



**Diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco que permita  
la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo  
Forza 4 Pro para la empresa Forza Láser**

Quimbita Yupangui, Daysi Carolina

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

22 de febrero de 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenido

---

### Informe de originalidad

---

**NOMBRE DEL CURSO**

8453 Bases Fundamentales Ingeniería Mecatrónica

**NOMBRE DEL ALUMNO**

DAYSÍ CAROLINA QUIMBITA YUPANGUI

**NOMBRE DEL ARCHIVO**

Escrito\_Quimbita1

**SE HA CREADO EL INFORME**

10 feb 2023

---

### Resumen

Fragmentos marcados	25	5 %
Fragmentos citados o entrecomillados	7	2 %



Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

C.C.: 1803698800



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, "Diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco que permita la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo Forza 4 Pro para la empresa Forza Láser." fue realizado por la señorita Quimbita Yupanguí, Daysi Carolina; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

*Latacunga, 10 de febrero del 2023*

Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo  
C.C.: 1803698800



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Quimbita Yupangui, Daysi Carolina** con cédula de ciudadanía No. 1726217977, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco que permita la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo Forza 4 Pro para la empresa Forza Láser"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

*Latacunga, 10 de febrero del 2023*



---

Quimbita Yupangui, Daysi Carolina  
C.C.: 1726217977



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Quimbita Yupangui, Daysi Carolina** con cédula de ciudadanía No. 1726217977, autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco que permita la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo Forza 4 Pro para la empresa Forza Láser.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

*Latacunga, 10 de febrero del 2022*

---

Quimbita Yupangui, Daysi Carolina  
C.C.: 1726217977

### **Dedicatoria**

Este trabajo realizado se lo dedico a mis padres Laura y Galo Quimbita, que fueron el pilar fundamental con su apoyo, amor y constantes palabras de aliento para perseguir mis sueños, y nunca darme por vencida, para mis hermanos mayores Magali y Daniel que me brindaron su coraje para alentarme en mi carrera, no desfallecer, a mi novio Kevin que siempre estuvo en lo más difícil y con su aliento me animó y su comprensión me dio la fuerza para seguir adelante. A mis abuelos María, Fernando, Néstor, mi fallecida abuelita Rosita desde el cielo me echa su bendición, con su sabiduría que me dan cada día. A mi mejor amigo Ronny que me dio la mano y siempre me ayudo con sus ideas por más locas que estén, a mis mascotas que se quedaron en mis noches de desvelo mis gatitos Vito y Mimi y mi perro Tito.

## **Agradecimientos**

Agradecimientos especiales a mis padres mis hermanos son mi principal apoyo en cada proceso vivido, a mi tutor empresarial que me ayudo y me apoyo en todo el proceso Ing. Cristhian Masabanda, Ing. Diego Aguinaca por la oportunidad de poder realizar la tesis en su empresa Forza Láser y la confianza depositada, al Ing. Andrés Gordón por el apoyo y sus consejos, al guiarme en la ardua tarea de realizar este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	14
Resumen .....	17
Abstract.....	18
Capítulo I: Aspectos Generales .....	19
Planteamiento del Problema .....	19
Antecedentes.....	20
Justificación e Importancia .....	21
Objetivos .....	22
<i>Objetivo General</i> .....	22
<i>Objetivos Específicos</i> .....	22
Hipótesis.....	23



<b>Variables de la investigación.....</b>	<b>23</b>
<i>Variable independiente .....</i>	<i>23</i>
<i>Variable dependiente .....</i>	<i>23</i>
<b>Capítulo II: Marco Teórico .....</b>	<b>24</b>
<b>Máquinas herramientas .....</b>	<b>24</b>
<b>CNC (Control Numérico Computarizado) .....</b>	<b>25</b>
<b>Tipos de máquinas CNC .....</b>	<b>27</b>
<i>Tornos CNC.....</i>	<i>27</i>
<i>Fresadoras .....</i>	<i>28</i>
<i>Corte por láser.....</i>	<i>28</i>
<b>Forza Láser.....</b>	<b>29</b>
<i>Forza 4 Pro.....</i>	<i>29</i>
<b>Cabezales de las máquinas cortadoras láser .....</b>	<b>30</b>
<b>Boquillas y distancia de separación.....</b>	<b>31</b>
<b>Cabezal como herramienta de focalización .....</b>	<b>31</b>
<b>Sonar Technology.....</b>	<b>32</b>
<b>Diámetro de la boquilla y distancia de separación .....</b>	<b>33</b>
<b>Posición focal relativa con la superficie del material.....</b>	<b>33</b>
<b>Sensores .....</b>	<b>33</b>
<i>Clasificación de los sensores.....</i>	<i>34</i>

<i>Sensor Capacitivo</i> .....	35
<i>Características de los sensores capacitivos</i> .....	35
<i>Sensores ópticos</i> .....	37
<b>Modos de detección</b> .....	39
<i>Reflexivo</i> .....	40
<i>Difuso o proximidad</i> .....	41
<i>Procesamiento Digital de Señales</i> .....	42
<b>Concepto de ruido</b> .....	42
<i>Ruido interno o inherente</i> .....	43
<i>Ruido externo o interferencias</i> .....	43
<i>Caracterización de los niveles de ruido</i> .....	43
<i>Filtros ideales</i> .....	45
<i>Pasabajos (PB)</i> .....	45
<i>Pasa altos (PA)</i> .....	46
<i>Pasa banda (PBn)</i> .....	47
<i>Rechaza banda (RBn)</i> .....	48
<i>Filtros reales</i> .....	48
<b>Controlador Ruida RCD 644S-B</b> .....	49
<i>Funciones</i> .....	49
<b>Parámetros técnicos</b> .....	50

<i>Señales de control láser digital</i> .....	50
Capítulo III: Diseño del Sistema Electrónico y Mecánico.....	52
Diseño preliminar.....	52
<i>Análisis de las necesidades</i> .....	52
<i>Arquitectura Física</i> .....	54
Diseño Mecánico.....	55
<i>Selección del material</i> .....	55
Diseño del sistema electrónico .....	58
<i>Selección de los componentes</i> .....	58
<i>Selección del Sensor</i> .....	59
Diseño de la interfaz con el controlador .....	62
<i>Diseño de flujo del sistema</i> .....	64
Capítulo IV: Implementación y Pruebas del Sistema .....	66
Implementación del sistema mecánico .....	66
Funcionamiento y pruebas de implementación .....	68
Validación de la Hipótesis.....	75
<i>Hipótesis nula (H0)</i> .....	75
<i>Hipótesis Alternativa (H1)</i> .....	75
Autoenfoco vs enfoque manual.....	75
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....	79

<b>Conclusiones.....</b>	<b>79</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>87</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y Desventajas de las CNC</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Ventajas y desventajas del sensor capacitivo</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>Reflectividad típica de algunos materiales</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción de las necesidades de la empresa Forza Láser</i> .....	52
<b>Tabla 8</b> <i>Selección del material para la impresión</i> .....	55
<b>Tabla 6</b> <i>Requerimientos de selección</i> .....	58
<b>Tabla 7</b> <i>Selección del sensor</i> .....	59
<b>Tabla 9</b> <i>Distancias tomadas de forma manual como automática con el sensor capacitivo</i> .....	74
<b>Tabla 10</b> <i>Muestras de los tiempos tanto con el autoenfoco y el enfoque manual</i> .....	76
<b>Tabla 11</b> <i>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</i> .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Máquinas herramientas</i> .....	24
<b>Figura 2</b> Flujo de procesamiento de CNC.....	25
<b>Figura 3</b> Torno CNC.....	28
<b>Figura 4</b> Corte láser.....	29
<b>Figura 5</b> <i>Máquina Forza 4 Pro</i> .....	30
<b>Figura 6</b> <i>Partes de un cabezal</i> .....	31
<b>Figura 7</b> <i>Cabezal con autoenfoco</i> .....	32
<b>Figura 8</b> Sonar technology .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Comparación según las características del campo capacitivo</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Sensor Capacitivo</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Foto emisor</i> .....	37
<b>Figura 12</b> <i>Modulación</i> .....	38
<b>Figura 13</b> <i>Lentes</i> .....	38
<b>Figura 14</b> <i>Transmisión directa</i> .....	39
<b>Figura 15</b> <i>Modo Reflexivo</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Reflexivo polarizado</i> .....	40
<b>Figura 17</b> <i>Modo difuso</i> .....	41
<b>Figura 18</b> <i>Ruido blanco</i> .....	44
<b>Figura 19</b> <i>Ruidos de tipo impulso</i> .....	45
<b>Figura 20</b> <i>Diagramas de amplitud, fase y retardo para un filtro pasabajos..</i> .....	46
<b>Figura 21</b> <i>Diagramas de amplitud, fase y retardo de grupo para filtro pasa altos ideal</i> .....	47
<b>Figura 22</b> <i>Diagramas de amplitud, fase y retarde para un filtro pasa banda</i> .....	47
<b>Figura 23</b> <i>Diagrama de amplitud, fase y retardo para un filtro rechaza banda</i> .....	48
<b>Figura 24</b> <i>Amplitud y fase de un filtro pasa banda real</i> .....	49
<b>Figura 25</b> <i>Conexiones del controlador Ruida</i> .....	51

<b>Figura 26</b> <i>Matriz QFD con las necesidades y métricas a tomar en cuenta</i> .....	53
<b>Figura 27</b> <i>Esquema del proceso a implementar</i> .....	54
<b>Figura 28</b> <i>Cabezal láser para la máquina Forza 4 Pro</i> .....	56
<b>Figura 29</b> <i>Diseño de la parte en donde se va a encontrar el espejo y sensor</i> .....	56
<b>Figura 30</b> <i>Boquilla del cabezal</i> .....	57
<b>Figura 31</b> <i>Análisis térmico del cabezal</i> .....	57
<b>Figura 32</b> <i>Circuito etapa inicial</i> .....	60
<b>Figura 33</b> <i>Circuito del filtro RC pasa bajo</i> .....	60
<b>Figura 34</b> <i>Circuito para filtrar la señal que ingresa con ruido</i> .....	61
<b>Figura 35</b> <i>Señal con ruido y filtrada</i> .....	62
<b>Figura 36</b> <i>Pantalla con la opción de autoenfoco</i> .....	63
<b>Figura 37</b> <i>Cuadro de advertencia</i> .....	63
<b>Figura 38</b> <i>Algoritmo del proceso de autoenfoco</i> .....	65
<b>Figura 39</b> <i>Cabezal diseñado</i> .....	66
<b>Figura 40</b> <i>Cabezal puesto con su espacio para el sensor</i> .....	67
<b>Figura 41</b> <i>Cabezal completamente colocado</i> .....	67
<b>Figura 42</b> <i>Madera colocada a una distancia de 28mm</i> .....	68
<b>Figura 43</b> <i>Medición manual de la distancia entre la boquilla y el material MDF 12mm.</i> .....	69
<b>Figura 44</b> <i>Antes de encontrar la distancia requerida</i> .....	69
<b>Figura 45</b> <i>Material detectado por el sensor en una distancia de 11,9 mm</i> .....	70
<b>Figura 46</b> <i>Colocación del material y la boquilla a una distancia de 25mm</i> .....	70
<b>Figura 47</b> <i>Detección de la distancia entre la boquilla y el material (acrílico)</i> .....	71
<b>Figura 48</b> <i>Detección del sensor en una distancia de 12 mm</i> .....	71
<b>Figura 49</b> <i>Toalla colocada a una distancia lejana entre la boquilla y material (toalla)</i> .....	72
<b>Figura 50</b> <i>Detección y comprobación con la altura de 12mm</i> .....	72
<b>Figura 51</b> <i>Material (cartón), con respecto a la boquilla, a una distancia de 26mm</i> .....	73

<b>Figura 52</b> <i>Detección de forma manual 12mm</i> .....	73
<b>Figura 53</b> <i>Detección por medio del sensor con comprobación colocando la altura</i> .....	74
<b>Figura 54</b> <i>Gráfica entre el autoenfoco y enfoque manual con sus tiempos</i> .....	76
<b>Figura 55</b> <i>Tabla T de student de un extremo</i> .....	78



## Resumen

En el presente estudio se precisó el problema en el tiempo de autoenfoco entre el sensor óptico, el material a cortar el cual se encuentra en la cama panal y la boquilla del cabezal de la máquina Forza 4 Pro, que tienen que realizar los usuarios de manera manual, automatizando un proceso y disminuyendo el tiempo. Para la cual se ha tenido en cuenta la necesidad de dividir en tres partes el proyecto, la primera consiste en la selección de los elementos electrónicos y los materiales para la construcción, tomando en cuenta las características tanto físicas y expensas que la empresa Forza Láser acordado. Por ende, el sensor óptico forma parte primordial del proyecto, el mismo que cumple con la función de conectar la tarjeta controladora y el motor de la cama de corte. En la etapa de diseño mecánico se enfoca en el esquema del cabezal de corte, esto quiere decir que es necesario determinar cuál es la posición en la cual el sensor no va a perturbar los demás elementos del equipo, además de la distancia focal necesaria entre el material y la boquilla, incluyéndola así de manera ergonómica, y necesaria para la maquinaria. En la etapa final pero no menos importante se trata del pseudocódigo que se necesita entre el sensor, la tarjeta controladora y los motores, esto quiere decir, que la programación cuenta con una interfaz en el panel el cual permitirá al usuario, escoger la opción de autoenfoco, y realizando así el proceso necesario.

*Palabras clave:* enfoque automático, sensor óptico, flujograma del enfoque, cabezal de corte láser, distancia focal.

### **Abstract**

In the present study, the problem of the autofocus time between the optical sensor, the material to be cut, which is in the honeycomb bed and the nozzle of the Forza 4 Pro machine head, which has to be done manually by the users, is precisely defined, automating a process and decreasing the time. For which we have taken into account the need to divide the project into three parts, the first is the selection of the electronic elements and materials for the construction, taking into account both the physical characteristics and costs that the company Forza Laser agreed. Therefore, the optical sensor is an essential part of the project, which fulfills the function of connecting the controller card and the cutting bed motor. The mechanical design stage focuses on the cutting head scheme, which means that it is necessary to determine the position in which the sensor will not disturb the other elements of the equipment, in addition to the necessary focal distance between the material and the nozzle, thus including it in an ergonomic way, and necessary for the machinery. In the last but not least stage is the pseudocode that is needed between the sensor, the controller board and the motors, this means that the programming has an interface on the panel which will allow the user to choose the autofocus option, and thus performing the necessary process.

*Keywords:* autofocus, optical sensor, focus flow chart, laser cutting head, focal length.

## Capítulo I

### Aspectos Generales

#### Planteamiento del Problema

Según (**Thinklaser, 2020**), al cortar con láser, lo más importante es asegurarse de que se produzca la máxima cantidad de energía al recorrer el tubo de oxígeno y a su vez chocar con los espejos que dirigen el láser hacia el cabezal. Si se encuentra fuera “fuera de foco”, la máquina no cortará correctamente si reduce el haz de energía de una pieza. Una buena manera de pensar en el punto central es dibujar un triángulo imaginario desde la boquilla hasta la superficie de trabajo, si el punto central es demasiado bajo o demasiado alto, la densidad de energía en esa sección disminuye a medida que los triángulos de cruzan en diferentes puntos desde arriba.

El corte y grabado láser de precisión es complicado por muchas razones, entre las cuales se encuentran la correcta elección de la lente focal, la cama panal, el sistema de apertura. En otras palabras, la sensación correcta entre la distancia de la cabeza y el material es la clave para el resultado de un corte preciso y correcto.

