

# **TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO**

**VIDA NUEVA**

**SEDE MATRIZ**



**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA**

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN PROCESOS DE  
CORTE, CONTROLADO Y MONITOREADO A TRAVÉS DE UN SISTEMA HMI

**PRESENTADO POR**

PILLIZA CHANCHICOCHA ANTHONY FABRICIO

**TUTOR**

ING. TITUAÑA DIAZ DARWIN VINICIO MG.

**FECHA**

ABRIL 2023

QUITO - ECUADOR

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Certificación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Construcción de un Sistema de Refrigeración en Procesos de Corte, Controlado y Monitoreado a través de un Sistema HMI”, presentado por el ciudadano Pilliza Chanchicocha Anthony Fabricio, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de abril de 2023.

---

Tutor: Ing. Tituaña Diaz Darwin Vinicio Mg.

C.I.: 1716233539

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Aprobación del Tribunal**

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Construcción de un Sistema de Refrigeración en Procesos de Corte, Controlado y Monitoreado a través de un Sistema HMI”, presentado por el ciudadano: Pilliza Chanchicocha Anthony Fabricio, facultado en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

---

Ing.

C.I.:

**DOCENTE TUVN**

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Cesión de Derechos de Autor**

Yo, Pilliza Chanchicocha Anthony Fabricio portador de la cédula de ciudadanía 1727146704, facultado de la carrera Tecnología Superior en Electromecánica, autor de esta obra, certifico y proveo al Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva, usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Construcción de un Sistema de Refrigeración en Procesos de Corte, Controlado y Monitoreado a través de un Sistema HMI”, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, mes de abril de 2023.

---

Pilliza Chanchicocha Anthony Fabricio

C.I.:1727146704

### **Dedicatoria**

A mis padres por haberme forjado valores y principios, por haberme inculcado la disciplina de estudiar y luchar por mis sueños, por el amor incondicional que siempre me han brindado, asimismo por enseñarme el valor del trabajo del día a día. Gracias a ellos soy la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre de los que se incluye, este.

A mi hijo quien ha sido mi mayor motivación para seguir adelante y jamás dimitir en mis estudios.

**Luciano Pilliza, Patricia Chanchicocha & Andy Pilliza**

### **Agradecimiento**

A mis formadores académicos que con su paciencia y sabiduría me han sabido guiar en todo este proceso académico en especial a mi tutor de Proyecto de Titulación, Ing. Darwin Vinicio Tituaña Díaz Mg., por haberme acompañado, no solo en la elaboración de este proyecto, sino a lo largo de la carrera. Por brindarme fundamentos básicos para poder emprender en el mundo de la industria que cada vez va evolucionando.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	11
Antecedentes .....	14
Justificación .....	17
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Marco Teórico.....	20
Marco Histórico .....	20
Marco Conceptual.....	25
Hidráulica.....	25
Hidrostática.....	26
Hidrodinámica .....	27
Refrigeración .....	29
Corte con Sierra Vaivén.....	30
Fluidos de Corte.....	31
Bomba de Agua Periférica de ½ Hp 110v .....	33
Herramienta de Corte.....	34
Sistema Teórico .....	35
Presión .....	35
Caudal.....	35

Velocidad del Fluido.....	36
Programación HMI .....	37
Sistema de Variables.....	38
Marco Referencial.....	39
Mecánica de Fluidos .....	39
NI-VISA Interactive Control .....	40
Sistemas Hidráulicos.....	41
Metodología y Desarrollo del Proyecto .....	42
Enfoque de Investigación.....	42
Tipo o Diseño de Investigación .....	43
Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	44
Desarrollo y Procedimiento .....	47
Propuesta.....	62
Comprobación del Sistema .....	62
Tiempo de Operación del Sistema de Refrigeración .....	64
Funcionamiento del Sistema.....	66
Correcciones del Sistema.....	66
Aplicaciones Industriales .....	67
Aplicaciones Comerciales.....	68
Conclusiones .....	70
Recomendaciones .....	72
Referencias.....	73
Anexos .....	75

## Resumen

Para empezar, el proyecto de la implementación de un sistema de refrigeración en procesos de corte está relacionado con la necesidad de mejorar cortes a los diferentes aceros empleados en la industria metalmecánica. Para el cumplimiento de este objetivo se inició con investigación bibliográfica para determinar el sistema más acorde a instalar, como resultado de esto se inclinó por la utilización de un Sistema HMI y accesorios complementarios como son: Arduino Mega 2560, válvula proporcionada (construida con un Servomotor Mg996 12kg-cm de torque), sensor de flujo Yf-S201, potenciómetro de 10K y bomba de agua periférica de ½ Hp los cuales se encargarán del transporte y almacenamiento del líquido refrigerante de corte y la utilización de componentes hidráulicos, mecánicos y eléctricos para el correcto funcionamiento del sistema. Para el diseño del sistema de refrigeración en procesos de corte se desarrollaron diferentes tipos de planos y diagramas eléctricos y electrónicos, utilizando programas como: Autodesk Inventor, CADE\_SIMU V4, Easy EDA, Arduino 1.8.3. y LabVIEW 2021. Todo esto está relacionado a la hidráulica e hidrostática por la necesidad de calcular el caudal que entrega la bomba de agua instalada. Una vez finalizada la construcción y luego de realizar pruebas de funcionamiento y medición de variables, se concluye que el sistema construido ofrece resultados óptimos en el área metalmecánica, satisfaciendo así las necesidades del usuario. Por último, se puede mencionar que los sistemas de refrigeración automatizados con un Sistema HMI permiten incrementar la productividad y ahorro de insumos.

**Palabras Clave:** ARDUINO MEGA 2560, HIDRÁULICA, SERVOMOTOR, REFRIGERACIÓN, BOMBA ELÉCTRICA.

### **Abstract**

The project for the implementation of a cooling system in cutting processes is related to the need to improve the cutting of the different steels used in the metalworking industry. For the achievement of this objective began with literature research to determine the most appropriate system to install, as a result of this was inclined by the use of an HMI system and complementary accessories such as: Arduino Mega 2560, provided valve (built with a Mg996 Servomotor 12kg-cm torque), Yf-S201 flow sensor, 10K potentiometer and ½ Hp peripheral water pump which will be responsible for the transport and storage of the cutting coolant and the use of hydraulic, mechanical and electrical components for the correct operation of the system. For the design of the cooling system in cutting processes, different types of drawings and electrical and electronic diagrams were developed, using programs such as: Autodesk Inventor, CADE\_SIMU V4, Easy EDA, Arduino 1.8.3. and LabVIEW 2021. All of this is related to hydraulics and hydrostatics due to the need to calculate the flow rate delivered by the installed water pump. Once the construction was completed and after running tests and measurement of variables, it was concluded that the system built offers optimum results in the metal-mechanical area, thus satisfying the user's needs. Finally, it can be mentioned that automated refrigeration systems with an HMI system allow for increased productivity and input savings.

**Keywords:** ARDUINO MEGA 2560, HYDRAULICS, SERVO MOTOR, COOLING, ELECTRIC PUMP.

## Introducción

Puesto que en los últimos años, los procesos industriales y el uso de metales y materiales compuestos han aumentado según los datos estadísticos sobre la matriz productiva en el Ecuador según INEC (2019) “los sectores que ofrecen más empleo son las empresas de servicios profesionales en torno a la manufactura siendo un porcentaje del 48,1%”, así pues, surge el interés para desarrollar una propuesta de automatización para las pequeñas empresas en los procesos de producción de piezas o elementos metálicos de diferente forma y tamaño mediante conformado mecánico como el corte, esto puede aumentar la productividad en el trabajo, disminuyendo las horas-hombre empleadas para desarrollar las actividades.

Ahora bien, el trabajo en la actualidad está enfocado a la automatización de procesos y al menor uso del factor humano en la industria metalmecánica, actividades como la fabricación de piñones, partes de maquinaria, partes automotrices, etc., pueden ser realizados con procesos de maquinado con arranque de viruta, perforación, desbaste, entre otros. (Javad, 2016)

Para estos procedimientos se utilizan máquinas que están en constante trabajo y necesitan de un sistema de refrigeración para conservar la vida útil de estos, además de evitar el desgaste prematuro de sierras.

Con el propósito de cumplir la formación de un técnico electromecánico, la aplicación del tema propuesto cumple con las necesidades actuales de la industria y da solución al problema de la concienciación del uso de refrigerantes de alta calidad y a la automatización de procesos para aumentar la productividad y el cumplimiento de normativas ecológicas y gestiones medioambientales. La productividad revela la calidad y eficiencia en la utilización de los

recursos y en los mecanismos utilizados dentro de los procesos de producción de bienes y servicios.

Hasta el momento la empresa “Torno Precisión” realiza los cortes de tubos sólidos de aceros con sierra de vaivén mediante un sistema de refrigeración manual, es decir, el operador debe refrigerar la pieza a través de una botella con refrigerante para evitar el calentamiento del material y promover la vida útil de la sierra, la automatización del proceso le puede ayudar en el incremento de la productividad, siendo esta fundamental para mejorar la utilidad de la empresa.

“La medición de la productividad a nivel de las empresas pequeñas, así como de las cadenas productivas, resulta ser una condición necesaria para la evaluación de su desempeño y la definición de estrategias empresariales” (Mayorga, 2021).

Durante el diseño de la metodología se establecen tres perspectivas, en la primera se establece una investigación exploratoria para analizar el problema del proceso de corte y la solución a este. Según Sampieri (2018) “los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o novedoso, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 91).

El estudio exploratorio permite realizar una indagación a una parte desconocida o novedosa del cual no se ha visto ningún documento o esté en auge. En este caso se cumple la segunda condición debido al tema de la industria 4.0, por ende, la investigación permite estudiar las variables a explorar y familiarizarse con algunos fenómenos el transporte de fluidos, el envío de señales y la conservación de la energía.

Luego se indaga la investigación aplicada que corresponde a la parte técnica del proyecto, según Lozada (2014), “este tipo de investigación busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo, esta se basa

fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica” (p. 34). Esta investigación incluye los adelantos y productos tecnológicos para las que se derivan acciones en la implementación del sistema de refrigeración en una máquina de corte horizontal con el propósito de desarrollar una propuesta que resuelva las preguntas de investigación para comprobar la funcionalidad del modelo.

Finalmente, en la etapa de pruebas del sistema, se emplea la investigación cuantitativa para medir los parámetros establecidos dentro del diseño y la perspectiva del investigador. Según Sampieri (2018) el enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar una hipótesis con base, o en este caso responder a la pregunta de investigación utilizando técnicas de medición numérica”, así pues, se emplean instrumentos de medición con el fin de comprobar teorías. Se miden las variables en un determinado contexto y se extrae una serie de conclusiones.

### **Antecedentes**

A continuación, se detallan los proyectos que fundamentan esta investigación, estos se dividen en tres fundamentos que son: el control industrial los sistemas HMI y la hidráulica. Como primer punto a tratar, está el control industrial en los procesos de transformación de la materia prima a través del conformado mecánico por corte. La manufactura es un pilar fundamental para el desarrollo de un país o un sector industrial. La inversión en la automatización es justificable con las exigencias de normas de calidad y producción en la actualidad. Para el autor Castillo (2019) con su tesis sobre el Diseño e implementación de una máquina automática de corte multilateral controlado a través de Sistema HMI:

La evolución de la industria de manufactura se proyecta a las modernas técnicas de control que incluyen el uso de controladores que se pueden asignar tareas mediante el uso de las interfaces adecuadas (Arduino Mega), el uso de la inteligencia artificial. La familiarización con dicho controlador orienta de manera efectiva y positiva al mercado, siendo uno de los procesos de automatización que día a día contrae una demanda externa en el mercado y aumenta la producción y las ventas para crear condiciones favorables que pueda facilitar la salida de mercancías hacia otros mercados que muestren interés. (p. 17)

Con los rápidos avances en ciencia y tecnología de la manufactura, la eficiencia de las operaciones de manufactura comienza a mejorar y, como resultado, el porcentaje de la mano de obra en el costo total puede reducir. En el mejoramiento de la productividad, los elementos importantes han sido la mecanización, la automatización y el control del equipo y los sistemas de manufactura, el término de control industrial se utiliza para indicar el manejo en los procesos automáticos de las partes entre las máquinas de producción.

Una vez que se realiza un diseño mecánico, el siguiente paso es la implementación de la parte de control, así pues, el Sistema HMI al ser un sistema de supervisión, control y adquisición de datos es usado para el monitoreo de los parámetros eléctricos de entrada de la bomba hacia las tuberías, válvula proporcional y sensores. Según el autor (Alvarado, 2019) con tema de tesis sobre Control y automatización de estaciones de mecanizado:

Los sistemas de control y adquisición de datos son aplicaciones de software especialmente diseñados para funcionar sobre ordenadores, en el control de producción proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando de forma automática desde la pantalla de un ordenador. Este también provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios. (p. 11)

La innovación más importante en la automatización se inicia con el control numérico (NC) de las máquinas herramientas. A partir de este desarrollo histórico, ha habido un rápido avance en la automatización de la mayoría de los aspectos de manufactura. Estos desarrollos comprenden la introducción de computadoras en la automatización, control numérico computarizado (CNC), control adaptable (AC), robots industriales, diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAE/CAM) y sistemas de manufactura integrados por computadora (CIM).

Debido al modelo mecánico, la hidráulica es un factor fundamental para un sistema de refrigeración, en esta se calculan los caudales de entrada y salida, la velocidad del flujo, las áreas de las tuberías y las pérdidas en las mismas. Según Pedro (2009) con su tesis de Implementación de una bomba hidráulica en el pozo petrolero Britania 4:

La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica

resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. En otros dispositivos como boquillas, válvulas, surtidores y medidores se encarga del control y utilización de líquidos. (p. 3)

Por añadidura al estudio de la hidráulica, el sistema de refrigeración se diseña para que, mediante emulsión de aceite o agua, aire comprimido o refrigerante puedan aplicarse a través de los canales de refrigerante en las maquinas herramientas. El control automático en conjunto con el sistema de refrigeración permite controlan algunas variables como la presión, salida de caudal, salida de corriente y la temperatura del depósito.

## Justificación

Para empezar, se desea conocer los efectos de la refrigeración de piezas metálicas expuestas a esfuerzos cortantes, luego es necesario analizar el correcto funcionamiento de un sistema hidráulico debido a que equipos de bombeo se encuentran en la mayor parte de industrias. El beneficiario directo es la empresa “Torno Precisión” porque uno de los objetivos específicos es aumentar la productividad del taller en el corte de piezas con la sierra de vaivén de una manera automatizada y conservando la vida útil de sus activos fijos.

