



TECH

• CARLOS CISNEROS •

REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA EDUCACIÓN TÉCNICA



AÑO 1  
NÚMERO 1  
MAYO 2020  
RIOBAMBA  
ECUADOR

# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS

Av. La Paz y México  
itscarloscisneros@hotmail.com  
RIOBAMBA - ECUADOR  
www.istcarloscisneros.edu.ec

Edición N° 01  
RIOBAMBA - ECUADOR, 2020  
Publicación Anual  
REVISTA DIGITAL

Los trabajos firmados son de responsabilidad de cada autor.  
Prohibida la reproducción total o parcial de esta revista, por cualquier medio, sin permiso  
expreso del fondo editorial.  
Se puede acceder a una versión en PDF en [www.istcarloscisneros.edu.ec](http://www.istcarloscisneros.edu.ec)

## 1. CONSEJO EDITORIAL

- Director: Ing. Francisco Nájera, Mgs.
- IST Carlos Cisneros
  - Editor Responsable: Ing. Christiam Nuñez, Mgs.
  - IST Carlos Cisneros **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-8162-5616>
  - Co- Editor Responsable: Ing. Juan Pérez, Mgs.
  - IST Carlos Cisneros
  - Editora Ejecutiva y Secretaria: Ing. Cristina Orozco, M\_Eng
  - IST Carlos Cisneros **ORCID** <https://orcid.org/0000-0003-1896-1590>
  - Maquetación y Diseño: Ing. Fernando Garzón
  - IST Isabel de Godín

## 2. COMITÉ EDITORIAL

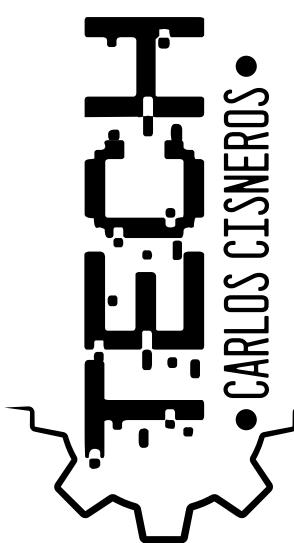
- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • PhD. Pedro Carretero    | UNACH   |
| • PhD. Lorena Molina      | UNACH   |
| • PhD. Luis Miguel Procel | USFQ  |
| • PhD. Ramiro Taco        | USFQ  |
| • PhD. David Moreno       | ESPOCH  |
| • Mgs. Omar Sánchez       | IST Carlos Cisneros   |
| • PhD. Ulises Ruiz        | Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica Electrónica (Puebla - México) |

## 3. APOYO EDITORIAL

- Traductor de Inglés:**
- Lic. Gabriela Illicachi IST Carlos Cisneros
- Equipo Técnico:**
- Mgs. Jorge Chávez IST Carlos Cisneros
  - Mgs. Renny Montalvo IST Carlos Cisneros

## 4. COMITÉ CIENTÍFICO

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| • PhD. Leonardo Rentería        | UNACH   |
| • PhD. Carlos Martínez          | UTA   |
| • PhD. Armando Díaz Concepción  | Universidad Tecnológica de la Habana, José Antonio Echeverría |
| • M_Eng. Cristian Rocha         | Universidad de Sevilla  |
| • M_Eng. Fausto Cabrera         | ESPOCH  |
| • M_Eng. Fabricio Santacruz     | ESPOCH  |
| • Mgs. Luis Alberto Zabala      | ESPOCH  |
| • Mgs. John Germán Vera         | ESPOCH  |
| • Mgs. Angel Geovanny Guamán    | ESPOCH  |
| • Mgs. Socrates Miguel Aquino   | ESPOCH  |
| • Mgs. Edwin Rodolfo Pozo Safla | ESPOCH  |
| • Mgs. Eduardo Hernández        | ESPOCH  |
| • Mgs. Marco Antonio Ordoñez    | ESPOCH  |
| • Mgs. Juan Carlos Castelo      | ESPOCH  |
| • Mgs. Edison Marcelo Castillo  | ESPOCH  |
| • M_Eng. Luis Chuquimarca       | UPSE  |
| • M_Eng. Gastón Chamba          | UNL   |
| • Mgs. Daniel Haro              | UNACH   |
| • M_Eng. Cristian Márquez       | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Mónica Carrión           | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Adriana Cruz             | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Mariana Villa            | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Fernanda Márquez         | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Juan Repetto             | IST Carlos Cisneros   |
| • Mgs. Carlos Gallardo          | IST Carlos Cisneros   |
| • Ing. Gloria Benítez           | IST Carlos Cisneros   |
| • Ing. Pablo Fiallos            | IST Carlos Cisneros   |
| • Ing. Marcos Abarca            | IST Carlos Cisneros   |
| • Ing. Oscar Martínez           | IST Carlos Cisneros   |
| • Ing. Byron Bermeo             | IST Carlos Cisneros   |





The background of the image features a light gray gradient with a subtle, abstract pattern of white lines forming triangles and dots, resembling a network or a starry sky. Overlaid on this background is a central logo. The logo consists of the word "TECH" in a bold, dark green, blocky font. The letters are slightly irregular and have a pixelated or digital feel, with small white dots and green pixels visible on the letterforms. Below "TECH", the name "CARLOS CISNEROS" is written in a smaller, green, sans-serif font.

# TECH

CARLOS CISNEROS

# ÍNDICE

- 06** Presentación
- 08** Prólogo
- 10** Construcción de prototipo de una máquina CNC aplicando tolerancias dimensionales y geométricas  
*Manufacture of a CNC prototype machine applying Dimensional and geometric tolerances*
- 23** Diseño y construcción de un prototipo de teclado autodidáctico para enseñanza braille  
*Design and manufacture of a autodidactic keyboard prototype for braille teaching*
- 36** Diseño y construcción de una CNC láser para grabado en madera  
*Design and manufacture of a CNC laser for engraving in wood*
- 45** Instalación de un motor eléctrico para propulsión de un vehículo y acople a su sistema de transmisión  
*Installation of an electric motor for propulsion of a vehicle and coupling its transmission*
- 56** Fabricación de una máquina desgranadora de maíz  
*Manufacture of a corn sheller machine*



# PRESENTACIÓN

**Ing. José Francisco Nájera Lara, Mgs.**  
Rector Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros  
Riobamba - Ecuador

El Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros dentro de su ámbito formativo y funciones sustantivas asume el desafío de ser partícipe en los procesos de investigación que permitan posicionarse como referente en la zona y el país con investigaciones innovadoras y pertinentes dentro del campo técnico, tecnológico y científico.

La planificación estratégica institucional y su prospectiva hacia una institución consolidada desde la lógica interdisciplinaria, se abre espacio con una propuesta de investigación donde los actores de la comunidad académica tecnológica interactúan con proyectos oportunos, integradores y de apoyo dentro de la formación y vinculación.

TECH Carlos Cisneros es un proyecto que permite divulgar trabajos de investigación en las diferentes áreas técnicas y tecnológicas, producto de programas y proyectos desarrollados a nivel local y regional, puesto que una de las políticas del Instituto es formar profesionales enfocados en la investigación.

La invitación a la comunidad académica para que continúen siendo parte de estos procesos que permiten el fortalecimiento institucional y un posicionamiento de la educación tecnológica de excelencia en nuestro medio.



# PRÓLOGO

**Ing. Christiam X. Nuñez Z. Mgs.**

**Editor Revista TECH Carlos Cisneros**

Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros / Riobamba - Ecuador

Siempre será bueno aprender algo que se asume comprender. La curiosidad de saber algo hace que el ser humano indague y utilice todas las herramientas a su disposición para llegar a satisfacer su curiosidad, el interés natural para buscar respuestas y valerse de cualquier medio útil para llegar a obtener las mismas, genera los engranes de la investigación que van desencadenando procesos para dar vida a un movimiento llamado conocimiento, en relación con el universo el poder más grande en el ser más pequeño.

Un trabajo de investigación no tiene como objetivo solo dar lectura de él, el propósito real es llegar a motivar el interés del lector por considerar un hábito la cultura investigativa y esto a su vez causar un impacto de concientización que ayude a generar y no a consumir.

La investigación no es un causal de interés para docentes únicamente, al contrario, se deberá involucrar a toda la comunidad que rodea al proceso de formación de esta sin restricción ninguna. Consientes en esto, la finalidad del cuerpo editorial es llegar a todos los lectores que les guste aprender algo nuevo como: estudiantes que necesiten conocer y mejorar sus conocimientos, profesores que necesiten saciar su sed de aprender más, productores que desde la academia vean un rédito a su producción con miras a invertir en proyectos de innovación e investigación

Es esta la primera edición de la revista TECH Carlos Cisneros, cuya edición se ha enfocado en el desarrollo de la investigación para la educación técnica, es el resultado de la participación de estudiantes y docentes con el apoyo de las autoridades del Glorioso Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, para la generación de conocimientos y proyectos los mismos que han permitido presentar esta primera edición, y a través de esta edición fomentar la cultura investigativa en la Educación Superior del país, la región y en particular en nuestra Institución.

Nos complace entregar este trabajo de investigadores, que vieron una ventana para dar a conocer sus trabajos en forma de artículos. En esta edición el cuerpo editorial pone a su consideración lo siguiente:

El primer trabajo, habla sobre la construcción de una máquina prototipo CNC router utilizada en el sector metal mecánico, cuyo objetivo es la construcción del prototipo CNC utilizando ajustes y tolerancias ISO 286 e ISO 2786 para ser usado como un módulo de enseñanza y aprendizaje de manufactura, cuya finalidad es implementar puestos de trabajos en la educación tecnológica. La construcción de la CNC está dada bajo la metodología del mecanizado, El prototipo recibe órdenes del computador a través de un software libre el mismo que permite que la máquina realice el mecanizado por el movimiento de motores a pasos híbridos permitiendo el movimiento de los ejes X, Y, Z.

En el segundo artículo, muestra una investigación que se fundamenta en el auto aprendizaje del alfabeto braille para personas con discapacidad visual, aprovechando los sentidos del oído y el tacto, el objetivo de este trabajo es diseñar y construir un teclado autodidáctico que interprete los símbolos del sistema Braille para ser reproducidos fonéticamente y visualizados de manera gráfica, esta se fundamenta en la investigación experimental. El diseño y construcción cuenta con consideraciones ergonómicas para el sistema electrónico que permite reconocer los patrones y sonidos del alfabeto braille en un 100% para la reproducción fonética y visual de cada carácter mediante protocolos de comunicación SPI e I2C.

El tercer trabajo, trata del diseño y construcción de una máquina CNC en el Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros que permite controlar el movimiento de un cabezal láser para realizar el grabado de texto en superficies de madera, utiliza una investigación experimental para llegar a su objetivo, la investigación establece mecanismo para el desplazamiento del cabezal en tres ejes del sistema cartesiano con el uso de bandas, rodamientos y poleas, calibrado a través de hardware y software para grabar los diseños creados en la superficie de la madera; la velocidad y la corriente son los factores a controlar en el proceso.

La cuarta investigación, evidencia la revisión del proceso ejecutado en el IST Carlos Cisneros para la correcta implementación de un sistema eléctrico de tracción para convertir un vehículo que originalmente poseía un motor de combustión interna a eléctrico, con el propósito de explorar sobre la aplicación de nuevas tecnologías en el campo de la movilidad, para ello maneja una metodología basada en documentación de trabajos afines y la adaptación de esos resultados para la aplicación práctica ajustada a la realidad, en ese apartado se revisa las consideraciones que se deben hacer para dimensionamiento de componentes para un proceso de conversión a vehículo eléctrico, exponiendo el proceso de instalación.

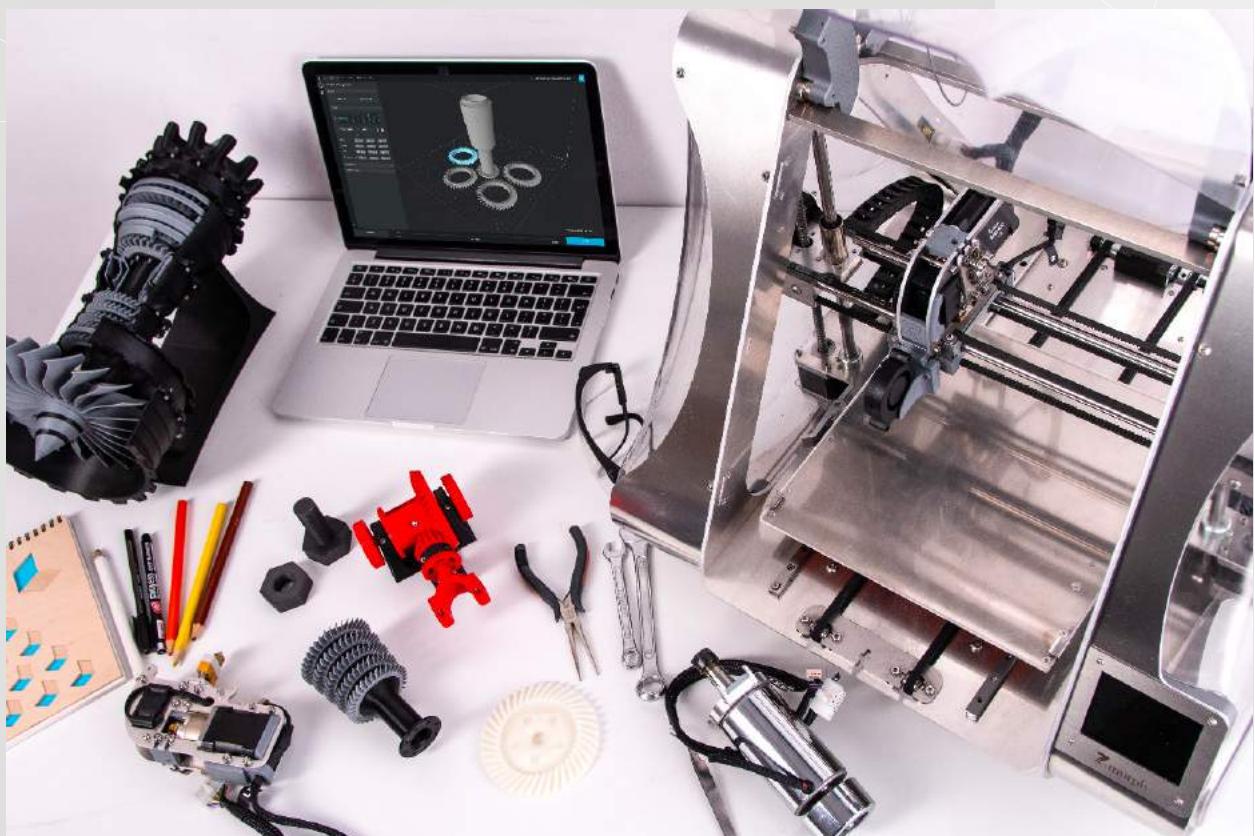
Y por último el quinto trabajo, habla sobre la construcción de un prototipo de máquina desgranadora de maíz para facilitar al agricultor realizar este proceso en menor tiempo posible e incrementar la productividad, hace uso de una investigación bibliográfica, el trabajo determina cual es el mejor sistema desgranador a ser implementado de acuerdo con las variedades y morfología de maíz de la región, para la recolección de 105 quintales de maíz al día, es decir, un rendimiento de 15 quintales cada hora.

La publicación de esta primera edición de la revista TECH Carlos Cisneros está a disposición de toda la comunidad tecnológica, científica e investigativa como forma de difundir conocimiento, nuestro deseo es que la publicación de esta revista continúe gracias a los aportes de autores y lectores, de quienes aceptaremos gustosamente sus propuestas, mismas que enaltecerán nuestras siguientes ediciones.



# CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA CNC APLICANDO TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y GEOMÉTRICAS

## MANUFACTURE OF A CNC PROTOTYPE MACHINE APPLYING DIMENSIONAL AND GEOMETRIC TOLERANCES



# CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA CNC APLICANDO TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y GEOMÉTRICAS

## MANUFACTURE OF A CNC PROTOTYPE MACHINE APPLYING DIMENSIONAL AND GEOMETRIC TOLERANCES

Jaramillo Ortega Javier Edmundo<sup>1</sup>

Ortega Ponce Edwin Gonzalo<sup>2</sup>

Zabala Barragán Leticia Aurelina<sup>3</sup>

Zavala Angamarca Mariano Martín<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, javi.jaramillo1981@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, edwinortegatec@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, leticiazabala1983@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, mmzavala@yahoo.com

### RESUMEN

El presente artículo, detalla la construcción de una máquina prototipo CNC router que es utilizada en el sector metal mecánico, debido a que permite contornear grabados en materiales blandos. El objetivo de estudio es la construcción del prototipo CNC utilizando ajustes y tolerancias ISO 286 e ISO 2786 para ser usado como un módulo de enseñanza y aprendizaje de manufactura lo cual permite implementar puestos de trabajos en la educación tecnológica para la gran cantidad de estudiantes cubriendo el déficit de máquinas de control numérico.

La CNC es construida bajo metodología del mecanizado, estableciendo ajustes en cada uno de los pares móviles que aseguren un funcionamiento adecuado y comprobada mediante metrología dimensional. El prototipo recibe órdenes del computador a través de un software libre el mismo que permite que la máquina realice el mecanizado por el movimiento de motores a pasos híbridos permitiendo el movimiento de los ejes X, Y, Z. La mini CNC es ensayada y puesta en marcha en base a geometrías básicas como líneas y polígonos regulares utilizando materiales como MDF y acrílico, lo cual nos permite obtener excelentes resultados de grabado en relación a los ejes X, Y y un parámetro aceptable en el eje Z.

**Palabras clave:** CNC, CAM, ISO 286, ROUTER CNC, manufactura.

### ABSTRACT

*This article explains the manufacture of a CNC prototype router machine; it has been used in the mechanical field and allows contouring engravings in soft materials. The objective of this study is to manufacture the CNC prototype using ISO 286 and ISO 2786 geometrical product specifications and verification to be used as a manufacturing teaching and learning module, which allows us implementing bench work in technological education for the large number of students covering the numerical control machines deficit. The CNC has built under the machining methodology, establishing adjustments in each of the moving pairs that guarantee proper operation and verified by dimensional metrology. The prototype receives orders from the computer through a free software, which allows the machine to execute the machining by the movement of hybrid step by step motors, , allowing the movement of the X, Y, and Z-axes. The mini CNC has tested and commissioned. It works based on basic geometries such as lines and regular polygons using materials such as MDF and acrylic, which allows us to obtain excellent engraving results in relation to the X, Y-axes and an acceptable parameter in the Z-axis.*

**Keywords:** CNC, CAM, ISO 286, ROUTER CNC, manufacture.

## 1. INTRODUCCIÓN

La máquina de control numérico computarizado (CNC) son utilizadas en múltiples ramas de la manufactura para mecanizar piezas de acrílico, madera, entre otros. Esta máquina ejecuta varias operaciones de mecanizado como contorneados, fresado y taladros [1]. En la actualidad este tipo de maquinaria resulta costosa, pero al implementar una que sea accesible utilizando la complejidad y exactitud de un sistema CNC industrial, resulta beneficioso para la enseñanza en la educación técnica [2], esto se consigue ya que los materiales utilizados son fáciles de mecanizar en máquinas herramientas convencionales con accesorios de fácil acceso en el mercado local. Esta tecnología puede realizarse en un laboratorio especializado de Instituciones de enseñanza tecnológica, ya que debido a su alto precio es imposible implementar varias del tipo industrial.

El amplio uso de esta tecnología favorece a fortalecer la educación técnica siendo el principio de programación y operación similar a una del tipo industrial. Actualmente este tipo de tecnología usa simuladores para el aprendizaje, sin embargo esta tipo de experiencias no proveen la satisfacción y sensación de operar maquinas herramientas reales con limitaciones como uso de hardware, fluctuación de energía, cuidado en choques del herramiental, además de experimentar con la introducción de parámetros de corte, ajuste de velocidades, encerado de piezas[2] [3]

Según Aktan [4] mejora el aprendizaje para el alumnado en un 27.36% en relación a problemas reales que con la comprensión verbal, además de acostumbrar al estudiante al desarrollo en el puesto de trabajo. Es importante promover la cultura de la innovación y el emprendimiento desarrollando en los estudiantes habilidades blandas y digitales que le permitan al estudiante desenvolverse en la industria combinando lo mejor de los humanos y las máquinas de control numérico computarizado [5].

A este campo o actividad se lo ha llamado facilidad de manufactura y también facilidad de producción, con el fin de ayudar a los estudiantes a adquirir destrezas para el manejo del software de programación tipo CAM y en el proceso operativo de la máquina (sistema de sujeción, centrado de la pieza) [3]. La producción ecuatoriana tiene un déficit, esto debido al proceso de fabricación de

productos como lo dice la Red Ecuatoriana de Aseguramiento de la Educación Superior: "Ecuador no ha logrado aún poner en marcha un plan nacional que desarrolle las capacidades y potencialidades en investigación y desarrollo tecnológico" "se evidencia la necesidad de fortalecer activos fundamentales para el desarrollo del país, su productividad y competitividad tales como la innovación" [6] .