Existe varias maneras de ajustar la distancia focal en la máquina CNC cortadora láser, la más frecuente es la forma manual, esto implica colocar la cabeza en la máquina y utilizar una plantilla de enfoque, para el usuario esto implica tiempo perdido y más si el enfoque lo realiza de forma inadecuada, por lo tanto una gran cantidad de empresas han implementado este sistema de autoenfoco en sus máquinas cortadoras láser, lo que buscan disminuir las fallas al realizar el autoenfoco de forma manual, maximizar tiempos de corte y grabado, y todo esto al alcance de un botón. Otro problema derivado de este tema, se muestra al momento de llevar el cabezal de la máquina a otra posición del material tiende a cambiar la distancia focal por lo que es necesario volver a realizar el proceso de autoenfoco, ahora si es de forma manual se vuelve incómodo para el usuario.

La empresa Forza Láser en su tiempo de experticia de mercado ha decidido mejorar los aspectos más importantes en sus productos, por esta razón se ha planteado el diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco como un plus para sus productos, inicialmente aplicado este tema en el modelo Forza 4 Pro, por lo que requiere que el problema se resuelva de la forma más ergonómica posible, es decir, que el sistema propuesto no sugiera un cambio mayor en la estructura de la máquina.

### **Antecedentes**

El presente proyecto parte del sistema de autoenfoco en el cabezal de una máquina FORZA 4 PRO, la cual posee un mecanismo que consta con un cabezal que conduce el láser CO2 hacia el material. El mismo que comienza el proceso de corte, ya sea madera, tela, acrílico, cartulina, etc. El cabezal se maneja a través de un controlador nativo, con su interfaz en un panel Touch RDC6445GT, lo cual es interactivo y amigable para el usuario. Esto aplicado en la empresa Forza Láser, por lo tanto, se presentará un análisis de trabajos antecedentes.

### **(Láser, Forza 4 Pro, s.f.)**

A nivel internacional, las empresas con sede en Austria (**Trotec, Enfoque Automático, s.f.**) han integrado sistemas de enfoque automático en sus máquinas láser. Para obtener resultados precisos en el corte y grabado, además de la elección de la lente, la mesa de trabajo y el sistema de extracción, el enfoque es la clave para acertar, es decir, puede lograr un haz láser de salida eficiente, lo que significa que el cabezal láser y autoenfoco deben estar en una posición adecuando, la distancia entre los materiales cortados es correcta. La tecnología aplicada es la "tecnología sonar", el método más sencillo con el que cuenta la empresa, que consiste en enfocar digitalmente un láser sobre la superficie de la pieza a grabar. Puede determinar la distancia de cada posición en la mesa con extrema precisión y eficiencia. Esto significa que la mesa se moverá automáticamente a la posición de enfoque correcta.

Otra empresa con sede en China (**BODOR, 2014**) es una de las empresas dedicadas a la fabricación de máquinas láser y dispone de uno de los sistemas de autoenfoco más interesantes para varias distancias focales, con el sistema de control controlando la máquina herramienta. El foco se ajustará automáticamente durante el proceso de corte, con lo que se pueden lograr diferentes efectos de corte con diferentes espesores, evitando así fallas o errores causados por operaciones manuales. Un dato interesante es que reduce el tiempo de taladrado en un 90% aproximadamente, aumentando la eficiencia de mecanizado.

### **Justificación e Importancia**

En los últimos años el sistema de autoenfoco ha sido de mucha relevancia para implementar en las máquinas cortadoras láser, tanto es así que la empresa Trotec existen varios sistemas que permiten a los usuarios obtener resultados precisos en el corte y el grabado. Determinar la correcta alineación del cabezal láser es la clave para un enfoque efectivo, permitiendo aumentar el tiempo de producción y al mismo tiempo reducir los errores.

La empresa Bodor ha implementado el sistema en máquinas de gran tamaño, es decir las maquinas cortadoras de metal, esto facilita que el usuario identifique las diferentes interfaces requeridas para cada elemento y se limita el control del proceso.

Si se plantea cortar una gama de diferentes grosores, e incluso grabar en la parte superior de materiales con diferentes alturas, el autoenfoco permitirá obtener las formas de proyecciones adecuadas, esto quiere decir que se mantendrá dentro del material a procesar, y el resto de requisitos necesarios para producir un corte consistente y de alta calidad se minimizan. Esto ahorra el tiempo de preparación mientras se mantiene la productividad y rendimiento constantes. Esto quiere decir que es necesario tomar en cuenta el foco de la máquina de corte láser con el material a procesar, la posición de la hendidura deberá ser pequeña para aumentar la calidad del corte.

La empresa Forza Láser en los últimos años como líder en Ecuador en la producción de máquinas de corte por láser y por ello se vio en la necesidad de mejorar día con día en la

composición de la máquina Forza 4 Pro, así nace la necesidad de brindar a sus clientes un sistema más automatizado para mejorar la precisión y el tiempo en la producción de sus productos, con un paso en el cual implica el cabezal que es una de las partes fundamentales de su máquina, este sistema permitirá que la empresa pueda proporcionar a sus clientes la facilidad de que su máquina realice uno de los trabajos más importantes que es el autoenfoco, facilitando así que el usuario obtenga un sistema más preciso para colocar el cabezal en la distancia necesaria con respecto al material a cortar.

En conclusión, los sistemas de autoenfoco para la maquina Forza 4 Pro son una gran herramienta que ayudan a mejorar la precisión el tiempo y la calidad del corte y grabado ya que complementan a la maquina con herramientas adicionales tecnológicas que mejoren la producción añadiendo un plus y un avance en la automatización de los procesos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseñar e implementar un sistema automático de autoenfoco que permita la reducción del tiempo de nivelado en la cortadora láser modelo Forza 4 Pro para la empresa Forza Láser.

### ***Objetivos Específicos***

- Investigar y desarrollar el marco teórico sobre los tipos de cabezales y sensores necesarios.
- Seleccionar el sensor adecuado para que cumpla con las especificaciones requeridas.
- Diseñar la estructura CAD adecuada para que el diseño del esquemático electrónico cabe dentro de él sin afectar su estética y funcionalidad.
- Optar por el modelo de cabezal más ergonómico que no afecte la estética y funcionalidad de la máquina.
- Investigar los materiales más óptimos, resistentes, necesarios para la impresión del

cabezal y que a su vez cumpla con su función.

- Implementar la conexión del controlador para su funcionalidad
- Realizar pruebas y verificar los resultados del funcionamiento del cabezal con el sistema de autoenfoco para el modelo de cortadora láser en unas de las máquinas administradas por la empresa.

### **Hipótesis**

¿El Diseño e implementación de un sistema automático de autoenfoco contribuirá la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo Forza 4 pro para la empresa Forza Láser en la ciudad de Quito?

### **Variables de la investigación**

#### ***Variable independiente***

Sistema automático de autoenfoco

#### ***Variable dependiente***

Contribuirá a la reducción del tiempo de nivelado de la altura de corte en la cortadora láser modelo Forza 4 Pro.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Máquinas herramientas

Una máquina herramienta es un tipo de equipo que se utiliza principalmente para producir productos metálicos o productos sólidos metálicos. Su principal característica suele ser una máquina estacionaria por lo tanto carecen de movilidad. Otro proceso a realizar es eliminar una parte del material la cual se necesita, puede aplicar varios procesos como, por ejemplo; mediante corte, fresado, electroerosión, etc. Se puede combinar y ajustar, del mismo modo, las industrias de la ingeniería eléctrica y electrónica también forman parte de este campo tan extenso, se puede verificar que esto ha cobrado una fuerza excepcional en los últimos años debido a los avances tecnológicos existentes.

El término equipo mecánico a menudo se aplica aquella maquinaria la cual utiliza una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero que a su vez estas pueden ser movilizadas por seres humanos, colocarlos con precisión además no es necesario implementar otra fuente de energía.

#### Figura 1

*Máquinas herramientas*



*Nota. Figura tomada de (Intedya, 2018)*

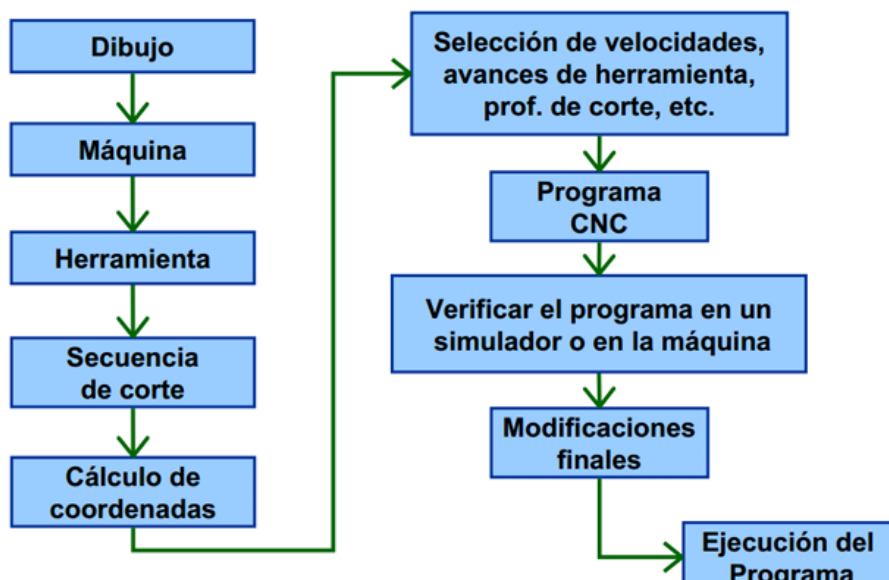


## CNC (Control Numérico Computarizado)

El control numérico computarizado (CNC) es un conjunto de sistemas automáticos los cuales son operados por comandos programados, permitiendo así producir de manera masiva piezas, componentes, entre otros, con precisiones increíbles e imposibles de imaginar, esto quiere decir que el programa que va en la máquina debe estar propiamente estructurado como se puede ver en la Figura 2.

### Figura 2

Flujo de procesamiento de CNC



Nota. Figura tomada de (Kolaric, y otros, 2013)

El control numérico CN se define como el proceso de controlar el funcionamiento de una máquina herramienta a través de una serie de instrucciones codificadas, como números, caracteres alfabéticos y símbolos, que son manipulados por el microcontrolador de la máquina. La unidad de control puede entender estos comandos y se convierten en pulsos de corriente eléctrica, que se dirigen a los motores y controles de la máquina para realizar tareas de mecanizados de una cantidad impresionante de piezas. Los números, las letras y los símbolos

codificados son instrucciones que indican la distancia, la posición, el movimiento o la actividad de la máquina herramienta con relación a varios movimientos propios del sistema, por lo tanto, continua con el proceso ya conocido por el equipo.

### Tabla 1

#### *Ventajas y Desventajas de las CNC*

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Mayor precisión y mejor calidad de productos	Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
Mayor uniformidad en los productos producidos	Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.
Un operario puede operar varias máquinas a la vez	Los costos de mantenimiento aumentan ya que el sistema control es más complicado y surge la necesidad de entrenar el personal de servicio y operación.
Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada	Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.
Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto	Alto costo de maquinaria
Fácil control de calidad	
Reducción en costos de inventario, traslado y de fabricación en los modelos y abrazaderas	
Es posible satisfacer pedidos urgentes	

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
No se requieren operadores con experiencia	
Se reduce la fatiga del operador	
Mayor seguridad en las labores	
Aumento del tiempo de trabajo en corte de maquinaria	
Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa	
Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto	

*Nota. Descripción tomada de (Programación Automática de Máquinas CNC, 2008)*

### **Tipos de máquinas CNC**

Existen en el mercado una gran variedad de máquinas CNC las cuales tienen una función específica o a su vez varias funciones. Por lo tanto, pasaremos a explicar cada una de ellas.

#### **Tornos CNC**

Aunque este tipo de CNC nos ayudan a realizar tareas en los que se requiere un taladrado preciso, empleando en control numérico computarizado, otro factor importante a considerar es la alta velocidad, incluso abarcando lugares que son imposibles llegar de forma manual. El tipo de programación que se utiliza es el código G, además de su propio lenguaje de programación, cuenta con una amplia gama de herramientas, normalmente son 12, esto con su propia portaherramientas y bombas de refrigeración.

**Figura 3***Torno CNC*

*Nota. Figura tomada de (Rodríguez, 2021)*

**Fresadoras**

Son máquinas específicas en el trabajo de la producción en masa de piezas de metal, este proceso se realiza mediante el arrancado de viruta o cepillándolas, son adecuadas para su uso en diversos procesos de producción en diversas industrias en las cuales puedes ser, automotriz, alimenticia, incluso salud.

**Corte por láser**

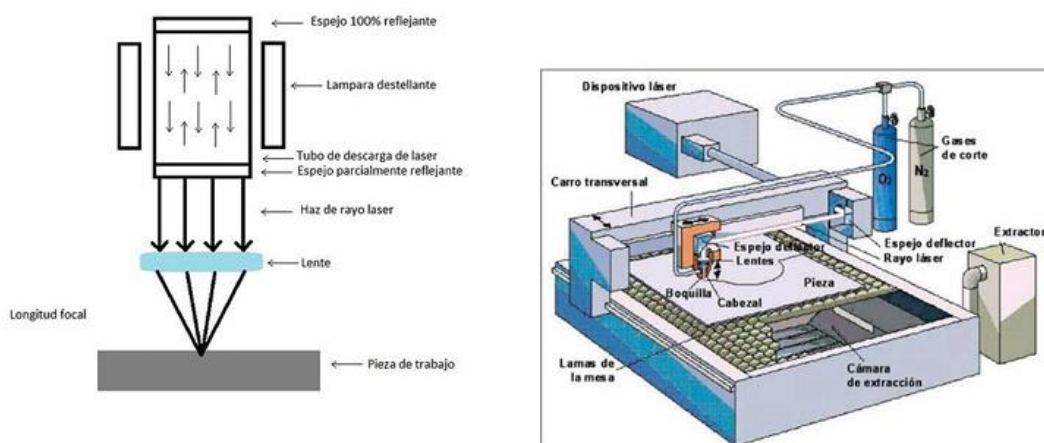
El mecanizado con láser es un proceso especial o proceso no convencional de mecanizado de índole térmica, que no genera viruta, en el que la eliminación del material se provoca por la fusión y vaporización del mismo al concentrar en zonas localizadas elevadas temperaturas.

La tecnología del mecanizado con láser se basa en la generación de un haz de láser de elevada potencia que es dirigido hasta la pieza a mecanizar mediante un sistema de espejos de reflexión de alta precisión y una lente de enfoque convergente. En la zona de incidencia del rayo se consigue una elevada densidad térmica concentrada que produce la volatilización del material.

La clave del procesamiento con láser es la absorción de la radiación láser en el material o recubrimiento. La absorción depende de la longitud de onda, el tipo de láser y el material. El control por software es importante para esta máquina porque se puede controlar numéricamente, esto quiere decir, que podemos modificar los parámetros de la fuente de luz, como la velocidad y la frecuencia, hasta la potencia del cabezal o parte de él (según lo movilizemos).

### **Figura 4**

#### *Corte láser*



*Nota. Figura tomada de (Rodríguez, 2021)*

### **Forza Láser**

Es una de las empresas que ha logrado consolidarse en todo el país Ecuador, en la distribución de productos para emprendedores y empresas que buscan la mejor calidad de máquinas en el corte ya sea de materiales como la madera, acrílico, etc., como las de metal, por lo tanto, buscan satisfacer los diferentes negocios que requieren de estas características en maquinaria.