Al mismo tiempo, tiene un impacto con los propósitos de la empresa de cumplir los trabajos en los periodos pactados con el cliente y los intereses futuros o la visión del propietario de automatizar los procedimientos en las diferentes áreas de la empresa. La adaptación y transferencia tecnológica de sistemas mecánicos y electrónicos en la refrigeración de piezas surge mediante la programación de microcontroladores (Arduino Mega 2560) y el diseño mecánico de un sistema hidráulico adaptado a una bomba de agua periférica ½ Hp 110v, con la información de la bomba se calcula la carga del sistema y las pérdidas mayores y menores.

Para analizar el proceso de corte por vaivén se identifican las variables envueltas en el problema, en primer lugar, está las cuchillas fijas y de gran longitud, en segundo lugar, está el sistema en la refrigeración actual. En general hay un gasto excesivo de sierras, aparte del tiempo en que el operario está pendiente de verter líquido refrigerante sobre la pieza y la herramienta. Estos tiempos están relacionados con las horas-hombre empleadas en el producir un bien o servicio. Con la implementación de tecnología se desea mejorar este índice de productividad en respuesta al mejoramiento de la capacidad de procesos para que el taller cambie de un pequeño transformador de materia prima a un generador de servicios de corte.

Hasta el momento, el lugar de trabajo cuenta con el espacio necesario para la implementación de una estructura para la bomba y tanque, con un conjunto de tuberías y accesorios PVC, elementos de regulación, instalación de manómetros y un acondicionamiento de los sensores. Para controlar y monitorear el proceso se emplea un microcontrolador y se desarrolla en un software la interfaz hombre-máquina conectada a una pantalla Lcd 1602 con I2c. Esto con el fin de crear un ambiente interactivo y gráfico. Como resultado se realizan pruebas de funcionamiento para evitar las fugas del sistema, se comprueba el desempeño de la bomba con el cálculo de las caídas de presión en tuberías. Esta prueba conlleva un manual de operación y de mantenimiento.

Con el fin de encontrar la solución del problema, es necesario el manejo de la instrumentación en la propuesta, así como el conocimiento de los siguientes parámetros: caudal y presión del sistema, además del voltaje y corriente de la bomba. Por ende, el diseño de la interfaz de usuario debe dar soporte a un modelo apropiado de las operaciones y organización del módulo de refrigeración, es en este proceso que se diseña la estructura visual.

## Objetivos

### Objetivo General

Construir un sistema de refrigeración controlado por una interfaz HMI para mejorar los procesos industriales de la empresa “Torno Precisión”.

### Objetivos Específicos

- Investigar los conceptos teóricos mediante fuentes bibliográficas y documentos técnicos para familiarizarse con el sistema.
- Diseñar el esquema eléctrico, electrónico y mecánico para el sistema de refrigeración.
- Diseñar un sistema HMI en el sistema de refrigeración mediante el software LabVIEW para controlar - monitorear de manera manual y automática.
- Comprobar el funcionamiento del sistema construido con el fin de implementar en la empresa “Torno Precisión”.

## Marco Teórico

### Marco Histórico

La refrigeración ha sido empleada desde tiempos de la prehistoria donde el hombre ve la necesidad de almacenar alimentos en cuevas frías o en nieve. Los griegos y romanos empleaban hoyos cavados en la tierra con un aislamiento de paja y ramas en las paredes en donde la nieve almacenada se convertía en calor. Luego, en Egipto se hace uso de vasijas de arcilla que pasaban durante la noche para absorber el frío de las superficies. Según Rusell (2017):

En la edad media empieza el uso de procesos químicos que envuelven al nitrato sódico y nitrato de potasio en el agua que consigue la disminución de la temperatura. En la edad moderna, científicos como Robert Boyle o Philippe Laire experimentan con las mezclas de refrigerantes en laboratorios. Estas investigaciones permiten que, en 1715, el científico Fahrenheit establece el cero termómetro con una mezcla de nieve y nitrato amónico. (págs. 85, 109)

En 1748, Guillermo Guillen consigue desarrollar el primer método de refrigeración artificial con ether ethyl hervido al vacío parcialmente. El farmacéutico Antoine Baumé posteriormente lograr crear hielo artificial exponiendo ether al aire. Después Priestley descubre las propiedades termodinámicas del amoniac y el dióxido de carbono como refrigerantes. (Albacete, 2017)

En la edad contemporánea por el siglo XIX, científicos como Von Karsten, Hanneman, Pfandler y Brendel descubren nuevos métodos para disminuir la temperatura hasta los 20°C, estos métodos poseían las características de ser discontinuos y de capacidad limitada, según (Freon, 2018):

El primer sistema de refrigeración mecánica tiene una base científica en la expansión de un fluido mediante evaporación, se conoce que el primer sistema de refrigeración aparece en 1805 con el diseño de Oliver Evans de una máquina de refrigeración utilizando vapor en lugar de líquido. (p. 47)

Luego en 1842, el americano John Gorrie presenta un diseño de una máquina para refrescar habitaciones de pacientes con fiebre amarilla, este aparato también comparte el principio de comprimir un gas que se enfría a través de bobinas de radiación para después ser ampliado para bajar la temperatura. (Bernad, 2017)

## Figura 1

### *Historia de la refrigeración*



*Nota:* Tomado de Bernard Refrigeración, por J. Bernard, 2017 (<https://www.josebernad.com/historia-de-la-refrigeracion-de-la-prehistoria-a-la-actualidad/>).

Según Andira (2015) afirma lo siguiente:

Posteriormente en 1856, el australiano James Harrison, introduce la refrigeración de compresión a vapor en las industrias cerveceras en los refrigeradores de Gorrie, esta y otras investigaciones en el futuro sobre la refrigeración a lo largo de la historia, permiten el uso de equipo como compresores, condensadores, dispositivos de extensión como válvulas, motores y turbinas para crear un tipo de refrigeración más potente.

El agua se conoce como el primer fluido refrigerante, posee una larga historia de uso hasta la época actual, en su estado sólido, el hielo ha sido reconocido como una unidad de refrigeración: la tonelada de refrigeración, la cual se define como la cantidad de calor que se requiere para fundir dos mil libras de hielo en 24 horas.

Durante la primera parte del siglo XIX, se desarrollaron máquinas para la compresión de vapor y se probaron muchos fluidos como refrigerantes, entre los que sobresalen el amoníaco, bióxido de carbono, bióxido de azufre, cloruro de metilo y en cierta medida, algunos hidrocarburos. (Climas, 2018, p. 45)

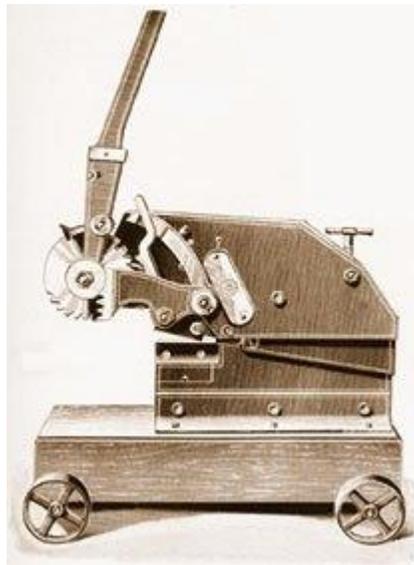
Como fluido refrigerante de corte, en la última década se ha discutido mucho sobre la idoneidad de utilizar este elemento en abundancia para refrigerar y lubricar los procesos de mecanizado, el uso del fluido de corte genera un ahorro en las herramientas y permite mantener las propiedades de la superficie de la pieza de trabajo sin daños. Por otro lado, también trae algunos problemas, como residuos de fluidos y enfermedades humanas.

En la historia de la metalúrgica destaca el trabajo de corte chapa, desde tiempos prehistóricos, el hombre ha buscado desarrollar herramientas, utensilios y máquinas cada vez más sofisticadas para dar forma a los metales, el progreso de la civilización en las áreas de la

caldera, permitieron el desarrollo de nuevos sistemas de transporte terrestre y marítimo, los cuales presentaron ciertas exigencias en el conformado de chapa la tecnología de la época da un giro radical permitiendo mecanizar con eficacia procesos que hasta aquel entonces eran manuales.

## **Figura 2**

*Máquina de corte para dar forma a los metales*



*Nota.* En la figura se muestra una de las primeras maquinas construidas por el ser humano. Tomado de Interempresas, por A. Arián, 1913 (<https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/8647-Evolucion-de-los-procesos-de-corte-y-deformacion-de-chapa.html>).

El proceso de corte de metal se remonta a los tiempos de trabajo con oro, plata, cobre, estaño, plomo y otros materiales. Según Weldflow (2022):

Es una de las habilidades elementales más antiguas que se conocen. Los historiadores datan que los procesos de unión, formación y corte comenzaron en la India alrededor del 3300 a.C. Posterior a este avance, se desarrolla el corte por plasma a finales de la década de 1950. (p. 29)

En el caso de la automatización en la industria manufacturera, esta ha evolucionado desde el uso de sistemas hidráulicos y neumáticos básicos hasta los robots modernos de hoy. La mayoría de las operaciones industriales están automatizadas con el objetivo de impulsar la producción y reducir el costo de la mano de obra, desde sus inicios, la automatización industrial ha tenido grandes avances entre las actividades que antes se realizaban de forma manual. Según Boisset (2018) “Una organización de fabricación que utiliza las últimas tecnologías para automatizar por completo sus procesos suele ver una mayor eficiencia, producción de productos de alta calidad y costos de mano de obra y producción reducidos” (p. 25).

### Figura 3

#### *Evolución de la automatización industrial*



*Nota.* En la figura se muestra los avances de la automatización con el objetivo de impulsar la producción. Tomado de Latam, por A. Meinsa, 2017 (<https://www.reporteroindustrial.com/temas/Evolucion-de-la-automatizacion-industrial+98784>).

Gracias a la evolución de la automatización en las industrias manufactureras, se pueden crear productos de alta calidad, además de una mejor utilización de la energía, los recursos y las materias primas, teniendo en cuenta que dichos procesos suponen una mejor comodidad y seguridad para el operador.

### **Marco Conceptual**

A continuación, se presentarán detalles de los conceptos teóricos que han sido relevantes y se ha considerado en esta investigación, para entender y poner en práctica en el desarrollo del proyecto, lo cuales servirán como base para poder tomar en cuenta al momento de realizar el trabajo práctico.

#### ***Hidráulica***

Los fenómenos hidráulicos, como expresión del mundo natural, son tan complejos que no es posible analizarlos y describirlos totalmente. Sólo se puede hacerlo parcialmente. Uno de los instrumentos que se dispone para tratar de conocer y comprender el comportamiento del agua en la naturaleza y su interacción con las estructuras se encuentra en la investigación mediante modelos matemáticos y físicos.

Según Pratima (2018) la hidráulica es “el estudio de los fluidos, ya sea en movimiento o en reposo. La hidrodinámica es el estudio de los fluidos en movimiento, y la hidrostática considera las propiedades de los fluidos en estado de equilibrio” (p. 31), por lo tanto, los conceptos de este campo se utilizan según sea necesario para explicar el funcionamiento de los dispositivos hidráulicos.

La transmisión de potencia es el resultado de la fuerza de un líquido aislado. El líquido transmite la fuerza generada por la fuente de alimentación; el flujo contribuye al otro componente de trabajo, es decir, el desplazamiento. La cantidad de trabajo realizado depende de

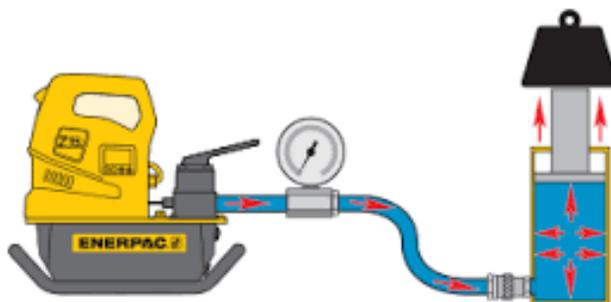
la fuerza y la distancia total a la que se aplica. La fuente de alimentación puede ser un motor eléctrico, un motor de gasolina o energía manual.

Según Martínez (2020) “este tipo de energía está especialmente la asociada con la velocidad del agua, puede ser empleada para generar electricidad utilizando turbinas hidrodinámicas, las cuales aprovechan al máximo la carga de velocidad del propio flujo” (p. 56).

Para Rodríguez y Benavides (2021) la hidráulica brinda “un conjunto de mediciones de presiones y permite calcular el flujo de las tuberías relacionadas al sistema” (p. 12). Se deben considerar los factores de rugosidad para los tubos de la red en la ecuación de la conservación de la energía.

#### **Figura 4**

*Esquema de un sistema hidráulico*



*Nota.* En la figura se puede visualizar la rugosidad que debe tener la tubería. Tomado de Simplex, por P. Elai, 2020 (<https://www.simplex.com/es/formaci%C3%B3n/e/hydraulic>).

#### ***Hidrostática***

Según Fuentes (2010) en la hidrostática se debe tomar en cuenta “la relación numérica para las condiciones iniciales de sistemas para una distribución hidrostática inicial de las presiones” (p. 37). La hidrostática está presente en los procesos de refrigeración, se considera efectiva para aplicar en las tecnologías de seguridad de los fluidos procesados contribuyendo a

mejorar la eficiencia energética en la industria. Dentro de la hidrostática es fundamental conocer el concepto de la presión hidrostática, esta se representa como la presión que se genera en una columna vertical de fluido debido a la acción de la gravedad sobre ese fluido. Cuanto mayor sea la altura vertical del fluido, mayor será la presión, siendo iguales todos los demás factores. Este principio permite inferir el nivel o altura del líquido en un recipiente mediante la medición de la presión. La relación entre la altura de la columna y la presión del fluido en la parte inferior es constante para cualquier fluido en particular independientemente del ancho o la forma del recipiente.

### Figura 5

*Presión hidrostática*



*Nota.* En la figura se muestra la relación entre la altura de la columna y la presión del fluido que es constante. Tomado de Wordpress, por D. Cervantino, 2015 (<https://es.files.wordpress.com/2015/02.png>).

### *Hidrodinámica*

Los líquidos en movimiento o bajo presión han sido estudiados por el científico y filósofo francés Blaise Pascal y el físico suizo Daniel Bernoulli, ellos formularon las leyes en las que se basa la tecnología hidráulica moderna. La ley de Pascal, formulada alrededor de 1650, establece que la presión en un líquido se transmite por igual en todas las direcciones, es decir, cuando se

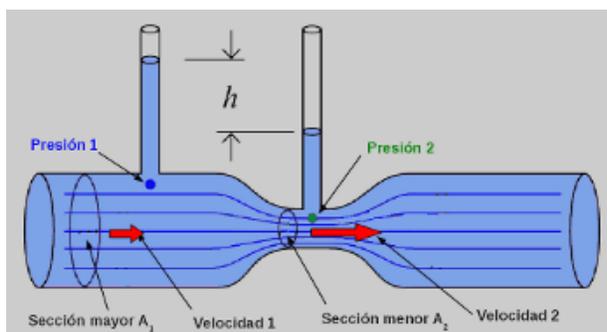
hace que el agua llene un recipiente cerrado, la aplicación de presión en cualquier punto se transmitirá a todos los lados del recipiente, en la prensa hidráulica se utiliza la ley de Pascal para ganar un aumento de fuerza; una pequeña fuerza aplicada a un pistón pequeño en un cilindro pequeño se transmite a través de un tubo a un cilindro grande, donde presiona por igual contra todos los lados del cilindro, incluido el pistón grande.