El maquinado mediante CNC moderno tiene alta precisión y fiabilidad para obtener formas complejas [7]. Por lo tanto, se ha proyectado la construcción de módulos de aprendizaje con mini máquinas CNC que en su construcción cumplan normas para tolerancias dimensionales y geométricas ISO 286 y 2786 [8], [9], para diseño de productos.

Con este nuevo cabezal se espera que haya oportunidades de aprendizaje realizando trabajos de mecanizado de precisión [10]. De esta manera, la construcción de una máquina CNC facilitará el desarrollo de proyectos utilizando una nueva herramienta de trabajo conocida como CAD/CAM. El diseño y desarrollo de esta máquina CNC se medirá la eficiencia mediante un control dimensional de desplazamiento de los tres ejes para determinar la calidad del corte, considerando parámetros de mecanizado.

Mediante el diseño de marco cerrado usando un diseño tipo pórtico [4] [10] [11] [12], simétrico con estabilidad y construcción del CNC se pretende realizar una máquina que sea rígida, resistente y que tenga estabilidad y una porta herramienta con facilidad de extraer y cambiar el útil de mecanizado. Debido a que se dispone de una mesa soporte estructurada en el cual se ensambla el cabezal.

Por lo tanto, el objetivo de estudio es de: Diseñar y construir una máquina de control numérico computarizado empleando tolerancias ISO 286 y 2786 dimensionales y geométricas capaz de realizar, taladros, contorneados, mecanizados lineales, de forma en materiales de acrílico, madera y PCB, además de ser utilizados como módulos de aprendizaje y cubrir el déficit de puestos de trabajo.

La máquina tiene la capacidad de desplazarse en los ejes X, Y, Z con movimientos sincronizados que permitan el grado de precisión. Se mecanizará logotipos, figuras geométricas, mecanizados paralelos, lo que nos permite hacer un control de metrología dimensional y determinar el grado de

precisión. Aprovechando todos los beneficios que otorga los materiales normalizados en estado de suministro para la mecanización de elementos en máquinas CNC aplicando metodologías que propicien minimizar tiempos [13].

En base a la bibliografía analizada, la metodología empleada en diversas máquinas CNC. Se plantea como hipótesis: al construir una máquina router CNC utilizando Normas ISO con tolerancias geométricas y dimensionales si mecanizan contorneados geométricos que cumplan exigencias de la Norma ISO 286 y 2786.

Varios estudios se han realizado con máquinas que poseen diseños para fabricación similares [4] [10] [11] [12] [14] usando los mismos elementos de transmisión y sujeción, sin embargo los materiales a utilizarse en la estructura son MDF y solo en el [12] se utiliza un kit de armado en ninguno de los casos se ha tomado normas de tolerancia dimensional y geométrica. La Universidad Nacional de Colombia con sede en Bogotá realiza el diseño mediante ingeniería aplicada, obteniendo excelentes resultados mediante el uso de MDF y perfilería de Aluminio [15].

## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Según Pahl & Beitz [16], las metodologías de diseño en ingeniería son una secuencia concreta de acciones para el diseño de sistemas técnicos que derivan su conocimiento de la ciencia del diseño, de la psicología cognitiva y de la experiencia práctica en diferentes campos.

La máquina se modeló en un software tipo CAD. En base a la potencia requerida, se seleccionó el tipo de motor, estos fueron anclados a la estructura y a los tornillos de potencia en los ejes.

Se utilizará un driver para el software que controlara los motores. Este programa estará ingresado en un micro controlador ARDUINO, que actuara como cerebro de los mecanismos. La construcción de la máquina CNC se realizó en tres etapas: montaje mecánico (bastidor, pórtico, mesa de trabajo) Montaje eléctrico (cerebro, motores, sensores de final de carrera) y la instalación del sistema de control (software). El drive precisa la cantidad de avance por revolución requeridos por el motor. Para ello las características del tornillo

definirán el avance de desplazamiento para cada eje. Debido a que se utilizaran los mismos motores y tornillos en los tres ejes manteniendo la misma configuración para todo el sistema. La cantidad de revoluciones por pulso se obtiene calculando el paso del tornillo por el número de entradas.

Tras el montaje del dispositivo se debe comprobar que no haya efectos de retroceso que afectaran la precisión de la máquina. Para evaluar la precisión de mecanizado se efectuará seguimiento en geometría básica como una línea recta, un cuadrado y un círculo. Se realizarán los dibujos en un software para modelado. Posteriormente con ayuda de un software tipo CAM proporciona parámetros máximos de mecanizado como profundidad de corte y velocidad de avance, revoluciones por minuto y tipo de herramienta esto con la finalidad de establecer los límites de la máquina,

Los códigos de programación G se los puede obtener en forma manual o por ayuda de software especializado, los mismos que llevará a cero los tres ejes y se correrá el programa. Una vez realizado el mecanizado, se evaluará las dimensiones de las líneas de seguimiento de mecanizado con instrumento de medición lineal un micrómetro de 0.01 mm usando técnicas de metrología dimensional y se comparará con las cotas mencionadas en el dibujo

### A. DISEÑO

En la etapa de diseño se detalla los procesos de fabricación utilizados, materiales disponibles, la metodología de mecanizado, aplicación de normas ISO de fabricación mecánica, resistencia mecánica de los materiales y costos de todo el proceso de diseño y construcción de una máquina CNC, con mayor influencia sobre las etapas iniciales. El equipo se desarrolló realizando una investigación de las tecnologías disponibles y la demanda de los diferentes sectores locales, tales como fabricantes de carteles, moldes, maquetas prototipos, decoraciones, ornamentos, entre otros.

En base a los resultados obtenidos se procedió a realizar el diseño mecánico, electrónico, y la lógica del control de un equipo cuyas características técnicas pudiera satisfacer a la mayoría de estos sectores y sea accesible.

Cabe destacar que el diseño contempló la provisión de componentes de fabricación en máquinas herramientas. Este análisis se considera de importancia para el éxito del proyecto. En la figura 1 se muestra las partes constitutivas del router CNC

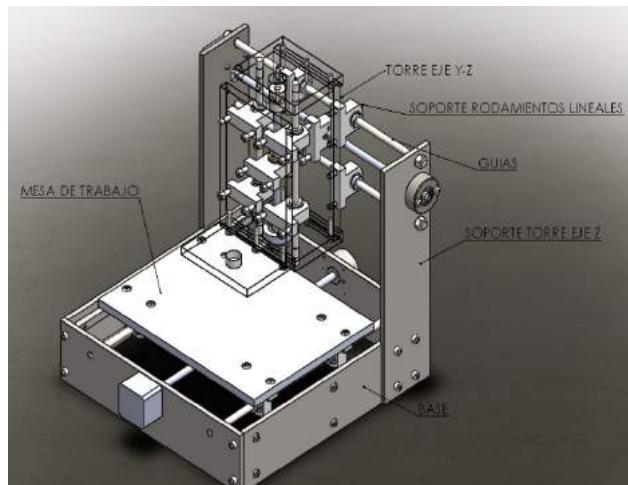


Figura 1 Partes del CNC Router

En la fase del diseño ha de establecerse las especificaciones técnicas del sistema de movimiento como son:

- Altura 300 mm
- Largo 300 mm
- Ancho 300 mm
- Material de la maquina: acero A36
- Peso aproximado de la máquina 13.5 kg.
- Área de trabajo de trabajo de la máquina de 150 mm x 150 mm x 20mm.

Control dimensional de la altura de la máquina teniendo en cuenta la tolerancia admisible de 0,2 mm/m es posible realizar con pie de rey de 1/50 de mm o un micrómetro de 0.01mm de precisión, permitiendo ajustarse al planteamiento del diseño.

## B. MATERIALES

En diseños de manufactura se debe considerar métodos alternos para fabricar una pieza o un producto o para efectuar una operación individual, los costos varían en relación con materiales, esta variable puede ser considerada y detallada para evaluar a fondo su efecto en los costos unitarios. El empleo de materiales de fácil disponibilidad y de piezas comerciales permite lograr los beneficios de la producción. El empleo de componentes estándar, simplifica los procesos de fabricación, facilita las

compras, evita las inversiones en herramientas y equipo y acelera el ciclo de manufactura. [13]

Al ser un prototipo se usó materiales que faciliten la mecanización en máquinas herramientas convencionales como torno y fresadora además puedan ayudarnos a cumplir con tolerancias dimensionales y geométricas, estas se detallan a continuación.

### Acero ASTM A36 (Estructura base)

Acero laminado en caliente se produce en una gran variedad de secciones transversales, se utiliza en la estructura de la máquina para brindar rigidez y evitar pernos de anclaje. Su costo es de un 30 % más bajo que el acero acabado en frío. [17]

Nylon 6 extruido. (Soporte de rodamientos lineales) Se utiliza en los soportes que unen a la mesa de trabajo (eje X) y a la torre eje (Y-Z), ya que posee una elevada resistencia al choque y a la fatiga, es de baja densidad esto con el objetivo de disminuir la potencia de los motores. Su elasticidad permite la absorción de las vibraciones o impactos, por lo que en los cojinetes trabajan de forma silenciosa. [17]

### Aluminio 1060-O. (Mesa de trabajo)

Al tener una mesa que tenga plenitud en el mecanizado y que además ofrezca una elevada relación resistencia /densidad lo vuelve un material ideal para este funcionamiento, además de ser resistente a la corrosión. [17]

### Acero AISI 1045. (Base)

Al necesitar rigidizar las bases se utiliza un acero para construcción mecánica que ante esfuerzos tenga pequeñas deformaciones, que en estado de suministro tiene una resistencia mecánica a la fluencia de 505 MPa y una elongación a la rotura del 12%. [17]

### Acero SAE 1018 (Cajera de rodamientos)

Se utiliza para alojamiento de rodamientos lo que garantiza un funcionamiento adecuado en la rodadura de estos. Viene con tolerancias: h9 – h11 que se aplica en piezas con carga mecánicas no muy severas y con grados de tenacidad importantes. [17]

### Acero DIN X4CrNiCuNb164 (Guías de los ejes X, Y, Z)

Para disminuir la flecha de deformación en las guías se utiliza este tipo de acero con una resistencia mecánica a la fluencia de 127 MPa y una elongación a la rotura del 10% con acabado brillante y tolerancia ISO h8. [17]

**Tornillería de acero inoxidable**  
M5, M3, M8 de alta resistencia para el ensamblaje de las partes mecanizadas.

**Acrílico de alto impacto (Estructura eje Z)**  
Con la finalidad de disminuir peso en la torre que lleva los ejes Y y Z se utiliza acrílico y al ser resistente al impacto. Posee características mecánicas, resistencia a la compresión de 1020 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión de 1020 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la tracción 700 kg/cm<sup>2</sup> y resistencia mecánica mínima de 200 gr/cm<sup>2</sup>. [17]

### C. Metodología de mecanizado

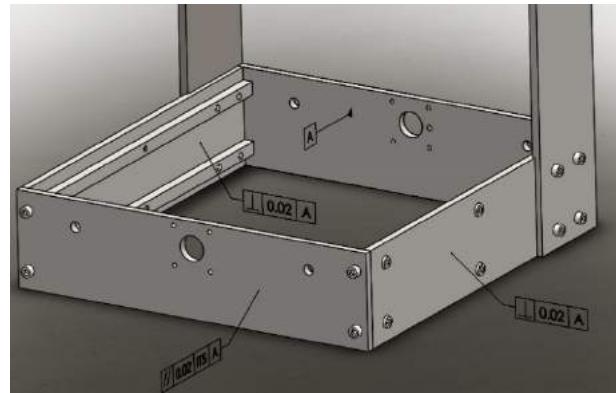
Para el mecanizado se aplica las normas ISO 286 y 2785 de fabricación mecánica, como ajustes, tolerancias geométricas, calidades superficiales y grados de rugosidad normalizados, que son fabricados en laboratorios de mecanizado convencional utilizando torno y fresadora con visualizador electrónico CN. Además de instrumentos de medida como calibrador de 1/20, micrómetros de 0-25 mm, 25-50mm, micrómetro de interiores 0-25mm y 25-50mm, reloj comparador de carátula de 0.01mm, goniómetros.

#### Base estructurada

Cuatro Placas, acero ASTM A36 de 300 x 70 x 6mm

#### Operaciones de mecanizado

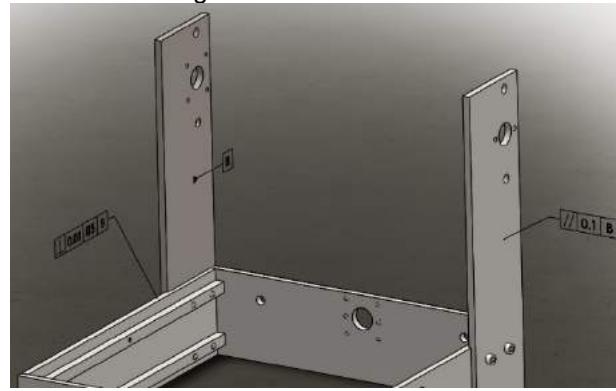
Mecanizado de componentes de la base con tolerancias de elementos asociados mediante Paralelismo entre caras, calidad IT5 y, perpendicularidad con tolerancias de 0,1 mm/m como se muestra en la figura 2



**Figura 2** Paralelismo y perpendicularidad de base

#### Soporte de la torre del eje Y-Z

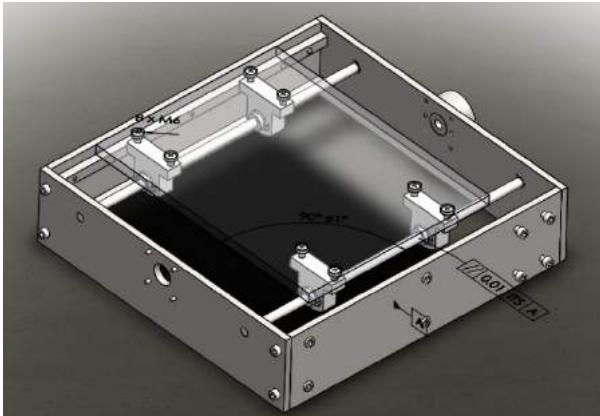
Dos placas de acero A36 de 295 x 70 mm x 6mm, paralelismo entre caras, calidad IT5 perpendicularidad en extremos 0,1 mm/m, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3** Perpendicularidad y paralelismo para toree eje Y-Z

#### Mesa de trabajo de la máquina

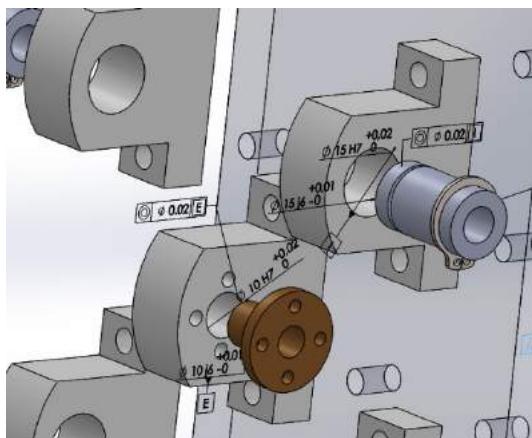
Que consta de una placa de aluminio 240 x 205 x 9mm, con paralelismo entre caras IT5, cuatro vértices 90°, ocho agujeros para anclaje de pernos M6x1 como se muestra en la figura 4.



**Figura 4** Tolerancias geométricas en mesa de trabajo

#### Sopores para rodamientos lineales

Mecanizado con tolerancias de elementos asociados, concentricidad entre agujeros de 0.02 mm con ajuste  $\varnothing 15\text{h}7$ , rodamiento  $\varnothing 15\text{h}6$ , de igual manera se muestra la tolerancia para la tuerca H7 y tornillo h6, como se indica en la figura 5.

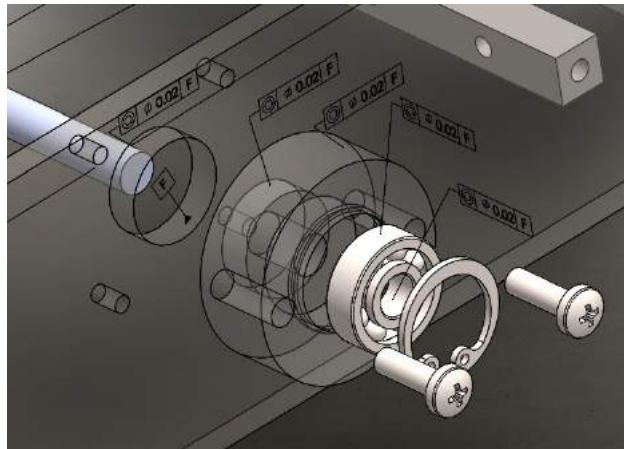


**Figura 5** Tolerancias dimensionales y geométricas para rodamientos lineales

Cuatro guías acero inoxidable calidad h8  $\varnothing$  8mm de 320 mm de longitud para el desplazamiento de rodamientos lineales como se indica en la figura 1

Tres Tornillos de rosca trapecial  $\varnothing$  8 mm, cuatro entradas con tratamiento térmico, para desplazamiento de la torre con guías Y-Z y la mesa de trabajo eje X

Para el giro de los tornillos roscados de cuatro entradas se utiliza un rodamiento rígido de bolas FAG 608 con calidad IT4 al agujero y al eje como muestra en la figura 6



**Figura 6** Tolerancia geométrica para alojamiento de rodamiento y rodamiento.

#### Cajera de alojamiento de rodamientos

Mecanizado de cajeras con ajuste indeterminado para alojar el eje del rodamiento J7/h6 y el alojamiento a los soportes del eje z H7/h6 como se muestra en la figura 6.

En la figura 7 se muestra el mecanizado y montaje de los soportes, torre de desplazamiento del eje X y Y junto a la base estructurada.



**Figura 7** Mecanizado y montaje de partes para CNC router

#### 1. Selección de motores

La potencia necesaria del motor se calcula considerando la estructura general del sistema y el peso de los ejes [18]

$$P = 2\pi * N_m * T_t \quad (1)$$

$$P_a = (2\pi * N_m * 60)^2 * \frac{J_L}{t_a} \quad (2)$$

Donde:

P = Potencia del motor durante el corte (W)  
T<sub>t</sub> = Momento total durante el corte (N\*m)  
N<sub>m</sub> = Velocidad del motor (rpm)  
P<sub>a</sub> = Potencia del motor sin carga (W)  
J<sub>L</sub> = inercia total (kg·m<sup>2</sup>)  
t<sub>a</sub> = tiempo de aceleración (s)

La potencia mínima para cada eje se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1** Requerimientos de la potencia de los motores

	Eje X (watt)	Eje Y (watt)	Eje Z (watt)
Potencia durante el corte	0.7W	1.4 W	1.7 W
Potencia sin carga	0.6 W	0.25 W	0.3 W

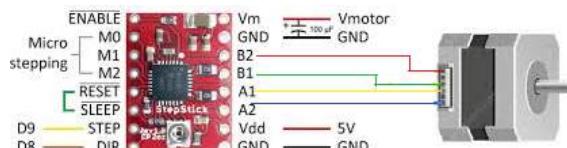
## 2. Ensamblado del sistema de control

Para integrar el control pertinente a la mini maquina CNC, se establece las características técnicas para los motores pasos a paso que se integran en los ejes X, Y, Z y que se detalla en la siguiente tabla según el datasheet del fabricante.

**Tabla 2** Características técnicas del motor

Motor	Bipolar paso a paso Nema 17
Modelo	Ks42STH40
Amperaje	1.2 A
Torque	4000g.cm
Pasos	1.8° Por cada mm (200 pasos por revolución).

Para el control de los motores se utiliza el driver A4988 debido a su fiabilidad y robustez, de acuerdo a datos de su hoja técnica permite manejar una tensión máxima de 2A, MicroStep 35V como se muestra en la figura 8.



**Figura 8** Diver para motor Nema 17 [19]

El driver para un control eficiente del motor necesita que se calibre la resistencia que detecta su corriente regulada de PWM. Para ello utilizamos la fórmula  $IMAX = VREF / (8 \times RS)$  y se calcula el voltaje de referencia

$$VREF = IMAX (8 \times RS) \quad (3)$$

RS es la resistencia RSMD que trae el driver y puede ser de (50 o 100) SMD, antes de utilizar este valor lo transformamos en OHM.

$$VREF = 1.2A (8 \times 0,1ohm)$$

$$VREF = 0,96 V$$

El motor se maneja con pasos completo por ende el motor va a consumir el 70% de la corriente dato obtenido de la tabla de la secuencia de pasos, por lo tanto, el voltaje de referencia debe estar limitado al 70% de 0,96 que equivale a 0.762 V

Para el manejo de los tres motores se utiliza una shield CNC que se conecta al ARDUINO 1, con un voltaje de alimentación de 12 voltios, uno vez insertados los drivers, se ubica el multímetro un pin a tierra y el otro sobre sobre el potenciómetro el que se regula hasta tener el nuevo voltaje de referencia conectamos los motores y cargamos el software GRBL (software libre).

## 3. RESULTADOS

Se realizan pruebas para establecer los valores máximos de mecanizado en relación a velocidad de avance, profundidad de corte y revoluciones por minuto de la herramienta que se muestra en la tabla 2.