### **Forza 4 Pro**

Es una máquina de corte y grabado láser que se muestra en la Figura 5, que fue

diseñada para brindar fácil instalación y operación al usuario. Con las siguientes características: Diseño compacto, fácil instalación, amigable con el ambiente, chiller integrado, silenciosa, con una estabilidad mecánica excelente. Su diseño y fabricación están realizadas con las características técnicas que los usuarios exigen y para adaptarse a cualquier ambiente de trabajo. Cuenta con un área de trabajo, X: 600mm y Y: 400mm, el desplazamiento en Z: 230 mm, el tipo de comunicación que posee la máquina es: USB 2.0, Network RJ45, Pen Drive. Su alimentación es de 110 – 120Vac con una frecuencia de 60 Hz. (Láser, Forza Laser, s.f.)

### **Figura 5**

*Máquina Forza 4 Pro*



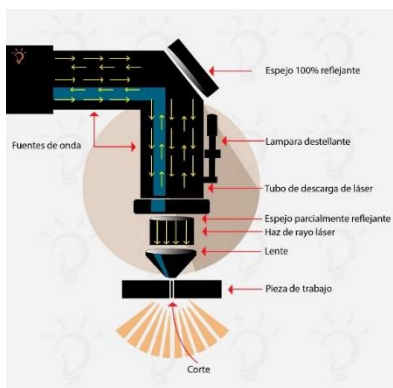
*Nota. Figura tomada de (Láser, Forza Laser, s.f.)*

### **Cabezales de las máquinas cortadoras láser**

Las cortadoras CNC tienen varias partes principales, pero una de ellas es el cabezal el cual realiza varias funciones específicas y muy importantes una de ellas es la que permite dar la dirección del haz de luz, la trayectoria que realiza ese rayo con lleva a utilizar unos espejos los cuales llevan a la dirección correcta para pasar por el cabezal hasta el lente que hace que el haz de luz reduzca sus dimensiones ya que sin esta lente sería imposible cortar simplemente quemaría el material. Las partes fundamentales que posee un cabezal como se ve en la Figura 6 se trata de; un espejo reflectante que dirige el haz hacia el lente, la boquilla, que es el último tramo que realiza el haz de luz.

## Figura 6

### Partes de un cabezal



Nota. Figura tomada de (DC, 2018)

### Boquillas y distancia de separación

Primero comienza con la existencia de un gas auxiliar para el corte por láser. Por lo tanto, la longitud en la que se encuentra la boquilla con el material y la geometría son muy importantes. El diseño de la boquilla y la dinámica del flujo a través son muy diferentes a otros procesos de corte térmico

La asistencia de gas es esencial en el corte por láser. Por lo tanto, la geometría y la distancia de separación son importantes. El diseño de la boquilla y la dinámica del flujo a través de la boquilla difieren sustancialmente en otros procesos de corte térmico. Esto se debe principalmente a la composición y el diámetro de la boquilla, que siempre es mayor que lo que se produce debajo de ella. (Trotec, Enfoque automático, s.f.)

### Cabezal como herramienta de focalización

Este cabezal mostrado en la Figura 7 tiene una herramienta básica que es rápida y fácil de enfocar en el contenido es decir en el material que se encuentre en el área de corte. El usuario coloca el dispositivo en el cabezal del láser y levanta la mesa de trabajo para operar el dispositivo conectado, logrando así los resultados deseados que en este caso es el autoenfoco. Este método es muy útil cuando se trabaja con diferentes materiales y este a su

vez no influyen el tamaño que posean.

### **Figura 7**

*Cabezal con autoenfoque*



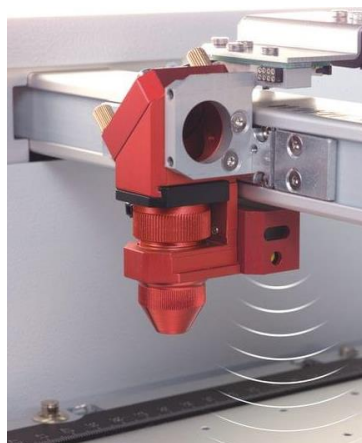
*Nota. Figura tomada de (Trotec, Enfoque automático, s.f.)*

### **Sonar Technology**

La empresa Trotec usó una técnica simple para enfocar digitalmente la superficie de una pieza para realizar el proceso de grabado con láser (Véase Figura 8). La forma de realizarlo es establecer la distancia adecuada para cada posición en la mesa de trabajo. al presionar un botón, el dispositivo ultrasónico del láser detecta el trabajo a procesar. El punto de enfoque, por lo tanto, se detecta automáticamente, y la mesa de trabajo se mueve automáticamente a la posición correcta de enfoque. (Trotec, Enfoque automático, s.f.)

### **Figura 8**

Sonar technology



*Nota. Figura tomada de (Trotec, Enfoque automático, s.f.)*



### **Diámetro de la boquilla y distancia de separación**

La boquilla suministra el gas de corte sobre la parte superficial del material, lo mismo que garantiza que el gas sea consistente con el láser y mantiene la presión de la herramienta para reducir la presión del charco de metal. El diseño de la boquilla, en particular el diseño del orificio, determina la forma del chorro de corte por gas y, por lo tanto, el método de corte debería tener un diámetro el cual se encuentre entre 0,8 mm y 3mm seleccionados según el material y espesor que posea (Shubham & Swapnil, 2016).

Debido al pequeño tamaño del rayo láser enfocado, el orificio producido durante el corte por láser suele ser más pequeño que el mismo diámetro del mismo. A partir de entonces, solo una parte del flujo de aire sale de la boquilla. (Shubham & Swapnil, 2016).

### **Posición focal relativa con la superficie del material**

El nivel de consistencia debe ser controlado para asegurar un corte óptimo. Las diferencias materiales también pueden requerir cambiar el enfoque y la forma del rayo láser. En el corte con oxicorte, la máxima velocidad de corte se logra cuando el plano focal del haz está sobre la placa para láminas delgadas o aproximadamente un tercio del espesor de la lámina debajo de las superficies para láminas delgadas. Sin embargo, el mejor arreglo es cara a cara asegurando que el corte sea lo más perfecto y necesario posible sobre la pieza, esto es de vital importancia tenerlo en cuenta. (Shubham & Swapnil, 2016).

### **Sensores**

Los sensores son dispositivos los cuales permiten que se controle el proceso en ejecución, extraer datos del proceso en realización, lo que conlleva a la medición de varias cantidades físicas involucradas. Los sensores pueden ser estáticos o dinámicos, los sensores estáticos tienen un sistema que cambia continuamente o cambian lentamente la variable de medida, por otro lado, los sensores dinámicos brindan un sistema temporal para la variable medida. (Barrientos & Gambao, 2014).

- Las características de los sensores estáticos según (Barrientos & Gambao, 2014)

son:

- **Campo de medida:** Se trata del rango de valores del objeto que puede medirse
- **Sensibilidad:** Radio
- **Resolución:** Mínimo cambio del objeto a medir y los valores medidos
- **Umbral:** Mínimo valor del objeto a medir y la salida nula
- **Precisión:** Error de medida máximo esperado
- **Exactitud:** Diferencia entre el valor real y el valor medido, es decir se encontrará en un entorno cercano al valor real.
- **Repetibilidad:** Máxima desviación entre los valores de salida obtenidos al medir varias veces la misma entrada con el mismo sensor e idénticas condiciones ambientales.
- **Linealidad:** Proporcionalidad entre el objeto a medir y los valores del sensor
- **Histéresis.**

Por el contrario, los sensores dinámicos tienen las siguientes características según (Barrientos & Gambao, 2014):

- **Velocidad de respuesta:** Se refiere a la capacidad de la señal de salida para seguir la señal de entrada sin demora.
- **Respuesta en frecuencia:** La capacidad del sensor para monitorear cambios en la señal de entrada con frecuencia creciente.

### ***Clasificación de los sensores***

En el presente trabajo se define como un sensor sin contacto que solo detecta la presencia de un objeto, pero a la hora de recolectar los datos del sensor depende de varios factores; estos sensores vienen en opciones optoelectrónicas, inductivas, capacitivas y ultrasónicas dependiendo de las propiedades del material, cuerpo, rango y la corriente motora.

La característica más obvia es que la salida puede ser todo/ninguno. Se puede utilizar normalmente cerrado o normalmente abierto con relés o transistores. (Barrientos & Gambao, 2014)

### **Sensor Capacitivo**

Un sensor capacitivo es un tipo de dispositivo electrónico que responde a cambios en la capacitancia de un capacitor. Por lo tanto, se puede usar para medir cualquier parámetro que cambie la capacitancia, corriente y las tensiones. La diferencia en la potencia mostrada hace que la corriente y la frecuencia cambien en un circuito con capacitores entre los componentes. (Artagaveytia & Gutiérrez - Zorrilla, 2014)

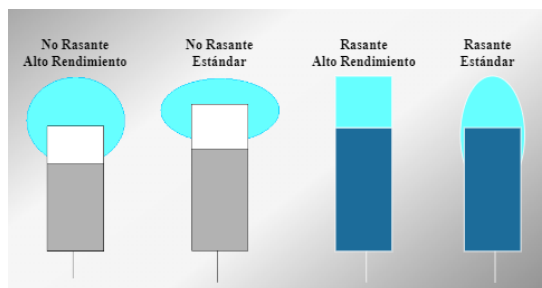
El funcionamiento de este tipo de dispositivos es una conexión eléctrica entre los dos conductores separados por aislamiento. Es decir, tiene osciladores transistores que son fácilmente accesibles para materiales ya sean metálicos o no metálicos, esto también incluye el agua, objetos reflectantes como el vidrio. (Sensors, 2020). Ahora estos capacitores poseen una constante dieléctrica la cual disminuye a medida que un objeto se le acerca, y empieza la toma de datos en los cuales nos indicará si existe o no un objeto frente al sensor. Por ende, este tipo de sensores presenta salidas de transistores tipo pnp o npn.

#### **Características de los sensores capacitivos**

- **Límites de la sensibilidad:** El valor límite repetible del cambio de fuerza es de 0.1 pF, lo que significa que debe tener una distancia de superficie de 1  $cm^2$ , por lo tanto, la desventaja de estos sensores es que no poseen una buena repetibilidad del punto de detección.
- **Distancia de Detección:** Para poder ajustar la distancia que necesita detectar se puede ajustar mediante otro tipo de dispositivo como el potenciómetro.

### **Figura 9**

*Comparación según las características del campo capacitivo*



*Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2016)*

Al igual que muchos sensores se necesita observar y analizar cada uno de los sensores, y de esta forma poder estudiar si es el instrumento necesario para la aplicación.

Véase Tabla 2.

## **Tabla 2**

Ventajas y desventajas del sensor capacitivo

Ventajas	Desventajas
Detecta prácticamente todos los materiales Buena confiabilidad, no produce el efecto rebote, no tiene desgaste de los contactos Mayor velocidad de accionamiento que los sensores inductivos La suciedad no tiene mayor incidencia	Más caros que los sensores inductivos No poseen una distancia de detección tan grandes como los sensores ópticos

*Nota. Características tomadas de (Muñoz, 2016)*

A continuación, se muestra un sensor capacitivo industrial en la Figura 10 podemos apreciar de mejor como está físicamente conformado el sensor capacitivo, el mismo que se encuentra encapsulado y sus partes electrónicas dentro del cuerpo del sensor.

## Figura 10

### Sensor Capacitivo



Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2016)

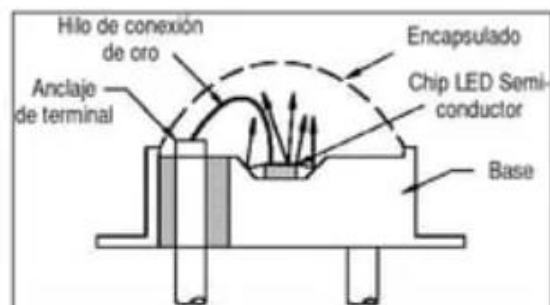
### Sensores ópticos

Los sensores ópticos son aquellos en los que funcionamiento se basan en un haz de luz que se interrumpió o es reflejado por el objetivo a detectar. Las partes del sensor son: Fuente, receptor, lentes, circuito de salida.

La fuente que posee el sensor se compone de un LED, el cual tiene un amplio rango en el espectro, usualmente se utilizan las radiaciones infrarrojas esto debido a que su porcentaje de luz que emiten están en mayor grado, por lo que disipan menos calor. En la siguiente Figura 11 se indica las partes importantes que ayudan a la detección.

## Figura 11

### Foto emisor



Nota. Figura tomada de (Slidessahare, 2013)

Las ventajas del sensor son el alto brillo del haz, la vida útil del LED, la inmunidad del sensor a otras fuentes de luz que pueden interferir con la señal. Esto se podría denotar como

una desventaja de que se reduce la respuesta de frecuencia del detector óptico. La Figura 12 muestra el pulso del suministro para un amperímetro de ejemplo. (Slidessahare, 2013)

## Figura 12

*Modulación*



*Nota. Figura tomada de (Slidessahare, 2013)*

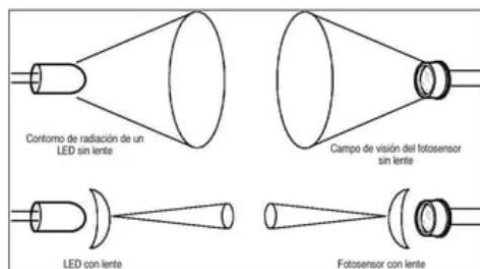
Un detector de datos es alguien que recibe un haz de luz de una fuente, generalmente un fotodiodo o un fototransistor. El fotodetector debe estar conectado al emisor, lo que significa que el fotodiodo o fototransistor del detector debe tener un alto flujo de corriente cuando se dispone de la misma longitud de onda que el emisor LED. Esto significa que recibe el mismo pulso de luz que el transmisor, por lo que se puede ignorar la radiación de otras fuentes.

*(Slidessahare, 2013).*

Por otro lado, los lentes tienen la función de dirigir el haz de luz tanto en el emisor como en el receptor para restringir el campo de visión, lo que conlleva aumentar la distancia de detección. Lo que produce el led es un cono en el cual el haz de luz emitido por el led aumenta a mayor distancia. Una característica peculiar nos refiere a que, si se utiliza un lente con un cono más estrecho como en la Figura 13, presentara mayor dificultad para alinearlos.

## Figura 13

*Lentes*



*Nota. Figura tomada de (Slidessahare, 2013)*

El límite es el brillo más allá del rango de detección de luz lo que significa que si no encuentra la posición no se detectará eficazmente. (Slidessahare, 2013) los siguientes ejemplos clarificarán la definición: El umbral cero se produce cuando el sensor de luz no puede detectar la luz transmitida. El límite de corriente se establece cuando hay suficiente luz para cambiar el estado del dispositivo de entrada. Y finalmente, cuando 20 luces son más que el mínimo para cambiar el modo de salida del dispositivo, dicen que 20 es el límite necesario que dejaría pasar. (Slidessahare, 2013)

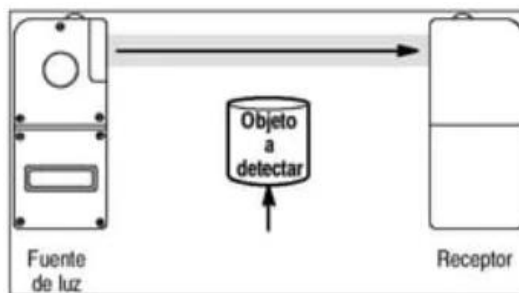
### Modos de detección

Los sensores ópticos tienen tres configuraciones las cuales son: Transmisión directa, reflexivo y difuso.