En los sistemas de energía hidráulica hay cinco elementos: el impulsor, la bomba, las válvulas de control, el motor y la carga, el conductor puede ser un motor eléctrico o un motor de cualquier tipo, la bomba actúa principalmente para aumentar la presión, el motor puede ser una contraparte de la bomba, transformando la entrada hidráulica en salida mecánica los motores pueden producir un movimiento rotatorio o alternativo en la carga.

La hidrodinámica tiene una fundamentación con la ley de Bernoulli que indica que, si un fluido no viscoso fluye a lo largo de una tubería de sección transversal variable, la presión es relativamente baja en las constricciones donde la velocidad es alta y relativamente alta donde la tubería se abre y el fluido se estanca.

## Figura 6

### *Tubo de Venturi*



*Nota.* Tomado de Wordpress, por J. Fernando, 2014 (<https://juanfernandorodriguezhernandez.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/segundo-corte/tubo-de-venturi/>).

## ***Refrigeración***

La refrigeración es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio, la reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

La refrigeración implica transferir la energía del cuerpo a enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas, la temperatura es el reflejo de la cantidad o nivel de energía que posee el cuerpo, ya que el frío propiamente no existe, los cuerpos solo tienen más o menos energía térmica, de esta manera enfriar corresponde a retirar energía (calor) y no debe pensarse en términos de "producir frío o agregar frío".

Las aplicaciones de la refrigeración son:

**Procesos Industriales.** Requieren reducir la temperatura de maquinaria o materiales para su correcto desarrollo, algunos ejemplos son el mecanizado, la fabricación de plásticos, la producción de energía nuclear.

**Máquinas-herramientas.** Las máquinas herramientas también llevan incorporado un circuito de refrigeración y lubricación para bombear el líquido refrigerante que utilizan llamado taladrina o aceite de corte sobre el filo de la herramienta para evitar un calentamiento excesivo que la pudiese deteriorar rápidamente.

## Figura 7

### *Refrigeración para corte por sierra vaivén*



*Nota.* En figura se muestra el accionamiento de una sierra en la actualidad en los procesos de corte con su respectiva refrigeración tanto en la pieza como en la herramienta. Tomado de Thumbs, por D. Paul, 2018 ([https://thumbs.dreamstime.com/videothumb\\_large20228/202287443](https://thumbs.dreamstime.com/videothumb_large20228/202287443)).

### *Corte con Sierra Vaivén*

El corte por aserrado mecánico constituye el medio más eficaz para cortar en frío metales de cualquier clase, y se ejecuta por medio de los siguientes métodos:

- Sierras alternativas de hoja (horizontales)
- Sierras alternativas de calar (verticales)
- Sierras sin fin o de cinta (horizontales y verticales)
- Sierras circulares de disco (verticales)
- Sierras de muela (verticales)

El accionamiento de la sierra es conseguido a través de un motor eléctrico que mueve una bomba rotativa que ejerce una presión, el cual actúa por medio de un dispositivo distribuidor dentro de un cilindro, provocando el movimiento rectilíneo del émbolo utilizado por el arco de sierra.

## Figura 8

### *Sierra mecánica de vaivén*



*Nota.* En figura se muestra el accionamiento de una sierra en la actualidad en los procesos de corte.

Tomado de NDIEC, por M. Marco, 2022

([https://www.jptodomaquinarias.com/wpcontent/uploads/2022/08/SIE021JPU0322-3-](https://www.jptodomaquinarias.com/wpcontent/uploads/2022/08/SIE021JPU0322-3-300x300.jpeg)

[300x300.jpeg](https://www.jptodomaquinarias.com/wpcontent/uploads/2022/08/SIE021JPU0322-3-300x300.jpeg)).

### ***Fluidos de Corte***

Los fluidos de corte juegan un rol muy importante para optimizar los procesos de operación en el trabajo de la industria metal mecánica, dentro de sus procesos de torneado, barrenado, maquinado, rectificado, troquelado, etc... Sus beneficios impactan directamente en la vida útil de las herramientas, velocidad y calidad del trabajo, así como en la productividad de los equipos.

La función primaria de un fluido de corte es el control de la temperatura a través del enfriamiento y la lubricación, tanto de las piezas en proceso como de las herramientas de corte.

Las propiedades de enfriamiento y lubricación de un fluido son críticas en el descenso del desgaste de las herramientas incrementando así vida útil.

Una función secundaria de los fluidos de corte es el ayudar a arrastrar con él las rebabas o virutas de metal, apartándolos de las herramientas y de las piezas en proceso, previniendo así

terminados defectuosos de las partes y facilitando su manejo, las taladrinas son emulsiones de aceite y agua.

Esta emulsión tiene una concentración variable con valores próximos al 5% de aceite y el 95% de agua, en función de los diferentes usos. Es un producto empleado mayoritariamente en la industria del mecanizado metálico por sus propiedades lubricantes y refrigerantes en los procesos donde existe un contacto directo entre la pieza que se moldea o transforma y la herramienta utilizada para ello.

La taladrina optimiza las condiciones físico – químicas de la zona de contacto entre metales reduciendo la fricción y, con ello, facilitando el acabado de la superficie metálica y alargando la vida útil de la herramienta. Además, la taladrina previene el sobrecalentamiento de las piezas y la maquinaria, evacúa la viruta resultante y evita el óxido. En la figura 9 se muestra este refrigerante/lubricantes de herramientas.

### **Figura 9**

*Taladrina para industria de mecanizado mecánico*



*Nota.* En la figura se muestra el refrigerante que usualmente se usa para los procesos de corte.

Tomado de Wurth, por P. Edwin, 2022 (<https://www.wurth.es/taladrina-cut-cool-5l>).

### ***Bomba de Agua Periférica de ½ Hp 110v***

Las bombas de agua periféricas no son únicamente aplicables a una vivienda, sino tiene también a una amplia gama de usos que abarcan, entre otros, pequeñas industrias y, talleres, estas tienen como principal característica ofrecer una gran presión de agua mediante el uso de motores con baja potencia.

Según Jums (2016) afirma lo siguiente:

Este tipo de bomba son también conocidas como bombas tipo turbina, de vértice y regenerativas; en este tipo de bomba de agua se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular donde gira el impulsor.

En la bomba periférica El fluido entra a la bomba y es bombeado por el impulsor a un canal periférico entre el impulsor y la carcasa, a medida que el fluido va circulando a través del canal periférico se forman remolinos y va aumentando su energía, de esta forma se logra la alta presión en la descarga. Según Aragon (2017):

Estas máquinas absorben la energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico entre otros, cuando absorben la energía, esta es trasferida a un fluido como energía hidráulica, misma que permite que el fluido pueda ser conducido de punto A hacia punto B, con la opción de diferentes niveles y además a diferentes ritmos. (p. 59)

## Figura 10

*Bomba de agua periférica de ½ Hp 110v*



*Nota.* En la figura se muestra la bomba periférica con una potencia de 650 W y un flujo máximo o caudal de 5-60 l/min.

## *Herramienta de Corte*

Es el elemento utilizado para extraer material de una pieza cuando se quiere llevar a cabo un proceso de mecanizado. Existen muchos tipos de sierras para cada máquina, pero todas se basan en un proceso de arranque de viruta. Debido a la variación de velocidades entre la herramienta y la pieza al entrar en contacto con la arista se produce el arranque de material y se desprende la viruta.

## Figura 11

*Sierra de corte*



*Nota.* En la figura se muestra la herramienta de corte para la sierra vaivén. Tomado de Ludepa, por L. Mariana, 2019 (<https://www.ludepa.ec/wp-content/uploads/2019/08/3122>).

## **Sistema Teórico**

### ***Presión***

La presión es la fuerza por unidad de área. Existe una diferencia en la forma en que se aplica una fuerza a un fluido y la forma en que se aplica a un sólido. Una fuerza puede ser soportada por un solo punto de un sólido libre, pero solo puede ser soportada por una superficie de un fluido cerrado. Según Semat (2018) afirma que:

La presión se puede expresar en unidades de área como libras por pie cuadrado, en newtons por metro cuadrado o en cualquier otro conjunto de unidades apropiado.

La presión es una cantidad escalar que se expresa en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Según Ladino (2018) “la presión se puede caracterizar por el comportamiento de la turbulencia y la energía cinética la cual se transformará en energía interna. La presión en cualquier punto de un canal puede ser medida mediante un tubo piezométrico” (p. 91). Está definida como el desplazamiento del agua por las tuberías o mangueras (flujo de agua, por área, por unidad de gradiente hidráulico), donde el gradiente hidráulico es el cambio del potencial hidráulico.

### ***Caudal***

En dinámica de fluidos, el caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. También, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Según Cervantes (2014) “los cálculos de los caudales en un sistema hidráulico son mecánicamente fiables y simples de operar, aunque, como en cualquier maquinaria, el mantenimiento rutinario y sistemático es imprescindible” (p. 46). Estos equipos permiten un notable ahorro de agua y energía al accionamiento hidráulico, las características hidráulicas y de operación de un sistema de riego tiene como variables: el volumen de agua, las variaciones de nivel del agua y la potencia de la bomba según las variaciones en el punto de funcionamiento.

### ***Velocidad del Fluido***

La velocidad de un flujo es la distancia recorrida por el mismo en un cierto tiempo, es decir, metros/segundo o pies/minuto, la fricción a lo largo de las paredes de la tubería puede afectar la velocidad de un fluido, hay dos tipos de velocidades que afectan las tuberías, la velocidad mínima y la velocidad máxima.

Si la velocidad del flujo no se controla, puede provocar el desgaste de la tubería, lo que reduce la capacidad de flujo y la vida útil de la tubería, controlar esta velocidad es difícil en lugares donde exista variaciones de altura que se vean afectadas por la gravedad porque este factor acelerará la velocidad del flujo. En un sistema hidráulico se establecen patrones comparativos para el análisis de ciertas propiedades del sistema, como el cambio de la presión, velocidad, viscosidad, temperatura, etc. La posición del conducto, vertical u horizontal también influye en el análisis del desarrollo del flujo.

En un sistema de lubricación para máquinas – herramientas, la velocidad del fluido afecta la infiltración de escoria y ésta, a la vez, condiciona la lubricación y la transferencia de calor, solidificación y establecer las condiciones de enfriamiento y lubricación en la materia.

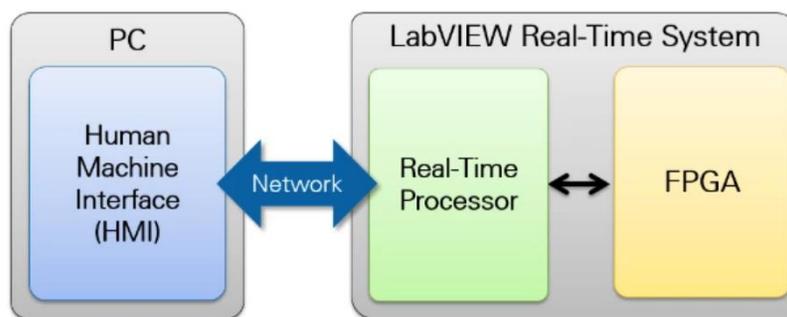
## ***Programación HMI***

LabVIEW realiza el control por medio de un HMI y LabVIEW es el que controla Arduino se presenta como una interfaz hombre-máquina que en sus siglas en ingles “Human Machine Interface” en donde se trata un panel de instrumentos del operario, lo que concede al usuario coordinar y controlar los procesos industriales de una rápida y teniendo una eficacia de alto nivel en la producción.

En la actualidad la automatización se encuentra enfocada a la utilización de HMI's que representan la interfaz entre el hombre y un proceso, son partes integrales en la mayoría de los ambientes industriales complejos o geográficamente dispersos, como se muestra en la Figura 12 se muestra un diagrama que muestra cómo interactúan estos componentes, dado que un PC se utiliza como la HMI ,el proceso de implantación de un sistema automatizado requiere de una programación incluida en un autómata encargado de gestionar las variables de entrada y salida.

**Figura 12**

*Componentes del sistema integrado*



*Nota.* En la figura se puede visualizar aun diagrama que muestra cómo interactúan estos componentes, dado que un PC se utiliza como la HMI. Tomado de Ni. Scene, por R. Malcom, 2022 ([https://ni.scene7.com/is/image/ni/HMI\\_RT\\_FPGA\\_Overview\\_%28small%29?scl=1](https://ni.scene7.com/is/image/ni/HMI_RT_FPGA_Overview_%28small%29?scl=1)).

## Sistema de Variables

Para el tema de investigación acerca del control de un sistema de refrigeración en el proceso de corte de piezas metálicas, se establecen las dimensiones y características que deben ser examinados con diferentes equipos de medición. Las variables de medición se encuentran en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Variables de medición*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Escala</b>	<b>Equipo de medición</b>
Intensidad de corriente	Es la cantidad de carga que pasa por un conductor por unidad de tiempo.	A	Multímetro
Tiempo de salida de refrigerante	Es el tiempo en el cual el líquido tarda en refrigerar las herramientas y piezas durante el proceso de mecanizado.	S	Cronómetro
Temperatura	Es la temperatura el cual debe estar el líquido, para enfriar los procesos de corte.	°C	Termómetro

*Nota.* Esta tabla representa las variables a ser cuantificadas dentro del proceso de refrigeración para procesos de corte.

## **Marco Referencial**

### ***Mecánica de Fluidos***

La mecánica de fluidos es el estudio del flujo de líquidos y gases, generalmente dentro y alrededor de superficies sólidas. Por ejemplo, la dinámica de fluidos se puede utilizar para analizar el flujo de aire sobre el ala de un avión o sobre la superficie de un automóvil. También se puede utilizar en el diseño de barcos para aumentar la velocidad con la que se desplazan por el agua. Según Moz (2016) afirma lo siguiente:

Los científicos utilizan tanto experimentos como modelos y cálculos matemáticos para comprender la mecánica de fluidos, en un túnel de viento se agrega humo a la corriente de aire para poder observar y fotografiar el flujo de aire, los datos recopilados de los estudios del túnel de viento y otros experimentos suelen ser muy complejos. (p. 123)

También existen modelos de comportamiento de fluidos y computadoras para analizar e interpretar esos datos, el campo de la dinámica de fluidos a menudo se subdivide en aerodinámica e hidrodinámica, la aerodinámica es el estudio de la forma en que el aire fluye alrededor de aviones y automóviles con el objetivo de aumentar la eficiencia del movimiento. La hidrodinámica se ocupa del flujo de agua en diversas situaciones, como en tuberías, alrededor de barcos y bajo tierra, aparte de los casos más familiares, los principios de la mecánica de fluidos se pueden utilizar para comprender una variedad de fenómenos, como el flujo de sangre en los vasos sanguíneos, el vuelo de los gansos en formación de V y el comportamiento de las plantas y los animales bajo el agua.