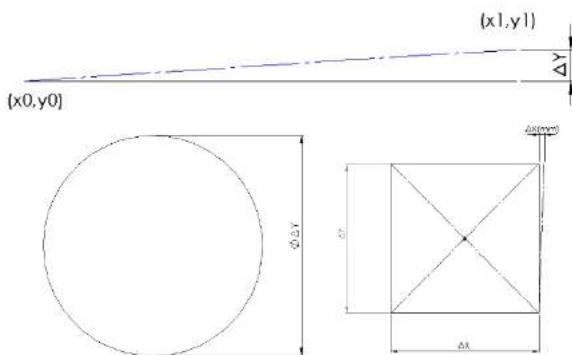
**Tabla 3** Parámetros máximos de mecanizado en Router CNC

Parámetros	Madera	Acrílico
Velocidad de avance (m/min)	5	5
Profundidad de corte (mm)	1.5	0.5
Revoluciones por minuto (RPM)	1200	800

Los resultados son validados mediante el mecanizado de tres geometrías básicas en MDF de dimensiones 200 x 200 x 5 mm con los parámetros máximos de mecanizado como velocidad de avance, profundidad: una línea recta, un cuadrado y una circunferencia, los mismos que servirán para verificar la tolerancia geométrica de rectitud,

paralelismo, redondez y planitud lo que establecerá la tolerancia de la máquina construida.

Para establecer la tolerancia de rectitud, paralelismo, circularidad y planitud se utiliza metrología dimensional con un micrómetro de exteriores con apreciación de 0.01mm entre el punto cero de pieza asignado en la máquina y el mecanizado como se muestra en la figura 9.



**Figura 9** Geometría para verificación de rectitud, circularidad y paralelismo

Los códigos G para cada geometría se muestra en la tabla.

**Tabla 4** Programación para mecanizado de geometrías en router CNC

Códigos G para recta

O0001 (Recta)  
 N100 G21  
 N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90  
 N104 T1 M6  
 N106 G0 G90 G54 X-62.5 Y0. A0. S2000 M3  
 N108 G43 H210 Z25.  
 N110 Z10.  
 N112 G1 Z-1. F5  
 N114 X-62.5 F5  
 N116 G0 Z25.  
 N118 M5  
 N120 G91 G28 Z0.  
 N122 G28 X0. Y0. A0.  
 N124 M30  
 %  
 Códigos G para cuadrado  
 N100 G21  
 N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90  
 N104 T210 M6  
 N106 G0 G90 G54 X62.5 Y62.5 A0. S2000 M3  
 N108 G43 H210 Z25.  
 N110 Z10.  
 N112 G1 Z-1. F5  
 N114 X-62.5 F5  
 N116 Y-62.5  
 N118 X62.5  
 N120 Y62.5  
 N122 G0 Z25.

N124 M5  
 N126 G91 G28 Z0.  
 N128 G28 X0. Y0. A0.  
 N130 M30  
 %  
 Códigos G para circunferencia  
 N100 G21  
 N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90  
 N104 T210 M6  
 N106 G0 G90 G54 X62.5 Y0. A0. S2000 M3  
 N108 G43 H210 Z25.  
 N110 Z10.  
 N112 G1 Z-1. F5  
 N114 G3 X0. Y62.5 I-62.5 J0. F5  
 N116 X-62.5 Y0. I0. J-62.5  
 N118 X0. Y-62.5 I62.5 J0.  
 N120 X62.5 Y0. I0. J62.5  
 N122 G0 Z25.  
 N124 M5  
 N126 G91 G28 Z0.  
 N128 G28 X0. Y0. A0.  
 N130 M30%

Los valores de cada uno de los mecanizados se registran en la tabla 4, 5, 6, 7 y han sido encontrados usando la metrología dimensional.

**Tabla 5** Tolerancia de rectitud en mecanizado de Router CNC construida.

Diseño del modelo (mm)	Metrología dimensional (mm)		Tolerancia Geométrica (mm)
X0	Y0	Y1	Y2
0	0	0	0
125	0	0,01	0,0125

**Tabla 6** Tolerancia de rectitud en mecanizado de Router CNC construida.

Diseño del modelo	Metrología dimensional (mm)		Tolerancia Geométrica (mm)		
X0	Y0	X1	ΔX	X1	ΔX
0	0	0	0	0	0
125	0	125,01	0,005	125,01	0,005

**Tabla 7** Tolerancia de rectitud en mecanizado de Router CNC construida.

Diámetro nominal (mm)	Metrología dimensional (mm)		Tolerancia Geométrica (mm)
Φ min.	Φ máx.	Δ Diámetro	Δ Diámetro
0	0	0	0
124,995	125,01	0,015	0,02

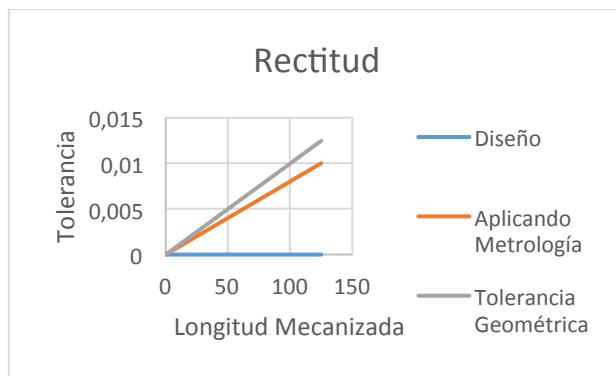
Para la planicidad se analiza la profundidad de corte, en todos los mecanizados, esto con respecto al eje Z, los resultados se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8** Tolerancia de rectitud en mecanizado de Router CNC construida

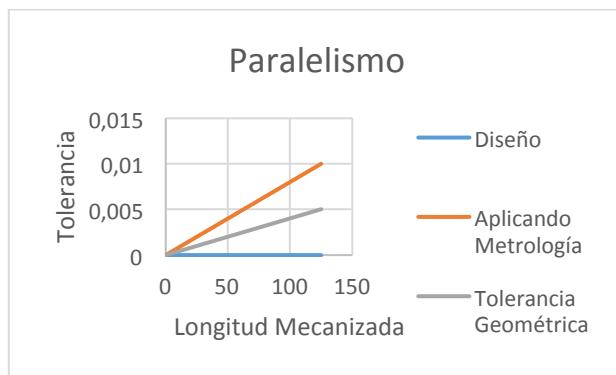
Diseño del modelo (mm)	Metrología dimensional (mm)		Tolerancia Geométrica (mm)
X0	Z0	Y	Y

0 1	0 0	0 0,02	0 0,001
--------	--------	-----------	------------

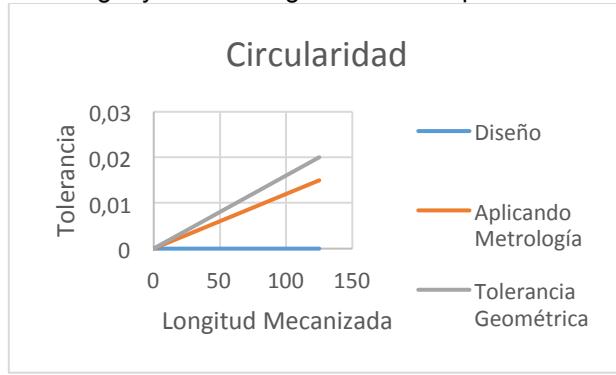
En la figura s 10,11 y 12 se muestra que la tolerancia de la máquina construida está dentro de los parámetros según Norma ISO para tolerancia Geométricas.



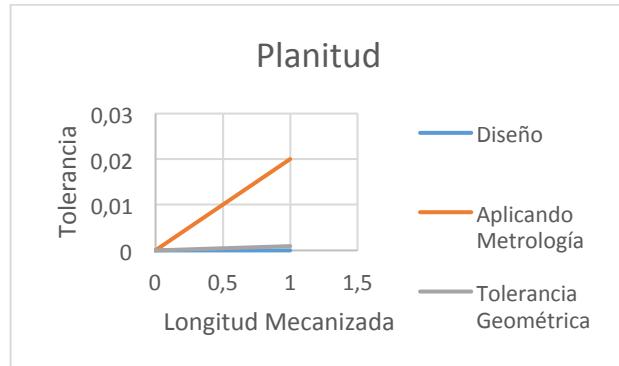
**Figura 10** Comparación de valores para el diseño, metrología y tolerancia geométrica de la rectitud.



**Figura 11** Comparación de valores para el diseño, metrología y tolerancia geométrica de paralelismo

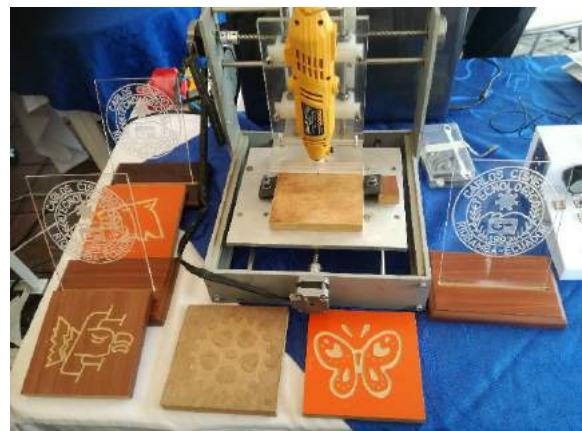


**Figura 12** Comparación de valores para el diseño, metrología y tolerancia geométrica de circularidad.



**Figura 13** Comparación de valores para el diseño, metrología y tolerancia geométrica de planitud.

El funcionamiento fue ratificado mediante pruebas, interpolación lineal, contorneados de grabado, corte fresado de materiales de baja y mediana resistencia mecánica al viruteado como la madera y el acrílico, logrando resultados muy satisfactorios para los sectores descritos, estos se muestran en la figura 14.



**Figura 14** Pruebas de mecanizado en madera y acrílico

#### 4. CONCLUSIONES

Las pruebas de funcionamiento del prototipo construido muestran que se realizó un adecuado diseño y construcción de un módulo de aprendizaje el cual es muy práctico y útil para el uso en los talleres de metal mecánica.

Para la validación de los resultados, los ensayos realizados muestran una pequeña inexactitud en la alineación, pero que cumplen con las tolerancias establecidas inicialmente, estos se deben a errores en el ensamblaje de la máquina e imprecisión del componente de la máquina, este prototipo contiene

una inclinación de 4.58 E-03° en el eje X y una inclinación de 2.29E-03 ° en el eje Y. Estos dos cumplen con normas de fabricación. En el eje Z hay una variación mayor a lo requerido en normas como se muestra en la figura 13, esto puede ser por el valor de la flecha de deformación debido al fenómeno de flexión. A pesar de esto se considera un buen prototipo ya que posee una interfaz fácil de operar, alta velocidad, menor consumo de energía, fácil de programar, mayor flexibilidad para la creación rápida de prototipos ya que la inversión es mucho inferior a una industrial.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *MANUFACTURING ENGINEERING AND TECHNOLOGY*, Seven. Singapour: Pearson Education, 2014.
- [2] A. R. Quintero Pérez, M. Moreno Silveira, D. Rodríguez Rojo, and T. Pargas, "CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROUTER O FRESADORA MEDIANTE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC) CON SOPORTE EN MACH3," *REDIP-Revista Digit. Investig. y Postgrado*, vol. 6, no. 2, 2016.
- [3] N. Muthupalaniappan, A. Maruthupandi, S. Pandian, A. J. P. Antony, and S. R. Pandian, "A low-cost web-based learning platform for CNC machining education," *6th Int. Conf. Adv. Comput. ICoAC 2014*, pp. 91–96, 2015.
- [4] M. E. Aktan, N. Akkuş, A. Yılmaz, and E. Akdoğan, "Design and Implementation of 3 Axis CNC Router for Computer Aided Manufacturing Courses," in *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 45, p. 5002.
- [5] M. E. Z. Hurtado, E. O. C. Espinosa, and J. A. C. Ruiz, "El aprendizaje orientado en proyectos para el desarrollo de habilidades blandas en el nivel medio superior del IPN," *RIDE Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ.*, vol. 10, no. 19, 2019.
- [6] A. P. C. Martin and D. F. G. Lozada, "Diseño y construcción de una máquina CNC para corte y grabado en madera utilizando láser de CO<sub>2</sub>, implementado con hardware y software de uso libre como sistema de control," *Ecuador Univ. las Fuerzas Armadas-ESPE*, 2015.
- [7] S. C. B. & M. T. I. M. S. Rabbi, "Development of a Prototype Cnc Router," *Int. J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 63–68, 2013.
- [8] ISO, "Dimensional and geometrical product specifications and verification." 2011.
- [9] 286-1 ISO, "ISO system of limits and fits-Part1: bases of tolerances, deviations and fits." International Organization for Standardization Geneva, 1988.
- [10] R. Ginting, S. Hadiyoso, and S. Aulia, "Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 17, pp. 6553–6558, 2017.
- [11] D. A. Alonso, J. E. Gil, and F. H. Martínez, "Prototipo de máquina fresadora CNC para circuitos impresos," *Tekhnê*, vol. 12, no. 1, pp. 23–38, 2015.
- [12] R. Radharamanan, "Measurement and Analysis of Carved Surfaces Made on a Self-Assembled and Tested Mini 3-Axis CNC Router," in *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*, 2018.
- [13] J. G. Bralla, F. G. Noriega, J. Sánchez Herzberger, and J. A. Morales García, *Manuel de diseño de producto para manufactura: guía práctica para producción a bajo costo*. 1993.
- [14] K. Bangse, A. Wibolo, and I. K. E. H. Wiryanta, "Design and fabrication of a CNC router machine for wood engraving," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1450, p. 012094, 2020.
- [15] J. R. B. Benítez, F. A. F. Briceño, R. E. R. Heredia, and S. A. V. García, "Construcción de una máquina CNC de 3 ejes y diseño del sistema de transmisión de movimiento," *Memorias*, 2015.
- [16] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K. H. Grote, and K.-G. erfolgreicher Produktentwicklung, "Methoden und Anwendung." Springer, 2007.

- [17] L. L. C. MatWeb, "Material property data," URL <http://www.matweb.com> (Stand 30.08.2013), 2013.
- [18] M. E. Aktan, N. Akkuş, A. Yilmaz, and E. Akdoğan, "Design and implementation of 3 Axis CNC router for computer aided manufacturing courses," *MATEC Web Conf.*, vol. 45, pp. 3–7, 2016.
- [19] J. Bai and A. H. La Rosa, "An SPM Stage Driven by 3 Stepper Motors," 2017.
- [20] S. Sharma and S. B. Harish, "XY-Drawing Robot using Arduino," 2019.



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
TECLADO AUTODIDÁCTICO PARA ENSEÑANZA BRAILLE**  
**DESIGN AND MANUFACTURE OF A AUTODIDACTIC  
KEYBOARD PROTOTYPE FOR BRAILLE TEACHING**



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TECLADO AUTODIDÁCTICO PARA ENSEÑANZA BRAILLE

## DESIGN AND MANUFACTURE OF A AUTODIDACTIC KEYBOARD PROTOTYPE FOR BRAILLE TEACHING

Zabala Barragán Leticia Aurelina <sup>1</sup>  
Jaramillo Ortega Javier Edmundo <sup>2</sup>  
Cevallos Bonilla David Israel<sup>3</sup>,  
Guaño Álvarez Ana Cristina <sup>4</sup>,

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, leticiazabala1983@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, javi.jaramillo1981@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, kobaisracev@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, anitaguanio@gmail.com

### RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el auto aprendizaje del alfabeto braille para personas con discapacidad visual, aprovechando los sentidos del oído y el tacto. La finalidad de este trabajo es diseñar y construir un teclado autodidáctico que interprete los símbolos del sistema Braille para ser reproducidos fonéticamente y visualizados de manera gráfica. La metodología utilizada se fundamenta en la investigación experimental. Se realizó el diseño y construcción de la estructura tomando en cuenta consideraciones ergonómicas para el sistema electrónico que permite reconocer los patrones y sonidos del alfabeto braille en un 100% para la reproducción fonética y visual de cada carácter se maneja protocolos de comunicación SPI e I2C. Con las pruebas realizadas se determina la fiabilidad del sistema a nivel de hardware y software, la verificación exhaustiva de cada botón, a través de pulsaciones continuas y alternadas evidencia los resultados fonéticos y visuales demostrando, que puede ser empleado como herramienta tecnológica en el proceso de enseñanza aprendizaje.

**Palabras clave:** braille, tecnología inclusiva, fiabilidad, arduino, módulo de audio.

### ABSTRACT

*This research is based on self-learning. The Braille alphabet for people with visual disabilities, taking the advantage of the senses of hearing and touch. The purpose of this work is to design and develop a self-study keyboard that interprets the symbols of the Braille system to be phonetically reproduced and displayed graphically. The methodology that is used is based on experimental research. The design and construction of the structure was carried out taking into account ergonomic considerations for the electronic system that allows recognizing the patterns and sounds of the Braille alphabet in 100%; for the phonetic and visual reproduction of each character using SPI and I2C communication protocols. The tests made showed, the reliability of the system to the hardware and software level, the exhaustive verification of each button, through continuous and alternate presses, shows the phonetic and visual results, demonstrating that it can be used as a technological tool in the process of teaching learning.*

**Keywords:** braille, inclusive technology, reliability, arduino, audio module.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador un buen porcentaje de la población total padece de algún tipo de discapacidad, en la provincia de Chimborazo según los datos del CONADIS hasta el momento existen 15.288 personas con discapacidades diferentes que se representan en la Figura 1 y Figura 2. [1] [2]



Figura 1. Número de personas con discapacidad

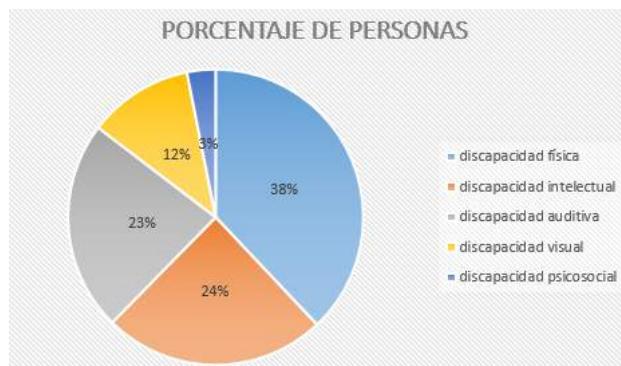


Figura 2. Porcentaje de personas con discapacidad

Cerca del 20 % de la población con discapacidad no ha recibido ningún tipo de educación a lo largo de su vida. A educación inicial o preescolar solamente el 1 % de la población con discapacidad ha podido acceder, lo cual es determinante al momento de continuar con una educación continua. Con la implementación de las Instituciones de Educación Especializadas – IEE, un 42% de la población con discapacidad ha accedido a un nivel básico de educación, lastimosamente en estos establecimientos no se incluyen la posibilidad de que sus estudiantes obtengan un título de Bachillerato. En el año 2018 se estable el Modelo Nacional de Gestión y Atención para Estudiantes con Necesidades Educativas Especiales para establecer los mecanismos y normativa para

regular el proceso de enseñanza-aprendizaje en las Instituciones de Educación Especializadas. [2]

Varias son los trabajos realizadas en el campo de diseño e implementación de dispositivos interactivos que aplican el sistema Braille para la enseñanza a personas con discapacidad visual, emplean distintos métodos para cumplir este objetivo. Desde el uso de computadoras personales como el sistema E\_Braille hasta el uso de dispositivos programables, las investigaciones se han llevado a cabo con un nivel sistematizado. Los dispositivos actualmente diseñados constan de pulsadores que simulan los puntos utilizados en el sistema Braille; contienen además microcontroladores como los PICs o arduino o microprocesadores como las raspberry pi, además de módulos de audio mp3 o wav, y sistemas de almacenamiento de memoria. Adicionalmente puede tener módulos periféricos de comunicación como Bluetooth, comunicación serial, o ethernet. [1] [3] [4] [5] [6] [7]

Otros sistemas se pueden construir a través de estructuras prefabricas como el kit LEGO MINDSTORMS, programarlos a través de lenguajes de alto nivel como Python, Matlab, labview, además de la programación de APPs y desarrollo de software para uso en computadoras, tablets o dispositivos móviles. [7] [8]

El hardware y el software utilizado son la clave para la implementación de estos dispositivos, la adaptabilidad al cambio tecnológico y ergonómico de los usuarios que lo necesitan, los niveles de aprendizaje que se desea aplicar, además del costo beneficio para su fabricación. Todos estos factores influyen al momento de analizar cuál sería la estructura base y las funcionalidades de los módulos a ser implementados. Tanto los dispositivos comerciales como los prototipos tienen un grupo focal y una necesidad por cubrir siendo ésta la clave para el planteamiento del diseño del Prototipo de Teclado Autodidáctico Braille, que permite a la persona ciega el aprendizaje del alfabeto y números con el reconocimiento de símbolos Braille que se han grabado en las teclas, además cuenta con un sistema de audio y añade funciones de retroalimentación que hace que este trabajo sea una herramienta para su aprendizaje autónomo.

## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación del presente proyecto es experimental, mediante el estudio de sistema de enseñanza de lenguaje Braille y su aplicación para un grupo de personas definidas. El objetivo principal es diseñar y construir un teclado autodidáctico que interprete los símbolos del sistema Braille para ser reproducidos fonéticamente y visualizados de manera gráfica en un LCD. La formación de las letras y números se han grabado mediante símbolos braille en teclas con puntos en alto relieve que serán reproducidos fonéticamente y gráficamente para el aprendizaje del alfabeto braille de forma lúdica. Se identificó las necesidades de aprendizaje de las personas con discapacidad visual, esto permitió obtener un conocimiento previo y un contacto directo con la realidad de dichos individuos. El grupo focal al cual va dirigida la investigación, son personas con un conocimiento general de lectura y escritura de lenguaje español, esto debido a que en la etapa inicial se utilizan otros medios para la alfabetización. Las pruebas se enfocan a demostrar la fiabilidad del dispositivo a nivel hardware y software para emitir un sonido y mostrar visualmente cualquier letra del abecedario y números básicos naturales.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos que, en conjunto, cumplirían con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se puede referenciar estos procedimientos en la Figura 3. [1] [5] [6] [9]

- A. Análisis de métodos enseñanza lenguaje braille.
- B. Diseño mecánico, eléctrico-electrónico del dispositivo.
- C. Programación del dispositivo.
- D. Pruebas y resultados.



Figura 3. Diagrama de procedimientos

### A. ANÁLISIS DE MÉTODOS DE ENSEÑANZA DEL LENGUAJE BRAILLE

El sistema Braille consta de una matriz de puntos de 3 filas, 6 columnas que describen un carácter, un signo o un número a través de 64 combinaciones diferentes. Al inicio fue utilizado con un enfoque netamente militar, para enviar mensajes que pudieran ser interpretados en la noche. [6] [10]

Entre los métodos de enseñanza del lenguaje Braille mayormente difundidos, se encuentran los siguientes: Alborada, Almazara, Pérgamo, Bliseo, Tomillo, Punto a Punto, A Punto, Alameda. Cada método tiene diferentes factores que inciden en la capacidad lectora: la motivación, los estímulos lectores, la edad de comienzo de la lectura, el apoyo que se encuentra en el entorno y la metodología empleada. El método usado en el sistema es el Bliseo, está basado en la secuencia del alfabeto. Define una secuencia colocando las letras primero, de la 'a' a la 'j', con la combinación de los puntos 1,2,4,5; segundo de la letra 'k' hasta la 't' excepto la ñ, añade a la combinación el punto 3; por último, desde la letra 'u' a la 'z', añade a la combinación el punto 6. La siguiente fila se coloca desde el número '0' hasta el número '9', su distribución de puntos es la misma de las primeras 10 letras del alfabeto. [5] [7] [11] [12]

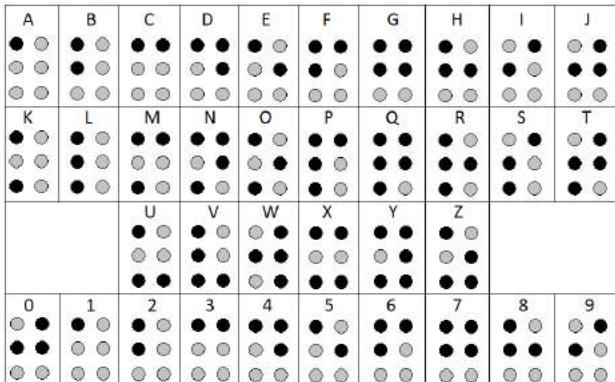


Figura 4. Distribución de letras y números, método Bliseo.

## B. DISEÑO MECÁNICO, ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO DEL DISPOSITIVO.

### 1) Los usuarios del sistema electrónico:

El sistema electrónico se orienta a personas no videntes que hayan tenido una enseñanza previa de los signos puntuales de letras y números en el sistema braille, para los infantes será recomendable a partir de una edad mental de 6 años y medio aproximadamente. [5]

### 2) Diseño de las teclas para el sistema electrónico.

La matriz de puntos que generan el código Braille, en una posición inicial sin relieve, toma el nombre de "signo generador", celdilla o cajetín, sus medidas están estandarizadas y su altura es de 5mm, mientras que su ancho está en 2.5mm; tomando en cuenta los centros de las circunferencias en los extremos, como lo muestra la Figura 5. [5]

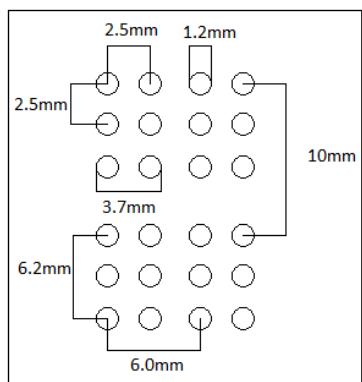


Figura 5. Dimensiones normalizadas de las celdas en la separación de puntos. [5]

Según estudios previos, se recomienda las dimensiones superiores a 5x3 mm para una mejor comprensión de la persona con discapacidad visual, se diseñó cada tecla del sistema electrónico con las dimensiones ilustradas en la Figura 6.

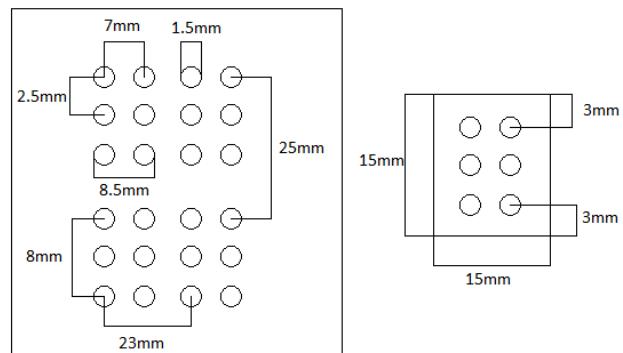


Figura 6. Dimensiones de cada tecla y las celdas del sistema

Las dimensiones establecidas en la Figura 6, fueron seleccionadas debido a que una tecla puede adaptarse con facilidad a la falangeta del dedo índice y permite una mejor palpación y comprensión del símbolo. Para la elaboración de la tecla se consideró un material resistente, liviano y liso, siendo el acrílico, el más adecuado. Una vez recortadas las teclas con su correspondiente medida, se procedió a plasmar el código Braille de cada símbolo con ayuda de objetos circulares adheridos, obteniendo como resultados las estructuras indicadas en la Figura 7.

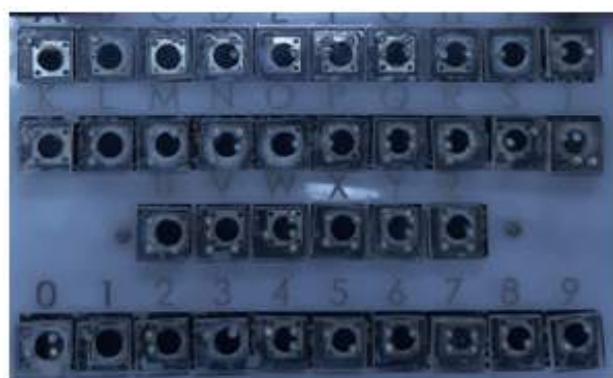


Figura 7. Teclas en código braille

En la Figura 8 se observa el diseño del dispositivo, también se aprecian recuadros de diferentes botones y cada una de las partes del equipo.



Figura 8. Diseño del dispositivo con sus partes.

### 1) Eléctrico-Electrónico:

El sistema electrónico está formado por varios subsistemas, los mismos que se presentan a través de diagrama de bloques que especifica cada una de las etapas que conforman el sistema, como se ilustra en la Figura 9.

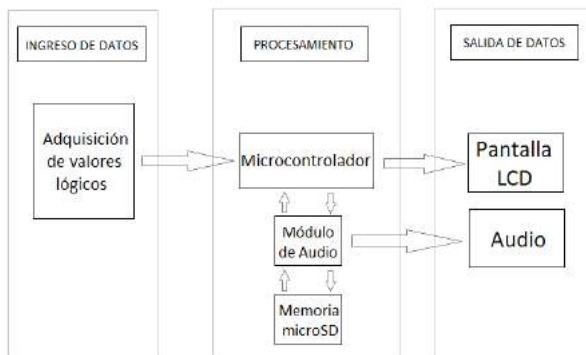


Figura 9. Diagrama en bloques del sistema electrónico.

Las señales digitales obtenidas a través de los interruptores son conectadas a su correspondiente diodo LED indicador; esto con el fin de obtener certidumbre de que el interruptor opera correctamente y, a su vez, que funcionará como indicador visual para el tutor o la persona encargada.

En la Figura 10 se aprecia el diagrama esquemático de bloques que representa la implementación de pulsantes, interruptores y sensores; los valores lógicos ingresan al microprocesador y son interpretados mediante

programación y de esta manera se obtienen las diversas funciones del sistema.

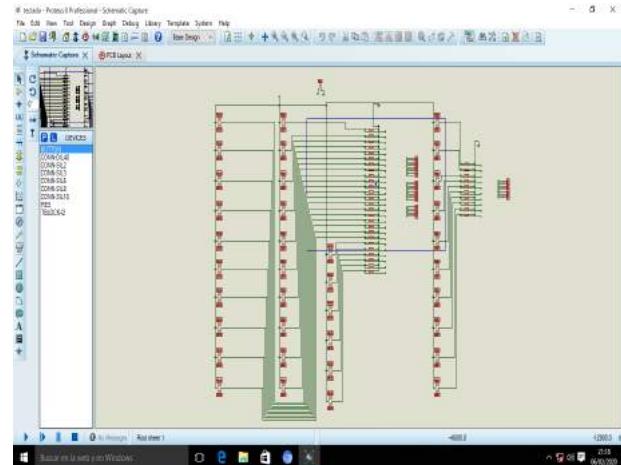


Figura 10. Diagrama esquemático bloque adquisición de valores lógicos

La placa de circuito impreso para la adquisición de datos a partir de los botones se aprecia en la Figura 11.

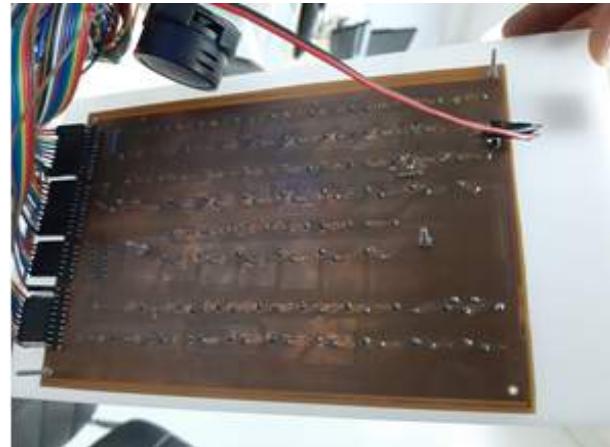


Figura 11. Placa de circuito impreso

El bloque de módulo de audio cuenta además con un sistema de amplificación, permite la lectura y escritura de los ficheros almacenados en la memoria microSD. Los elementos que conforman este bloque se observan en la Figura 12, Figura 13 y Figura 14.

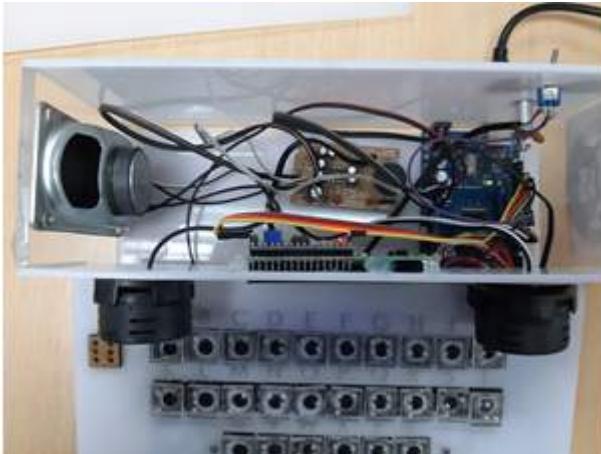


Figura 12. Ubicación de las placas en la zona de aprendizaje



Figura 13. Módulo de audio



Figura 14. Memoria microSD

El sistema permite la salida del audio a través de parlantes de bocina interna y por medio de auriculares. El botón de control, el conector de salida de audio y el de alimentación se pueden observar en la Figura 16.



Figura 15. Vista interior encendido y selección de audio



Figura 16. Señalización del encendido y selección del audio.

Para el ingreso de datos del sistema electrónico, los modos de operación se ejecutan de manera excluyente, es decir, cuando la zona de lectura está activada, la zona de escritura se encuentra inhabilitada, o viceversa. Los botones, el display y los parlantes se aprecian en la Figura 17, Figura 18.



Figura 17. Ubicación bocinas y pantalla LCD



Figura 18. Colocación de las teclas y señalización

### C. PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO.

#### 1) Procesamiento de datos

El sistema está armado con los componentes principales como son Arduino Mega 2560, módulo

mp3 DF Player Mini, lector de memoria micro SD, parlantes y pulsadores.

## 2) Salida de información

La salida de datos se realiza por medio de la pantalla LCD y el sistema de audio.

Las funciones de este dispositivo han sido programadas en software libre mediante el IDE de Arduino. El software se basa en la lectura lógica de los pines del microcontrolador, que se encuentran en configuración Pull-Down, es decir, brinda un valor lógico de 0 en inactividad, y de 1 cuando hay presencia de voltaje en la entrada. Para realizar las comparaciones y el reconocimiento del símbolo correspondiente al carácter el envío de la información al arduino se realiza mediante las teclas de funciones antes mencionados en la implementación del hardware, donde el microcontrolador hace el procesamiento lógico de las señales entregadas por los sensores que se encuentran activados en el teclado definiendo qué botón se encuentra en estado activo para efectuar la respuesta de reproducción fonética correspondiente. En caso de formar un símbolo que no sea perteneciente a alguna letra o número del sistema Braille, el reproductor permanecerá en silencio. El diagrama de flujo y el proceso de lectura-escritura se observa en la Figura 19 y Figura 20.

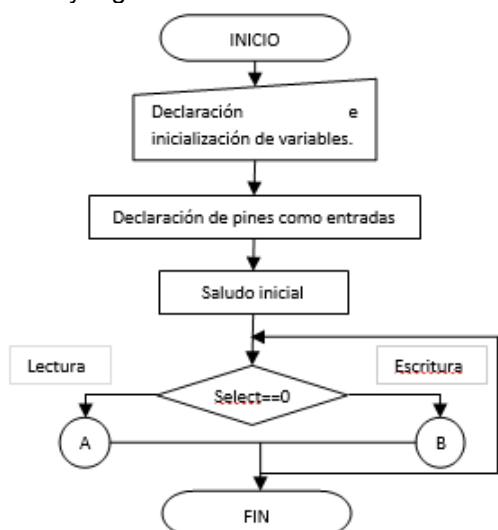


Figura 19. Diagrama de flujo del sistema electrónico

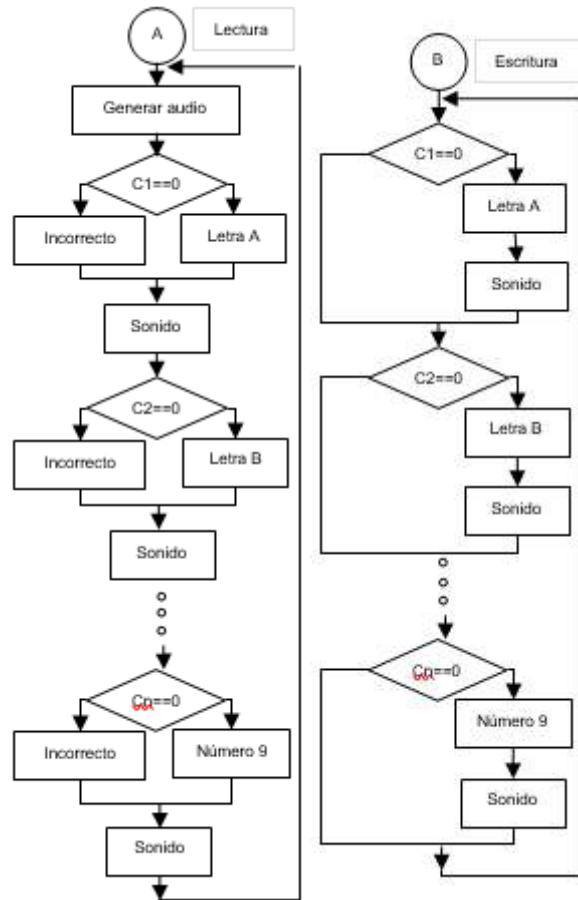


Figura 20. Proceso de lectura y escritura del sistema electrónico.

## 3. RESULTADOS

Para poder validar el sistema primero fue esencial efectuar una revisión de funcionalidad técnica, a través de pruebas a nivel hardware y software.

### 1) Prueba de Hardware

La placa PCB, Figura 21, donde se encuentran los sensores, brinda correctamente los valores lógicos respectivos ante la pulsación o no de los botones. Al medirlos en cada una de las salidas se obtiene un voltaje de 0V como cero lógicos y un voltaje de 5V como uno lógicos.

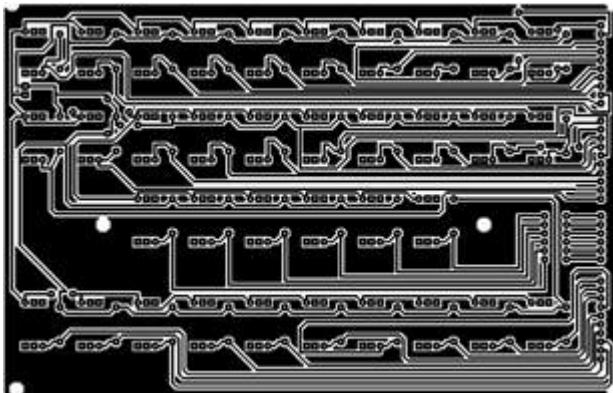


Figura 21. Placa PCB donde se colocan los botones de las letras y números.

## 2) Pruebas de software

Para las pruebas de software fue importante verificar que todos los audios funcionen correctamente, ya que si existiesen audios con formato erróneo o se llame a uno inexistente en la base de datos del sistema el dispositivo procederá a detener su funcionamiento hasta que se realice un reinicio, debido a que considera como error de programación; por esta razón se ha verificado el funcionamiento de todas las reproducciones fonéticas tanto en lectura como en escritura.

Las pruebas mencionadas se han efectuado a nivel hardware, verificando que se reproduzca el audio y se visualice la letra correspondiente al símbolo, de acuerdo a qué botón se encuentre en estado activo. Cada botón se oprime un total de 10 veces para determinar la fiabilidad del sistema, dando como resultado un reconocimiento total de los signos sin errores, por tanto, se ha logrado obtener una efectividad del 100% de programación.

Otro requerimiento importante del software es que ninguna función interrumpa el trabajo de otra por más de que esta haya sido activada; para esto se ha utilizado un recurso de programación denominado “banderas”, que impide que esto suceda. Se escoge de manera arbitraria 20 letras diferentes y se alternan las pulsaciones, este experimento se lo repite por 10 veces, no existiendo ningún error al verificar los resultados fonéticos ni visuales.

El porcentaje medio calculado de fiabilidad de los pulsadores de letras es un 100% en la parte visual y de 89,00% en la parte auditiva. El porcentaje

medio calculado de fiabilidad de los pulsadores de números es un 100% en la parte visual y un 91,00% en la parte auditiva. Los resultados son representados como porcentajes y se pueden apreciar en la Figura 22 y Figura 23.

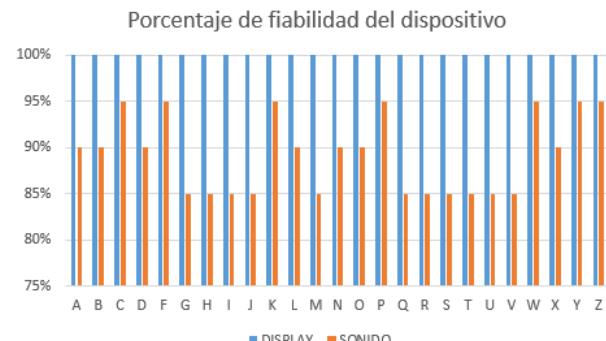


Figura 22. Porcentaje fiabilidad de los botones de letras

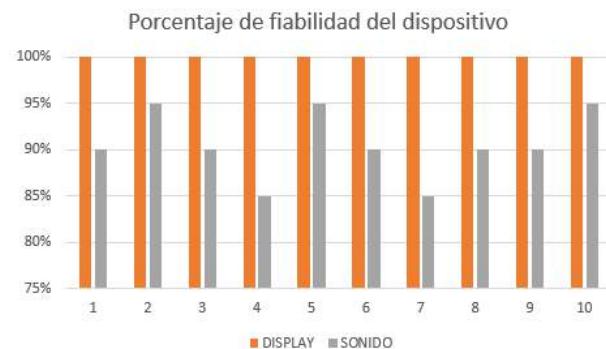


Figura 23. Porcentaje fiabilidad de los botones de números

## 4. CONCLUSIÓN

El desarrollo del presente proyecto permite disponer de una herramienta multimedia útil para la enseñanza-aprendizaje del alfabeto braille, tanto personas con discapacidades visuales, así como cualquier persona interesada en aprender el alfabeto inclusivo.