La transmisión directa o interrupción es aquella en la que el emisor debe colocarse frente al receptor y el objeto pasa por medio de ellos como se ve en la Figura 14, para esta configuración la ventaja más notable es que se puede medir distancias grandes se dice que pueden llegar hasta 270 m, pero una desventaja notoria es al momento de la instalación debido a que presenta una gran cantidad de cables, haciendo que se utilicen varios implementos y más costo de instalación.

### Figura 14

*Transmisión directa*



*Nota. Figura tomada de (Slidessahare, 2013)*

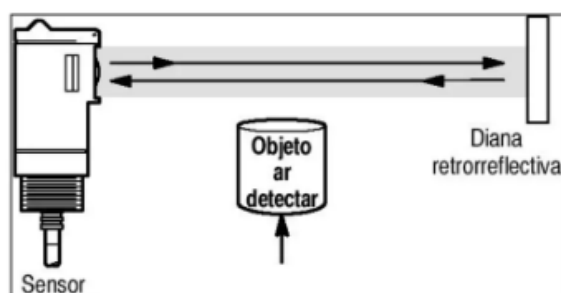
Una cuestión a tener en cuenta es que este tipo de sensor no es particularmente bueno para detectar objetos transparentes o traslúcidos por sí solo, por lo que es posible que no detecte dichos objetos. (Slidessahare, 2013)

### ***Reflexivo***

En este caso el receptor y el emisor están del mismo lado, también es necesario que la fuente de luz frente a él, tenga un método el cual se inicie con un haz de luz la cual es recibida e incide en la superficie visible, esto a su vez es absorbido por el receptor, la ventaja más prominente es que permite al transmisor y receptor no necesitan tantos cables para la instalación, y por ende, no requiere de muchos costos. Como se muestra en la Figura 15.

**Figura 15**

*Modo Reflexivo*



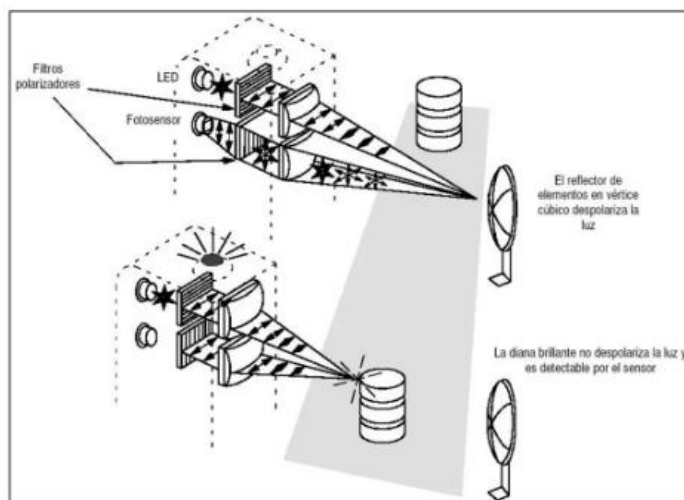
*Nota. Figura tomada de (Slidessahare, 2013)*

Una de las principales desventajas se presenta con la superficie reflectante, ya que, si brilla de forma excesiva, puede enviar malas señales hacia el receptor. Para lo cual una posible solución sea el de utilizar superficies reflectantes polarizadas, que son muy útiles para detectar objetos hechos de materiales transparentes. Véase en la Figura 16.

**Figura 16**

*Reflexivo polarizado*





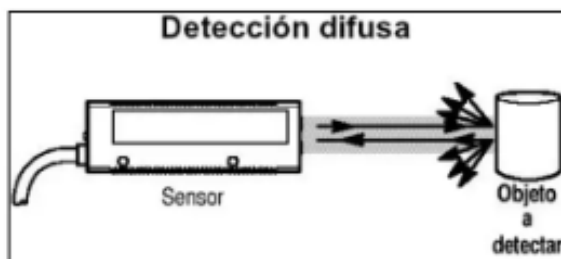
Nota. *Figura tomada de* (Slidessahare, 2013)

### ***Difuso o proximidad***

Este tipo de sensor es una modificación del sensor anterior, pero sin la necesidad de la superficie reflectante, el haz de luz se desvía en varias direcciones, la distancia de detección es muy corta, pero es muy útil para atravesar el objeto frente al sensor. Véase en la Figura 17.

### **Figura 17**

Modo difuso



Nota. *Figura tomada de* (Slidessahare, 2013)

En la tabla 3 se muestra los valores típicos que tiene el sensor al reflejar el haz de luz en los diferentes materiales.

**Tabla 3***Reflectividad típica de algunos materiales*

Materiales	Reflectividad relativa típica
Aluminio pulido	500
Papel blanco (referencia)	100
Papel blanco escritura	90
Cartón	40
Madera cortada	20
Papel negro	10
Neopreno	5
Goma neumático	4
Filtro negro	2

*Nota. Características tomadas de (Slidessahare, 2013)*

### **Procesamiento Digital de Señales**

Un filtro digital procesa señal que refleja sonido, cambia el modelo y el algoritmo y lo reemplaza con una nueva secuencia numérica que se ve muy diferente a la original lo cual significaría que es una imagen filtrada. (Cetta)

Hay muchos tipos de filtros y podemos distinguir cuatro tipos en particular: paso bajo, paso alto, pasa banda y parada de banda. (Cetta)

Los filtros son dispositivos que permiten el paso de señales eléctricas a través de determinadas bandas de frecuencia, bloqueando otras frecuencias que el sistema no necesita, por el cual sufre distorsiones.

Se utilizan para realizar diferentes funciones como el acondicionamiento y corrección de señal de entrada, digitalización de señales, acondicionamiento de señales producidas.

### **Concepto de ruido**

Por ruido se entiende todo componente de tensión o intensidad indeseada que se superpone con la componente de señal que se procesa o interfiere en el proceso de medida.

Según (Moyano, 2005) el ruido en un sistema de puede clasificar en uno de los siguientes grupos:

### ***Ruido interno o inherente***

Es similar al que surge de las propiedades físicas de los equipos electrónicos (ruido térmico, ruido de cuantificación son, ruido de semiconductores, etc.). los sonidos de la naturaleza son aleatorios. (Moyano, 2005)

### ***Ruido externo o interferencias***

Como resultado del acoplamiento eléctrico o magnético que se produce en un punto de un sistema con otro punto del mismo sistema, o como resultado de otros acoplamientos de naturaleza eléctrica o magnética equivalente (por ejemplo, tormentas) o sistemas hechos por el hombre como motores u herramientas. Los ruidos molestos pueden ser intermitentes o aleatorios. Puede reducirse protegiendo la conexión eléctrica o electromagnética, esto se puede realizar desviando ese ruido el aislamiento de los componentes generadores o las conexiones. (Moyano, 2005)

El ruido se ha intentado de varias formas para reducirlo tanto en la fuente como la propagación, una de las formas más rápidas es el sistema de cableado, que cubre o diseña dispositivos de bajo ruido, por lo que esta opción se conoce como el método más efectivo. Pero la desventaja radica en que no siempre este tipo de recubrimientos se hallan fácilmente.

Ahora bien, si la explicación anterior no es muy práctica, lo más común es probar con un filtro de señal. Reducimos el nivel de ruido en comparación con la señal de entrada. Generalmente estos son programas muy simples y muy efectivos. Una desventaja que presenta este enfoque reduce el ancho de banda del sistema.

### ***Caracterización de los niveles de ruido***

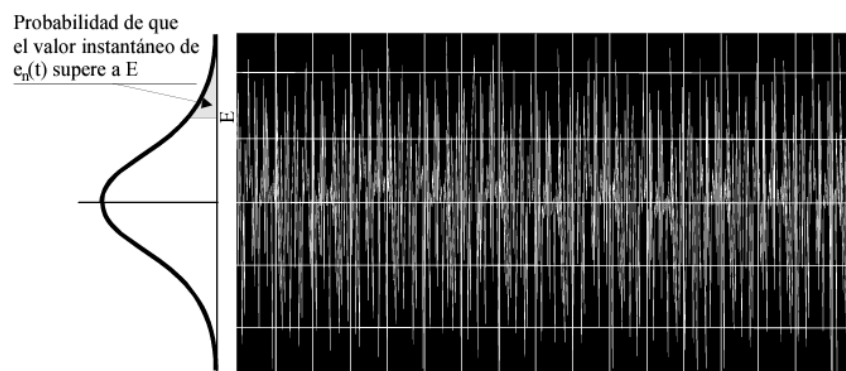
Sin embargo, independientemente del método, ya sea de blindaje en el cableado o filtrado, debe tener en cuenta ciertos ruidos internos que son de mucha importancia y por lo tanto, se debe considerar los niveles de ruido técnico que estarán presentes de la misma

manera que debemos darles importancia a los componentes que lo provocan. Según (Moyano, 2005) clasifica al ruido de la siguiente manera:

- El ruido blanco, la distribución de los valores son de tipo gaussiana, por lo tanto, la magnitud más adecuada para medir su intensidad es el valor cuadrático medio en RMS, ya sea naturaleza física una tensión, una intensidad o potencia. Como se evidencia en la Figura 18.

### Figura 18

#### *Ruido blanco*

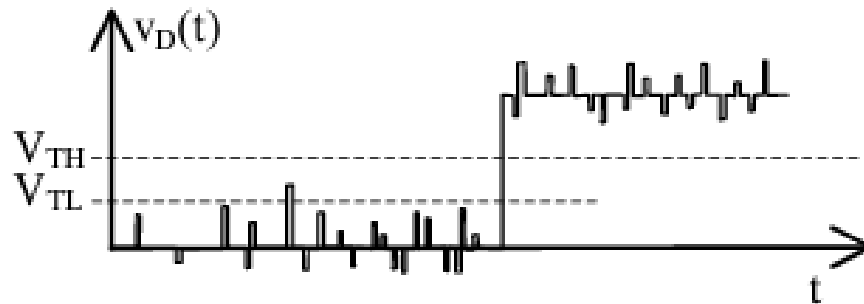


*Nota. Figura tomada de (Moyano, 2005)*

- En el caso de ruido impulsivo (por ejemplo, producido en un sistema digital o causado por el circuito de encendido de un motor de combustión interna), donde el valor promedio de la potencia no describe su nivel, el uso del valor pico es más apropiado. Arriba es posible predecir si el ruido que excede los límites razonables puede causar daños. (Moyano, 2005). Como se observa en la Figura 19.

## Figura 19

*Ruidos de tipo impulso*



*Nota. Figura tomada de (Moyano, 2005)*

### **Filtros ideales**

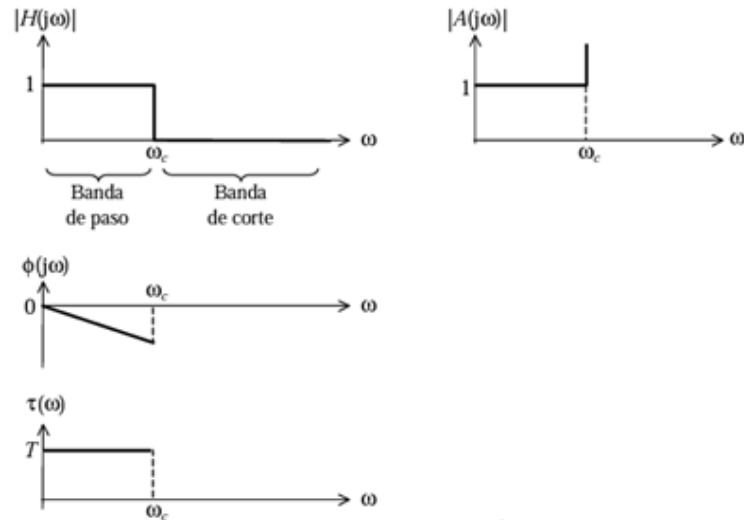
Un filtro ideal es un selector de frecuencia que pasa a través de un paso de banda o banda espectral sin distorsión. Ya estos sean en los elementos externos o los cuales se encuentran completamente. (Miraya, 2004)

### **Pasabajos (PB)**

Las frecuencias de este tipo de filtro están determinadas por  $\omega_c$ , denominada frecuencia de corte (alta frecuencia de corte) y las más altas se cierran como se muestra en la Figura 20.

## Figura 20

Diagramas de amplitud, fase y retardo para un filtro pasabajos.



Nota. Figura tomada de (Miraya, 2004)

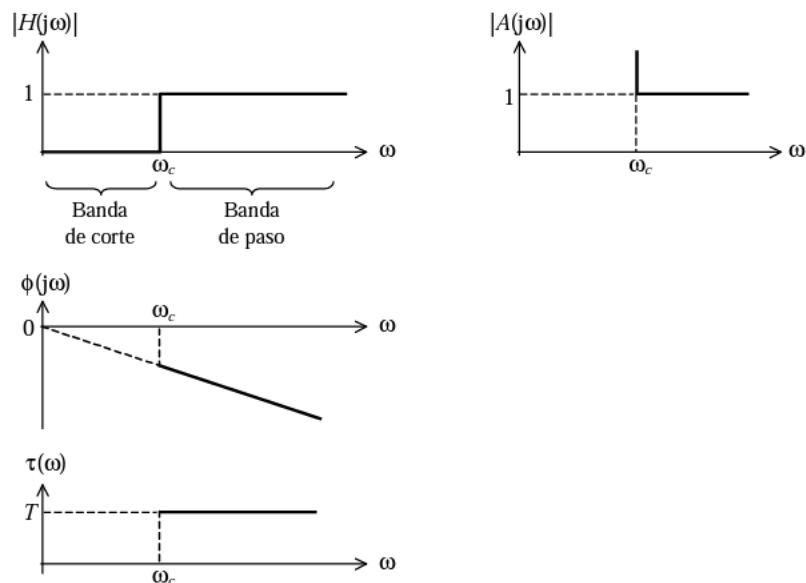
La contracción es desconocida en el grupo de truncamiento y el módulo es cero en los grupos de fase y retardo. (Miraya, 2004)

### **Pasa altos (PA)**

Permite el paso de las frecuencias mayores que cierta frecuencia  $\omega_c$ , también denominado frecuencia de corte (o frecuencia inferior de corte), y bloquea las menores. La respuesta se muestra en la Figura 21. (Miraya, 2004)

**Figura 21**

Diagramas de amplitud, fase y retardo de grupo para filtro pasa altos ideal



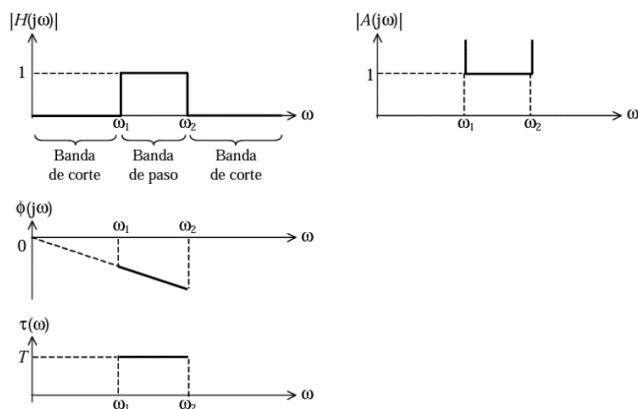
Nota. Figura tomada de (Miraya, 2004)

### Pasa banda (Pbn)

Permite el paso de las frecuencias comprendidas entre dos frecuencias  $\omega_1$  y  $\omega_2$  ( $\omega_1 < \omega_2$ ), denominadas frecuencia inferior de corte y frecuencia superior de corte, bloqueando las restantes (Figura 22). (Miraya, 2004)

**Figura 22**

Diagramas de amplitud, fase y retarde para un filtro pasa banda



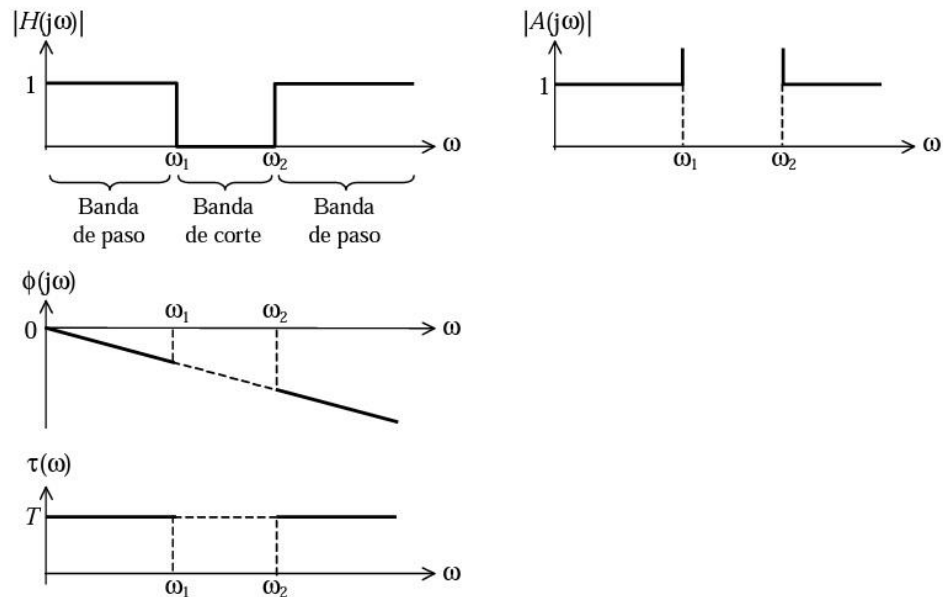
Nota. Figura tomada de (Miraya, 2004)

### Rechaza banda (RBN)

Bloquea las frecuencias comprendidas entre las frecuencias de corte  $\omega_1$  y  $\omega_2$ , dejando pasar las restantes.