### ***NI-VISA Interactive Control***

Según Sánchez (2018) afirma que:

La interfaz de LabVIEW para Arduino (LIFA) Toolkit es una herramienta gratuita que se puede descargar desde el servidor de NI (National Instruments) y que permite a los usuarios de Arduino adquirir datos del microcontrolador Arduino y procesarlos en el entorno de programación gráfica de LabVIEW, para utilizar la aplicación LIFA no es necesario disponer de una versión comercial de LabVIEW basta con adquirir el software LabVIEW. (p. 48)

VI Package Manager es un complemento de LabVIEW que permite la comunicación con Arduino para el desarrollo de múltiples proyectos, este complemento es una herramienta fácil de usar que permite simplificar el desarrollo de procesos industriales en el cual vaya hacer aplicado.

Según Matricardi (2022) afirma que:

La interfaz de LabVIEW con Arduino toolkit permite crear de forma rápida y fácil, interfaces gráficas de usuario para cualquier componente que sea compatible con este micro controlador, este kit de herramientas de código libre permite a los usuarios crear controladores personalizados para sus sensores. (p. 35)

### **Figura 13**

*Interfaz de programación LabVIEW - Arduino*



*Nota.* En la figura se muestra la aplicación NI – VISA Interactive Control el cual facilita la comunicación de LabVIEW y Arduino. Tomado NI(VIPN), por M. Malcom, 2019 (<https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/drivers/download.ni-visa.html#460225>).

### *Sistemas Hidráulicos*

La base de todos los sistemas hidráulicos está expresada por la ley de Pascal, que establece que la presión ejercida en cualquier lugar sobre un líquido encerrado se transmite sin disminución, en todas las direcciones, al interior del recipiente, este principio permite generar grandes fuerzas con relativamente poco esfuerzo, por ejemplo, una fuerza de 5 libras ejercida contra un área cuadrada de 1 pulgada crea una presión interna de 5 psi. Esta presión, actuando contra el área de 10 pulgadas cuadradas, desarrolla 50 libras de fuerza.

Los sistemas hidráulicos están constituidos por un conjunto de elementos, cuya finalidad es transmitir grandes fuerzas mediante fluidos a presión y dirigir de la forma más conveniente donde la fuerza se multiplica casi en todos los casos. Según Sánchez (2018) afirma que:

Un sistema hidráulico de maquinaria consiste en tanques acoplados y bombas de agua, este sistema modela de manera didáctica, flexible y clara la dinámica del acoplamiento de los tanques de almacenamiento de líquido conectados mediante válvulas y manueras.

## **Metodología y Desarrollo del Proyecto**

### **Enfoque de Investigación**

Esta investigación basará desde en un enfoque cuantitativo con un estudio a nivel de investigación exploratoria, debido a que se basa en los estándares y parámetros de diseño del Sistema de Refrigeración los cuales son el monitoreo y control por medio de un Sistema HMI para así permitir un desarrollo más amplio a nivel profesional e industrial.

Durante el diseño de la metodología se establecen tres perspectivas, en la primera se establece una investigación exploratoria para analizar el problema de la refrigeración en el proceso de corte por sierra de vaivén y la solución a este. Según Sampieri (2018) “los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o novedoso, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 91).

El estudio exploratorio permite realizar una indagación a una parte desconocida o novedosa del cual no se ha visto ningún documento o esté en auge. En este caso se cumple la segunda condición debido al tema de la industria 4.0, por ende, la investigación permite estudiar las variables a explorar y familiarizarse con algunos fenómenos el transporte de fluidos, el envío de señales y la conservación de la energía.

Luego se indaga la investigación aplicada que corresponde a la parte técnica del proyecto. Según Lozada (2014) “este tipo de investigación busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo, esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica” (p. 34). Esta investigación incluye los adelantos y productos tecnológicos para las que se derivan acciones en la implementación del sistema de refrigeración en una máquina de corte horizontal con el

propósito de desarrollar una propuesta que resuelva las preguntas de investigación para comprobar la funcionalidad del modelo.

### **Tipo o Diseño de Investigación**

Los alcances que puede tener un estudio cuantitativo son exploratorio, correlacional, descriptivo y explicativo. Según Sampeiri (2016) “el estudio de investigación al ser exploratorio sirve para preparar a los antecedentes con los alcances descriptivos de los sistemas que son objeto de estudio en este proyecto, estos estudios en ocasiones constituyen un fin en sí mismos”. (p. 98)

Generalmente determinan tendencias, identifican áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio, relaciones potenciales entre variables o establecen el tono de investigaciones posteriores más elaboradas y rigurosas.

Luego, en la etapa de pruebas del sistema, se emplea un estudio explicativo “dirigido a responder por las causas de los fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar las razones de un fenómeno en las condiciones en que este se manifiesta”, además se debe tener en cuenta la relación entre las variables que se estudia. Para medir los parámetros establecidos dentro del diseño y la perspectiva del investigador se utilizan los criterios. Según Sampieri (2018) de acuerdo al enfoque cuantitativo afirma que:

Se emplea la recolección de datos para probar una hipótesis con base, o en este caso responder a la pregunta de investigación utilizando técnicas de medición numérica, así pues, se emplean instrumentos de medición con el fin de comprobar teorías (p. 45).

Se miden las variables en un determinado contexto con las condiciones elegidas para la operación acorde a una normativa o estudios anteriores para luego extraer una serie de conclusiones acerca de los resultados esperados y obtenidos.

## **Técnicas e Instrumentos de Investigación**

Como se puede constatar en la metodología, la recolección de datos se realiza de manera cuantitativa con los instrumentos adecuados para cada variable, los datos se obtienen por observación, medición y documentación. Según Sampeiri (2016) “se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura y se prueban y ajustan” (p. 13). Los indicadores utilizados son específicos con posibilidades de respuesta o categorías predeterminadas.

Las técnicas son recursos o procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento, los instrumentos son utilizados para guardar la información y pueden ser un cuaderno de notas para el registro de observación y hechos, un diario de campo, cámara fotográfica, cronómetro, programas de apoyo, entre otros elementos utilizados para registrar las observaciones durante el proceso de investigación.

Según Parinas (2005) afirma que:

Es importante la observación detenida para que el investigador tome decisiones según su experiencia, cada fenómeno físico necesita ser mirado detenidamente para comprobar el funcionamiento diseñado previamente, o sea, se debe esperar que el experimento cumpla las leyes de la física, el proceso de someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la observación.

## **Procedimiento de Medición y Toma de Valores**

Para calcular la velocidad de salida del fluido, o caudal se necesita tomar el tiempo que demora la bomba de agua periférica en succionar el líquido refrigerante, para esto se emplea un cronómetro digital presente en cualquier teléfono celular tal como se muestra en la Figura 14.

## Figura 14

### *Cronómetro digital del celular*



*Nota.* En la figura se muestra un cronómetro digital que indica al momento que el motor empieza a funcionar posteriormente a succionar para luego expulsar el líquido refrigerante.

En la parte eléctrica se utiliza el multímetro para comprobar el voltaje de la bomba de agua periférica, de preferencia monofásica, para poder trabajar con las instalaciones eléctricas del taller, además de ser útil en la construcción de placa con los componentes electrónicos y las señales que transmiten a los controladores.

## Figura 15

### *Multímetro*



*Nota.* En la figura se muestra el multímetro el cual es un instrumento de medición. Tomado de ACCTA, por A. Elian, 2022 (<https://toolboom.com/es/digital-multimeter-accta-at-201/>).

El multímetro tiene las siguientes características:

- Medición de voltaje DC: 200mV / 2V / 20V / 200 V
- Medición de voltaje AC: 200 V / 500 V
- Medición de corriente DC: 200  $\mu$ A / 200 mA / 10 A
- Resistencia: 200  $\Omega$  / 2 k $\Omega$  / 20 k $\Omega$  / 200 k $\Omega$  / 20 M $\Omega$

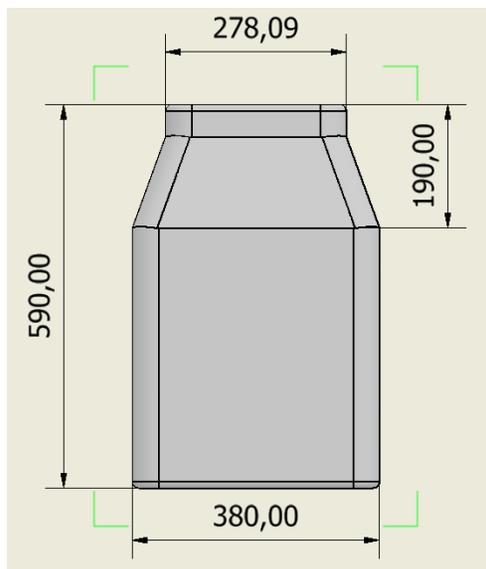
## Desarrollo y Procedimiento

### Dimensionamiento de la Cámara Refrigerante

A continuación, se detalla el funcionamiento del sistema que hace referencia a la metodología de un estudio exploratorio. Una vez detalladas las funciones de cada componente en el sistema, se ensambla según un orden específico. Primero se elige la cámara del líquido refrigerante, luego se realiza la conexión de la bomba de agua periférica, después se unen las tuberías y codos con una terraja de roscar, se crea un soporte para las tuberías y se conecta el sensor de flujo de caudal YF-S201 y también la válvula proporcional construida. En la Figura 16 se puede ver el dimensionamiento del tanque que se eligió.

#### Figura 16

##### *Dimensionamiento del tanque*



*Nota.* En la figura se muestra el dimensionamiento del tanque en milímetros el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 60L de líquido refrigerante.

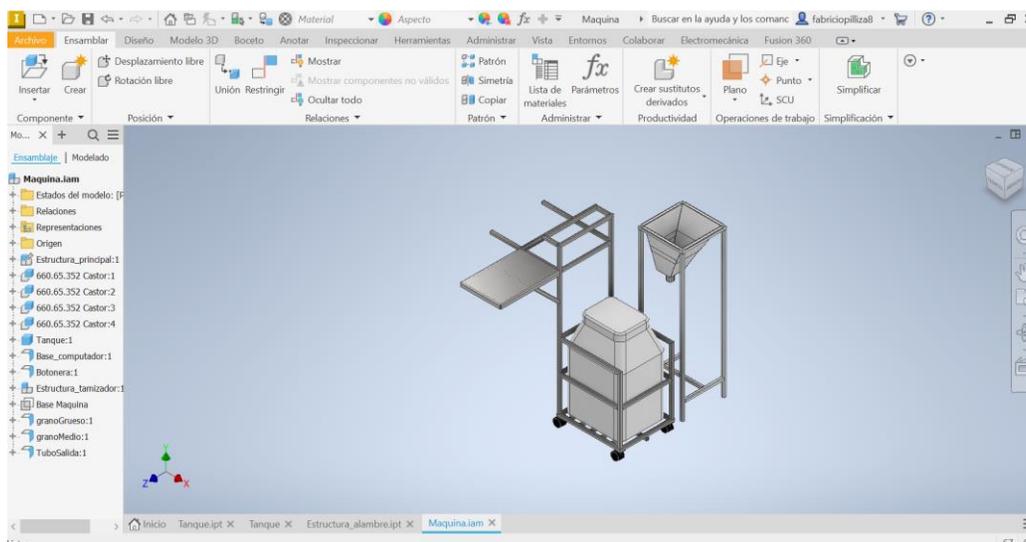
## Esquema Mecánico del Sistema de Refrigeración

Para la implementación del sistema de refrigeración en la sierra de vaivén se realiza un modelo en un programa de diseño, en este caso se utiliza Autodesk Inventor que ofrece herramientas profesionales y específicas para el diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos. Según Deusto (2020) afirma que:

Inventor aporta una extensa gama de componentes para una creación de dibujo perfecto de diseño de producto, con diferentes vistas de ensamblaje configurables y relacionadas entre ellas, de forma que al trabajar partes de la vista base a partir de un archivo de modelo, utilizando también posteriormente la vista proyectada, la vista seccionada y otras opciones de vista, pudiéndolas partir o cortar una vista.

**Figura 17**

*Esquema mecánico*



*Nota.* En la figura se muestra el sistema de refrigeración que va a ser implementado.

## Construcción del Diseño Mecánico

Una vez elegida la cámara que se implementara para el almacenamiento del líquido refrigerante se realiza el respectivo esquema mecánico para posteriormente construir con las

medidas que se estableció teniendo factores muy importantes, como es el peso del tanque con el líquido refrigerante y asimismo tener una facilidad de manejo con ayuda de unas llantas en la parte inferior de la estructura, así como se puede visualizar la estructura en la Figura 18.

### **Figura 18**

#### *Construcción de estructura*



*Nota.* En la figura se muestra la construcción de la estructura en donde va a ir el tanque con el líquido refrigerante y asimismo la estructura del tamizador.

Posteriormente se realizó el corte del tol de 0,5 mm de grosor para la construcción del módulo en la parte frontal en donde va a ir la parte del control manual, de igual manera también se realizó la construcción del tamizador tipo como el cual ayuda a tamizar partículas de grano grueso y delgado. Asimismo, ayuda al retorno del líquido refrigerante ya usado en los procesos de corte de las maquinas herramientas. En la figura 19 se visualiza el corte de tol para la estructura.

**Figura 19**

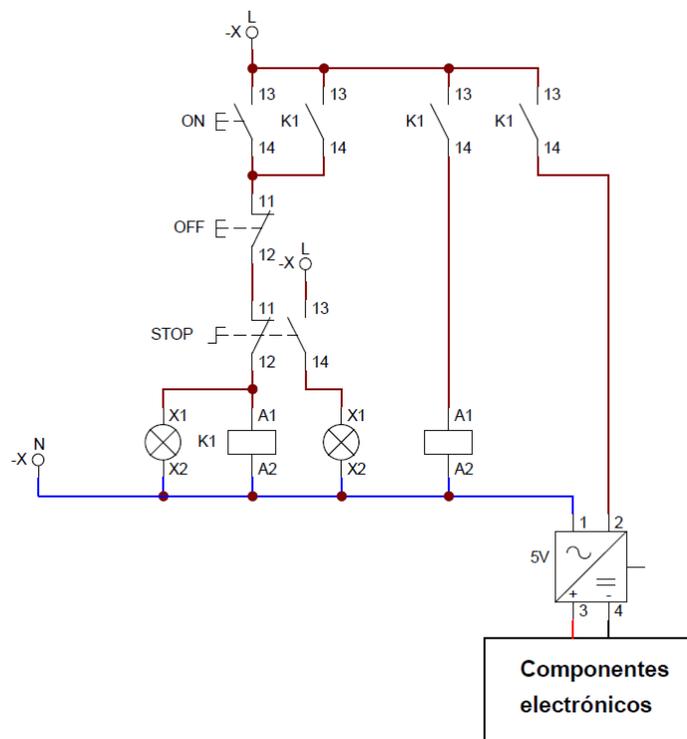
*Corte de tol para tablero y tamizador*



*Nota.* En la figura se puede visualizar la plancha de tol de 0,5mm que se utilizó para realizar la parte del tablero de control y el tamizador que se necesita para el proyecto.