El dispositivo permite integrar la tecnología a la academia, para el proceso de enseñanza - aprendizaje de lenguajes inclusivos que faciliten la integración a las actividades de índole común a la población con limitación visual.

Las funcionalidades gráficas y auditivas trabajan correctamente, permitiendo reconocer los patrones y sonidos del alfabeto braille a cualquier persona. Se pueden implementar más acciones como preguntas generadoras, fases de aprendizaje entre otras, que futuros trabajos podría cubrir.

A través del trabajo interdisciplinario, el dispositivo mantiene las características ergonómicas para favorecer el proceso de aprendizaje según lo expuesto por docentes y estudiantes de Instituto de No videntes de Chimborazo.

El diagrama de flujo y procesos ofrece una vista panorámica de la estructura del sistema electrónico, permite integrar el hardware y el software de una manera óptima; por tanto, el dispositivo final resulta satisfactorio para implementación del método Bliseo de enseñanza del sistema Braille.

El porcentaje medio calculado de fiabilidad de cada símbolo es de 90% en la parte auditiva y de 100% en la parte visual, esto debido a que al grabar los sonidos no se lo realizó en una sala de grabación. Sin embargo, el porcentaje de fiabilidad tanto del reconocimiento de caracteres como de la reproducción fonética y visual, para cada símbolo en todas las funciones es del 100%, ya que la interpretación es la correcta en cada prueba que ha sido realizada. Con esto se puede concluir que el dispositivo es altamente fiable y puede ser empleado como herramienta en el área pedagógica.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ortega, T. E. Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte. [Ingeniería Tesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.

[2] Aimacaña, J. Espinosa, T. Pérez, D. Viteri, C.: Modelo nacional de gestión y atención para estudiantes con necesidades educativas especiales asociadas a la discapacidad de las instituciones de educación especializadas, Ministerio de Educación del Ecuador, Quito, 2018-2019.

[3] Cétares, A. Cortés, C. A. Silva, L. F. Sistema de Enseñanza del código braille para niños con

limitaciones visuales. [Ingeniería Thesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2005.

[4] Loza, O. P. Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2006.

[5] Aldaz, A. A. Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje braille a personas invidentes. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2016.

[6] Aucay, J. A. Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. 2016.

[7] Avendaño, C. Villa, F. E. Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad del Azuay, 2019.

[8] Muñoz, P. Giraldo, F. Herramienta educativa para el aprendizaje del sistema braille alfabético orientado a niños con discapacidad visual, construido en lego e implementado sobre una plataforma PSOC, Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad Tecnológica, 2017.

[9] Estrada, J. F. Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2018.

[10] DISCAPANET iniciativa para fomentar la integración social y laboral de las personas con discapacidad, cofinanciada por Fundación ONCE e ILUNION Tecnología y Accesibilidad. Disponible en: <https://www.discapnet.es/areas-tematicas/tecnologia-inclusiva/productos-de-apoyo/guias-tecnicas/el-alfabeto-braille> [consultado el 10 de agosto de 2019].

[11] Martínez, I. Polo, D. Guía didáctica para la lectoescritura braille. Organización Nacional de Ciegos Españoles, Madrid, 2004. ISBN 84-484-0149-2

[12] Simón, C. El desarrollo de los procesos básicos en la lectura braille. ONCE Organización

Nacional de Ciegos Españoles. ISBN: 84-87277-80-2.

[13] Hidalgo, S. Desarrollo e implementación de un software de ayuda en el aprendizaje de código braille, aplicando la tecnología visual 6.0, mediante un circuito electrónico conectado al puerto paralelo del computador, dirigido al instituto especial educativo de no videntes de Cotopaxi. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2012.

[14] Cervantes, M. A. Creación de un periódico utilizando el sistema Braille en Guayaquil. [Ingeniería Thesis]. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, 2013.

[15] Sánchez, E. M. Nela: Un entrenador de Braille para niños. [Ingeniería Thesis]. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, 2013.

[16] Fuentes, F. M. Diseño de imágenes para ciegos, material didáctico para niños con discapacidad visual. [PhD Thesis]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 2014.

[17] Borja, S. D. Diseño de un cuento con ilustraciones táctiles para fortalecer y optimizar el aprendizaje de los niños con discapacidad visual de 6 a 8 años en los centros de educación básica. [PhD Thesis]. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2014.

[18] Cevallos, P. S. Estudio del impacto de la utilización de software en la enseñanza del idioma inglés básico a personas con discapacidad visual. [PhD Thesis]. Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador se de Ambato. 2014.

[19] Pérez, C. F. Prototipo de una calculadora braille para personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2016.

[20] Impacto de las aplicaciones multimedia en el proceso enseñanza/aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual del Colegio Nacional Técnico “Leovigildo Loayza Loayza de la Ciudad de Piñas. [Ingeniería Thesis]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2016.

[21] Jácome, K. D. Diseño de material didáctico para el apoyo a la iniciación de la lectura braille para niños y niñas no videntes de tres a cuatro años del Instituto Especial “Mariana de Jesús. [Ingeniería Thesis]. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2017.

[22] Castellanos, J. Leyendas ecuatorianas en el desarrollo de las destrezas del inglés en estudiantes no videntes del Colegio Fiscomisional “Leonardo Ponce Pozo”. [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017.

[23] Ramos, J. S. Elaboración de un manual para Diseñadores Gráficos e Industriales sobre el proceso de etiquetado de productos nacionales para personas no videntes. [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad de las Américas, 2017.

[24] Castro, C. Módulo Electrónico de enseñanza del sistema braille para niños en la Federación de Ciegos Ecuatorianos Sede Quito. [Ingeniería Thesis]. Ambato: Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2018.

[25] Guzhñay, A. D. Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.

[26] García, C. G. Análisis sobre el uso de las tic's para personas con discapacidad visual en centro municipal “cuatro de enero”. [Ingeniería Thesis]. Cuenca: Universidad de Guayaquil, 2018.

[27] Aquino, S. P. García, V. Izquierdo, J. La inclusión educativa de ciegos y baja visión en el nivel superior. Un estudio de caso, Scielo, 2012, n.39, pp.01-21. ISSN 2007-7033.

[28] Pegalajar, M. Tiflotecnología e inclusión educativa: evaluación de sus posibilidades didácticas para el alumnado con discapacidad visual, Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID), 2013, pp.08-22. ISSN: 1989-2446.

[29] Educación Especial e Inclusión Educativa, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2016.

[30] Tecnologías de la información y la comunicación para la inclusión, Agencia Europea para el Desarrollo de la Educación del Alumnado con Necesidades Educativas Especiales, 2014. ISBN: 978-87-7110-486-8

[31] Esparza, A. L. Margain, L. Y. Álvarez, F.J. Benítez, E. I. Desarrollo y evaluación de un sistema interactivo para personas con discapacidad visual, Redalyc, 2018, n.41, pp.149-157.



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC LÁSER PARA GRABADO EN MADERA

## DESIGN AND MANUFACTURE OF A CNC LASER FOR ENGRAVING IN WOOD



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC LÁSER PARA GRABADO EN MADERA

## DESIGN AND MANUFACTURE OF A CNC LASER FOR ENGRAVING IN WOOD

Flores Andino Víctor Manuel<sup>1</sup>

Juan Carlos Chávez Cascante<sup>2</sup>

Cuadrado Flores Danny Israel<sup>3</sup>

Pilco Cali Daniela Gricela<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, victorfloresandino@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, juancarloschavezcascante@hotmail.com,

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, cuadrado\_danny1997@hotmail.com

<sup>4</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, danielagricelapilco18@outlook.com

### RESUMEN

Con la presente investigación se pretende diseñar y construir una máquina CNC en el Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros que permita controlar el movimiento de un cabezal láser para realizar el grabado de texto en la superficie de madera. A través de una investigación experimental se establece el mecanismo para el desplazamiento del cabezal en tres ejes del sistema cartesiano con el uso de bandas, rodamientos y poleas, calibrado a través de hardware y software para grabar los diseños creados en la superficie de la madera; la velocidad y la corriente son los factores a controlar en el proceso. La fiabilidad del prototipo se establece al verificar la calidad del grabado, estableciendo el nivel de nitidez y claridad del texto plasmado en la madera. Al utilizar el diodo led azul la calidad es similar a trabajos realizados por equipos comerciales y prototipos fabricados.

**Palabras clave:** CNC, G-Code, Inkscape, laser, tarjeta CNC.

### ABSTRACT

*The aim of this research is to design and build a CNC machine at the Carlos Cisneros Institute to control the movement of a laser head to engrave text on the wooden surface. Through an experimental research, the mechanism for the movement of the head in three axes of the Cartesian system has established the use of bands, bearings and pulleys. It was calibrated through hardware and software to engrave the designs created on the surface of the wood; speed and current are the factors that control the process. The reliability of the prototype is established by verifying the quality of the engraving, establishing the level of sharpness and clarity of the text captured on the wood. When using the blue LED diode, the quality is similar to the commercial equipment and manufacture prototypes.*

**Keywords:** CNC, G-Code, Inkscape, laser, CNC shield.

## 1. INTRODUCCIÓN

La problemática en las líneas de producción, demandan que se cumplan estándares que resultarían difíciles de implementar mediante métodos convencionales. Un referente en la evolución del desarrollo tecnológico fue el control numérico computarizado adoptado en la segunda revolución industrial. Es importante estudiar y conocer teórica y prácticamente el comportamiento de una máquina CNC y experimentar su uso en procesos de producción y control de calidad de productos. El uso de máquinas CNC tiene la ventaja de efectuar trayectos que manualmente serían difíciles de lograr. La característica principal del uso de dispositivos automatizados es realizar incisiones muy limpias y finas con mucha precisión. Las políticas tanto en la industria, así como en la academia es crear, desarrollar, implementar o adaptar mecanismos que permitan generar un grado de innovación en sus procesos, la adaptabilidad para el uso de tecnología permite acoplar las mejoras necesarias. [1] [2]

En el mercado se presentan algunos fabricantes de CNC, entre los que enumerar como los más utilizados FANUC, SIEMENS, HEIDENHAIN y FAGOR y MITSUBISHI. En la actualidad, es común el uso de la tecnología láser en entornos de oficina e incluso domésticos. Tanto los fabricantes industriales, así como pequeñas empresas, diseñadores de productos, creadores e incluso aficionados utilizan esta tecnología de grabado. A continuación, se presenta máquinas de grabado láser comerciales. [3] [4]

**Tabla 1.** Características de máquinas de grabado láser. [4]

Máquina de grabado láser	Tipo de láser	Área de trabajo (mm)	Potencia del láser
NEJE DK-8-KZ	CO2	42 x 42 x 76	1 000 mW 500 o
SuperCarver K2	CO2	38 x 38	1 000 mW
Mophorn	CO2	305 x 203	40 W
Orion Motor Tech	CO2	305 x 203	40 W
Cubiiio	Láser diodo azul	100 x 100	800 mW
Flux Delta+	CO2	170 (diámetro)	200 mW
Snapmaker	Láser diodo azul	125 x 125	200 mW
TEN-HIGH de 40 W	CO2	380 x 280	40 W
Emblaser 2	Diodo de estado sólido	500 x 300	5 W+

Glowforge Plus	CO2	508 x 457	45 W
ZMorph VX	Láser diodo azul	250 x 235 x 165	2 800 mW
Dremel	CO2	455 x 305	40 W
Digilab LC40	Fibra	N/A	30 W
Triumph			
Epilog Zing 16	CO2	406 x 305	30/40 W

Una máquina de grabado fabricada, está compuesta principalmente por el láser ya sea de CO2 o de diodo azul. La estructura y el sistema de desplazamiento se constituye por perfiles de aluminio, acrílico, bandas dentadas, rodamientos y poleas para su desplazamiento en dos y tres ejes XY y XYZ respectivamente. El sistema electrónico dispone de elementos como driver, tarjetas de control, servomotores y fuente de energía. [1] [2] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13]

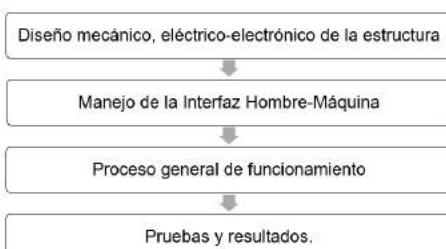
Con el uso de programas vectoriales es posible crear dibujos, que posteriormente generan un fichero codificado con códigos G. El archivo contiene las coordenadas que el hardware y software controlador los interpreta y mueve el cabezal láser para grabar o mecanizar el dibujo. [14] [15] [16] [17]

## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El proyecto toma como base una metodología de investigación experimental en donde se estudia las condiciones particulares de desplazamiento en un sistema cartesiano de tres coordenadas aplicados al movimiento de bandas, rodamientos y poleas y el control del mismo a través de un dispositivo electrónico. Para realizar las pruebas se establece una cierta cantidad de piezas de madera que son el objeto y población de estudio en la cual se plasma el grabado. Se comprueba la calidad del grabado final en la superficie al variar la distancia del cabezal láser en su eje Z.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos y etapas, que, en conjunto, cumplen con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se referencia estos procedimientos en la **Figura 1**.

- Diseño mecánico, eléctrico-electrónico de la estructura.
- Manejo de la Interfaz Hombre-Máquina
- Proceso general de funcionamiento
- Pruebas y resultados

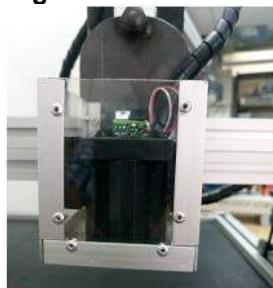


**Figura 1.** Diagrama de procedimientos

#### A. DISEÑO MECÁNICO, ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO DE LA ESTRUCTURA

##### 1) Cabezal láser:

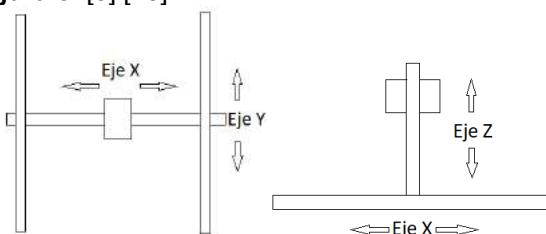
El proceso grabado es factible debido a la luz generada por el láser que se focaliza en punto determinado. Sus características son: potencia de 35W, longitud de onda 445nm láser azul, voltaje de 12vcc, corriente 1.3A, forma de haz punto enfocable, ver **Figura 2**.



**Figura 2.** Cabezal láser.

##### 2) Diseño Mecánico:

La máquina CNC dispone de un sistema mecánico de tipo cartesiano con movilidad tridimensional. La estructura contiene las consideraciones necesarias para el funcionamiento de sistemas CNC, ver **Figura 3.** [3] [15]



**Figura 3.** Sistema cartesiano

El sistema cartesiano cuenta con dos ejes de movimiento (X, Y), el eje X dispone de cuatro ruedas, como se muestra en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Eje línea X

El cabezal se moviliza lateralmente en el eje Y, contiene dos ruedas como se muestra en la **Figura 5**.



**Figura 5.** Eje línea Y

El eje Z permite modificar la distancia vertical del cabezal láser, dispone de dos ruedas como se observa en la **Figura 6**.



**Figura 6.** Eje línea Z

La máquina en su totalidad se observa en la **Figura 7**.

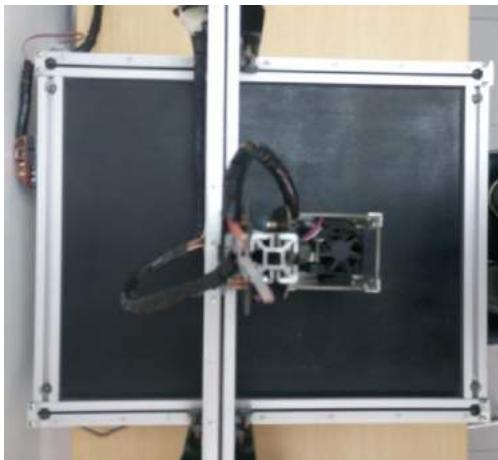


Figura 7. Máquina CNC de corte láser.

### 3) Eléctrico-electrónico:

Para el diseño eléctrico y electrónico se consideró elementos obtenidos del reciclaje de impresoras como motores paso a paso, bandas dentadas, fuentes de poder, cables y conectores. El circuito electrónico cuenta con una tarjeta arduino UNO en la cual se carga y modifica el programa de acuerdo a los requerimientos de la máquina CNC. Para el sistema de control se utilizó hardware y software libre, debido al costo y la fácil programación del código fuente; alcanzando de esta forma disponer de una máquina personalizada, la tarjeta Arduino UNO, se acopla el CNC Shield y un driver A4988 para el control de los servomotores por cada eje, ver **Figura 8.** [15]

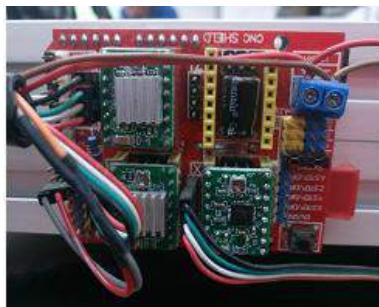


Figura 8. Shield CNC y driver A4988

Conectados los elementos electrónicos se configura los drives determinando los pasos en los motores calculando la corriente y voltaje debido. [15]

$$ITripMax = \frac{Vref}{8 * Rs} \quad (1)$$

$ITripMax$  = Corriente máxima (A)  
 $Vref$  = Voltaje de referencia  
 $Rs$  = Resistencia ( $\Omega$ )

Para hallar el voltaje de referencia, se despeja  $Vref$  de la formula.

$$Vref = ITripMax * (8xRs) \quad (2)$$

La corriente máxima de los motores es de 400 mili amperios y la sensibilidad de la resistencia en los drives A4988 se representa en ohmios, en este caso es de  $0,1\Omega$ .

$$Vref = 0.4 * (8x0.1)$$

$$Vref = 32V$$

El voltaje de referencia será de 0,32, pero como se va a utilizar pasos completos se debe limitarla al 70%.

$$Vref = 0,32 * 0,7$$

$$Vref = 0,224$$

El driver A4988 se regula con un trimmer, el valor del voltaje de referencia final es de 0.224 V.

Para configurar los pasos de los motores, los cuales están configurados con 200 pasos X 0,8 mm, seria calcularlos para que avance 10 mm, es necesario realizar una regla de 3.

$$200 \text{ pasos} \rightarrow 0,8\text{mm}$$

$$X \rightarrow 10\text{mm}$$

$$X = 200 * 100,8$$

$$X = 2500 \text{ pasos}$$

## A. MANEJO DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

Se utilizó los diferentes programas como son:

- XLoader v1.00: Este programa sirve para flashear sobre el microcontrolador de Arduino UNO el firmware para comunicarse con la Shield CNC.
- Inkscape: El software permite generar un archivo con códigos G a partir del diseño previamente realizado.
- Universal Gcode Sender v 2.0 (UGS): Este programa se usa para configurar la máquina, además de enviar los gcode que se haya generado con Inkscape.
- LaserGRBL: Este es un software que permite importar imágenes, ajustar tonos, “vectorizar” y directamente imprimir con el

láser, además ajusta los valores de la máquina.

### 1) Generación de códigos G

El programa utilizado para generar los códigos G es Inkscape. Es posible vectorizar imágenes, texto u otro elemento que se cree con el software.

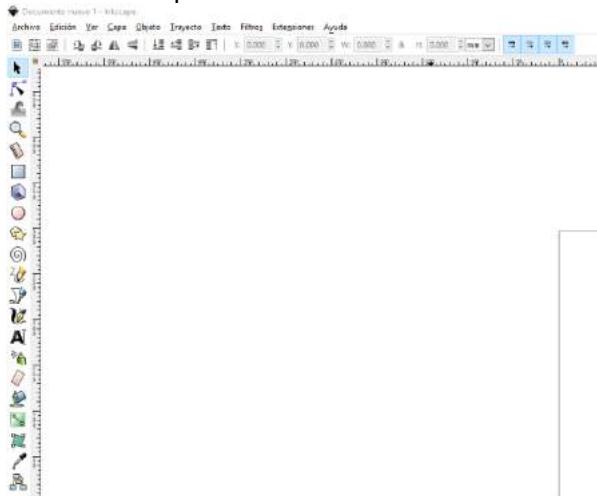


Figura 9. Software Inkscape

Se procede a escribir un texto, en este caso será “TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS”. Ver Figura 10.

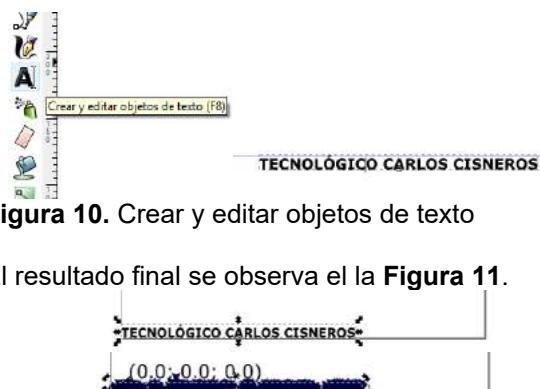


Figura 10. Crear y editar objetos de texto

El resultado final se observa en la Figura 11.