### Figura 23

Diagrama de amplitud, fase y retardo para un filtro rechaza banda.



Nota. Figura tomada de (Miraya, 2004)

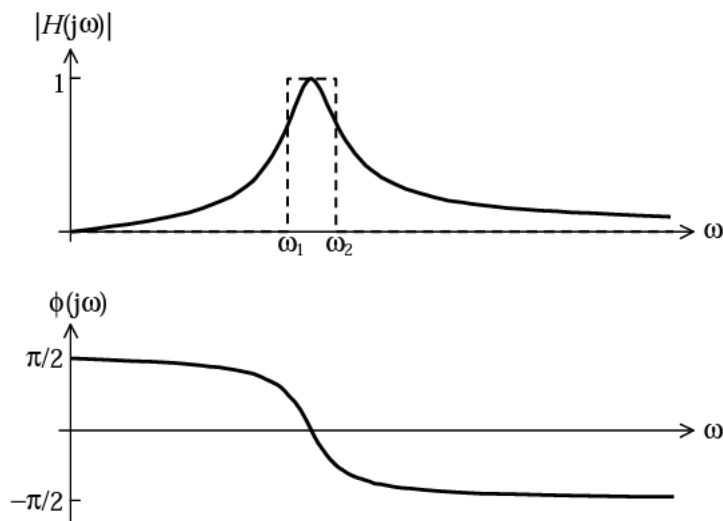
### Filtros reales

La respuesta ideal descrita anteriormente no se puede expresar con funciones finitas, por lo tanto, no se puede lograr con un número limitado de componentes. Por lo tanto, los filtros reales pueden aproximarse hasta cierto punto a los filtros ideales. En la Figura 24 se muestra un ejemplo de pasa banda real comparado con el correspondiente pasa banda ideal. (Miraya, 2004)



## Figura 24

Amplitud y fase de un filtro pasa banda real.



Nota. Figura tomada de (Miraya, 2004)

### Controlador Ruida RCD 644S-B

El controlador Ruida tiene un sistema de control de corte y grabado láser, resistencia antiestática y de alto voltaje. Está basado en un sistema operativo Hombre- Máquina con una interfaz (HMI), además de una funcionalidad óptima. (Comercial, s.f.)

### Funciones

Las funciones que posee el Ruida según (Comercial, s.f.) se coloca en una lista la cual la identifica de manera más rápida son:

- El controlador tiene mejor resistencia al alto voltaje y capacidad antiestática.
- Fuente de alimentación de 24V unidireccional.
- Admite todas las marcas y capacidades de discos U, capacidad de copia compatible rápida y fuerte.
- Interfaz digital/analógica independiente de dos vías, el software se puede ajustar respectivamente, conveniente para el control de cabezales láser dobles: interfaz de control láser RF dedicada.

- Admite reinicio de apagado para el grabado, vista previa del tiempo de trabajo (alta precisión a milisegundos, el tiempo de vista previa es exacto al tiempo de trabajo real, el otro proveedor no puede darse cuenta).

## **Parámetros técnicos**

### ***Señales de control láser digital***

Según (Comercial, s.f.), la empresa que comercia con este producto indica que el controlador posee las siguientes señales:

- Salida de nivel TTL, 50mA, capacidad de accionamiento (puede establecer la polaridad de la señal de habilitación en el software)
- Frecuencia PWM 2k-50K para ajustable.
- La relación de trabajo PWM es 1% - 99%, ajustable
- Valor PWM es de hasta 5.0V

**Señal de control del motor:** Salida de ánodo común, capacidad de accionamiento 20mA.

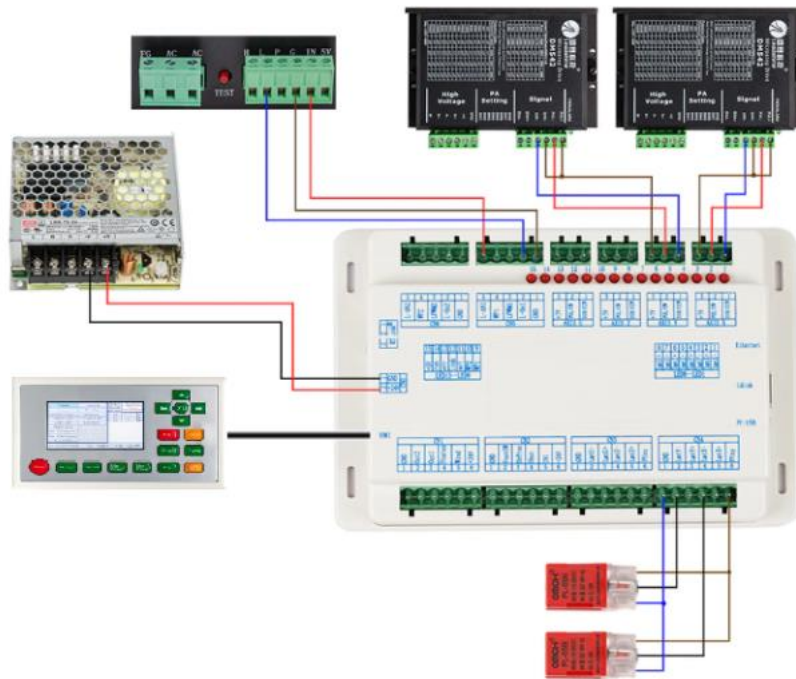
**USB:** Máx. velocidad de transmisión 12M bps; La distancia más larga es de 5 metros.

**Network:** Máx. velocidad de transmisión es de 100M; Máx. la distancia de transmisión es de 200M.

**Interpolación:** arco lineal / circular / spline B, precisión +/- 0.5 pulso.

**Salida:** 4 canales, salida de puerta OC aislada fotoeléctrica, la máx. capacidad de manejo capacidad de manejo 500mA.

**Input:** 4 canales, entrada aislada fotoeléctrica compatible con nivel lógico de 5V/12V/24V.

**Figura 25***Conexiones del controlador Ruida*

*Nota. Figura tomada de (Comercial, s.f.)*

## Capítulo III

### Diseño del Sistema Electrónico y Mecánico

#### Diseño preliminar

Forza Láser es una empresa en constante crecimiento los cuales siempre buscan mejorar sus servicios, por ende, el constante desarrollo es primordial, buscando un sistema el cual sea fácil de implementar y a su vez usar. Y por lo tanto ha buscado esta mejora en su máquina Forza 4 Pro.

#### *Análisis de las necesidades*

Para identificar las necesidades que se han planteado para este proyecto se realizó una tabla en la cual se identifican 10 de ellas como se muestra en la siguiente Tabla 4.

**Tabla 4**

*Descripción de las necesidades de la empresa Forza Láser*

<b>N°</b>	<b>Necesidad</b>	<b>Imp.</b>
1	Tener un diseño ergonómico para el cabezal	4
2	Es de fácil acceso para mantenimiento	3
3	No se contamina con polvo o agua	5
4	Permite realizar un mantenimiento con herramientas sencillas	3
5	Es fácil de instalar	3
6	Es fácil de usar para cualquier tipo de persona	4
7	Se ajusta a una amplia variedad de usuarios	5
8	Que se pueda usar en varios ambientes	3
9	Que ocupe poco espacio	3
10	Económico	5

Con estas necesidades teniendo en cuenta se propone aplicar la matriz QFD, la misma que nos permitirá analizar y tomar una mejor decisión con las necesidades, y partir para desarrollar en las etapas que sean necesarias como se indica en la Figura 26.



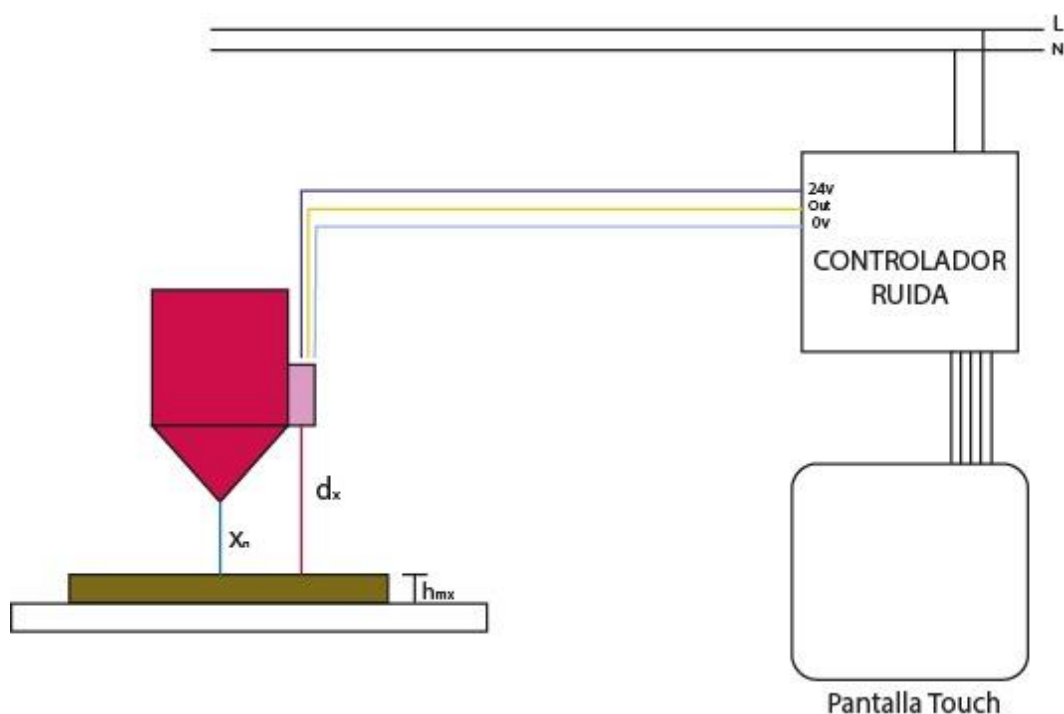
En base a la matriz QFD propuesta el proyecto se dividirá en: Diseño Mecánico, Diseño Electrónico, Diseño del software. Esto nos permitirá realizar las necesidades impuestas por la empresa Forza Láser, de forma ordenada. Ahora se continuará con una breve explicación de como estará realizado el proyecto.

### **Arquitectura Física**

Para el presente proyecto, se analizó que lo primordial es investigar el sensor adecuado para la aplicación, a continuación, se procede con el diseño del cabezal que es una parte fundamental para acoplar el sensor con el sistema, con estas dos partes realizadas se continua con la selección del material con el que se va a construir el diseño, tomando en cuenta las características previas indicadas por la empresa, sin pasar el presupuesto y considerando la estructura de la máquina. Como indica en la siguiente Figura 27.

**Figura 27**

*Esquema del proceso a implementar*



*Nota. Se presenta en breves rasgos el proceso a seguir*

## Diseño Mecánico

### Selección del material

Otro requisito necesario para el proyecto es la realización de un cabezal que permita acoplar el sensor de tal forma que sea transparente para el usuario, de igual manera es necesario seleccionar el material en el cual se va imprimir este producto, esto se detallará en la Tabla 5 a continuación.

**Tabla 5**

#### Selección del material para la impresión

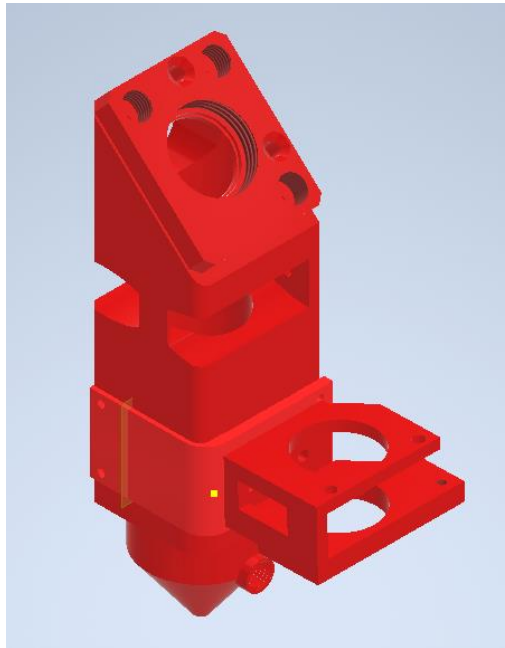
	PLA		ABS		Resina estándar		TPU		Aluminio (Mecanizado)	
	Peso	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	Eval. Pnd.	
Acabado	0,2	5 1	6 1,2	10 2	9 1,8	10 2				
Resistencia térmica	0,1	6 0,6	7 0,7	9 0,9	8 0,8	9 0,9				
Resistencia mecánica	0,05	4 0,2	8 0,4	7 0,35	7 0,35	6 0,3				
Durabilidad	0,1	7 0,7	5 0,5	6 0,6	6 0,6	7 0,7				
Precisión en las medidas	0,15	3 0,45	4 0,6	8 1,2	5 0,75	8 1,2				
Costo	0,3	9 2,7	7 2,1	4 1,2	6 1,8	2 0,6				
	1	5,65	5,5	6,25	6,1	5.7				

A continuación, se muestra la estructura diseñada, a utilizar como cabezal, la cual albergará el sensor seleccionado según las medidas del mismo, para lo cual se utilizó como referencia el diseño del cabezal anterior evitando cambiar en gran medida su estructura, manteniendo el diseño ergonómico y casi abstracto para el usuario. Además, que la resina resiste temperaturas desde los 40 °C a 100°C, por lo tanto, nos proporciona una seguridad al momento de realizar la operación de corte de los materiales.

El diseño que se presenta fue diseñado en el programa de Autodesk Inventor con licencia estudiantil. Es una herramienta versátil que permite realizar los trabajos necesarios de CAD, en el caso del proyecto el diseño del cabezal. (Véase Figura 28).