**Electrónica – Fase de Control y Potencia**

Con ayuda del Software CADE\_SIMU se pudo realizar un esquema que funcione correctamente, teniendo así la facilidad de lectura del esquema eléctrico para así poder construir el circuito de encendido, en el cual es un enclavamiento a un contactor a través del pulsador ON permitiendo la alimentación del módulo relé y de la fuente de 5 voltios para los demás componentes, para desconectar el enclavamiento basta con presionar el pulsador OFF, si hubiera una emergencia el pulsador STOP permite desconectar el sistema e informa al usuario que esta pulsado ya que ilumina la luz indicadora roja. En la Figura 20 se puede visualizar el esquema.

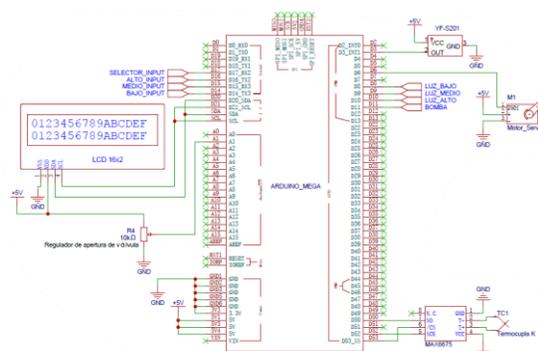
**Figura 20***Esquema fase de encendido*

*Nota.* En la figura se muestra el esquema eléctrico que se va a emplear para la construcción del sistema de refrigeración.

El controlador del sistema está basado en el Arduino MEGA 2560, toda la electrónica como sensores, actuadores y elementos de entrada se conectan al mismo como muestra en la Figura 21 posteriormente.

## Figura 21

### Esquema electrónico



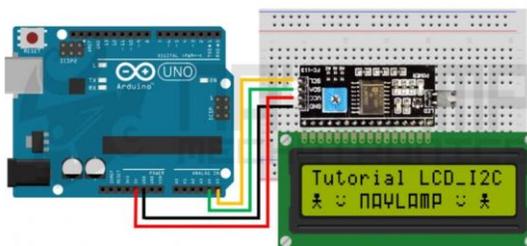
*Nota.* En la figura se muestra el esquema electrónico que especifica las conexiones de cada uno de los sensores y actuadores que se ha sido implementado.

Según Naylamp (2022) afirma lo siguiente:

La LCD 16x2 está conectada a través de la interfaz I2C pues permite reducir drásticamente la cantidad de pines que se conectan a Arduino, esto gracias al módulo PCF8574. La dirección I2C por defecto del módulo puede ser 0x3F o en otros casos 0x27, es muy importante identificar correctamente la dirección I2C de nuestro módulo, pues de otra forma nuestro programa no funcionará correctamente.

## Figura 22

### Esquema de conexión de la pantalla Lcd 1602 con I2c

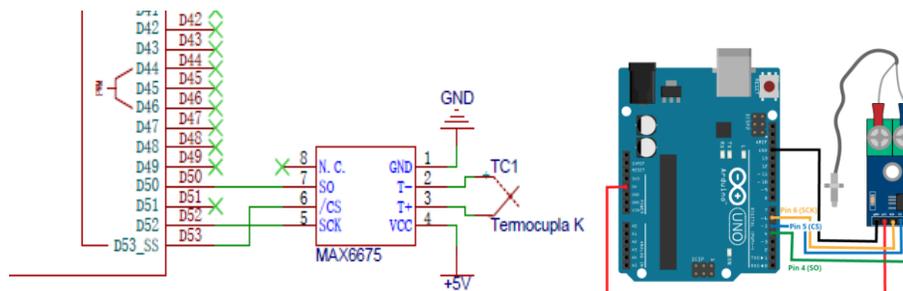


*Nota.* En la figura se puede visualizar la conexión del Arduino con la pantalla Lcd 1602 y también se visualiza la gran ayuda del módulo I2c el cual es un expansor de entradas y salidas digitales.

El sensor de temperatura es una termocupla tipo K, dada las señales de voltaje bajas que maneja, se requirió de un módulo acondicionador para este tipo de termocuplas, siendo usado el CHIP MAX6675 el cual maneja una comunicación SPI. Se puede visualizar en la Figura 23.

### Figura 23

#### Conexión de termocupla tipo K

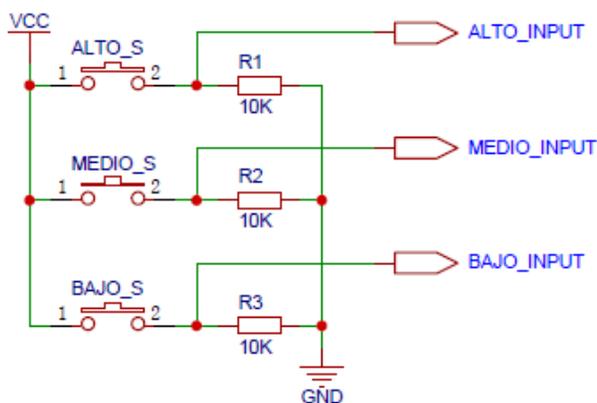


*Nota.* En la figura se muestra la conexión de la termocupla con su respectivo CHIP MAX6675.

Los sensores de nivel se pueden considerar como simples pulsadores los cuales se conectan a Arduino en una configuración PULL-UP manejando 5V cuando está activado y 0V cuando está desactivado, tal y como se puede ver en la Figura 24.

### Figura 24

#### Esquema de conexión de los sensores de nivel tipo flotador



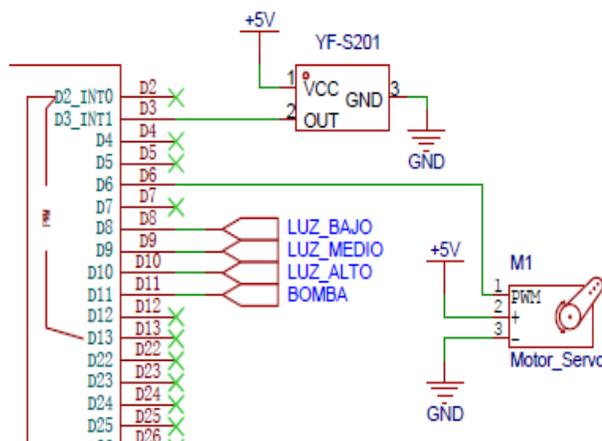
*Nota.* En la figura se muestra el esquema de conexión de los sensores de nivel (bajo, medio, alto) con sus respectivas resistencias.

Para la conexión del sensor caudalímetro se optó por usar un pin de Arduino que maneje interrupciones, esto para definir un contador en el programa el cual medirá en un principio la frecuencia de dichos pulsos. Luego el servo maneja pulsos PWM, gracias a las librerías incluidas en Arduino basta con definir la posición en grados dentro del rango de 0° a 180°.

Finalmente, las conexiones al módulo relé son requeridas para manejar las luces indicadoras del panel físico de nivel de agua y de la bomba, cabe recalcar que estas se activan en bajo, en la Figura 25 se puede visualizar de manera más concreta el esquema de conexión del bloque de relés.

### Figura 25

*Esquema de conexión del bloque de relés*



*Nota.* En la figura se muestra el esquema de conexión que se utilizó para que las luces pilotos de nivel de refrigerante se activen.

### Sistema HMI - LabVIEW

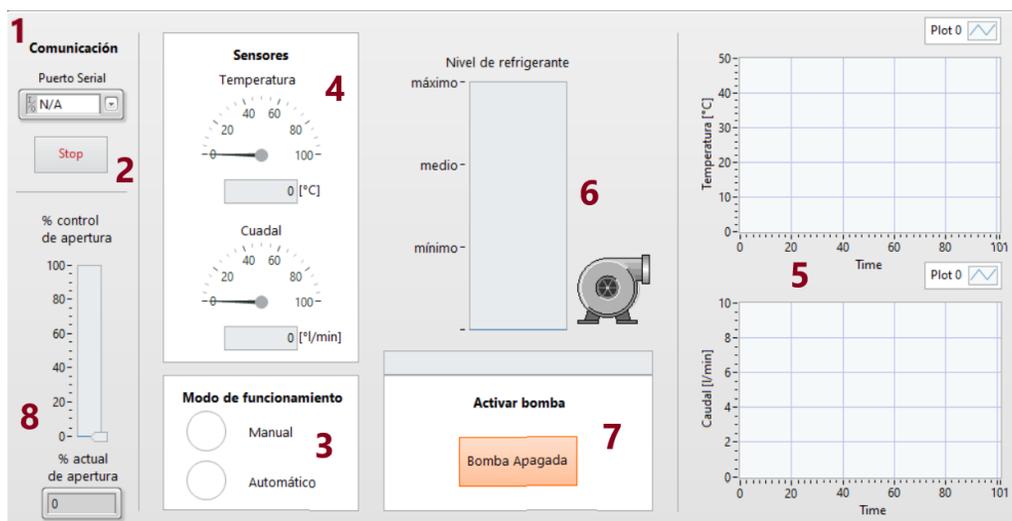
La interfaz HMI presenta ocho elementos cuya funcionalidad es la siguiente:

1. Verifica y selecciona el puerto serial al que está conectado Arduino, es importante seleccionarlo pues con ello se puede ejecutar el programa.

2. Cuando el usuario de por terminada la sección de trabajo y requiere detener la operación de LabVIEW con Arduino, el botón Stop permite cerrar el puerto de comunicación serial.
3. Dentro del panel de control físico de la máquina existe un selector que permite seleccionar entre el modo manual y modo automático.
4. Muestra en tiempo real el valor de temperatura en grados centígrados y el valor de caudal en litros por minuto.
5. Muestra un historial gráfico en el tiempo de los valores de temperatura y caudal.
6. Mediante los sensores de nivel en el tanque, muestra la cantidad de líquido refrigerante existente en el mismo.
7. En el modo automático, permite activar la bomba al pulsar el botón On.
8. En el modo automático, permite regular la cantidad de salida de líquido refrigerante.

**Figura 26**

*Control de Sistema HMI por medio de LabVIEW*



*Nota.* En la figura se puede visualizar de manera gráfica la pantalla en donde se va a realizar el monitoreo y control del sistema de refrigeración.

## Programación LabVIEW

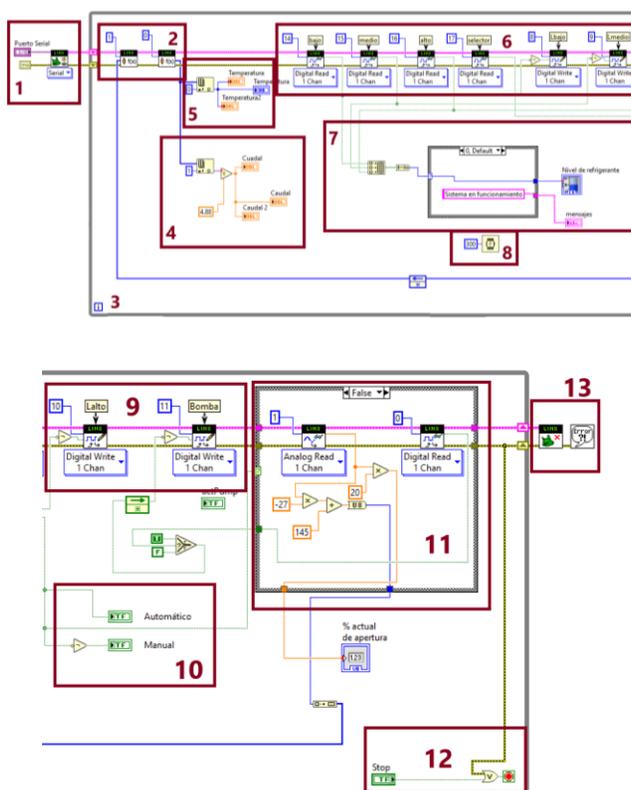
Gracias al lenguaje de programación gráfico proporcionado por LabVIEW podemos estructurar un programa no secuencial que permita monitorizar en tiempo real las variables que el proyecto requiere, para ello se ha dividido al programa en sectores como se muestra a continuación.

1. Inicia la comunicación serial con Arduino.
2. Son bloques funcionales que responden al programa de Arduino enviando información de un lado al otro, con el fin de controlar la pantalla LCD 16x2 y sensores como el caudalímetro y la termocupla tipo K.
3. Es el bucle While que permite ejecutar el programa en un ciclo infinito a menos que una condición la detenga.
4. El bloque funcional cero retorna un vector de dos elementos siendo el primero la temperatura en grados centígrados.
5. El bloque funcional cero retorna un vector de dos elementos siendo el segundo el caudal el cual requiere de un factor de conversión para mostrar las unidades de litro por minuto.
6. Son bloques que permiten la lectura y escritura de un pin digital en Arduino, siendo 14, 15 y 16 los encargados de leer los sensores de nivel, 17 detectar el modo de funcionamiento, 8 y 9 de encender las luces del tablero bajo y medio.
7. Dependiendo de la lectura de los sensores de nivel, se envía una señal al tanque que se muestra en el HMI.
8. Permite ejecutar el bucle infinito cada tiempo especificado en el reloj, en el caso actual son 300 ms.

9. Los bloques de control de la salida digital sienta 10, la luz de nivel alto de agua y 11 el relé de activación para la bomba.
10. Son indicadores del modo de funcionamiento manual o automático dependiendo del selector.
11. Dependiendo del modo de funcionamiento permite controlar la máquina desde el panel de control físico o desde el computador.
12. Permiten detener el programa siendo los condicionales del bucle while.
13. Son bloques de secuencia para cerrar la comunicación serial.