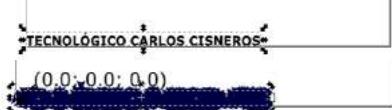


Figura 11. Texto Vectorizado, generado los códigos G.

### B. PROCESO GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

**Comunicación Maquina – Ordenador:** Se utilizó el programa Universal Gcode Sender v2.0 para las pruebas en la maquina CNC. Está basado en Java, Carga los archivos Gcode y controla que a su vez se comunica entre la máquina CNC a través de las tarjetas Arduino y CNC Shield enviando pulsos a los motores, por cada pulso un paso.

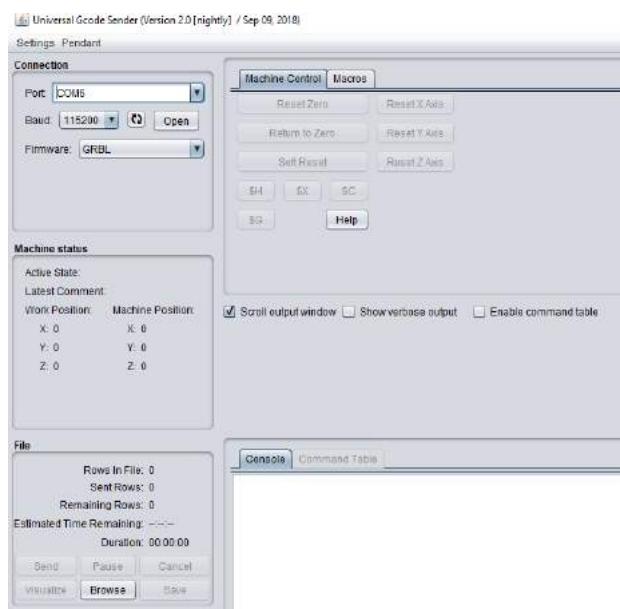


Figura 12. Software Gcode Sender v2.0

Los parámetros para configurar los códigos G se realiza a través de una serie de comandos esto lo realiza el programa Universal Gcode Sender, regula las distancias del diseño con los pasos de los motores para establecer el tamaño exacto del diseño o texto. Ver Figura 13.



Figura 13. Parámetros a configurar en el software

Para el proceso se busca el archivo generado a través del software Inkscape. Se puede visualizar la imagen vectorizada antes de proceder a grabar en la madera, ver Figura 14 y Figura 15.



Figura 14. Imagen vectorizada.

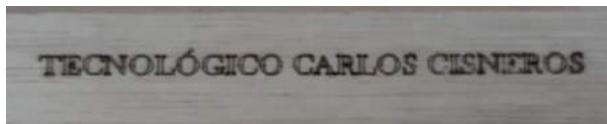


Figura 15. Texto grabado en la madera.

### 3. RESULTADOS

Para determinar el correcto funcionamiento se comprobó el grabado a diferentes distancias calibradas en el eje Z, desde la mira del láser hacia la parte superior de la superficie de la madera, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Distancias definidas en el eje Z.

Distancia	Grabado
50mm	Grabado 1
40mm	Grabado 2
30mm	Grabado 3
20mm	Grabado 4

La potencia del láser se configuró a una potencia baja de 35W, asegurando que el haz de luz no corte la madera. En la **Figura 16**, se aprecia el grabado del texto calibrado a las distancias expuestas en la Tabla 2.

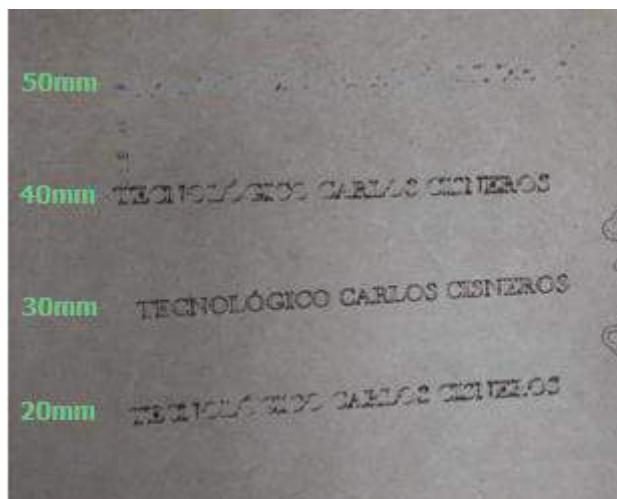


Figura 16. Texto grabado en la madera calibrado a diferentes distancias del eje Z.

### 4. CONCLUSIÓN

El prototipo desarrollado cuenta con 2 ejes ortogonales X, Y además de un eje Z. La movilidad del cabezal láser lo controla el módulo arduino UNO, la shield CNC y el driver A4988, los cuales

activan el movimiento de los cuatro motores paso a paso. Las calibraciones de los pasos tanto a nivel hardware, así como software permiten plasmar el diseño creado en la práctica a través del nivel de calidad del grabado.

Se utilizó el software Inkscape y Universal Gcode Sender para realizar los diseños, generación de los códigos G y calibrar los parámetros de movimiento y trayectoria del prototipo través del sistema operativo Windows 10.

Se escogió perfiles de aluminio para la construcción de la estructura, debido a constitución, permitiendo la adecuación de las bandas y rodamiento para desplazar el cabezal láser.

En comparativa con otras máquinas existentes en el mercado y prototipos realizados en distintas investigaciones se escogió el diodo láser azul en vez de un CO<sub>2</sub>, debido a su mejor operatividad y menor impacto en el medio ambiente.

La potencia del láser es de 35W, útil para la realización de grabados, dispositivos con más potencia permiten realizar el corte de materiales como maderas, acrílico o cuero. El material que se coloca puede ocasionar efectos de reflexión por lo cual se debe tener las debidas precauciones ya que puede ocasionar accidentes.

La velocidad es un factor importante en la construcción de una maquina CNC de grabado a laser, se debe tomar en cuenta la dimensión lo que explica que a menor velocidad mayor calidad y nitidez en la resolución; esto en el caso de grabado en madera fina con un grosor de 2 mm y a una velocidad de 250rpm lo que va proporcionando buenos acabados. Otro factor a tomar en cuenta es el aumento brusco de la intensidad durante el proceso de grabado porque genera una evaporación agresiva lo cual deja manchas en la superficie del grabado terminado con un grabado de baja calidad.

Al modificar la distancia del eje focal del cabezal láser, se producen diferentes efectos en la superficie de la madera, como quemaduras o leves hendiduras a distancias más cortas o lejanas respectivamente. Utilizando técnicas de observación e instrumentos de registro documental y fotográfico se determina que la mejor calidad posible, sin existir imperfecciones, quemaduras o cortes en la madera es definir la distancia del eje X del cabezal láser a la superficie a grabar en 30mm.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ortega, C. A. Sistema CNC de Corte por Láser [Ingeniería Thesis]. México, DF: Instituto Politécnico Nacional, 2008.
- [2] Gavilema, C. P. Construcción de un prototipo CNC de grabado laser para optimizar el tiempo de producción gráfica en madera y cuero en el laboratorio de robótica de la Universidad Técnica Cotopaxi periodo 2016. [Ingeniería Thesis]. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2016.
- [3] Octavio Maciel Dinorin. Historia, Evolución y Tendencias del CNC - Manufactura Asistida por Computadora. Disponible en: <https://xdocs.net/documents/historia-del-cnc-5cc60657a09ad> [consultado el 20 de octubre de 2019]
- [4] Max von Über. Las 14 mejores máquinas de grabado láser de 2020. Disponible en: <https://all3dp.com/es/1/maquina-grabado-laser-grabador-laser/> [consultado el 20 de febrero de 2020]
- [5] Padilla, R. Diseño y construcción de una cortador láser para papel con interfaz gráfica. [Ingeniería Thesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [6] Castro, A. P. Diseño y construcción de una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO<sub>2</sub>, implementado con hardware y software de uso libre como sistema de control. [Ingeniería Thesis]. Latacunga, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [7] Maldonado, F. Vargas, N. Diseño y construcción de una cortadora CNC para fomix y sus derivados. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [8] Guamán, D. Castro, A. Terán, H. Trávez, W. Diseño y construcción de una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO<sub>2</sub>, implementado con hardware y software de uso libre como Sistema de control, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [9] Balladares, C. Vásquez, W. Diseño y construcción de un prototipo de cortadora por láser de dióxido de carbono con control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE Extensión Latacunga. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [10] Hurtado, F. J. Diseño y construcción de una máquina de control numérico por corte CO<sub>2</sub> láser de 40 watts para acrílico de hasta 4 mm. [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2014.
- [11] Fuentes, J. D. Méndez, M. A. Muñoz, J. A. Romero, F. A. Moreno, S. P. Diseño y construcción de un prototipo de máquina tipo cartesiano para corte y grabado láser en papel. [Ingeniería Thesis]. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2015.
- [12] Riquelme, M. Diseño y fabricación de una fresadora CNC de 3 ejes para el mecanizado de PCB con plataformas de desarrollo abiertas. [Ingeniería Thesis]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2014.
- [13] León, P. Aguilar, D. Maldonado, F. Vargas, N. Fernández, C. Foamy CNC Laser Cutting Machine, IEEE, 2016.
- [14] Campoverde, J. F. y Obando, C. Máquina CNC (Control Numérico Computarizado) de 3 ejes para el grabado de placas conmemorativas, Universidad técnica del Norte, 2017.
- [15] De la hoz, J. A. Díaz, J. A. Pacheco, G. Ortega, F. Ochoa C. Implementación de máquina CNC para la fabricación de placas PCB'S usando hardware libre (open-hardware), Universidad Simón Bolívar, 2018.
- [16] Rodríguez, C. Trabajo técnico diseño y fabricación de máquina de grabado y corte láser CNC. [Ingeniería Thesis]. Almería, España: Universidad de Almería, 2017.
- [17] Roberto Sanz Benito. Diseño y fabricación de una máquina CNC con Arduino y Software. Disponible en: <https://www.slideshare.net/RobeSanz/diseo-y-fabricacion-de-una-mquina-cnc-con-arduino-y-software-libre> [consultado el 20 de octubre de 2019]



# INSTALACIÓN DE UN MOTOR ELÉCTRICO PARA PROPULSIÓN DE UN VEHÍCULO Y ACOPLÉ A SU SISTEMA DE TRANSMISIÓN

## INSTALLATION OF AN ELECTRIC MOTOR FOR PROPULSION OF A VEHICLE AND COUPLING ITS TRANSMISSION



# INSTALACIÓN DE UN MOTOR ELÉCTRICO PARA PROPULSIÓN DE UN VEHÍCULO Y ACOPLÉ A SU SISTEMA DE TRANSMISIÓN

## INSTALLATION OF AN ELECTRIC MOTOR FOR PROPULSION OF A VEHICLE AND COUPLING ITS TRANSMISSION

Alvarado Cadena Jorge Roberto<sup>1</sup>

Valverde Erazo Fabián Alejandro<sup>2</sup>

Valverde Erazo Carlos Marcelo<sup>3</sup>

Ortiz Avila Jorge Steven<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IST Carlos Cisneros, Ecuador, jorgerobertoalvarado@gmail.com

<sup>2</sup> IST Carlos Cisneros, Ecuador, valverdefabian68@yahoo.es

<sup>3</sup> IST Carlos Cisneros, Ecuador, cvalverde@gmail.com

<sup>4</sup> IST Carlos Cisneros, Ecuador, eltiven21@gmail.com

### RESUMEN

En el presente artículo se hace una revisión del proceso ejecutado en el IST Carlos Cisneros para la correcta implementación de un sistema eléctrico de tracción para convertir un vehículo que originalmente poseía un motor de combustión interna a eléctrico, con el propósito de explorar sobre la aplicación de nuevas tecnologías en el campo de la movilidad. La metodología usada está basada en documentación de trabajos afines y la adaptación de esos resultados para la aplicación práctica ajustada a la realidad del IST Carlos Cisneros, sus estudiantes y profesores. Además, se hace una breve exploración de los distintos componentes que conforman un vehículo eléctrico, así como características técnicas de los mismos. También se revisa las consideraciones que se deben hacer para dimensionamiento de estos componentes para un proceso de conversión a vehículo eléctrico; también se habla de cómo se ha realizado la instalación de los mismos, las pruebas de funcionamiento realizadas y los resultados obtenidos. Mismos que se pueden resumir en un adecuado funcionamiento del vehículo convertido a eléctrico, y que su velocidad máxima es de 53 Km/h por lo que su uso será solamente para recorridos urbanos.

**Palabras clave:** conversión de propulsión, vehículo eléctrico, acople a la transmisión.

### ABSTRACT

*This article reviews the process executed at the IST Carlos Cisneros for the correct implementation of an electric traction system to convert a vehicle that originally had an internal combustion engine to an electric one, with the purpose of explore the application of new technologies in the field of mobility. The methodology used is based on documentation of related works and the adaptation of these results for practical application adjusted to the reality of IST Carlos Cisneros, its students and teachers. In addition, a brief exploration of the different components that make up an electric vehicle is made, as well as their technical characteristics. It also reviews the considerations that must be made for sizing these components for an electric vehicle conversion process; It also talks about how they have been installed, the performance tests carried out and the results obtained. The same that can be summed up in the proper operation of the vehicle converted to electric, and that its maximum speed is 53 km / h, so its use will only be for urban routes.*

**Keywords:** powertrain conversion, electric vehicle, transmission coupling

## 1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial hacia la masificación de sistemas de transporte no contaminantes, que den prioridad al uso de fuentes de energía renovable, nos exige como sociedad y aún más si estamos inmersos en los campos de la ingeniería, la ciencia y la educación a dar nuestro aporte hacia este objetivo.

Esta tendencia es un reflejo de lo que actualmente parece innegable, un cambio climático a escala global que se espera sea reversible y además la bien conocida futura escasez de combustibles derivados del petróleo. Este efecto climático es en parte producido por las emisiones contaminantes de los motores de combustión presentes en la mayor parte de nuestros medios de transporte; un aporte importante para la atenuación de estos efectos lo deben hacer las nuevas tecnologías aplicadas en el transporte, una de estas tecnologías es la electrificación de los sistemas de movilidad y la priorización de los mismos sobre los sistemas convencionales, en este sentido es que varias capitales europeas incluso han restringido el acceso vehicular a zonas céntricas en horas pico, dando prioridad a vehículos eléctricos y los catalogados como cero emisiones.

En este contexto existen estudios de viabilidad técnica y económica para la implementación de sistemas de transporte público con autos eléctricos en las ciudades de Quito y Cuenca [1][2][3]. Estos estudios muestran que la aceptación de nuevos medios de transporte eléctricos es buena y además como factor técnico estaría que la carga sobre la red eléctrica sería baja si se realiza la recarga de los mismos en horas valle de demanda [1]; Además este incremento de demanda está contemplado en el Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2023 [4].

Además de lo mencionado anteriormente, los sistemas eléctricos de tracción vehicular son relativamente simples de implementar y la tecnología empleada está bastante desarrollada, inclusive la relacionada a las baterías; esto hace que la conversión de un vehículo, originalmente con motor de combustión interna, a vehículo 100% eléctrico sea factible; existiendo varios proyectos de diseño, implementación y análisis de parámetros de operación dentro del Ecuador para vehículos convertidos a eléctricos [5][6]; además de existir varias empresas a nivel de Sudamérica que ofrecen servicios de capacitación, asesoría y equipos para

realizar la conversión de vehículos. El objetivo primordial del proyecto de conversión de un vehículo al cual hace referencia el presente artículo es como una valiosa herramienta de estudio de los sistemas de transporte basados en el uso de electricidad como fuente principal de energía, del mismo modo para verificar las probables complicaciones del proceso de conversión, además, para poder realizar estudios posteriores como son tiempos de recarga, autonomía real, nivel de descarga de las baterías en distintos tipos de recorrido, todo esto aplicado en un vehículo que ha sido convertido a eléctrico.

## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para el presente trabajo se ha tomado una metodología basada en la investigación documental de trabajos de diseño e implementación realizados y en base a estos realizar el desarrollo por etapas de la implementación, basada en las hojas de datos y las recomendaciones de los fabricantes de cada componente. Ésta metodología, adaptada a nuestra realidad, nos asegura una finalización exitosa del proyecto; mismo que se ha dividido en una serie de fases para su desarrollo:

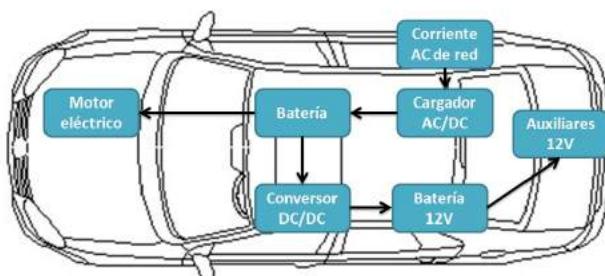
- A. Consideraciones para dimensionamiento y selección de componentes.
- B. Preparación mecánica del vehículo.
- C. Instalación de componentes, eléctricos y electrónicos.
- D. Otras consideraciones mecánicas.
- E. Etapa de pruebas y ajustes.

### A. CONSIDERACIONES PARA DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

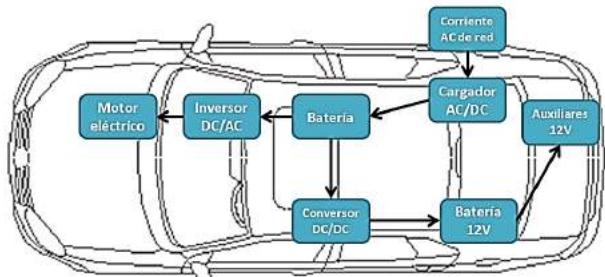
Para contextualizar la primera fase desarrollada, se debe hablar sobre cuáles son de manera general los distintos elementos de un vehículo eléctrico; como se muestran en la Figura 1 los componentes para un vehículo eléctrico con uno o varios motores de corriente directa (DC) y en la Figura 2 para un vehículo con uno o varios motores de corriente alterna (AC).

Se puede decir que el componente principal de un vehículo es el motor y al hablar de motores eléctricos existen dos tecnologías con diferencias bien marcadas, motores de corriente alterna (AC) y motores de corriente directa (DC). La diferencia de un vehículo con motores DC y un vehículo con

motores AC radica en que el motor DC puede hacer uso de la energía almacenada en las baterías directamente, mientras que un motor AC requiere que la energía almacenada en las baterías sea transformada a una señal trifásica de AC mediante un inversor. En la actualidad la tecnología más usada en vehículos eléctricos ya que presenta los mejores beneficios en relación a sencillez, robustez y fácil mantenimiento son los motores AC asíncronos tipo jaula de ardilla [4][6][8]. Éste aspecto entre otros son los que se ha considerado para la selección de componentes adecuados para realizar una conversión a 100% eléctrico, que se analizan a continuación.



**Figura 1.** Componentes para un vehículo eléctrico con motores DC. Fuente: ENDESA educa [7]



**Figura 2.** Componentes para un vehículo eléctrico con motores AC. Fuente: ENDESA educa [7]

El punto de partida para la conversión, es un análisis de las características del vehículo a convertir y el uso que se dará al mismo; de estas dependerá la selección del resto de componentes. Dentro de estas consideraciones a realizar son: peso del vehículo en vacío, carga útil, velocidad máxima requerida, potencia y autonomía.

El vehículo es un Mitsubishi Minicab de tercera generación, que a nivel de Sudamérica únicamente se vendió en Chile bajo el nombre de Mitsubishi

L100 Van, cuyas características se detallan en la Tabla 1. [9][12]

El estado inicial del vehículo se puede apreciar en la Figura 3. El vehículo que fue adquirido en una mecánica estaba un tiempo indeterminado sin uso y expuesto a los efectos de la intemperie, lo que había ocasionado daños mecánicos y de carrocería.

**Tabla 1.** Características de la Mitsubishi Minicab de tercera generación [9]

Característica	Valor [unidad de medida]
Peso en vacío	880 Kg
Peso máximo	1100 Kg
Largo total	3000 mm
Ancho total	1410 mm
Cilindrada	640 cc
Potencia máxima	33 cv



**Figura 3.** Vehículo Mitsubishi Minicab antes de la conversión.

El uso principal para el vehículo una vez convertido a eléctrico, se ha considerado que sería para transporte de equipos, herramientas y personas dentro de recorridos urbanos solamente. Debido a estas características mencionadas se requiere una velocidad máxima de 50 Km/h que es lo que la ley vigente de tránsito permite en Ecuador en zonas urbanas; por otro lado, la autonomía depende directamente de la capacidad del banco de baterías y además de otros factores como son topografía del terreno por el cual se circula, velocidad, estilo de conducción y, accesorios de confort y entretenimiento que se usen durante el recorrido.

## B. PREPARACIÓN MECÁNICA DEL VEHÍCULO

Como parte de los trabajos mecánicos realizados para la preparación del vehículo, se encuentran:

retirar el motor de combustión, retirar el sistema de escape, trabajo completo de latonería y pintura, reparación de frenos y suspensión, limpieza de todos los componentes de la transmisión, además, de trabajos de tapicería y revisión de todo el sistema eléctrico.