**Figura 28**

*Cabezal láser para la máquina Forza 4 Pro*

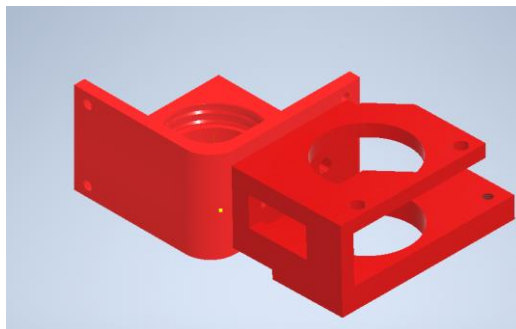


*Nota. Se muestra el diseño realizado en Inventor ensamblado.*

La parte más esencial del diseño del cabezal consta de la parte donde se va a encontrar el lente y el sensor, como se muestra en la Figura 28. Ahora la parte del lente se realizó removible de tal forma que el usuario tenga más facilidad de acceder a la pieza importante como es el lente para poder darle un mantenimiento, antes se necesitaba desprender con toda la boquilla para extraer el lente, pensando en eso se ha tratado de agilizar el proceso.

**Figura 29**

*Diseño de la parte en donde se va a encontrar el espejo y sensor*





Otra de las partes importantes se basa en la ubicación del agujero donde ingresa el recoil para el oxígeno, como se ve la Figura 29, se colocó en la parte izquierda para que la manguera de aire no intervenga con la posición del sensor.

### Figura 30

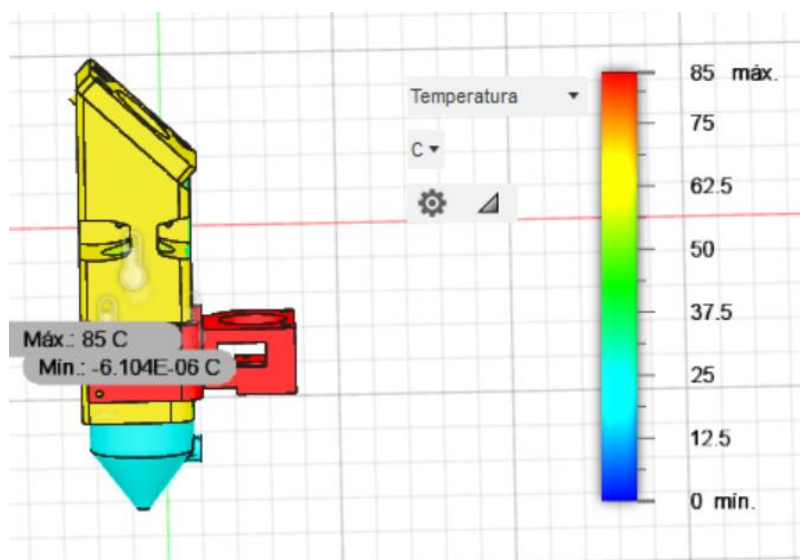
*Boquilla del cabezal*



Lo más importante es conocer si va a resistir el material las temperaturas, por lo tanto, con la ayuda de Fusion 360 Student se aplicó para realizar la simulación térmica y verificar que temperatura va a soportar, por lo que se indicará en la siguiente Figura 31.

### Figura 31

*Análisis térmico del cabezal*



Como se observa en la Figura 30, los datos dados en la simulación nos indica lo siguiente: En la parte donde se va a colocar tanto el lente y el sensor nos va a soportar una temperatura de 85 °C la cual nos indica la grandiosa noticia de que esos componentes soportarían una temperatura en la cual el material no se deforme, continuamos con la boquilla que está entre los 25°C, y el cuerpo entre los 60 y 73°C, el cabezal en general nos aporta una gran maniobrabilidad, además de poder realizar el proceso de corte de manera eficiente.

## **Diseño del sistema electrónico**

### ***Selección de los componentes***

En base al estudio del caso con la empresa descrita en la Tabla 6, se llegaron algunas conclusiones de lo que se requiere utilizar en el sistema electrónico, como requisitos se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 6**

*Requerimientos de selección*

Opción	Medida
Ancho	2 cm máx
Alto	7 cm máx
Voltaje Trabajo	24V
Distancia a medir	5 mm mín
Tipo	Análogo
Presupuesto	\$40

*Nota. La tabla nos ayuda a elegir con los requerimientos necesarios para el sistema*

### **Selección del Sensor**

Según la investigación realizada se analizan los siguientes sensores, basándose en la metodología la cual es muy utilizado en la ingeniería la que permite analizar diferentes aspectos importantes a ser tomados en cuenta, permitiéndonos hallar la mejor opción para el proyecto presente, se trata de la casa de calidad o QFD. Véase Tabla 7.

**Tabla 7**

#### *Selección del sensor*

Factor	Peso	Sensor óptico		Sensor Capacitivo		Sensor Inductivo		Sensor ultrasónico	
		Eval.	Pnd.	Eval.	Pnd.	Eval.	Pnd.	Eval.	Pnd.
Dimensiones	0,2	7	1,4	8	1,6	8	1,6	10	2
Voltaje	0,3	10	3	10	3	10	3	10	3
Distancia a medir	0,15	10	1,5	8	1,2	3	0,45	3	0,45
Beneficio económico	0,1	7	0,7	6	0,6	8	0,8	4	0,4
Precisión	0,15	4	0,6	10	1,5	8	1,2	8	1,2
Materiales a medir	0,1	10	1	9	0,9	2	0,2	9	0,9
	1		8,2		8,8		7,25		7,9

Bajo los requerimientos dados por la empresa, un factor crítico imprescindible es el presupuesto, como la necesidad de detección de varios tipos de materiales, sin embargo, bajo la investigación realizada con respecto a los distintos tipos de sensores los cuales son posibles de medir distancia, se puede observar que la mejor opción son los sensores capacitivos, a pesar de esto, existen inconvenientes con respecto a la detección de materiales traslúcidos como las micas de polietireno, vidrio entre otros.

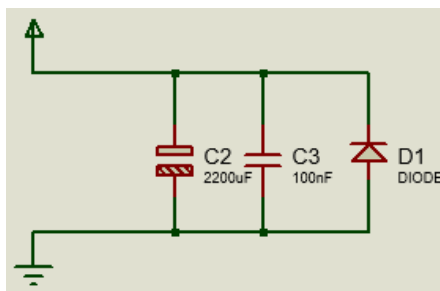
Para realizar el diseño del sistema eléctrico se debe tomar en cuenta que dentro del sistema existe ruido que realiza interferencias al momento de censar, causando que los datos que toma no sean válidos para la aplicación.

Esto se pudo evidenciar al momento de realizar la alimentación al sensor, en el cual se pudo observar ruido y un voltaje variable, lo que quiere decir que va a existir un problema en el

enfoque. Como solución se propone el siguiente circuito, para eliminar el ruido existente de la fuente como se puede evidenciar en la Figura 32.

### Figura 32

Circuito etapa inicial

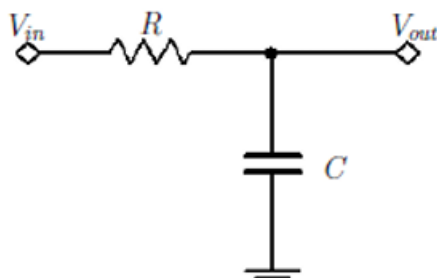


Este circuito se coloca en la alimentación del sensor para generar un efecto de pila que elimine el ruido inicial de la fuente. El circuito aplicado es un filtro pasa bajos el cual permite que ingrese señales las cuales pueden ser por debajo de la frecuencia de corte o banda de paso, en este caso es de 0.5 Hz, a la vez que atenúan las señales que se encuentran por encima de la frecuencia de corte o también llamada banda de atenuación, esta es la forma más segura de poder atenuar, limpiar señales, eliminando el ruido a su vez que va creando un efecto de suavizado. Esto quiere decir que produce cambios lentos en los valores de la salida del sensor, con lo cual se puede observar que la señal de ruido tiene una degradación mínima.

Para poder obtener los valores de los elementos que debe tener el filtro pasa bajos se va aplicar el siguiente cálculo en el circuito de la Figura 33:

### Figura 33

Circuito del filtro RC pasa bajo



Nota. Circuito pasa bajos obtenido de (Chipule Pérez, Águila Rodríguez, & Posada Gómez, 2016)

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

Donde:

$f_c$ : es la frecuencia de corte del sensor

$R$ : es la resistencia del circuito

$C$ : el capacitor

Para este caso la frecuencia de corte es 0.5 Hz debido a que es la frecuencia en la que el sensor se refresca, por ende, vamos a dar valor a la frecuencia de corte y al capacitor para hallar el valor necesario para la correcta filtración, con un valor de  $2,2\mu f$  con la ecuación (4).

$$2\pi f_c RC = 1 \quad (2)$$

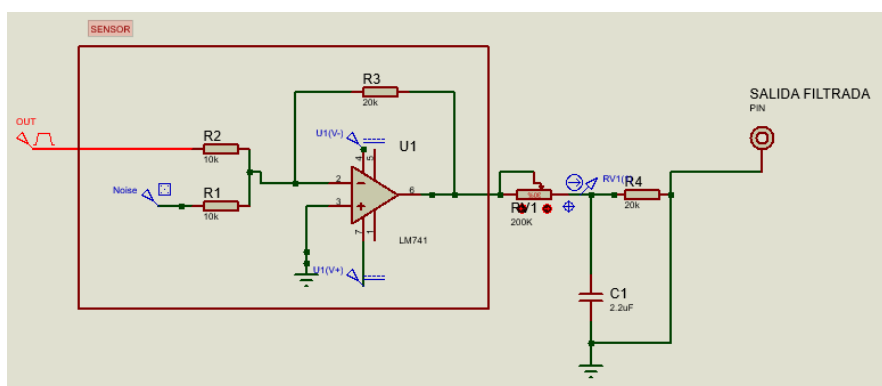
$$R = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (3)$$

$$R = \frac{1}{2\pi(0.5)(2.2\mu)} \quad (4)$$

$$R = 14,6K\Omega \quad (5)$$

**Figura 34**

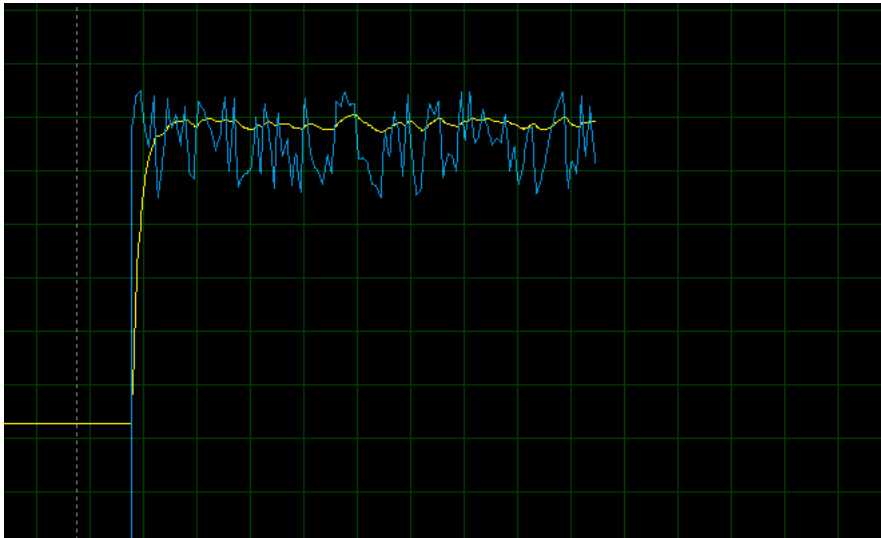
Circuito para filtrar la señal que ingresa con ruido



A continuación, se puede observar cómo se ve la salida del sensor tanto con ruido como ya filtrada en la Figura 35, con los filtros ya propuestos se pretende eliminar la señal de ruido que perturba la buena toma de datos. Esto se realizó con una simulación de un generador de ruido de forma aleatoria, buscando realizar el diseño más próximo a la realidad.

### Figura 35

*Señal con ruido y filtrada*

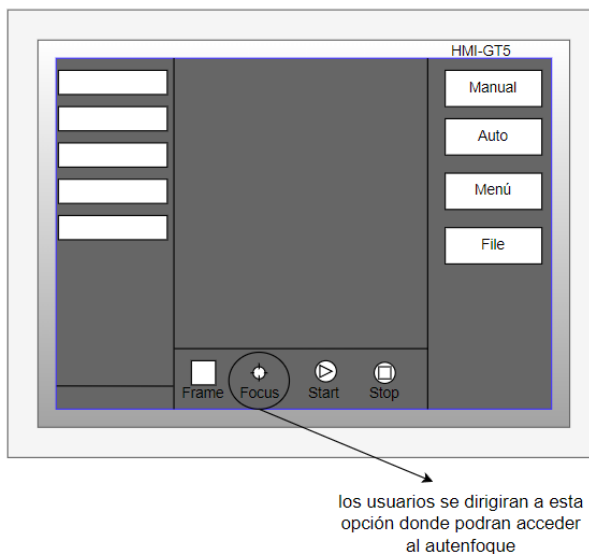


### Diseño de la interfaz con el controlador

En el desarrollo se evidencia la necesidad de aplicar en la interfaz la opción para la selección del autoenfoco, por lo que se agrega directamente en la pantalla de inicio, para que se pueda ejecutar el sistema como se puede observar en la Figura 36. Esto se realizó como un adicional en la pantalla Touch principal. Como se observa en la Figura 36 no añadió como un plus en donde no se ve ergonómico, esto quiere decir, en la pantalla no se realizó un cambio muy brusco. Es amigable como el resto de la interfaz ya impuesta en la empresa.

### Figura 36

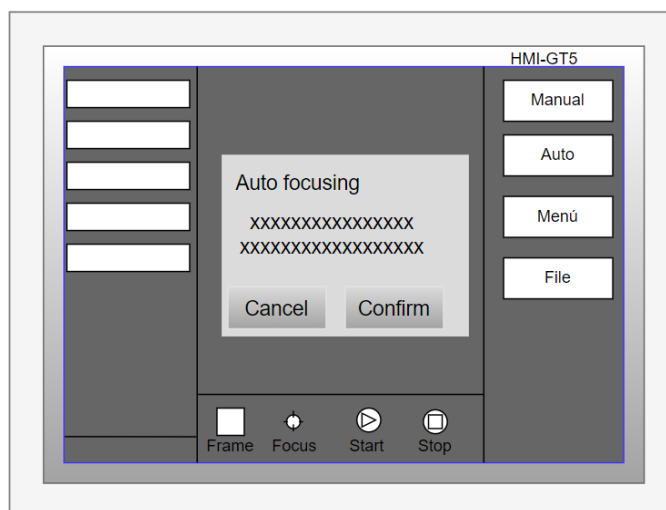
*Pantalla con la opción de autoenfoque*



Quando el usuario haya seleccionado el autoenfoque, se indicará una pantalla de advertencia la cual se podrá leer si se desea o no continuar con el proceso, teniendo en cuenta que no debe estar ningún tipo de objeto obstaculizando el proceso ha realizarse. Como se evidencia en la Figura 37.

### Figura 37

*Cuadro de advertencia*



Una vez el usuario verifique todo el proceso previo, la máquina empezará a realizar el autoenfoco de forma automática.

### ***Diseño de flujo del sistema***

En el siguiente flujo, se indica como va a funcionar el autoenfoco, según las definiciones dadas por la empresa, se debe utilizar un sensor normalmente cerrado y mantener definida una distancia en la cual se va a trabajar normalmente. El algoritmo inicialmente identifica que el sensor se encuentre dentro del rango, en el caso de que el sensor se encuentre dentro del rango, es decir, se encuentre activado, se envía una señal al motor, el cual se encarga del proceso de desplazar la cama, a descender una cierta distancia preestablecida.