**Figura 27**

*Programación LabVIEW*



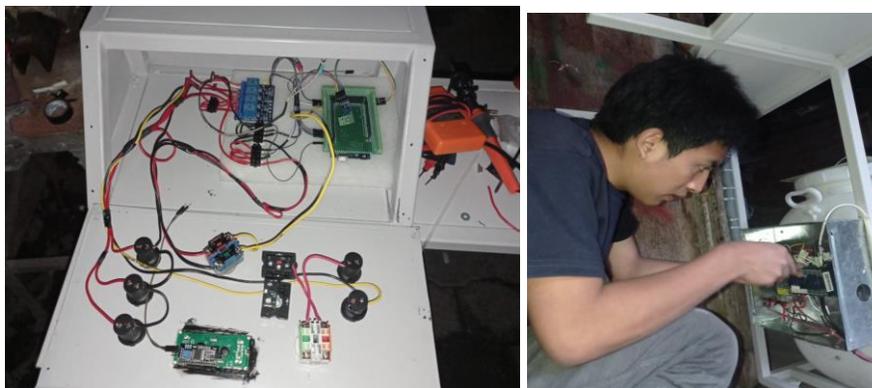
*Nota.* En la figura se puede visualizar la programación en el cual se puede estructurar un programa no secuencial que permita monitorizar en tiempo real las variables.

## Conexión Eléctrica y Electrónica

Una vez realizado la estructura y el tamizador del líquido refrigerante con su respectivo recubrimiento del tol, se realiza las diferentes conexiones de los sensores de nivel de refrigerante, sensor de temperatura y sensor de caudal, los cuales van integrados en la parte interna del tanque, con el fin de poder realizar las conexiones en el tablero, para lo cual se realizó dos pequeño agujeros en la parte inferior del tablero de control con el fin de cablear por cada uno de los agujeros tanto las conexiones de 110v y 5v que se requiere, el cual para conexiones de 5v se utilizó una fuente de voltaje 25W 5v 5A C-25-5. En la figura 28 se puede visualizar la conexión eléctrica y electrónica que se implementó en el sistema.

### Figura 28

*Conexión eléctrica y electrónica*



*Nota.* En la figura se puede visualizar la conexión eléctrica y electrónica de cada uno de los componentes del tablero de control tantas conexiones de 110v y 5v.

### Tablero de Control

Actualmente, con el cableado de los respectivos esquemas eléctrico – electrónico, el tablero queda de la siguiente manera:

1. Inicia la alimentación de todo el Sistema eléctrico, asimismo, se visualiza la luz piloto que nos indica que el sistema se encuentra encendido.
2. Apaga el sistema por medio de un pulso.
3. Cuando el usuario este usando la máquina y visualice alguna anomalía este tiene la facilidad de apagar el sistema con ayuda de un pulsador de emergencia, siendo este así se enciende la luz piloto roja.
4. Se visualiza todos los sensores de nivel instalados en el Sistema.
5. Con ayuda del selector este puede cambiar de mando tanto automático (el usuario maneja, controla y monitorea el sistema por medio de un Sistema HMI) y manual (el usuario controla y monitorea el sistema por medio del tablero de control).
6. Con ayuda del Switch de llave se maneja el encendido y apagado de la bomba de agua.
7. El potenciómetro de 10K ayuda al control de salida del caudal, por medio de la válvula proporcional.
8. La pantalla Lcd 1602 se visualiza tanto la temperatura y salida del refrigerante, siendo este un monitoreo manual.

**Figura 29**

*Tablero de control*



*Nota.* En la figura se muestra el tablero de control con cada uno de los componentes del Sistema de refrigeración.

## Manguera para Refrigerante

Las características de esta manguera son las siguientes:

- Longitud de ensamblado de 10 cm.
- 1 válvula NPT macho de 1/2" resistente a los ácidos.
- 1-12 segmentos de elemento.

### Figura 30

*Manguera para refrigerante*



*Nota.* Tomado de BKB, por T. Teodoro, 2022 (<https://bkbmaquinaria.com/producto/mangueras-para-refrigerante/>).

## Construcción de Válvula Proporcional Automática

Una válvula proporcional proporciona un cambio en la presión o el flujo de salida en la misma proporción que el cambio en la entrada, por ejemplo, si la entrada se duplica y la salida se duplica, el aumento de la corriente aumenta la fuerza del campo magnético y, a su vez, la fuerza de atracción (o repulsión) sobre el material magnético. Según Romer (2019) “Una válvula proporcional tiene una geometría que asegura una fuerza de campo constante, a una corriente dada, en el recorrido del imán” (p. 11).

Para la construcción de una válvula proporcional automática en primera instancia se tiene que adquirir una válvula de paso manual, también se debe conseguir un servomotor en este caso se usó un servomotor Mg 996 12kg – cm de torque, posteriormente imprimir la carcasa en 3D con las dimensiones correctas de la válvula de paso y así realizar el armado de la válvula proporcional

para finalmente realizar la programación en Arduino 1.8.3. para que este pueda abrir y cerrar su llave de manera automática, la válvula proporcional construida se puede ver en la Figura 31.

### **Figura 31**

#### *Válvula proporcional*



*Nota.* En la figura se puede las piezas a ser armadas y posteriormente el armado de la válvula proporcional de paso automática.

### **Armado de Tubería**

Inicialmente se realizó el corte de la tubería a medida que se lo iba armando, para ello se usó una sierra de mano, una tarraja para tubo de  $\frac{1}{2}$ '' y como no podría faltar un flexómetro, posteriormente se realizó el ensamblaje de acuerdo al dimensionamiento que se ha establecido, posteriormente se empezaría al montaje de las tuberías de PVC con codos y uniones, el tanque de almacenamiento se dimensiona de acuerdo al espacio disponible en el taller y al tamaño de las maquinas herramientas.

### **Figura 32**

#### *Tubería PVC y codos*



*Nota.* En la imagen se muestra la tubería de  $\frac{1}{2}$ '' y codos que han sido implementados en el sistema.

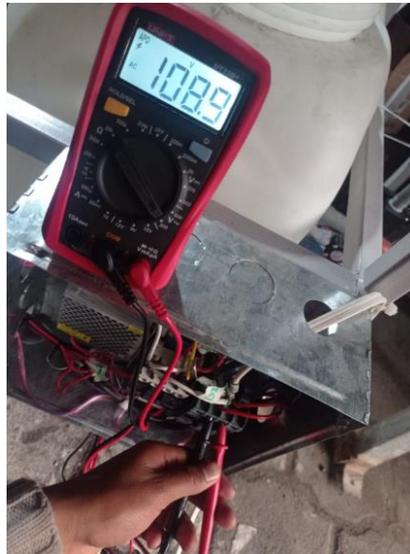
## Propuesta

### Comprobación del Sistema

A continuación, se detalla el funcionamiento del sistema de refrigeración en procesos de corte empleado; se realizará en primera instancia un chequeo de la parte eléctrica – electrónica y asimismo de la parte de la estructura, siendo uno de las primeras pruebas a realizarse. Es la verificación de la intensidad de corriente que está alimentando a todo el sistema, tanto conexiones de 110v y 5v; en la Figura 33 y 34 se puede verificar la comprobación con ayuda del multímetro tanto de la parte de los contactores como de la fuente de 5v – 5A empleados para realizar la alimentación del sistema de refrigeración.

### Figura 33

*Comprobación de intensidad de corriente eléctrica 110v*



*Nota.* En la figura se muestra la medición de corriente eléctrica de parte de los contactores que se utilizan para realizar el enclavamiento y encendido del sistema y el otro para activar la bomba.

### Figura 34

#### *Medición de intensidad de corriente eléctrica 5*



*Nota.* En la figura muestra la medición de voltaje de la fuente que alimenta el bloque de relés y demás componentes que necesitan de 5v para su funcionamiento.

A continuación, se puede encontrar información detallada sobre los componentes y las medidas de los parámetros eléctricos de cada elemento, que son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

### Tabla 2

#### *Mediciones eléctricas de los elementos*

<b>Elemento eléctrico</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Voltaje medido</b>
Tomacorriente	110v-120v	108.8v
Bloque de relés de 5v	5v	5v
Contactador 1	110v-120v	110.7v
Contactador 2	110v-120v	108.9 v
Pulsadores	110v-120v	111v
Bomba de agua	110v-120v	110v

*Nota.* En la tabla se detalla información sobre cada uno de los elementos eléctricos.

### Tiempo de Operación del Sistema de Refrigeración

Los valores obtenidos se toman durante un día que se utiliza las máquinas herramientas para cortar acero, el sistema de refrigeración con la bomba de agua trabaja de 0 a 100 l/min, se coloca taladrina nueva dependiendo de la cantidad de limalla acumulada en el tanque de almacenamiento, esto se puede verificar con la velocidad de salida del refrigerante por medio de la válvula de paso proporcional, asimismo existe un sensor de flujo de caudal que permite controlar el caudal de salida del refrigerante (mínimo, medio y máximo), que indica las variaciones de este valor, los tiempos de operación varían porque el material no es el mismo cuando se realizan los cortes. En la tabla 3 se muestran los tiempos de operación del Sistema.

**Tabla 3**

Tiempos de operación del sistema

<b>Acero de Herramienta AISI</b>	<b>Resistencia de desgaste</b>	<b>Tiempo 1 Caudal mínimo</b>	<b>Tiempo 2 Caudal medio</b>	<b>Tiempo 3 Caudal máximo</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Tiempo Total</b>
M2	0	0.30 l/min	0.5 l/min	1 l/min	10:00	10:04	4 min
L6	0	0.30 l/min	0.5 l/min	1 l/min	10:15	10:19	4 min
A2	1	0.33 l/min	0.66 l/min	1.13 l/min	10:30	10:35	5 min
H13	1	0.33 l/min	0.66 l/min	1.13 l/min	10:50	10:55	5 min
S1	2	0.36 l/min	0.75 l/min	1.2 l/min	11:15	11:22	7 min

*Nota.* Esta tabla almacena los datos obtenidos durante el día de trabajo del sistema de refrigeración.

Posteriormente, de realizar tanto las mediciones de la intensidad eléctrica de la máquina y así mismo de la toma de valores durante la salida de caudal durante el proceso de mecanizado se realizar la medición de líquido refrigerante que es medido con ayuda de un termómetro digital, así como se muestra a continuación en las Figuras 35 y 36.

**Figura 35**

*Medición del líquido refrigerante en el tanque*



*Nota.* En la figura se puede visualizar que la medida de temperatura del líquido en el tanque está a nivel ambiente.

**Figura 36**

*Medición del líquido refrigerante de retorno*



*Nota.* En la figura se puede visualizar que hay un cambio leve, debido a que el líquido refrigerante paso por el proceso de mecanizado.

## Funcionamiento del Sistema

A continuación, ya con las mediciones de dichas variables se procede a poner en funcionamiento el sistema de refrigeración, visualizando primeramente que el líquido refrigerante este a nivel medio para así evitar algún contratiempo a momento de realizar los procesos de mecanizado, siendo así pues se puede realizar el correcto funcionamiento de la máquina como se puede visualizar en la Figura 37.

### Figura 37

*Funcionamiento del sistema*



*Nota.* En la figura se visualiza el funcionamiento y la interfaz HMI que se a implementado en el proyecto con ayuda de LabVIEW.

## Correcciones del Sistema

En el sistema se realizó pocas correcciones una de ellas surge después de ponerlo en funcionamiento por primera vez, en donde se podía apreciar fugas del líquido refrigerante por medio de las tuberías, codos y uniones que empleo tanto en el tanque como en la conexión de la bomba, asimismo se procedió a colocar sellante en la parte del tamizado debido que al momento

de realizar el retorno este tenía fugas en la parte inferior y lateral, siendo este un factor de desperdicio de la taladrina. En la figura 38 se puede apreciar las correcciones.

### **Figura 38**

#### *Correcciones del sistema*



*Nota.* En la figura se puede verificar la colocación del sellante gris tanto en la parte del tamizador como en las tuberías, solucionando así el único inconveniente que se encontró durante la construcción del proyecto.

### **Aplicaciones Industriales**

Actualmente los sistemas de refrigeración ya vienen incorporados en los centros de maquinado automático, en tornos CNC viene instalados dentro de soportes en las partes laterales o posteriores, esto depende del tamaño y la disposición del torno, en este caso se utiliza el mismo principio de retorno del líquido refrigerante hacia una cámara de almacenamiento que posee un filtro para detener a las limallas que se desprenden del arranque de material. Según Hoffman (2021) menciona que:

La creciente complejidad en la producción y el aumento de las opciones plantea nuevos retos en los procesos de mecanizado. Se encuentran cambios y transformaciones a cada

paso. En tiempos como estos es importante fomentar los puntos fuertes, desarrollar áreas de mejora e intentar aplicar estas innovaciones a las herramientas actuales con el objetivo de optimizar los procesos de trabajo. (p. 76)

El uso de un sistema de refrigeración permite que el centro de mecanizado sea multifuncional, es decir, en este se puede colocar puntos de corte a través de taladros interconectados con una tobera difusora en el caso de los tornos convencionales, se puede implementar el sistema propuesto con un soporte intermedio para conectar el sistema de refrigeración con algún portaherramientas.

La contaminación tanto del tanque como del circuito de recirculación del refrigerante puede provenir tanto de agentes externos (aceites extraños, finos, virutas, etc.) como del agua sin tratar previamente que se pueda haber utilizado. Además de mediante la utilización de sistemas de filtrado, puede afrontarse este problema con una limpieza a fondo, en la que se emplearán detergentes líquidos que sirvan para retirar la contaminación.

### **Aplicaciones Comerciales**

El diseño y la construcción del sistema de refrigeración con todos sus componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos cuenta con un presupuesto de aproximadamente USD \$700. La parte más valorada es la mecánica y esta se podría modificar usando diferentes materiales en este caso se usó un depósito de plástico, ya que, minimiza un poco el presupuesto, se escoge dicho depósito, debido a que, el fluido no es corrosivo. Este proyecto al ser una propuesta para la industria cumple con el mejoramiento de los procesos de corte por viruta para la empresa metalmecánica, se optimiza el tiempo del operador ya que no debe estar pendiente en refrigerar el acero y herramienta manualmente.

Esta implementación permite obtener mejores acabados en los materiales cortados, las superficies ahora presentan mejor uniformidad y se puede trabajar de forma continua con la taladrina. El ahorro de la taladrina representa un 10 al 15% del costo de corte, mientras que en agua se estima un ahorro de 5 galones por cada 6 metros de material cortado.

De igual manera se tienen controladas las variables de presión y caudal en el programa LabVIEW para el funcionamiento óptimo del sistema, otro factor a considerar es la condición de almacenamiento de los refrigerantes y lubricantes industriales, un buen uso de estos líquidos proporciona larga vida útil a las máquinas herramientas.

## Conclusiones

Durante el desarrollo del trabajo en el ámbito bibliográfico se evidencia la necesidad de la automatización y control en los procesos de corte, las industrias actualmente se encuentran en desarrollo continuo y tienen la necesidad de utilizar métodos rápidos y eficientes para mejorar sus procesos y ahorrar en recursos.

