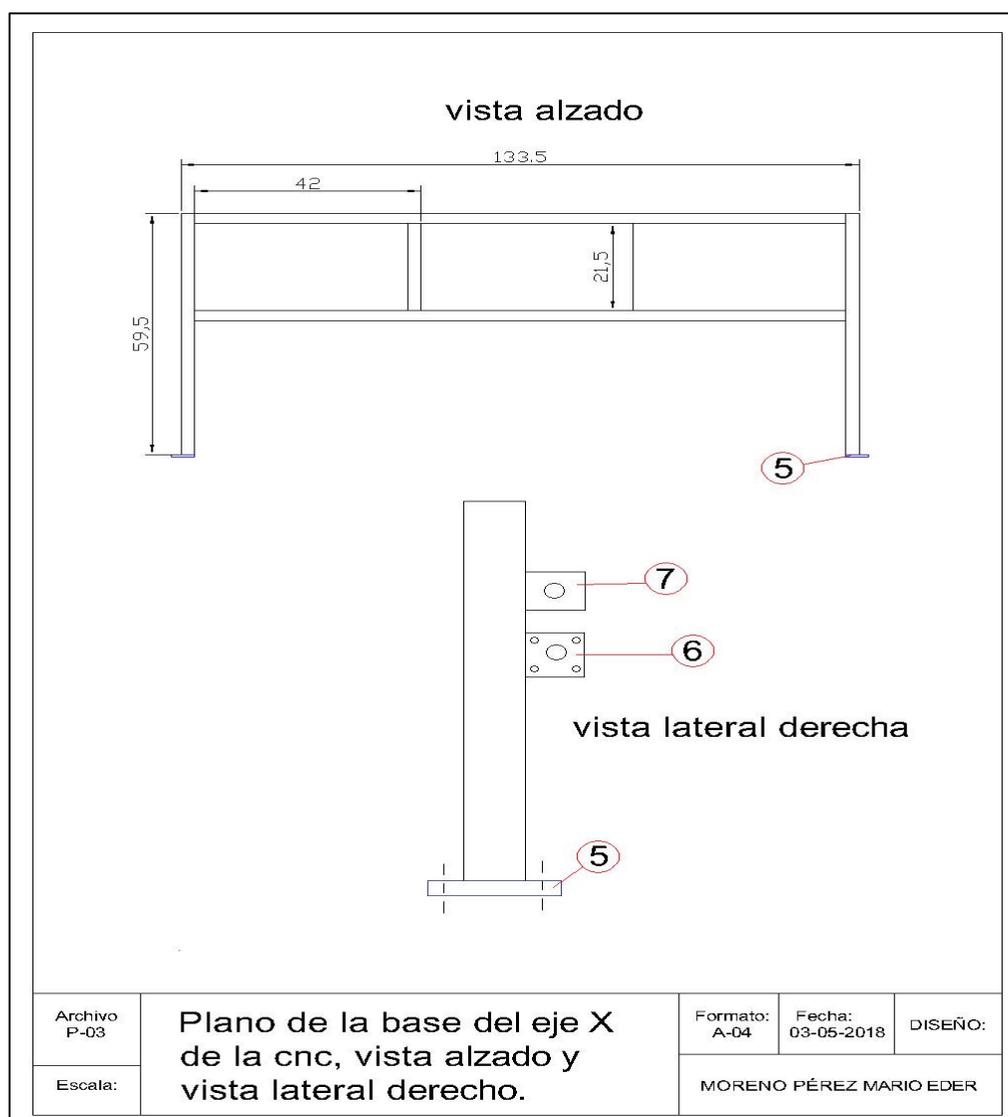


Figura 31. Plano de la base del eje X en vista alzado y vista lateral derecho.

Nota: (5) placa base para la unión con la mesa principal, (6) base para el motor a paso, (7) base para el eje roscado.

ANEXO 14. PLANO DEL SISTEMA DE DESLIZAMIENTO.

La figura 32 muestra las diferentes medidas que tienen las ruedas de aluminio, así mismo la disposición de cada rueda en el sistema