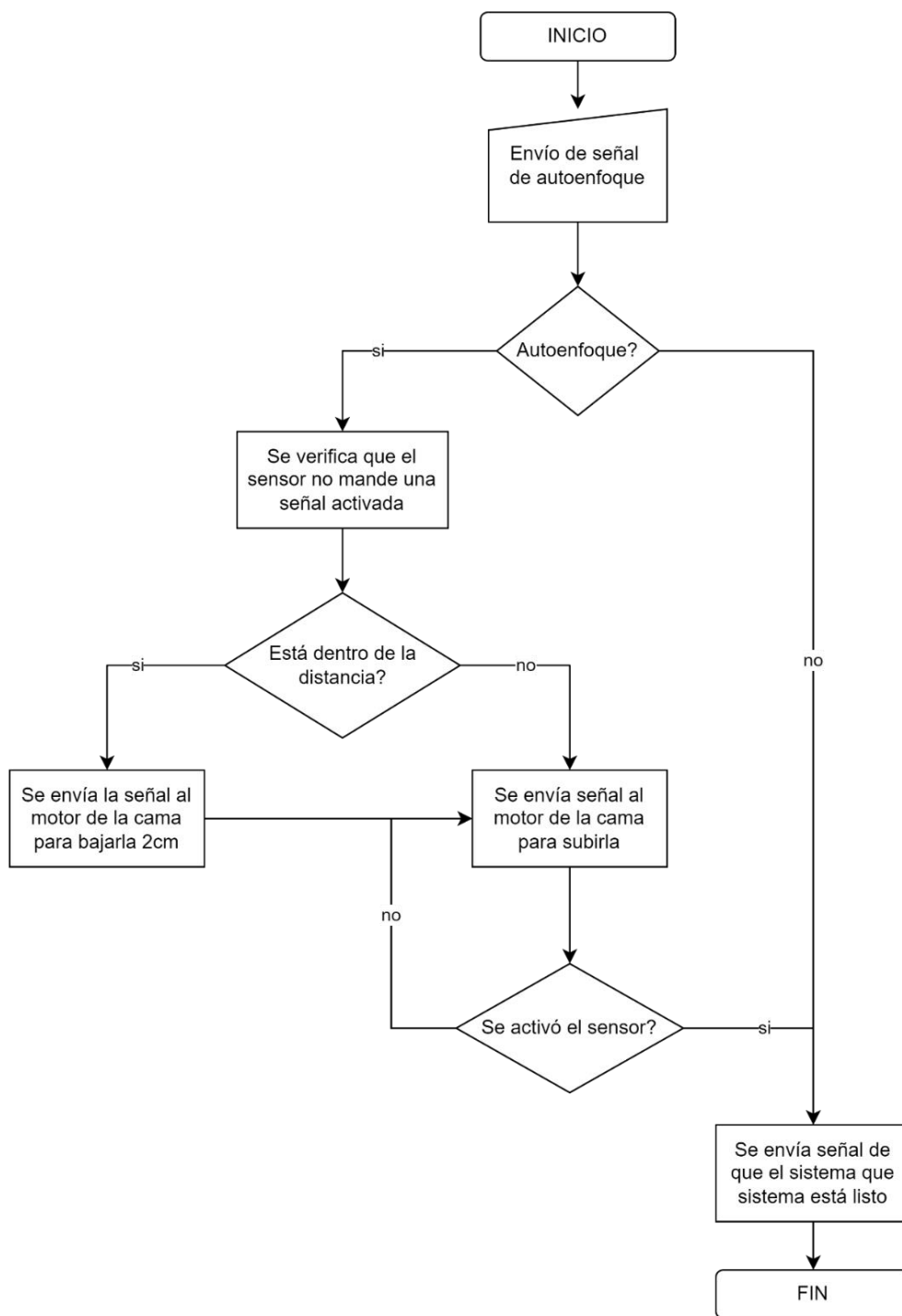
Una vez realizada esta acción se procese a elevar la cama hasta que el sensor se vuelva activar, en este punto, el motor frena y se define el sistema como enfocado.

En el caso de que el sensor se encuentre inicialmente desactivado se procede a realizar la acción del párrafo anterior, definiendo este segundo caso de igual manera como enfocado.



Figura 38

Algoritmo del proceso de autoenfoque



## Capítulo IV

### Implementación y Pruebas del Sistema

#### Implementación del sistema mecánico

Una de las partes importantes del sistema mecánico, que se necesita revisar es el cabezal, esto debido a la necesidad de la implementación del sensor, para lo cual se cambió la estructura del mismo, implementando una parte donde el lente va separado de la boquilla, lo mismo que facilita el mantenimiento del lente, lo más importante en el diseño de la estructura es no cambiar el modelo que ya posee la máquina. Por esta razón se procede a realizar un bosquejo similar al cabezal ya existente en la Forza 4 Pro.

En la siguiente Figura 39, se observa cómo se procedió a colocar la boquilla en reemplazo de la ya existente.

#### Figura 39

*Cabezal diseñado*



Como se observa el cabezal queda perfectamente en el espacio designado, sin modificar nada alrededor de ella.

**Figura 40**

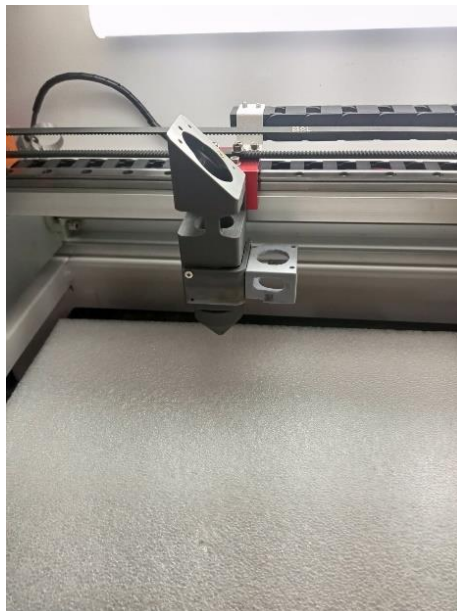
*Cabezal puesto con su espacio para el sensor*



Al final se puede ver que el cabezal encaja de manera perfecta con la máquina como se muestra en la Figura 41.

**Figura 41**

*Cabezal completamente colocado*



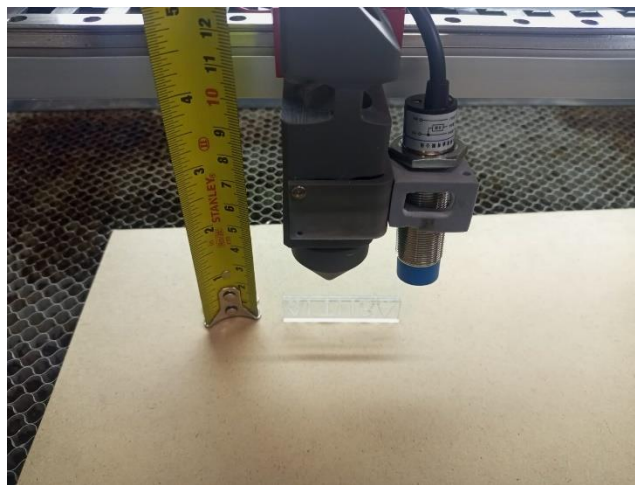
## Funcionamiento y pruebas de implementación

Para el presente proyecto se ha tomado diferentes muestras de varios materiales para verificar la factibilidad del funcionamiento, en el cual se procese a medir la distancia entre la boquilla y el material tanto de forma manual como ya automático con el sensor colocado.

El primer material que se utilizó es el MDF en la siguiente Figura 42 se puede observar el antes de proceder a medir con la cama alejada del material.

### Figura 42

*Madera colocada a una distancia de 28mm*



Se observa en la Figura 42 que tanto la altura de 12 mm y el sensor no están en la distancia correcta antes de que empiece a cortar por lo tanto primero se procedió subir la cama de forma manual, para observar la posición correcta que necesita antes del proceso de corte como se observa en la Figura 43.

**Figura 43**

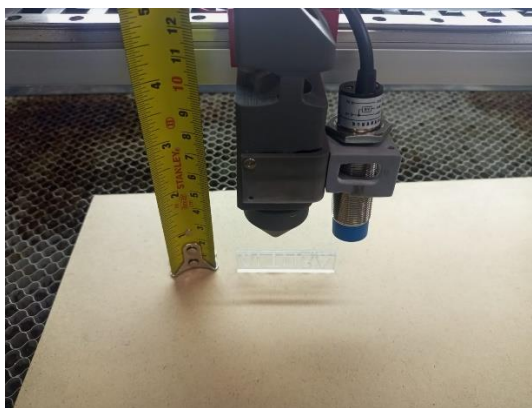
*Medición manual de la distancia entre la boquilla y el material MDF 12mm.*



Una vez realizado este proceso, se toma la medida con el autoenfoco que ya tiene predeterminado el sistema, la cama se coloca de manera lejana entre la boquilla y el material, una vez aceptado el proceso la cama empieza a elevarse hasta encontrar el punto definido. (Véase Figura 44)

**Figura 44**

*Antes de encontrar la distancia requerida*



Y una vez concluido el proceso se puede ver como el sensor detecta la distancia cercana como en la Figura 45.

**Figura 45**

*Material detectado por el sensor en una distancia de 11,9 mm*



De igual manera se procedió con el material denominado acrílico el cual se procedió con colocar la cama en una distancia prudente Figura 46, acercando la cama hasta la distancia correcta tanto de forma manual como en la Figura 47, de forma automática con el sensor como en la Figura 48.

**Figura 46**

*Colocación del material y la boquilla a una distancia de 25mm*

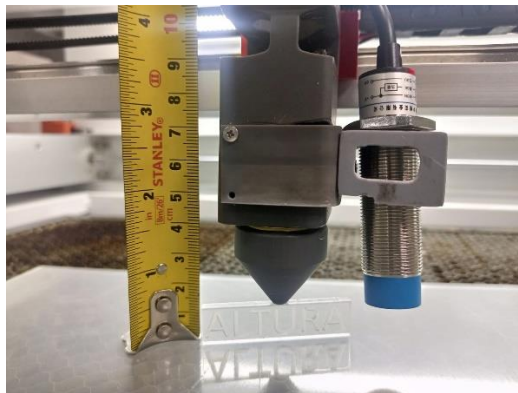


**Figura 47**

*Detección de la distancia entre la boquilla y el material (acrílico)*

**Figura 48**

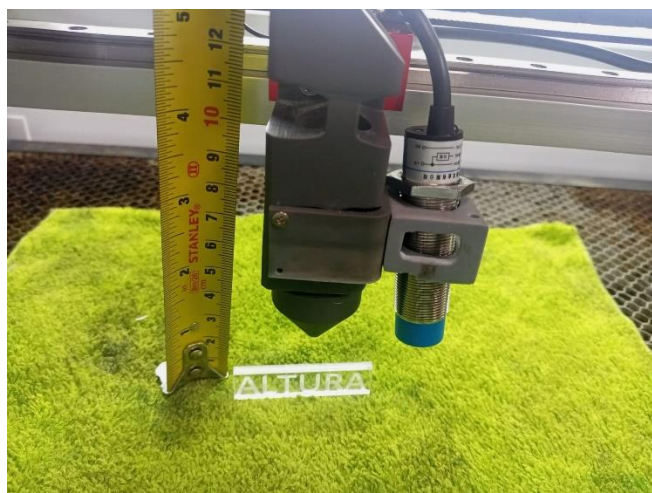
*Detección del sensor en una distancia de 12 mm*



El siguiente material utilizado para las pruebas es una toalla, esto debido a que se necesita saber si el sensor detecta todo material para evidenciar la eficacia del sensor. El mismo proceso se realiza para la detección como se va a observar en la Figura 49 y 50.

**Figura 49**

*Toalla colocada a una distancia lejana entre la boquilla y material (toalla)*

**Figura 50**

*Detección y comprobación con la altura de 12mm*

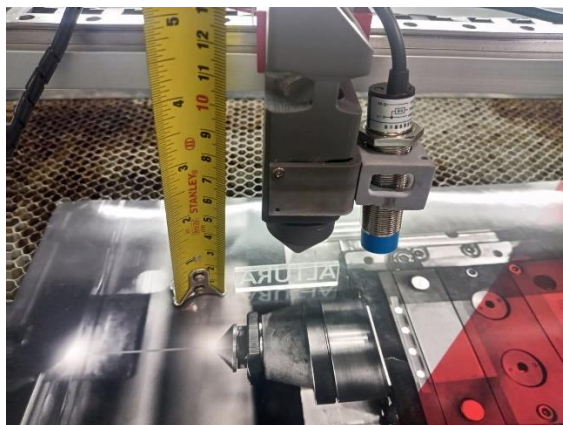


Otra prueba importante se realizó fue con el cartón en este caso una carpeta de la empresa Forza Láser, incluyendo ya los pasos antes mencionados. (Véase Figuras 51, 52, y 53)



**Figura 51**

*Material (cartón), con respecto a la boquilla, a una distancia de 26mm*

**Figura 52**

*Detección de forma manual 12mm*



### Figura 53

*Detección por medio del sensor con comprobación colocando la altura.*



A continuación, se va a detallar en la siguiente Tabla 8 los materiales y distancias detectadas tanto de forma manual como automática por el sensor capacitivo

**Tabla 8**

Distancias tomadas de forma manual como automática con el sensor capacitivo.

<i>Material</i>	<i>Distancia tomada de forma manual (mm)</i>	<i>Distancia tomada con el sensor capacitivo (mm)</i>	<i>Error</i>
<i>Madera</i>	12	12,1	0,1
<i>Acrílico</i>	12	11,9	0.1
<i>Toalla</i>	12	12,5	0.5
<i>Carpeta de cartón</i>	12	13	1

## **Validación de la Hipótesis**

Para la validación de la hipótesis se utilizará la prueba del T student, el cual se va a utilizar para examinar la diferencia que existe entre la comparación de tiempos debido a que estas son variables independientes, esto se debe a que se tomaron los tiempos de un enfoque manual y un enfoque automático, de igual manera se va a definir el T student de una cola, debido a que se necesita comparar la mejora del sistema . A continuación, se define la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

### ***Hipótesis nula ( $H_0$ )***

Un sistema automático de autoenfoco ayudará a reducir el tiempo de nivelado de la altura de corte de forma óptima para mejorar la producción de la máquina Forza 4Pro.

### ***Hipótesis Alternativa ( $H_1$ )***

Un sistema automático de autoenfoco no ayudará a reducir el tiempo de nivelado de la altura de corte de forma óptima para mejorar la producción de la máquina Forza 4Pro.

## **Autoenfoco vs enfoque manual**

Para poder realizar el análisis con el T student es necesario tener en cuenta los tiempos tomados en cada una de los enfoques manuales como enfoque automático por lo cual se realizó una tabla y la comparación con una gráfica que nos ayude a entender mejor el procedimiento.

Para verificar que tan eficaz es el sistema automático de autoenfoco se tomaron varios tiempos (s) 15 muestras para ser exactos, tanto cuando se realiza el enfoque de forma manual como el enfoque automático, esto debido a que se necesita verificar y validar la hipótesis si el sistema es eficiente. Para lo cual se realizó una Tabla 10 en la cual se verifican los tiempos como se ve a continuación.