Para el diseño mecánico del sistema de refrigeración en procesos de corte utilizo el software Autodesk Inventor, el cual nos permite trabajar de la manera más eficiente siendo uno de los programas más completos en donde el diseño mecánico es en 3D, de igual manera para realizar los esquemas tanto eléctrico y electrónico se utilizó el software EasyEda el cual es un programa que se puede realizar diseños de circuitos por medio de la Web, es decir, es un programa que no es necesario descargar sino simplemente se puede trabajar en la nube, siendo esta una gran facilidad de manejo, asimismo, tiene la ventaja de tener una amplia biblioteca de miles de componentes electrónicos, el cual, facilita la construcción de circuitos.

Al emplear los programas de diseño, modelación y simulación se puede determinar la viabilidad de la idea implementada, LabVIEW en este caso realiza el control por medio de un HMI y LabVIEW es quien controla el Arduino implementado para el proyecto, siendo esta una facilidad, porque se puede mantener un control tanto manual y automático. Existen varias aplicaciones para el desarrollo de los sistemas de control, sin embargo, se puede escoger el que más sea conveniente para la empresa interesada.

En todos los procesos se realiza una comprobación y esto es parte fundamental en la implementación de cualquier sistema porque es necesario que todas las variables empleadas en el diseño funcionen de manera armónica, además de que deben asegurar la seguridad de los operadores, usuarios e instalaciones, para ello se realizó una tabla con los tiempos de operación

de las máquinas herramientas con los aceros AISI M2,L6,A2,H13,S1,D2 y S7; los cuales son los más utilizados en el taller donde se implementará dicho sistema.

## **Recomendaciones**

Para realizar un trabajo de investigación de buena calidad se debe priorizar su búsqueda tanto en artículos tecnológicos, tesis, tesinas, debido a su alto contenido de información relevante que puede ser de gran ayuda para plasmar ideas con una información objetiva que nos ayude a garantizar buenos resultados.

Se debe considerar que los elementos y componentes que se implementara en el sistema debe ser de buena calidad con el fin de evitar contratiempos al momento de su funcionamiento y sobre todo que haya una pérdida de materia prima y en peor de los casos que haya una pérdida del sistema construido.

Se debe tener en cuenta que la transición tecnológica es realmente costosa, también es importante evaluar los beneficios que traerá en el futuro, sin embargo, es de gran importancia tener en cuenta que este tipo de inversiones generalmente no se amortizan a corto plazo, sino a mediano o incluso a largo plazo.

Al poner en funcionamiento el sistema por primera vez, se sugiere revisar que no exista alguna fuga por medio de las tuberías, con el fin de evitar pérdidas de energía en el sistema, además se debe tomar nota de los valores al momento de iniciar y finalizar el proceso para poder comprobar su rendimiento.

## Referencias

- Arduino. (2016). Arduino - Home. <https://www.arduino.cc/>
- Bernad, J. (2017). Bernad refrigeración. <https://www.josebernad.com/historia-de-la-refrigeracion-de-la-prehistoria-a-la-actualidad/>
- Boisset, F. (2018). The History of Industrial Automation in Manufacturing. *General Motors*.
- Burbano, P. (2014). Didactica.com. <http://www.didactica.com/recursos/reciclaje> Burbano, P. (2014). *Proyectos*. Quito: Vida Nueva .
- Carnet. (2020). *Programación basada en Arduino industrial con LabVIEW*. [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/blog/blog-industrial-open-source-1/post/programacion-basada-en-arduino-industrial-con-labview-203](https://www.industrialshields.com/es_ES/blog/blog-industrial-open-source-1/post/programacion-basada-en-arduino-industrial-con-labview-203)
- Carrillo, S., Pastor, C., & Siller, H. (2018). Análisis de indicadores de sostenibilidad para el proceso de fabricación de álabes para turborreactores. *Revista Iberoamericana De*
- Cervantes et al. (2014). Evaluación de los indicadores hidráulicos de las máquinas de pivote central eléctrica. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1),53-55.
- Chapman, S. (2016). *Máquinas Eléctricas*. Ciudad de México: McGrawHill.
- Climas, M. (2018). *ClimasMonterrey.com*.<https://www.climasmonterrey.com/historia-de-los-refrigerantes>
- Delgado, R. (2019). *¿Qué es un sistema HMI? Aplicaciones del mismo*. <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/que-es-un-sistema-hmi/>
- Deusto. (2020). *Deusto Formación*. <https://www.deustoformacion.com/blog/dise-no-arquitectonico/que-es-para-que-sirve-autodesk-inventor-dise-no-producto>

- Duque, J., & Lucumi, M. (2019). Influencia del tipo de sección transversal en la hidrodinámica de los colectores solares de los fotobiorreactores tubulares. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 23 (10), 51-58.
- Fuentes, R. (2010). Una solución analítica de la infiltración en un suelo con manto freático somero: aplicación al riego por gravedad. *Revista de Tecnología y Ciencias Del Agua*, 21(1),39-49.
- Gavilánez, F. (2019). Incidencia de la presión sobre el coeficiente de rugosidad C de hazen-williams. *Revista de Tecnología y Ciencias Del Agua*, 24(10),22-29.  
<http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/2223>
- Gozález, A. (2021). Comportamiento termo fluidodinámico del acero en un molde de colada continua: Una revisión. *Revista de TecnoLogicas*, 51(24), 18-27.
- INEC. (2019). Censo Población y Vivienda 2010. Recuperado de:  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Javad, H. (2016). *Procesos de conformado metalmecánico*. Ciudad de México: Limusa
- Kalpakjian, S. (2018). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Ciudad de México: CIMTED.
- Knowledge. (2022). *Conectar Arduino para usar con LabVIEW*.  
<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000YHeQCAW&l=es-EC>

## Anexos

### Anexo 1

#### Placa de datos de la bomba de agua periférica



### Anexo 2

#### Programación de Arduino

```

Programa Arduino 1.8.3
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Programa §
1 //Include All Peripheral Libraries Used By LINX
2 #include <SPI.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <EEPROM.h>
5 #include <Servo.h>
6
7 //*****
8 #include "max6675.h"
9 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
10 //*****
11
12 #include <LinxArduinoMega2560.h>
13 #include <LinxSerialListener.h>
14
15 LinxArduinoMega2560* LinxDevice;
16
17 //*****
18 int thermoDO = 50;
19 int thermoCS = 53;
20 int thermoCLK = 52;
21 int temperature = 0;
22
23 const int sensorPin = 3;
24 volatile unsigned long pulseCounter_prev;
25 volatile unsigned long pulseCounter_actual;

```

Programa Arduino 1.8.3

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

Programa $
25 volatile unsigned long pulseCounter_actual;
26 unsigned long actual_time = 0;
27 unsigned long previous_time = 0;
28 unsigned long measureInterval = 2000;
29
30 int frequency = 0;
31 //*****
32
33 //*****
34 MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);
35 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
36 Servo myservo;
37 //*****
38
39 //*****
40 int myCustomCommand0();
41 //*****
42
43 void ISRCountPulse(){
44     pulseCounter_actual++;
45 }
46
47 void setup()
48 {
49     //Instantiate The LINX Device

```

Programa Arduino 1.8.3

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

Programa $
50 LinxDevice = new LinxArduinoMega2560();
51
52 //The LINX Listener Is Pre Instantiated, Call Start And Pass A Pointer To The LINX Device And The UART Channel To Listen On
53 LinxSerialConnection.Start(LinxDevice, 0);
54
55 digitalWrite(8,HIGH);
56 digitalWrite(9,HIGH);
57 digitalWrite(10,HIGH);
58 digitalWrite(11,HIGH);
59
60 myservo.attach(6);
61 myservo.write(145);
62 delay(200);
63 LinxSerialConnection.AttachCustomCommand(0, myCustomCommand0);
64 LinxSerialConnection.AttachCustomCommand(1, myCustomCommand1);
65 lcd.init();
66 lcd.init();
67 lcd.backlight();
68 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
69 millis();
70
71 }
72
73 void loop()
74 {

```

Programa Arduino 1.8.3

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

74 {
75 //Listen For New Packets From LabVIEW
76 LinxSerialConnection.CheckForCommands();
77
78 //Your Code Here, But It will Slow Down The Connection With LabVIEW
79 frequency = GetFrequency();
80 }
81
82 int GetFrequency(){
83 actual_time = millis();
84 if(actual_time-previous_time >= measureInterval){
85 int freq = (float)(pulseCounter_actual-pulseCounter_prev)* 1000 / measureInterval;
86 pulseCounter_prev = pulseCounter_actual;
87 previous_time = actual_time;
88 return freq;
89 }
90 }
91
92 int myCustomCommand0(unsigned char numInputBytes, unsigned char* input, unsigned char* numResponseBytes, unsigned char* response){
93 temperature = thermocouple.readCelsius()+17;
94 response[0] = temperature;
95 response[1] = frequency;
96
97 lcd.setCursor(0,0);
98 lcd.print("T: "+String(temperature)+"[C]");

```

Programa Arduino 1.8.3

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

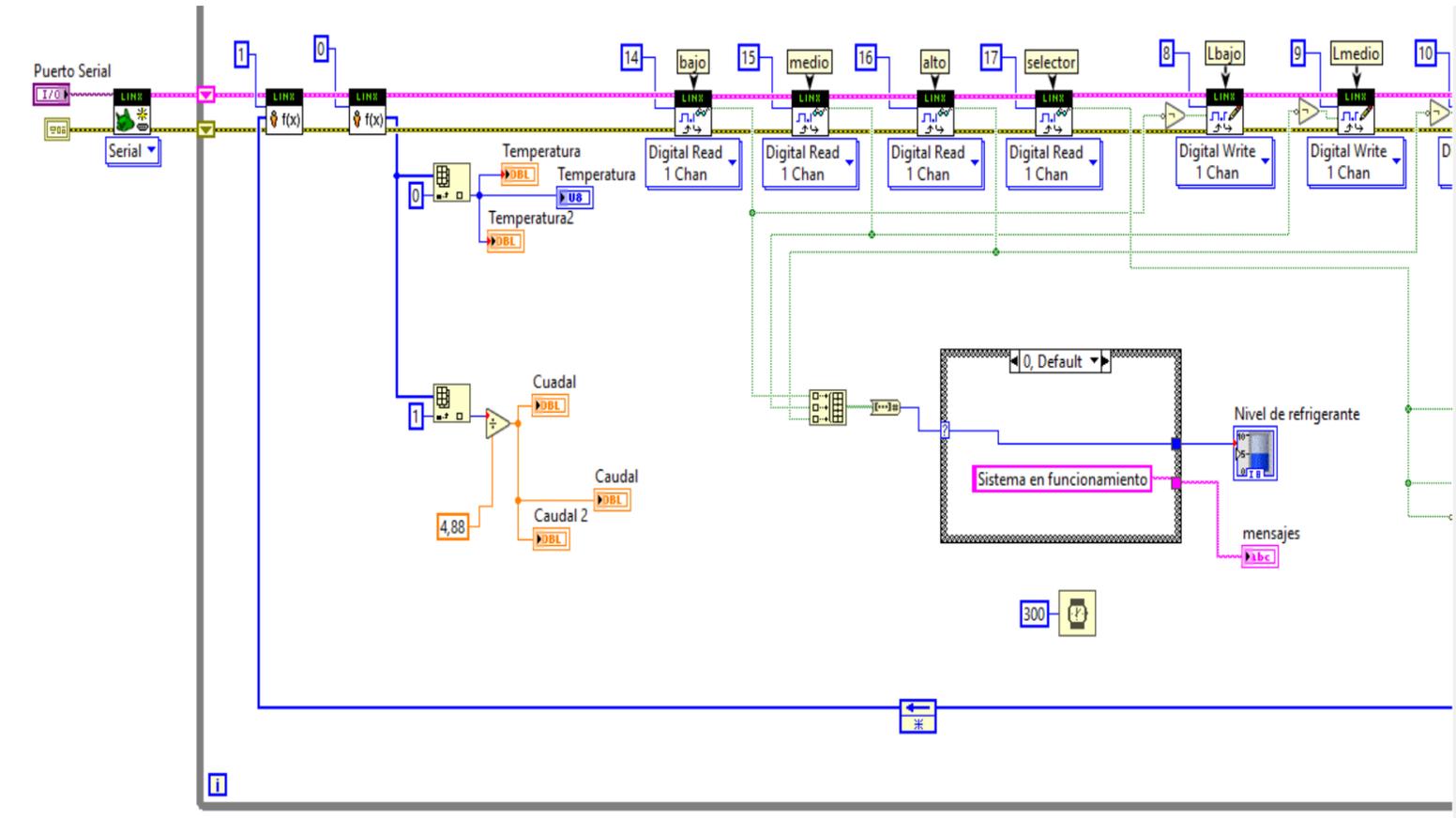
```