Como parte de los trabajos mecánicos está la construcción de nuevas bases para el motor eléctrico, además como el vehículo mantiene la caja de cambios original, se manufacturó un sistema de acople entre el motor eléctrico y la caja de cambios; este sistema de acople está basado en la adaptación de un cubo de rueda (manzana de rueda) para que trabaje con el sistema de embrague convencional, para este sistema de acople no se han realizado cálculos, su construcción e implementación se basó en prueba y error, en la figura 4 puede apreciarse una parte de este sistema de acople y en la figura 5 se aprecia el motor eléctrico acoplado a la caja de cambios, mediante el sistema implementado.



**Figura 4.** Parte del acople para la caja de cambios al motor eléctrico

Para el sistema de acople fue necesario la modificación y adaptación del sistema de embrague con plato de presión y volante de inercia con el fin de que el vehículo pueda mantener la caja de cambios original, de cuatro velocidades y reversa.



**Figura 5.** Motor eléctrico acoplado a la caja de cambios

Como fase final de los trabajos mecánicos, se realizó el montaje del motor eléctrico y caja en el vehículo.



**Figura 6.** Estado del vehículo al finalizar los trabajos mecánicos

### C. COMPONENTES, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS Y SU INSTALACIÓN

El motor eléctrico que fue utilizado, es un motor AC asincrónico del tipo jaula de ardilla, se aprecia en la figura 7 y tiene las características que se detallan en la Tabla 2; es un motor de la marca HEPU Power Technology, que es fabricante de motores eléctricos, controladores y trenes motrices para sistemas de tracción para toda clase de vehículos eléctricos [10].

**Tabla 2.** Características del motor eléctrico [11]

Característica	Valor [unidad de medida]
Marca	HEPU
Modelo	HPQ7.5YBE-72
Potencia nominal	7,5 KW
Velocidad nominal	3000 rpm
Velocidad máxima	6800 rpm
Voltaje de operación	72 VAC
Fases	3
Corriente nominal	130 A
Frecuencia	102 Hz
Torque nominal	23,9 N.m



**Figura 7.** Motor eléctrico de marca HEPU

El controlador de marca ENPOWER, es un controlador electrónico de potencia del tipo variador de frecuencia, posee las características que se listan en la Tabla 3. Este controlador electrónico se encarga de regular y transformar la energía que se envía hacia el motor, esta energía es ajustada según la información proveniente del pedal electrónico del acelerador, sensor de temperatura y encoder del motor, nivel de carga de las baterías y selector de avance / retroceso; Además, como se mencionó anteriormente, para este tipo de motores AC se requiere que la energía almacenada en las baterías sea transformada en Corriente Alterna antes de ser usada para alimentar el motor.

**Tabla 3.** Características del controlador electrónico

Característica	Valor [unidad de medida]
Marca	ENPOWER
Modelo	MC3336-7240
Voltaje de operación	72 VAC
Corriente max. salida	400 A
Peso	5 Kg
Potencia de salida	30 KW

Además de las funciones antes descritas el controlador recibe una señal del pedal de freno, esta señal le permite al controlador tomar la energía cuando el motor trabaja como generador y enviarla hacia las baterías y de este modo recuperar algo de carga, ésta funcionalidad es conocida como freno regenerativo.

**Tabla 4.** Características del cargador de baterías

Característica	Valor [unidad de medida]
Modelo	CH 4100
Voltaje de entrada	110- 220 VAC
Voltaje de salida	72 VCD
Corriente nominal de	15 A

#### salida

#### Protección a la intemperie

IP66

Otro de los componentes del sistema es el cargador de baterías, el mismo permite que el vehículo pueda cargar sus baterías enchufándolo a una toma de corriente, además el mismo posee un indicador lumínico que permite conocer el estado de la carga de las baterías. Las características de este cargador se listan en la Tabla 4. Este cargador de baterías es el encargado de transformar y regular el voltaje y corriente, tomado de la red eléctrica, para la adecuada carga de las baterías del vehículo. Este tipo de recarga se conoce como carga lenta.

En un vehículo con motor de combustión, el sistema eléctrico de iluminación, sistemas auxiliares y de confort se alimentan del alternador cuando el motor está encendido, y de una batería de 12 Voltios de Corriente Directa (VCD) cuando éste se encuentra apagado, para un vehículo eléctrico hace falta reducir el voltaje del banco de baterías principal para poder utilizar estos sistemas, que generalmente se mantendrán funcionando como cualquier vehículo con 12 VCD. El dispositivo que hace la reducción de voltaje se llama convertidor DC/DC, para el presente proyecto el convertidor acepta un voltaje de 72 VCD de entrada y consigue una salida de 13,8 VCD.

Como componente final se tiene el banco de baterías, el mismo que debe tener un voltaje de 72 VCD, ya que es el voltaje aceptado por el controlador electrónico, objetivo que se logra conectando en serie 6 baterías de 12 VCD. Las baterías seleccionadas son de la marca Narada, son de Plomo y Ácido con tecnología de gel – polímero, cuyas características son las que se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Características de las baterías

Característica	Valor [unidad de medida]
Voltaje nominal	12 VCD
Capacidad Nominal	150 Ah
Peso	44 Kg
Límite máximo recomendado de corriente de carga	37.5A

Las baterías seleccionadas están diseñadas para sistemas de UPS (Uninterruptible Power Supply) o almacenamiento de energía fotovoltaica o eólica. Estas baterías presentan la ventaja que pueden ser descargadas hasta alrededor del 90% frente a baterías convencionales de plomo – ácido que soportan una descarga máxima de alrededor del 55% [13].

En la Figura 8 se muestra un esquema de conexiones que incluye la mayoría de los componentes anteriormente descritos.

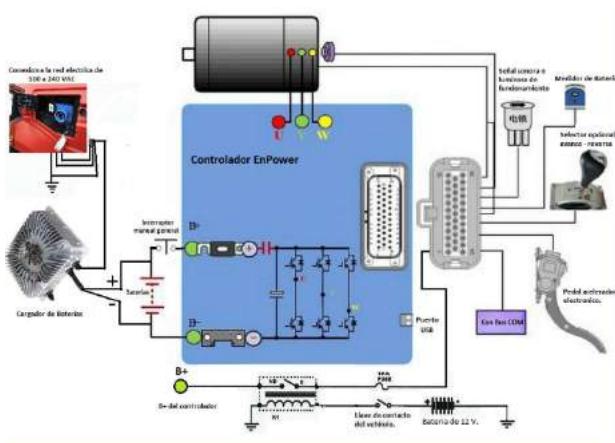


Figura 8. Esquema de conexiones del sistema

#### D. OTRAS CONSIDERACIONES MECÁNICAS

Al tratarse de un vehículo que fue fabricado entre 1976 y 1981 no se dispone de información oficial de Mitsubishi sobre las características, específicamente la capacidad de carga; por este motivo se ha tomado de referencia un vehículo de similares características constructivas, el Suzuki Carry fabricado en Japón desde 1979 hasta 1985 cuya capacidad de carga era de 550 Kg en sus primeras versiones [14] [15].

Tabla 3. Pesos de componentes añadidos versus los componentes retirados

Eléctrico		Combustión	
Componente	Peso [Kg]	Componente	Peso [Kg]
Motor	40	Motor	90
Baterías	240	Tanque de combustible	25
Controlador	5	Sist. de escape	10
Cargador	6	Radiador	5
Convertidor	1	2 Filas de	40

DC-DC	asientos
	Reducción de peso en carrocería
<b>TOTAL</b>	<b>292</b>
	<b>TOTAL</b>

En la Tabla 3 se muestra un listado de componentes añadidos y componentes retirados del vehículo, esto para poder estimar el peso final del mismo. De acuerdo a los datos recogidos el peso original del vehículo era 880 Kg por lo cual, el peso final ronda los 960 Kg. Si consideramos una capacidad de carga original idéntica al Suzuki Carry de 1979 que es de 550 Kg [15] la capacidad de carga del vehículo convertido sería de 470 Kg.

#### E. ETAPA DE PRUEBAS Y AJUSTES

Una vez concluidos todos los trabajos mecánicos, instalaciones eléctricas y de equipos, se procede con las pruebas de funcionamiento, en primer lugar, se realizaron pruebas del sistema conformado por el motor, controlador, acelerador y selector de avance/reversa, en este sistema se detecta un error de conexión del socket que envía la señal del pedal electrónico del acelerador hacia el controlador, el socket fue reemplazado. Cabe mencionar que estas pruebas iniciales se realizaron con el vehículo sobre el elevador. Una vez corregido el problema la prueba de los equipos se realiza de manera exitosa.

Las pruebas de voltaje detalladas a continuación se realizaron en vacío, es decir sin carga eléctrica. Se realizan pruebas básicas sobre el cargador de baterías, el mismo que al recibir un voltaje de 120 VCA por sus terminales, enciende y en su salida se mide un voltaje de 78 VCD que preliminarmente sería suficiente para cargar el banco de baterías que tiene un voltaje nominal de 72 VCD; en pruebas posteriores se verificará corrientes de carga y los tiempos que tarda en completar la carga del banco de baterías, desde distintos niveles de descarga.

Una prueba adicional que se realizó es la comprobación del convertidor DC / DC obteniéndose a su salida un voltaje de 13,5 VCD este voltaje sirve para alimentar a los sistemas de iluminación y sistemas auxiliares que trabajen con voltaje nominal de 12 VCD.

Como parte de las pruebas finales, se hace un recorrido en trayecto urbano de aproximadamente 6

Km, con tráfico moderado, el recorrido además posee varios semáforos y paradas; similar al Ciclo de Conducción Urbano ECE-15 del *New European Driving Cycle* (NEDC) el cual es el criterio a seguir para homologación de vehículos en Europa [16].

De esta manera se ponen a diagnóstico todos los sistemas mecánicos, así como, motor, transmisión, baterías, acelerador, selector de avance / reversa, freno regenerativo y el indicador de nivel de batería. Además, se hacen estimaciones iniciales de autonomía.



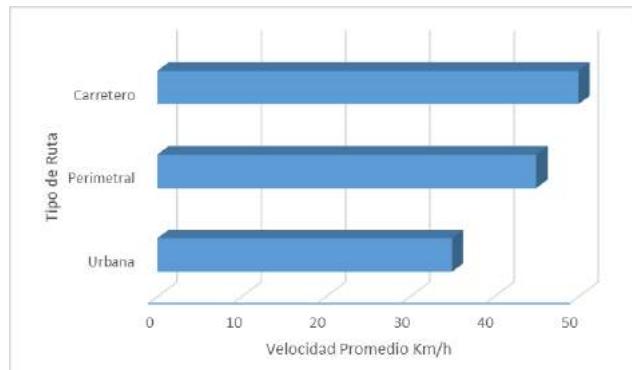
**Figura 9.** Pruebas en trayecto urbano del vehículo eléctrico

En una prueba adicional se hace un recorrido interurbano sin paradas de una distancia aproximada de 11 Km; en este recorrido se procura no realizar cambios bruscos de velocidad para no subir de manera exagerada el consumo de baterías.

### 3. RESULTADOS

Luego de varias pruebas de recorrido en ruta se obtiene como resultado que el vehículo es completamente funcional con su sistema de tracción 100% eléctrico. El comportamiento de los distintos componentes es el esperado.

Las pruebas de ruta que se han realizado en zonas urbanas, vías perimetrales y carretero arrojaron una velocidad final máxima del vehículo de 53 Km/h; y la velocidad promedio en cada tipo de recorrido se puede apreciar en la Figura 10.



**Figura 10.** Velocidad promedio en distintos tipos de ruta.

La distancia máxima de recorrido realizado sin realizar paradas fue de aproximadamente 11 Km entre las instalaciones del IST Carlos Cisneros y el cantón Chambo, en este recorrido se consumió aproximadamente un 40% de la carga de las baterías, éste valor fue tomado del medidor de estado de batería que incluyen los componentes.

La autonomía real utilizada fue de alrededor 26 Km quedando un aproximado de 15% - 20% de carga restante en las baterías, valor tomado del indicador de estado de batería.

**Tabla 4.** Tiempos de carga medidos desde diferentes estados de carga del banco de baterías.

Estado de carga	Tiempo de carga
80 %	2 h
40 %	4 h
20 %	6,5 h

En la Tabla 4 se pueden apreciar los tiempos de carga del banco de baterías hasta alcanza el 100% estos tiempos se han tomado con el vehículo enchufado a una toma eléctrica monofásica de 120 VCA.

### 4. CONCLUSIÓN

A través de las pruebas realizadas al vehículo convertido a eléctrico se ha determinado que, es ideal para recorridos urbanos, dado que su velocidad máxima es de 53 Km/h y la velocidad promedio en este mismo tipo de recorridos es de 35 Km/h.

Una vez realizadas las pruebas se puede observar que la autonomía real del vehículo es menor a lo

esperado, esto se debe a que las baterías utilizadas no son las adecuadas para este tipo de aplicación; en trabajos futuros se espera documentar con precisión la autonomía de las baterías, en distintos tipos de recorrido.

El tiempo de carga elevado, al igual que la autonomía limitada hacen que el uso del vehículo se vea limitado a recorridos cortos. Además, se ha podido constatar que el mantener la caja de cambios del vehículo ha permitido que el vehículo aún con un nivel de carga bajo de las baterías continúe rodando a baja velocidad, al ubicar la caja en primera o segunda marcha, de ésta manera se reduce el esfuerzo del motor.

Al mantener la caja de cambios, el vehículo puede adaptarse a la topografía del terreno con mayor desenvoltura, de esta manera se puede optimizar el rendimiento de las baterías considerando que se reducirá la carga al motor y al mismo tiempo se provecha la inercia del vehículo; con esto se obtiene como beneficio adicional que reducimos la carga hacia los frenos al poder frenar con marcha y ésta inercia se transmite al motor logrando recuperar mayor cantidad de energía cuando el motor trabaja como generador. Otro beneficio que se obtiene de mantener un sistema de embrague con muelles es el de amortiguar la transmisión de movimiento del motor a la caja de cambios, por los muelles de amortiguación que tiene el disco de embrague, reduciendo el esfuerzo mecánico al que está sometido el eje del motor, la transmisión y las bases de sujeción del motor y la caja.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Freile Veloz, A. A., & Robayo Calle, S. P. (2016). Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctrico en el Centro Histórico de Quito. Tesis de Ingeniería, Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Automotriz, Quito.
- [2] Torres Sarmiento, J. D. (2015). Estudio de Viabilidad en la Implementación de Vehículos Eléctricos en la ciudad de Cuenca. Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Mecánica Automotriz.
- [3] Chancusig Guerrero, F. D. (2014). Análisis Técnico-Económico para la Inserción de Vehículos Eléctricos en Sistema Eléctrico Ecuatoriano. Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- [4] Veléz Sánchez, J. G. (2017). Análisis y estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y el Ecuador. Tesis de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.
- [5] Vásquez Guaña, L., & Rodríguez Ortiz, J. (2018). Implementación e Investigación de los Parámetros de Operación de un Vehículo Eléctrico con Freno Regenerativo. Tesis de Ingeniería, Latacunga.
- [6] Rosero Vargas, D. S., & López Balcazar, E. F. (2018). Diseño y Construcción del Sistema de Propulsión para un Prototipo de Auto Eléctrico Biplaza UTA-CIM17. Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica.
- [7] Fundación Endesa. (2019). La eMobility y los coches eléctricos. Recuperado el 05 de 10 de 2019, de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-emobility-coches-electricos>
- [8] Miño Montaño, F. P. (2016). Análisis de Motores Utilizados en Vehículos Eléctricos. Tesis de Ingeniería, Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- [9] CalcProfi.com. (s.f.). Características técnicas de automóviles Mitsubishi Minicab. Recuperado el 15 de 01 de 2020, de CalcProfi calculadora online: <https://es.calcprofi.com/caracteristicas-tecnicas-de-automoviles/Mitsubishi+Minicab>
- [10] HEPU Power Co. (s.f.). COMPANY PROFILE > Company Profile. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de HEPU POWER CO., LTD.: <http://www.gd-hepu.com/about/>
- [11] HEPU Power Co. (s.f.). PRODUCTS > MOTOR > PMSM Motor For Passenger Car. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Product Name : HPQ7.5YBE-72: <http://www.gd-hepu.com/product/showproduct.php?lang=en&id=93>

[12] Wikipedia. (s.f.). Mitsubishi Minicab. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi\\_Minicab](https://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi_Minicab)

[13] Blanco Jiménez, A. (2011). Baterías AGM para vehículos Stop&Start. Cesvimap: Publicación técnica del Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre (78), 50 - 52.

[14] archivodeautos. (s.f.). Suzuki Carry, un pequeño utilitario. Recuperado el 01 de 04 de 2020, de <https://archivodeautos.wordpress.com/2015/03/17/suzuki-carry-un-pequeno-utilitario/>

[15] autocosmos.com. (s.f.). Suzuki Carry ST90: El Rey de los Pan de Molde. Recuperado el 01 de 04 de 2020, de <https://noticias.autocosmos.cl/2016/06/08/suzuki-carry-st90-el-rey-de-los-pan-de-molde>

[16] Wikipedia. (s.f.). New European Driving Cycle. Recuperado el 30 de 03 de 2020, de [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_European\\_Driving\\_Cycle#Extra-urban\\_driving](https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle#Extra-urban_driving)



# FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MANUFACTURE OF A CORN SHELLER MACHINE



# FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ

## MANUFACTURE OF A CORN SHELLER MACHINE

**Mancheno Cárdenas Germán Patricio<sup>1</sup>,  
 Ledesma Cruz Bryan Eduardo<sup>2</sup>,  
 Balseca Balseca Orlando Francisco<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, dr\_german\_patricio@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, ledesmaeduardo0@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, orlandobalseca@yahoo.es

### RESUMEN

La presente investigación se desarrolla para construir un prototipo de máquina desgranadora de maíz para facilitar al agricultor realizar este proceso en menor tiempo posible e incrementar la productividad. La máquina está construida para trabajar a 110 voltios, con un motor de ½ Hp determinado en función de la fuerza que requiere para extraer el grano de la mazorca. En base a investigación bibliográfica se determina el mejor sistema desgranador a ser implementado de acuerdo a las variedades y morfología de maíz de la región, para la recolección de 105 quintales de maíz al día, es decir, un rendimiento de 15 quintales cada hora. A través de una investigación de campo, con el método de observación y pruebas experimentales se determina la eficiencia del sistema reduciendo en un 81.5% el tiempo comparado con el proceso manual, así como en el porcentaje de granos en buen estado resultado de automatizar el proceso valorado en un 96.47%. Si se aumenta el número de mazorcas a ser procesada la máquina funcionaría mejor.

**Palabras clave:** Máquina desgranadora, morfología maíz, sistema desgranador, prototipo, productividad.

### ABSTRACT

*This research was developed to build a prototype of corn sheller machine to help farmers to carry out this process in a shortest possible time and increase productivity. The machine has built to work at 110 volts, with a ½ Hp motor determined according to the force it requires to extract the grain from the cob. Based on bibliographic research, the best sheller system to be implemented is according to the varieties and morphology of corn in the region, for the collection of 105 quintals of corn every day, that is, a performance of 15 quintals every hour. The efficiency of this system has been shown through field research, with the observation method and experimental tests, reducing by 81.5% the time compared with the manual process, as well as the percentage of grains in good condition resulting from automating the process, valued at 96.47%. If the number of cob to be processed to increased, the machine would work better.*

**Keywords:** Sheller machine, corn morphology, sheller system, prototype, productivity.

## 1. INTRODUCCIÓN

En referencia con las perspectivas de la FAO<sup>1</sup>, la producción de gramíneas en el año 2019 fue de 2 715'000.000 TM<sup>2</sup> en todo el mundo, un 2,3 % más que en 2018. El trigo y el maíz son la principal fuente de alimentación para el ser humano, están asociados al origen de la civilización y cultura de todos los pueblos, son la materia prima de los cereales. Los países que más producen maíz, valorado en toneladas métricas son EEUU, China, Brasil, la Unión Europea, Ucrania, y Argentina. En el Ecuador durante el 2018, según datos de INEC, a través del sistema ESPAC, señala que para maíz duro se tuvo ventas de 1'232.670 TM a nivel nacional, mientras que para maíz suave reporta ventas de 27.986 TM. [1]

El maíz es un elemento esencial en la gastronomía de la región y del país, tanto para consumo directo, así como sustento para la manufactura de otros productos. La producción elaborada de alimentos en la era actual es cada vez mayor, las normas de control de calidad son cada vez más exigentes, es necesario aumentar la tecnificación de los procesos de producción en el campo. En este sentido, se propone la construcción de una máquina para facilitar el proceso de desgrane de maíz y acelerar el rendimiento del tiempo de producción. Se realiza un análisis de trabajos realizados respecto a los tipos de desgranado, así como del diseño y construcción de máquinas y comparar los sistemas de desgranado manual con el automatizado.