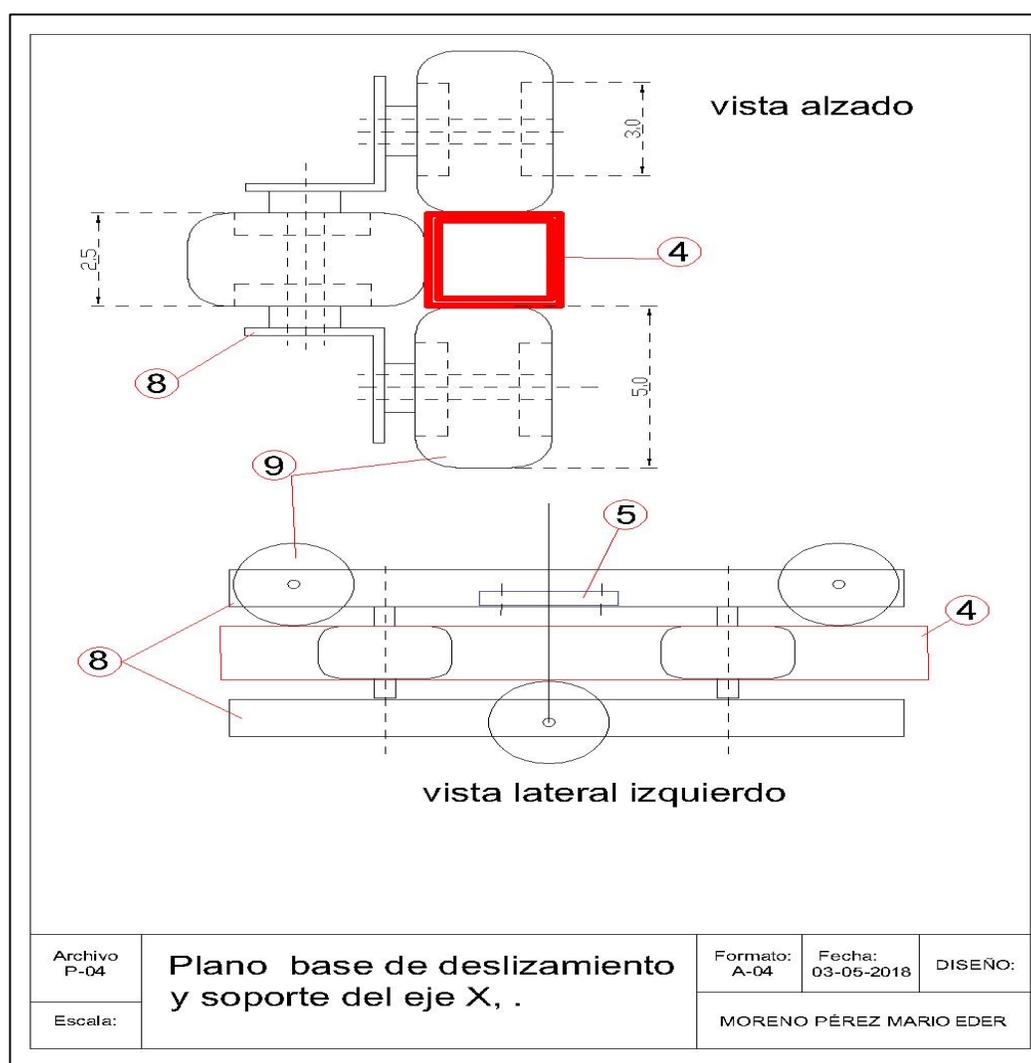


Figura 32. Plano del sistema de deslizamiento y soporte del eje X en dos vistas alzado y vista lateral izquierda.

Nota: (4) mesa base, (5) placa de unión entre las dos bases, (8) soporte angular de las ruedas de la base de deslizamiento, (9) ruedas de aluminio.

ANEXOS 15.

ACTA VALIDACIÓN DE EQUIPO

NOMBRE DEL PROYECTO: AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE TALLADO DE MADERA DE DIFERENTES DENSIDADES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE.

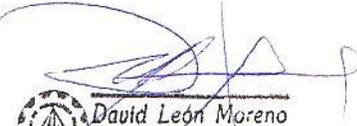
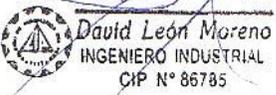
AUTOR: MARIO EDER MORENO PÉREZ

Mediante el presente, se informa que el prototipo "MAQUINA CNC" diseñado y elaborado por el bachiller forestal MARIO EDER MORENO PÉREZ, en su tesis denominado "AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE TALLADO DE MADERA DE DIFERENTES DENSIDADES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE", se indica lo siguiente:

1. El equipo está construido con hardware (Arduino) y software libre (RGLB)
2. El sistema tiene un sistema de alimentación eléctrica DC 12 a 60 v.
3. El sistema contiene partes mecánicas y electrónicas, las mismas que son operadas desde un computador.
4. El sistema incluye un software para diseño gráfico, el mismo que es utilizado para la codificación y este para dar instrucciones a la máquina y realizar el tallado.
5. El tallado de las piezas presenta un error de 3% con respecto al diseño. Esto se debe por los componentes de movimiento y transmisión (ejes).
6. El tiempo de tallado de una pieza en bajo relieve es menor frente a un tallado convencional a mano, por ejemplo de 7 a 10 minutos de tallado con CNC a los 270 minutos de tallado manual, en madera de densidad alta.
7. Los costos comparativos de la pieza de tallado con el prototipo es de s/. 30.00 soles, frente al costo de tallado manual que es de s/ 50.00 soles

Se expende el presente a solicitud del interesado

Pucallpa 20 de diciembre 2019

David León Moreno
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 86785

ANEXO 16. ENLACE PARA DESCARGA DEL GRBL Y SU CONFIGURACION. ⁶⁵

<https://www.staticboards.es/blog/dominar-motor-paso-a-paso-con-grbl/>

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “automatización de procesos de tallado en madera de diferentes densidades, utilizando software libre”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Materiales	Indicadores
<p>A. GENERAL ¿Es posible automatizar el proceso de tallado de madera utilizando un software libre?</p>	<p>A. GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseñar y comprobar un sistema de automatización del proceso de tallado de madera, utilizando un software libre. ✓ <p>B. ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar un software libre aplicable a los procesos de tallado en madera. ✓ Acondicionamiento y construcción de la interfaz entre el software y hardware Validar el sistema de tallado en madera. ✓ Validar el proceso automatizado del tallado en madera. 	<p>A. GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El uso de un sistema automatizado mediante software libre mejora el proceso de tallado en madera. <p>B. ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe un interfaz de fácil uso entre el software libre y hardware que automatiza el proceso de tallado. ✓ Evaluar el tiempo que demora el tallado tradicional y el proceso automatizado de una pieza. 	<p>INDEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realización del proceso de automatización con software libre. <p>DEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tallado de la madera 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fierro rectángulo de 1.5” x 2” x 1/8 “ ✓ Rodamientos , ruedas de aluminio. ✓ Ejes roscados. ✓ Router, bracas fresadoras, motor paso a paso. ✓ AutoCAD, Arduino uno, mach3. ✓ Controlador Easy driver. 	<p>INDICADORES:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Interfaz entre software y hardware. ✓ Tiempo de proceso de tallado. ✓ Costo de inversión, operación y mantenimiento.