**Tabla 9**

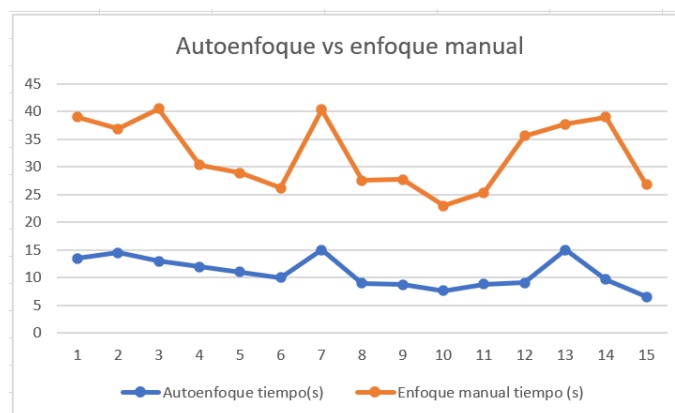
*Muestras de los tiempos tanto con el autoenfoque y el enfoque manual*

<i>Número de pruebas</i>	<i>Autoenfoque tiempo(s)</i>	<i>Enfoque manual tiempo (s)</i>
1	13,5	25,5
2	14,5	22,4
3	13	27,5
4	12	18,3
5	11	17,9
6	10	16,2
7	15	25,3
8	9	18,5
9	8,7	19
10	7,6	15,4
11	8,8	16,5
12	9,1	26,5
13	15	22,7
14	9,7	29,3
15	6,5	20,3

A partir de estos datos se realizó una gráfica en donde se verifica la eficiencia del sistema automático de autoenfoque implementado, esto nos denota una mejora en el tiempo de producción, el cliente toma menos tiempo en colocar en la posición correcta el material con respecto a la boquilla. (Véase Figura 54)

**Figura 54**

*Gráfica entre el autoenfoque y enfoque manual con sus tiempos*



Con la siguiente ecuación **(6)** se hallaron los valores necesarios para la comparación.

$$t = \frac{X - \mu}{s / \sqrt{n}} \quad (6)$$

La ecuación representa lo siguiente: el numerador es la diferencia de la media mientras que el denominador es la media. En cuanto al denominador es el error estándar de la diferencia. En esta ecuación **(6)** t representa el número deseado. La X es la media de las variables analizadas en la muestra y  $\mu$  es la media del número de variables a calcular. Además de que la s es el producto de la desviación estándar y n el tamaño de la misma.

El número de grados de libertad se calcula con la siguiente ecuación **(7)**. Definiendo además un  $\alpha = 0.05$

$$gl = df = (n - 1) \quad (7)$$

$$gl = 15 - 1 = 14 \quad (8)$$

Con la ayuda de Excel se puede hallar de manera más rápida los valores necesarios para poder hallar la T student en el gráfico de una sola cola si la varianza que existe comprueba la eficacia de la hipótesis. (Véase Tabla 11)

### Tabla 10

*Prueba t para medias de dos muestras emparejadas*

<i>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</i>		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	10,8933	21,4200
Varianza	7,6835	20,3302857
Observaciones	15,0000	15
Coefficiente de correlación de Pearson	0,4365	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	14,0000	
Estadístico t	-9,8581	
P(T<=t) una cola	0,0000000557	

---

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

---

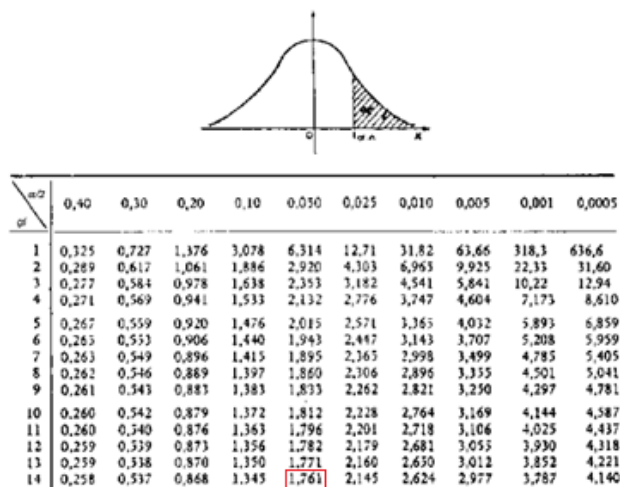
Valor crítico de t (una cola)	1,7613
P(T<=t) dos colas	0,0000001115

---

De la Tabla 9 el valor más representativo y necesario es el valor **Estadístico t**, el cual nos indica un valor de -9,8581 ahora vamos a referirnos en la Figura 55 de la tabla de distribución. Para verificar los valores obtenidos en Excel.

### Figura 55

*Tabla T de student de un extremo*



*Nota. Imagen extraída de (Turcios, 2015)*

Se cumple el valor obtenido directamente en Excel como el valor por tabla por lo tanto pasamos a corroborar lo siguiente: Con todos los datos obtenidos, se puede observar que el Estadístico t nos dio un valor de -9,8581, esto nos quiere decir que la hipótesis nula se acepta, debido a que se encuentra al lado izquierdo de la gráfica indicando que los tiempos que se esperaban con el sistema automático de autoenfoco, tienen un grado muy significativo de diferencia, haciendo que la máquina Forza 4Pro aumente su productividad, al disminuir el tiempo en el enfoque manual.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- El diseño mecánico se ajusta de forma efectiva al sistema, esto se comprueba al ejecutar movimientos simples en los distintos ejes, de tal forma que no se visualizan obstrucciones por parte del dispositivo diseñado, por lo que se considera un diseño que cumple con las expectativas de la empresa.
- El autoenfoco se concluye como óptimo, debido a que en todos los casos se detectó el material objetivo de corte o grabado, incluyendo a materiales como el acrílico y una tela que suponía un reto para el desarrollo.
- La conexión entre el controlador RCD 644S-B y el sensor fue satisfactoria, al no existir problema alguno en la conexión.
- Con la ayuda de los filtros de ruido analizados en el presente proyecto se pudo disminuir las falsas detecciones y errores en la medición.
- El código implementado en el controlador para el control con el sensor, no tuvo mayor afectación.
- Con las especificaciones discutidas por la empresa Forza Láser con respecto a la ergonomía tanto del diseño mecánico como el del sensor, el sistema automático de autoenfoco llegó a realizarse de manera exitosa es decir el tiempo disminuye de manera significativa en un 50% - 75%, dando a notar la eficiencia del sistema.
- Es de suma importancia poder contrarrestar el ruido del sensor debido a que no son elementos ideales y siempre hay un componente de la máquina que produce ruido en la señal enviada al sensor.

- El sensor capacitivo ayuda a detectar la mayor cantidad de materiales propuestos lo cual nos ayuda a poder controlar de mejor manera el autoenfoco, esto quiere decir que el usuario no tendrá ningún problema al momento de realizar el proceso de corte.
- Como el sensor mide de 1mm a 10mm se puso en la distancia necesaria para poder compensar los 2 mm falta para completar los 12 mm necesarios para poder realizar el corte de manera eficiente.
- El sensor capacitivo puede tener una mejor detección al momento de colocarle su máximo voltaje en este caso el sensor funciona de 6 – 36 V, en la maquina se suministra a través del controlador 24 V.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda por cada uno de los procesos que se realice de corte, poder limpiar el sensor de la parte azul para que no se acumule el humo expedido del material utilizado, y afecte a la lectura de los datos necesarios para que realice el autoenfoco automático.
- Para poder contrarrestar el ruido de manera más efectiva se recomienda colocar una malla en el cableado el cual puede ayudar a parte del filtro aplicado, esto permitiendo una lectura más asertiva.
- Al realizar el proceso de autoenfoco, es decir, aceptar la opción en el HMI, es necesario leer atentamente el cuadro de advertencia, no debe estar ningún objeto a parte del material que se necesita cortar esto debido a que la cama sube de forma automática y si hay algún obstáculo podría afectar tanto el traslado de la cama como la toma de datos en el sensor.
- Se recomienda para un mejor diseño del cabezal se mande a realizar en aluminio, esto debido a que el aluminio soporta más temperatura que la resina, y tendría mayor durabilidad en la máquina, el peso también es otro factor importante que el aluminio presenta.



- Se recomienda implementar la lógica con un sensor análogo esto para que el enfoque sea ajustable. Esto para ser más versátil al momento del proceso que se requiera ya sea corte o grabado.
- Debido a que el autoenfoco, es parte de una configuración previa antes del corte, el mismo no está diseñado para casos donde el material que se encuentre en la cama, esté arqueado, debido a que el enfoque se toma desde un punto de referencia de todo el material, por lo tanto, se recomienda no colocar este tipo de material, para así obtener resultados constantes.

## Bibliografía

Artagaveytia, F., & Gutiérrez - Zorrilla, J. (2014). *Sensores Capacitivos*. Obtenido de Sensores

Capacitivos: [https://www.academia.edu/36551942/Sensores\\_Capacitivos](https://www.academia.edu/36551942/Sensores_Capacitivos)

Avilés Castro, D., Hernández Villaseñor, D., & Navarrete García, E. (24 de Octubre de 2008).

*Disminución de ruido electromagnético en el patrón de tensión eléctrica continua con base en el efecto Josephson del CENAM*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/s1/sm2008-s1c2-1158.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/s1/sm2008-s1c2-1158.pdf)

Barrientos, A., & Gambao, E. (2014). *Sistema de producción automatizados*. Madrid. Obtenido

de [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/sensores-industriales.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sensores-industriales.html)

BODOR. (2014). *Bodor Genio*. Obtenido de Bodor: <https://www.bodor.com/en/laserhead/>

Cetta, P. (s.f.). *Procesamiento Digital de Audio*. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.pablocetta.com/pdfs/publicaciones/filtros.pdf>

Chipule Pérez, A. S., Águila Rodríguez, G., & Posada Gómez, R. (Noviembre de 2016). *Diseño*

*de un filtro pasa bajas de primer y segundo orden a partir de circuito RC*. Obtenido de

Tecnológico Nacional de México: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://core.ac.uk/download/pdf/229036096.pdf>

Comercial, L. (s.f.). Obtenido de [https://lasercomercial.com/recambios-laser/laser-co2/ruida-rcd-](https://lasercomercial.com/recambios-laser/laser-co2/ruida-rcd-6442g)

[6442g](https://lasercomercial.com/recambios-laser/laser-co2/ruida-rcd-6442g)

Conesa, C. A. (1 de Septiembre de 2012). *Métodos de control de ruido en el ambiente laboral*.

Obtenido de chrome-

- extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2802/tfm146.pdf
- DC, I. (25 de Enero de 2018). *Ideas, Diseño*. Obtenido de <https://ideasdc.mx/partes-componen-una-maquina-corte-laser/>
- Gerling, H. (2006). *Máquinas-Herramienta*. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires- Caracas- México: Reverté, S.A.
- Gómez, J. C. (Octubre de 2005). *Procesamiento de señales de voz*. Obtenido de Diseño de Filtros Digitales: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.fceia.unr.edu.ar/prodivoz/Filtros\_digitales.pdf
- González, N. D. (Junio de 2006). *Reducción de ruidos audibles en líneas de transmisión de alto voltaje*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8798/3/T10137.pdf
- Intedya*. (1 de Julio de 2018). Obtenido de Nuevas Normas ISO para máquinas herramientas más ecológicas: <https://www.intedya.com/internacional/1886/noticia-nuevas-normas-iso-para-maquinas-herramientas-mas-ecologicas.html>
- Keras. (Agosto de 2022). *About Keras*. Obtenido de Keras: <https://keras.io/about/>
- Kolaric, L. J., Dascal, G. M., Saglimbeni, G., Zanella, F., Agüero, J. P., Pérez Larraburu, M., . . . Couchot, M. (2013). *Máquinas- Herramienta*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.uba.ar/archivos\_secyt/image/Monograf%C3%ADa%20IMH%2001.pdf
- Láser, F. (s.f.). *Forza 4 Pro*. Obtenido de Forza Láser: <https://forzaser.com/cortadora-laser-forza-4pro/>
- Láser, F. (s.f.). *Forza Laser*. Obtenido de <https://forzaser.com/forzaser-tecnologia-de-corte-laser/>

- Miraya, F. (2004). *Filtros Activos*. Obtenido de Universidad Nacional de Rosario: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/filtros-t.pdf
- Miyara, F., & Lahoz, L. A. (2003). *Introducción al análisis frecuencial y al ruido eléctrico*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/ruido-t.pdf
- Moyano, J. M. (2005). *Ruidos e Interferencias: Técnicas de reducción*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion\_5\_it/iec\_4.pdf
- Muñoz Montenegro, E. J., Sánchez Rosales, W., Cárdenas Pérez, C. A., & Sáenz Benavides, J. L. (29 de Noviembre de 2019). *Diseño de una máquina de 3-ejes con tecnología CNC para operaciones de maquinado*. Obtenido de Universidad del Norte: <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8758#page=1>
- Muñoz, C. P. (2016). *Sensores Capacitivos*. Obtenido de DocPlayer: <https://docplayer.es/24471109-Sensores-capacitivos.html>
- Peydró Rasero, M. Á., Ivorra Martínez, J., Crespo Amorrós, J., & Montava Jordá, S. (15 de Julio de 2022). Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/184292>
- Programación Automática de Máquinas CNC*. (Agosto de 2008). Obtenido de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\_ingenieria/mecanica/mat/mat\_mec/m4/master\_cam.pdf
- Quevedo Ricardi, F. (Diciembre de 2011). *La prueba de ji-cuadrado*. Obtenido de MEDWAVE: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.medwave.cl/medios/medwave/Diciembre2011/2/10.5867medwave.2011.12.5266.pdf

Rodríguez Alvarado, L., Loyo Quijada, J., Magos Rivera, M., López Ontiveros, Á., & Lara Chávez, J. A. (2020). Impacto de un sistema visual de información de un proceso de ensamble. *Revista Ingeniería Industrial*.

Rodríguez, M. (1 de Febrero de 2021). *Máquinas y Herramientas*. Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-cuenca/maquinas-herramientas-y-accesorios/tarea-investigacion-torno-cnc/11513700>

Schvab, L. (2011). Diseño y uso de máquinas herramientas. En L. Schvab, *Máquinas y herramientas* (págs. 19-20). Buenos Aires: Coleccion Encuentro Inet.

Sensors, R. (2020). Sensores Capacitivos. .

Shubham, W., & Swapnil, U. (2016). *Effect of Process Parameters on Laser*. Pune, India: Imperial Journal of Interdisciplinary Research.

Slidesshare. (18 de Febrero de 2013). *Sensores Ópticos*. Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/torito2691/sensores-opticos>

Thinklaser. (4 de Agosto de 2020). *Thinklaser*. Obtenido de Thinklaser: <https://thinklaser.com/news/focus-focus-focus/>

Trotec. (s.f.). *Enfoque automático*. Obtenido de Trotec: <https://www.troteclaser.com/es-es/maquinas-laser/accesorios-laser/enfoque-automatico>

Trotec. (s.f.). *Enfoque Automático*. Obtenido de Trotec: <https://www.troteclaser.com/es-es/maquinas-laser/accesorios-laser/enfoque-automatico>

Turcios, R. A. (Marzo de 2015). *t-Student usos y abusos*. Obtenido de Revista Mexicana: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/rmc/v26n1/v26n1a9.pdf](extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/rmc/v26n1/v26n1a9.pdf)

Universidad Atacama de Chile. (s.f.). *Departamento de matemáticas de la Universidad Atacama de Chile*. Obtenido de Universidad Atacama de Chile:

<https://mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/Tabla%20Chi-Cuadrado.pdf>

Velasco Balmaseda, E., & Olaskoaga Larrauri, J. (6 de Mayo de 2014). *Modelos de organización flexible: Estudio del sector de la máquina-herramienta*. Obtenido de Portal de Revistas Científicas: <https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/11509>

**Anexos**