Los pequeños productores realizan el desgranado de manera manual a través del uso del dedo pulgar, con la fricción de dos mazorcas o a través de la trilladura colocando las mazorcas en un costal y golpeándolas con un palo. Otras técnicas de uso cotidiano son el uso máquinas desgranadoras manuales de madera, con grapas, de lámina metálica, y de metal fundido. [2] [3]

En cuanto al diseño y construcción de máquinas desgranadoras de maíz existen algunos estudios expuestos a nivel internacional, que detallan los parámetros necesarios para realizar el diseño. El principal elemento que diferencia cada equipo es como se diseña, construye y de que material está

<sup>1</sup> FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

<sup>2</sup> TM: Toneladas métricas

hecho el cilindro de desgranador. Otro elemento a considerar es la fuerza requerida para separar el grano de la mazorca, se debe realizar el análisis y simulaciones respecto a la acción de la carga en el eje central, para determinar la potencia requerida del sistema. [4] [5]

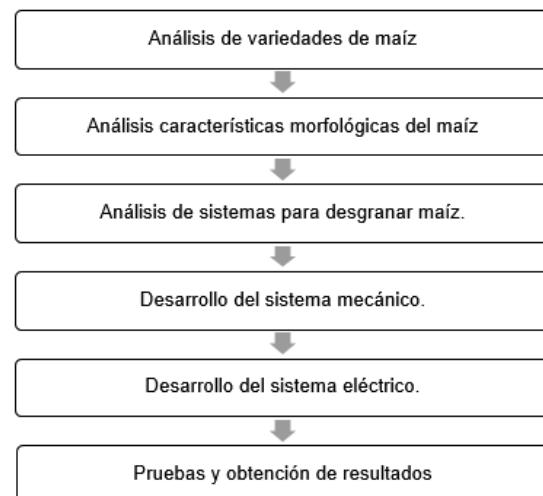
## 2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación del presente proyecto es aplicada, la cual se desarrolló mediante:

Investigación Bibliográfica.- búsqueda en: libros de ingeniería mecánica, artículos científicos, revistas técnicas, tesis referentes y publicaciones en Internet, orientadas a diseños de máquinas y mecanismos que permitan desprender el grano del zulo de maíz y utilizar la mejor opción. [3] [4] [5]

Investigación de Campo.- A través del método de observación y pruebas experimentales se realiza una comparativa entre el método manual y el automatizado de desgrane. Para determinar la eficiencia del sistema, se procede a comparar el tiempo y la cantidad de granos en buen y mal estado desprendidos del zulo. Se realizarán tres pruebas, desgranado manual y desgranado automatizado de una y tres mazorcas.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos y etapas, que, en conjunto, cumplirán con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se puede referenciar estos procedimientos en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Diagrama de procedimientos

## A. ANÁLISIS DE VARIEDADES DE MAÍZ

La clasificación botánica del maíz es lo reflejado en la Tabla 1:

**Tabla 1. Clasificación botánica del maíz. [6]**

Detalle	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea
Especie:	Mayz
Nombre científico:	Zea mayz L.

El maíz presenta una gran variedad en cuanto al color, textura, composición y apariencia del grano, una clasificación preliminar se puede presentar como: [7]

- a) La constitución del endospermo y del grano
- b) El color del grano
- c) El ambiente en el que se cultiva
- d) La madurez
- e) El uso

## B. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL MAÍZ.

Se determina en primera instancia las dimensiones de la mazorca de maíz duro, característico de la Sierra y la Costa, además de la variedad de maíz blanco harinoso, como se expresa en la Tabla 2.

**Tabla 2. Características morfológicas de maíz blanco harinoso. [7]**

Características	N	Min	Max	Promedio
Longitud de la mazorca (mm)	20	100	165	132
Diámetro de la mazorca (mm)	20	49	72	60
Peso de la mazorca (g)	20	108,45	198,47	165,57
Porcentaje de desgrane (%)	20	68,12	87,56	75,87
Número de hileras de granos	20	10	16	11,7
Número de granos por hilera	20	13	20	18,35
Peso de 1000	4	723,78	789,56	756,31

granos (g)				
Longitud del grano (mm)	20	9	14	12,1
Ancho del grano (mm)	20	8	13	10,8

Los datos físicos del dimensionamiento de la mazorca de maíz se pueden detallar en la Tabla 3.

**Tabla 3. Datos físicos de diferentes tipos de maíz. [5]**

Características	Tipos de Maíz			
	Maíz duro (Sierra)	Maíz duro (Costa)	Maíz Suave amarillo	Maíz suave blanco
Diámetro de mazorca Dm(mm)	46-50	46 a 55	46 a 65	49 a 70
Diámetro de zulo Dz(mm)	30-40	35-45	30-40	30-40
Longitud de mazorca Lm(mm)	200 a 250	180 a 250	200 a 250	180 a 250
# de hileras por mazorca	7 a 9	7 a 8	6 a 9	6 a 9
# de granos por hilera	17 a 36	13 a 35	10 a 33	9 a 30
# granos por mazorca	230 a 350	200 a 250	115 a 256	120 a 245

La madurez fisiológica del grano de maíz se verifica cuando la humedad se establece entre un 37% y un 38%. Cuando el grano alcance alrededor de un 28% de humedad se puede realizar la cosecha automatizada, no siendo recomendable que descienda a menos del 15%. [3] [5]

Si los valores son superiores o inferiores a esta escala, los granos se aplastan, se rompen o pulverizan. Para obtener un desgranado eficiente, el grado de humedad del maíz debe estar alrededor del 13 % al 15 % por lo que se debe someter a métodos de secado, uno es dejar la mazorca en la planta y exponerlo a las corrientes de aire a la temperatura ambiente, otro es dejar la mazorca en

la planta y exponerlo a las corrientes de aire a la temperatura ambiente o mediante silos de secado. En la noche la semilla puede absorber agua del ambiente, se recomienda no dejar a la intemperie. Decir que la humedad del maíz es del 13% significa que en una muestra de 100g de producto bruto hay 13g de agua y 87g de materia seca. [3] [5]

El contenido de humedad de los granos se expresa, por lo general, como porcentaje del peso total del grano (base húmeda):

$$\% \text{ en base húmeda} = \frac{PA}{PT} * 100 \quad (1)$$

PA = peso del agua

PT = peso del agua + peso de la materia seca (peso total de grano). [10]

### C. ANÁLISIS DE SISTEMAS PARA DESGRANAR MAÍZ

Para determinar el sistema de desgranado de maíz se toma como referencia dos procesos que ejemplifican los pasos a seguir para realizar el trabajo, como se observa en la Figura 2. [3]



Figura 2. Sistemas para máquina desgranadora

### D. DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO

**Construcción estructura mecánica:** Se procede armar el cilindro utilizando una plancha de 2 mm, el cilindro tiene un radio de  $R = 190\text{mm}$  y lo largo de 600 mm, como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Estructura, cilindro principal

De un tubo cuadrado de acero, se corta 4 pedazos de 600 mm de largo, en un extremo se realiza un corte semicírculo con ángulo de 135° grados para que este igual que el cilindro sin ningún desperfecto. En el otro extremo, se colocan las bases de 100 x 100 mm, además se añade 2 ruedas móviles y 2 fijas, como se observa en la Figura 4.

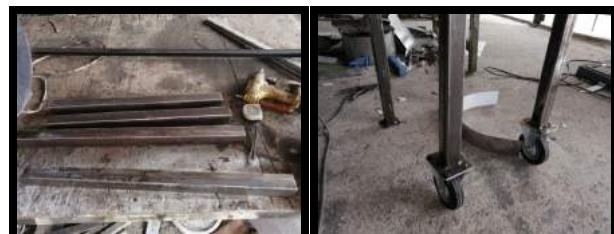


Figura 4. Estructura, base del cilindro

**Construcción de la tolva y adecuación del cilindro principal:** La tolva tiene una forma piramidal, se acopla al cilindro realizando un corte en la parte superior del mismo; el sistema tiene una capacidad de  $\frac{1}{2}$  arroba de maíz, como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Sistema receptor, tolva y cilindro.

**Sistema desgranador:** Se procede a construir la criba, en la parte inferior del cilindro, se coloca una plancha perforada de un grosor de 2 mm, las perforaciones tienen un radio  $R = 6$  mm con una separación de 20 mm en forma horizontal y 30 mm en forma vertical, como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Sistema desgranador, criba

El cilindro desgranador consta de un tubo de 30 mm de diámetro incluyéndose una cadena de 180 mm que va soldado al eje, además de la cadena que sirve para golpear la mazorca y sacar el grano, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Sistema desgranador, cilindro y cadenas.

**Fuente de energía y sistema de transmisión:** El sistema posee una fuente de energía eléctrica a 110 V con potencia de  $\frac{1}{2}$  HP, colocado en la parte posterior con una base de 240 x 180 mm para evitar vibraciones. El motor se conecta a través de un sistema de transmisión con poleas de 6 pulgadas y 2 pulgadas de un canal y una banda tipo A. Además, se construye la protección para el sistema de transmisión hecha de acero inoxidable, las medidas son de 380 mm de largo, y una semicircunferencia inferior de radio  $R = 60$  mm, y una semicircunferencia superior de radio  $R = 100$  mm, como se observa en la Figura 8 y Figura 9.



Figura 8. Fuente de energía, motor de  $\frac{1}{2}$  HP



Figura 9. Sistema de transmisión y protección

**Sistema de separación de producto:** Consta de una rampa y una abertura. La rampa está hecha de acero inoxidable con medidas de 510 x 250 x 220 mm, como se observa en la Figura 10. Además, se realiza un corte a un costado del cilindro, para la salida del grano y del zulo, la tapa tiene una medida de 380 x 230 mm, como se observa en la Figura 11.

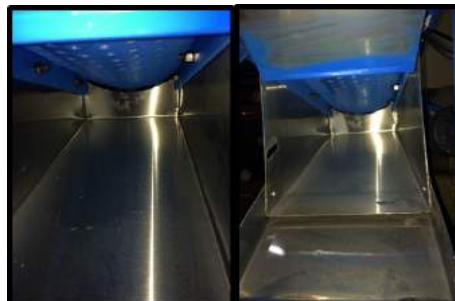


Figura 10. Sistema de separación de producto, rampa para que evacue el grano.



Figura 11. Sistema de separación de producto, tapa lateral

### E. DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema electromecánico consta de: 2 pulsadores, 2 luces piloto, 1 botón de paro de emergencia, 1 selector de 3 posiciones, 1 temporizador digital, 1 breaker, 1 contactor, 1 relé térmico, 1 riel din, y 1 alarma. Todos los elementos se colocan en un tablero de control que permite administrar el sistema de manera automatizada. La instalación del sistema eléctrico se observa en la Figura 12 y la Figura 13.



Figura 12. Sistema de control, vista interior



Figura 13. Sistema de control, vista exterior

### F. PRUEBAS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Se identifica el grado de desprendimiento óptimo del grano de la mazorca cuando se desprende un 90% del mismo, ver Figura 14. Para verificar la eficiencia del sistema, se procede a comparar el tiempo y la cantidad de granos desprendidos del zulo definiendo dos condiciones, en buen estado y en mal estado. Se realizarán tres pruebas,

desgranado manual y desgranado automatizado de una y tres mazorcas.

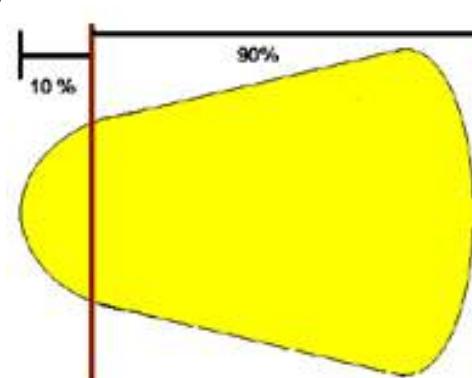


Figura 14. Grado de desprendimiento óptimo del grano.

Al observar el maíz, se verifica la dureza del grano y el grado de humedad a través del tacto. Un campesino de 30 años de experiencia determina el estado de la mazorca insertando la uña en el grano, determinando que el maíz es de tipo duro y está en buen estado.

La primera mazorca se sometió a un desgranado manual, tiene una longitud de 20 cm, mientras que la segunda mazorca se sometió a un desgranado automático, que tiene una longitud de 22 cm, como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Una Mazorca y zulo, desgranado manual y automático respectivamente.

La tercera prueba se sometió a un desgrane automático a tres mazorcas al mismo tiempo, tienen un promedio de longitud de 24 cm, como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Tres mazorcas y zulo, desgranado automático

En la Figura 17, se observa los granos desprendidos con el método manual.



Figura 17. Muestra general de granos, después de desgranado manual

En la Figura 18 y la Figura 19, se observa los granos desprendidos con el método automático de una mazorca, evidenciándose la existencia de granos en mal estado.



Figura 18. Muestra general de granos en buen estado, después de desgranado automático



Figura 19. Muestra general de granos en mal estado, después de desgranado automático

En la Figura 20 y la Figura 21, se observa los granos desprendidos con el método automático de tres mazorcas, evidenciándose la existencia de granos en mal estado



Figura 20. Muestra general de granos en buen estado, después de desgranado automático



Figura 21. Muestra general de granos en mal estado, después de desgranado automático.

### 3. RESULTADOS

Una vez realizado el análisis de los distintos métodos de desgrane de maíz, se hallan los siguientes resultados:

La Tabla 4 y la Tabla 5 muestra la cantidad y el porcentaje respectivamente de granos en buen estado y en mal estado después del proceso de desgranado manual y automático. Estos datos se resumen en la Figura 22 y Figura 23.

**Tabla 4. Tabulación de pruebas 1.**

Número de mazorcas	Granos en buen estado	Granos en mal estado	Granos adheridos
Una mazorca proceso manual	508	0	0
Una mazorca proceso automático	520	19	19
Tres mazorcas proceso automático	1535	50	0

**Tabla 5. Tabulación de pruebas 2.**

Número de mazorcas	Porcentaje de granos en buen estado
Una mazorca proceso manual	100%

Una mazorca proceso automático	96.47%
Tres mazorcas proceso automático	96.84%

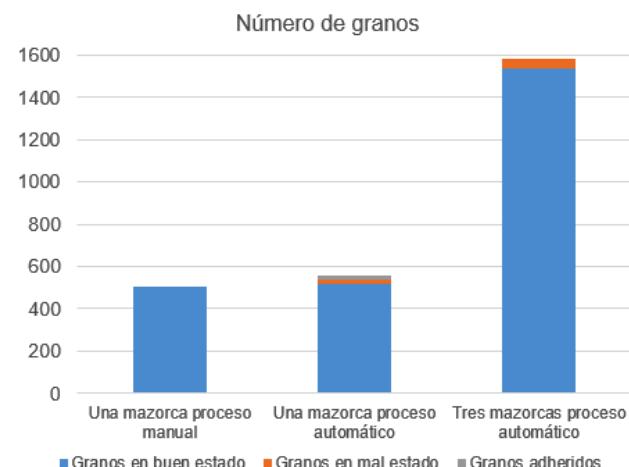


Figura 22. Cuadro comparativo de número de granos procesados

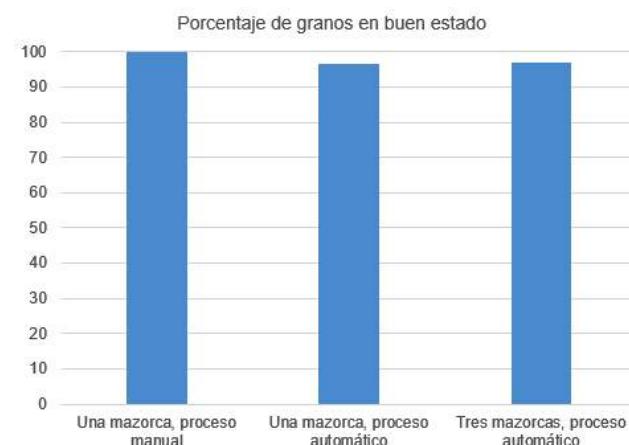


Figura 23. Cuadro comparativo de número de granos procesados

La Tabla 6 muestran el tiempo después del proceso de desgranado manual y automático. Estos datos se resumen en la Figura 24.

**Tabla 6. Tabulación de pruebas 3.**

Número de mazorcas	Tiempo de proceso para desgrane
Una mazorca proceso manual	1.81 segundos
Una mazorca	0.34 segundos

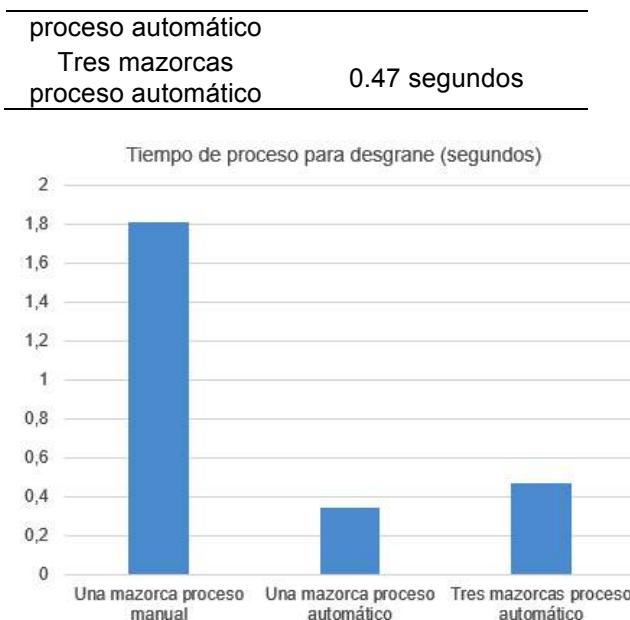


Figura 24. Cuadro comparativo del tiempo de desgrane por cada método y cantidad de mazorcas

#### 4. CONCLUSIÓN

Las pruebas realizadas determinan el porcentaje de eficiencia valorado en un 96,47% para desgranar las mazorcas de maíz del proceso automatizado respecto al proceso manual. Además, se refleja que el número de granos en buen estado del proceso automatizado, es similar al proceso manual, valorado en un 4% con respecto al proceso manual. Si se aumenta el número de mazorcas a ser procesada la máquina funcionaría mejor.

Respecto al tiempo de procesamiento para desgranar una mazorca se reduce en un 81.5% el tiempo comparando el proceso manual y el automatizado; respecto a insertar tres mazorcas el tiempo se reduce en un 74.5%. Con estos valores se evidencia que al utilizar máquinas desgranadoras de maíz se reduce considerablemente el tiempo y mejora el rendimiento de la producción.

Para trabajos futuros, es factible realizar pruebas al modificar las revoluciones del motor eléctrico, a mayor velocidad mayor número de mazorcas podrá procesar el sistema, pero puede ocasionar que los granos se quiebren o pulvericen, razón por la cual se debe tener las debidas precauciones al modificar estos valores.

El sistema desgranador es el más susceptible a cambios debido a las características propias de los elementos. De acuerdo a los materiales y diseños de la criba se puede procesar maíz duro o maíz suave. Se debe tener en cuenta también las características morfológicas y variedades de maíz, debido a que hay diferentes tamaños de mazorcas y de grano.

Antes introducir las mazorcas de maíz en la máquina, es necesario previamente determinar el grado de humedad, recalmando que deben estar en un porcentaje del 13% al 15%.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO, "Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura," 2020. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> (accessed Feb. 15, 2020).
- [2] I. Castelán Herrera and O. Vázquez Nieto, "Prototipo de desgranadora de maíz que mejora el proceso de desgranado en la Región de Influencia del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla," *TEPEXI Boletín Científico la Esc. Super. Tepeji del Río*, vol. 4, no. 8, p. 8, Jul. 2017, doi: 10.29057/estr.v4i8.2387.
- [3] J. M. Ureña Espín, Joel Froilan; Villavicencio Calle, "Diseño Y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa," p. 153, 2012.
- [4] J. O. Igbinoba, A. I. I. Unuigbe, F. I. Akhere, G. U. Ibhahe, and V. I. Gbadamose, "Design and Fabrication of a Corn Sheller," vol. 6, no. 2, pp. 9449–9458, 2019.
- [5] J. O. Pérez Silva, C. L. Cholca Cacuango, and A. G. Mantilla Valencia, "Diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz Design and construction of a corn sheller," *Ingenius Rev. Cienc. y Tecnol.*, no. 18, pp. 21–29, 2017, doi: 10.17163/ings.n18.2017.03.
- [6] E. F. Guacho Abarca, "CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays L.*) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.,," *Esc. Super. POLITÉCNICA CHIMBORAZO*, vol. 8, no. 33, p. 44, 2014.
- [7] M. Valverde, "Caracterización E Identificación De Razas De Maíz En La Provincia Del Azuay," p. 86, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/>

22897/1/Tesis.pdf.

[8] Yáñez, F. M. Estudio del sistema mecánico aplicado al desgranado de maíz suave seco para mejorar tiempos de producción en el cantón san miguel provincia de Bolívar. [Ingeniería Thesis]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2011.



# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS



AV. LA PAZ Y MÉXICO / [ITSCARLOSCISNEROS@HOTMAIL.COM](mailto:ITSCARLOSCISNEROS@HOTMAIL.COM) / RIOBAMBA - ECUADOR  
[WWW.ISTCARLOSCISNEROS.EDU.ED](http://WWW.ISTCARLOSCISNEROS.EDU.EC)