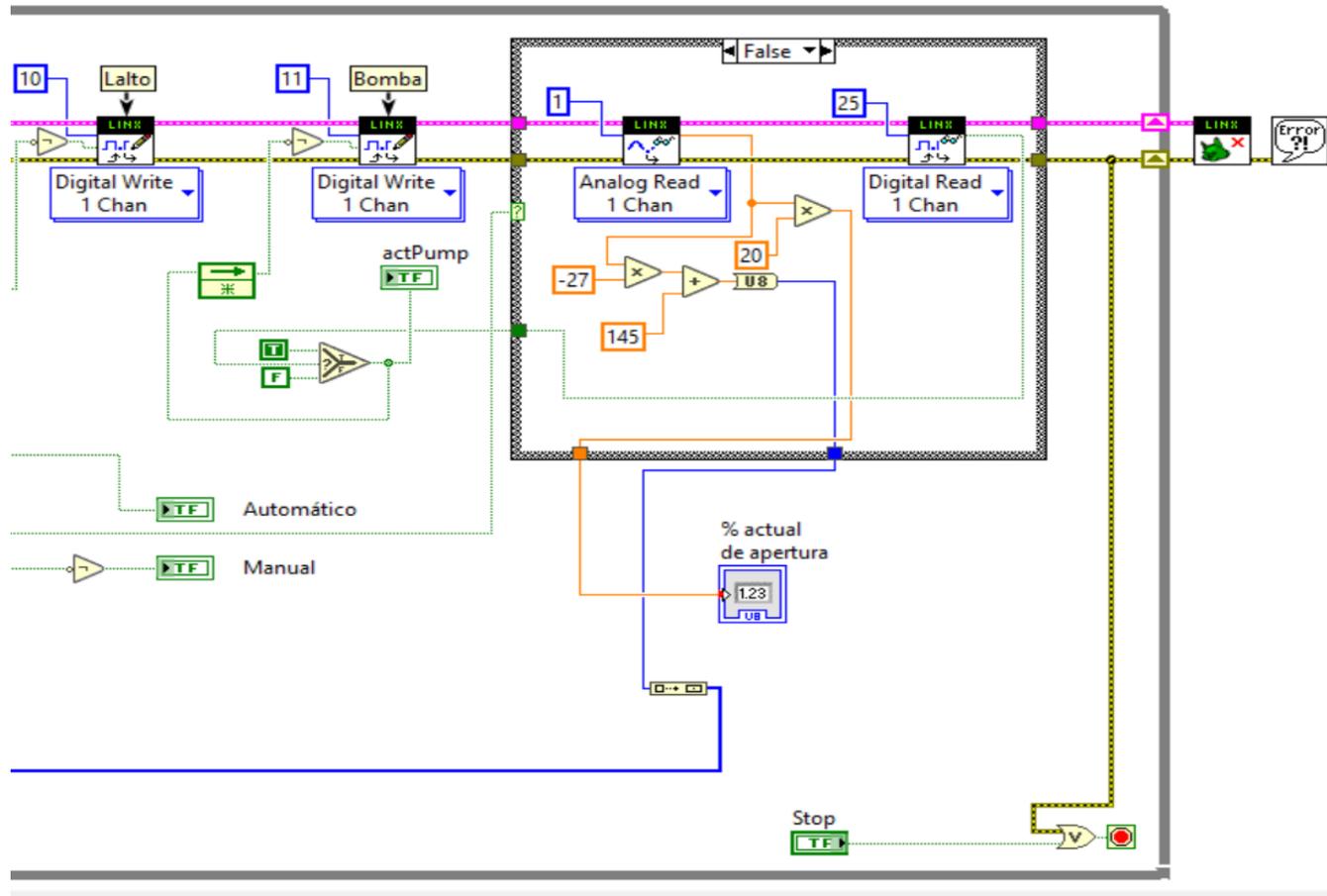
87 previous_time = actual_time;
88 return freq;
89 }
90 }
91
92 int myCustomCommand0(unsigned char numInputBytes, unsigned char* input, unsigned char* numResponseBytes, unsigned char* response){
93 temperature = thermocouple.readCelsius()+17;
94 response[0] = temperature;
95 response[1] = frequency;
96
97 lcd.setCursor(0,0);
98 lcd.print("T: "+String(temperature)+"[C]");
99 lcd.setCursor(0,1);
100 lcd.print("Q: "+String(frequency/4.88)+"[l/min]");
101
102 *numResponseBytes = 2;
103 return 0;
104 }
105
106 int myCustomCommand1(unsigned char numInputBytes, unsigned char* input, unsigned char* numResponseBytes, unsigned char* response){
107 for(int i=0; i<numInputBytes; i++){
108 myservo.write(input[i]);
109 }
110 return 0;
111 }

```

### Anexo 3

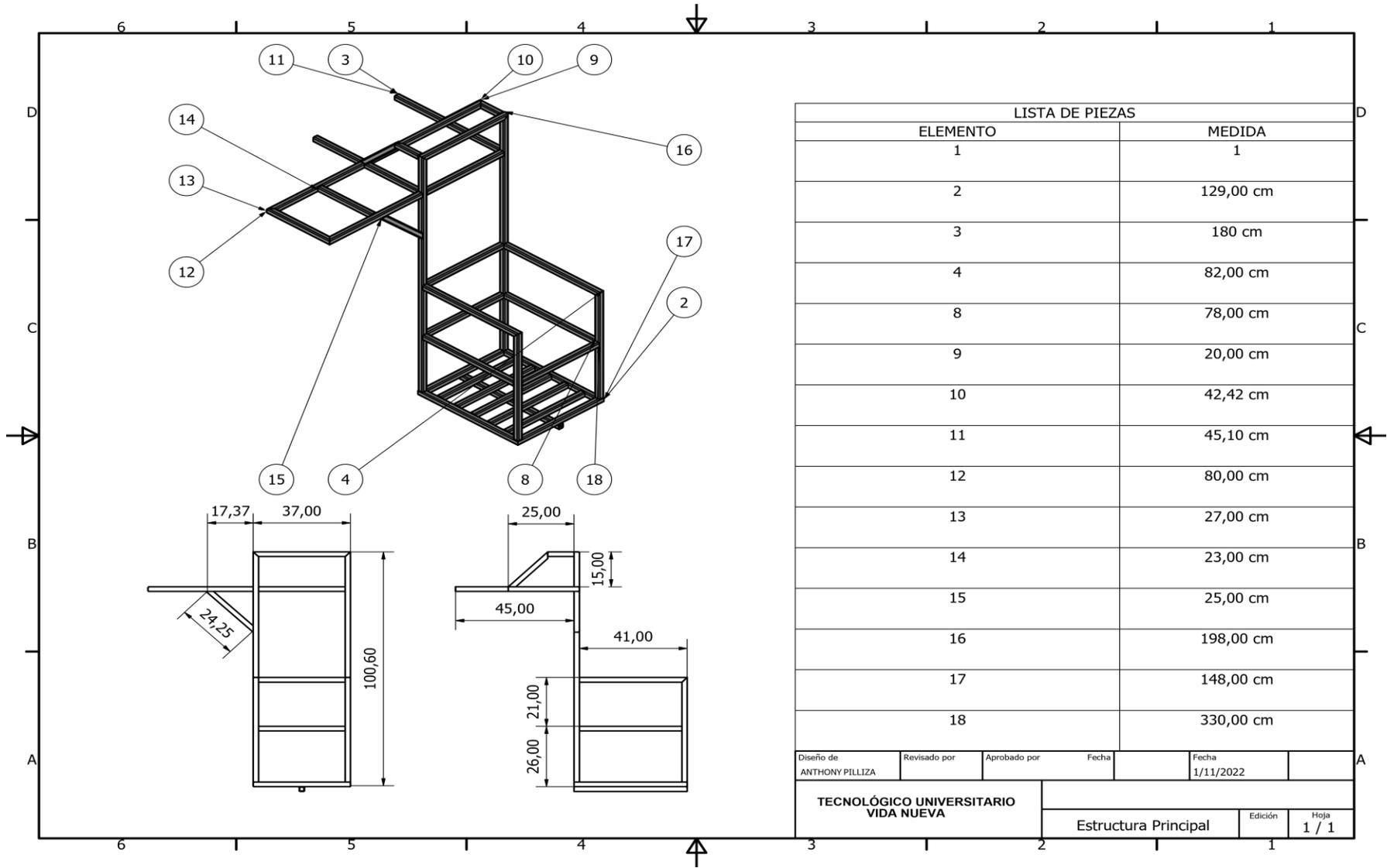
Programación gráfica proporcionado por LabVIEW

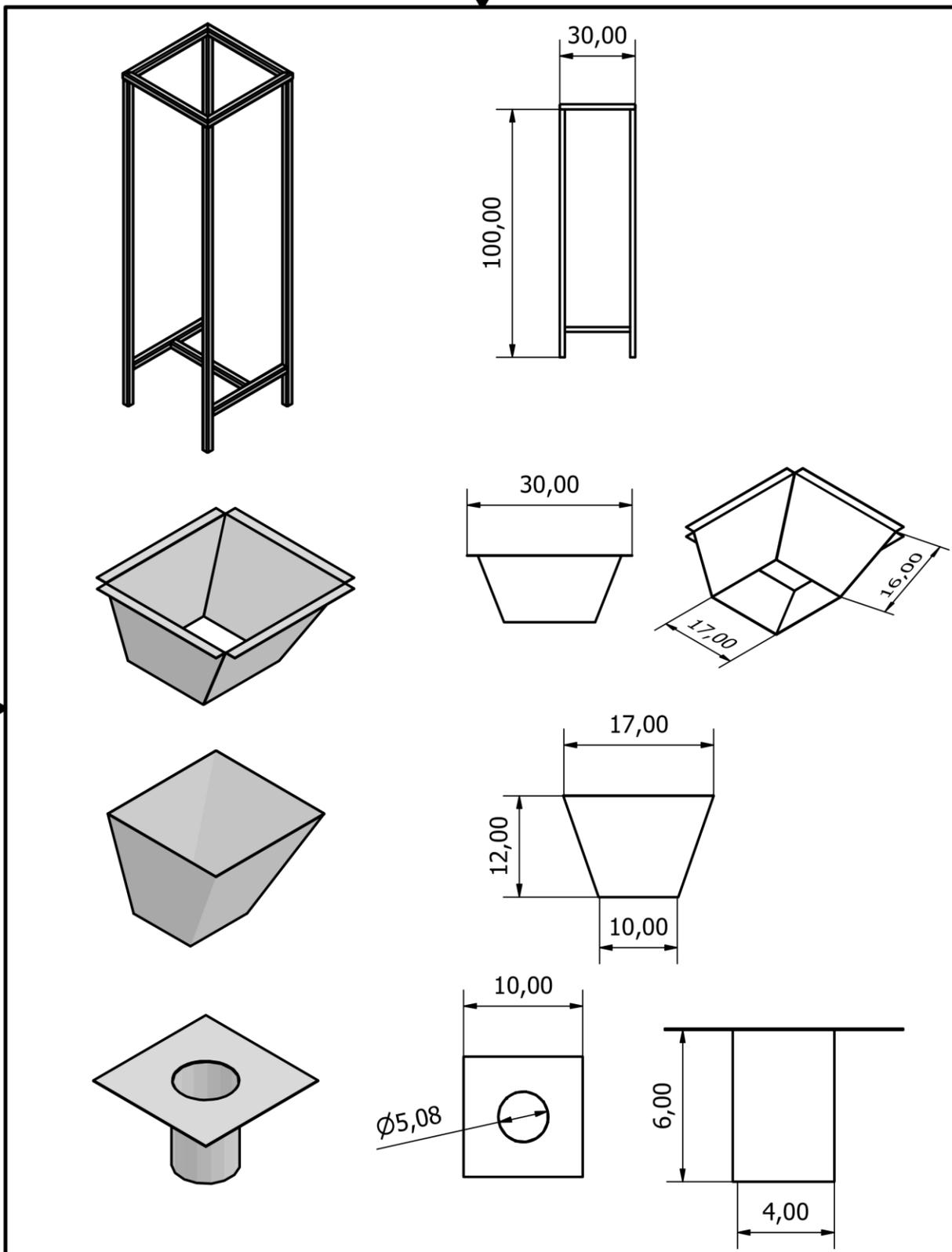




**Anexo 4**

*Planos de diseño mecánico del sistema*





Diseño de ANTHONY PILLIZA	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 7/11/2022
TECNOLOGICO UNIVERSITARIO VIDA NUEVA			ESTRUCTURA TAMIZADOR DE SISTEMA	
			Edición	Hoja 1 / 1

Anexo 5

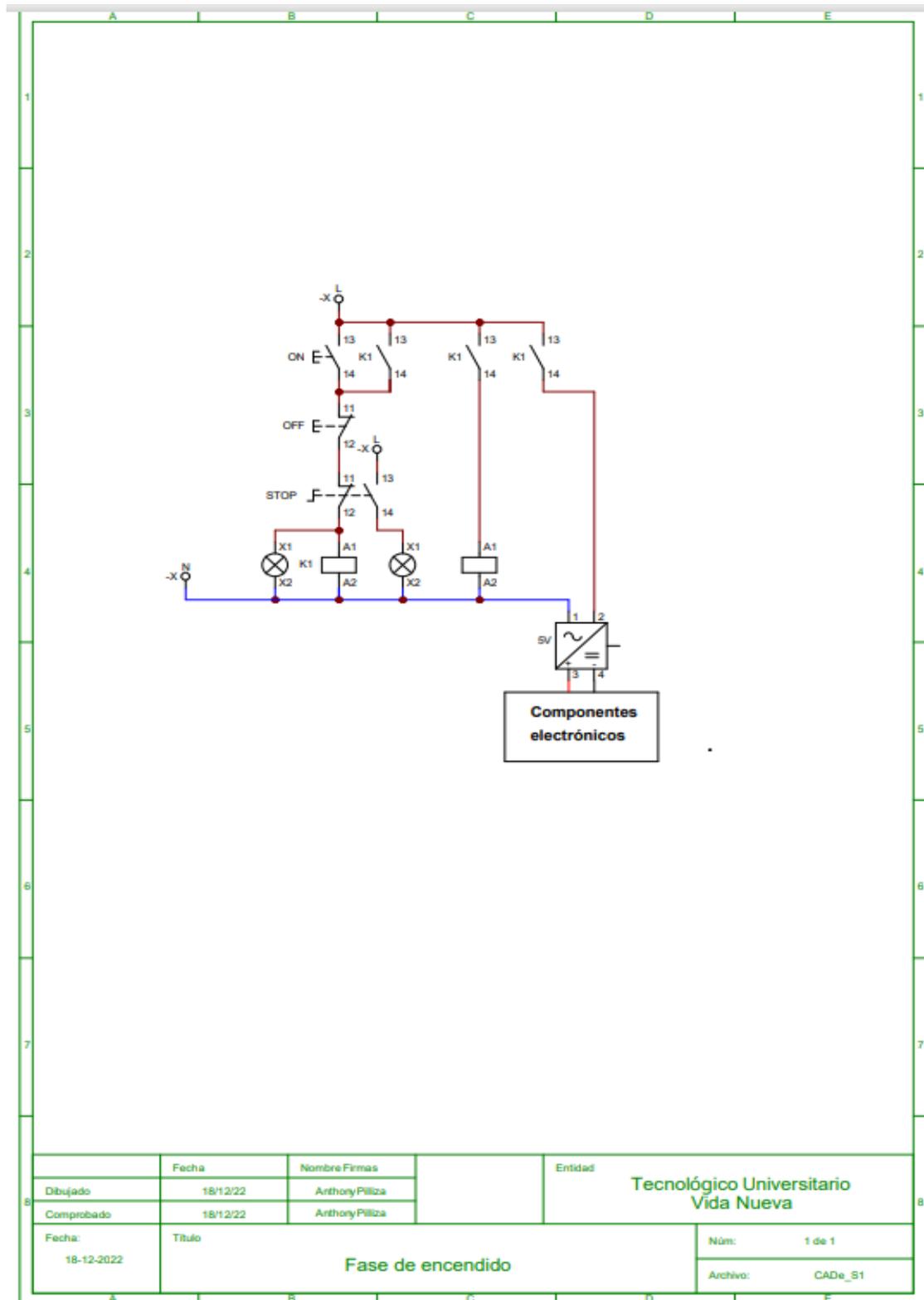
Máquina completa con sus partes

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	
1	1	Estructura_principal	
2	4	660.65.352 Castor	
3	1	Tanque	
4	1	Base_computador	
5	1	Botonera	
6	1	Estructura_tamizador	
7	2	granoFino	
8	1	TuboSalida	

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
ANTHONY PILLIZA				7/11/2022	
TECNOLOGICO UNIVERSITARIO VIDA NUEVA			Maquina completa		Edición 1 / 1

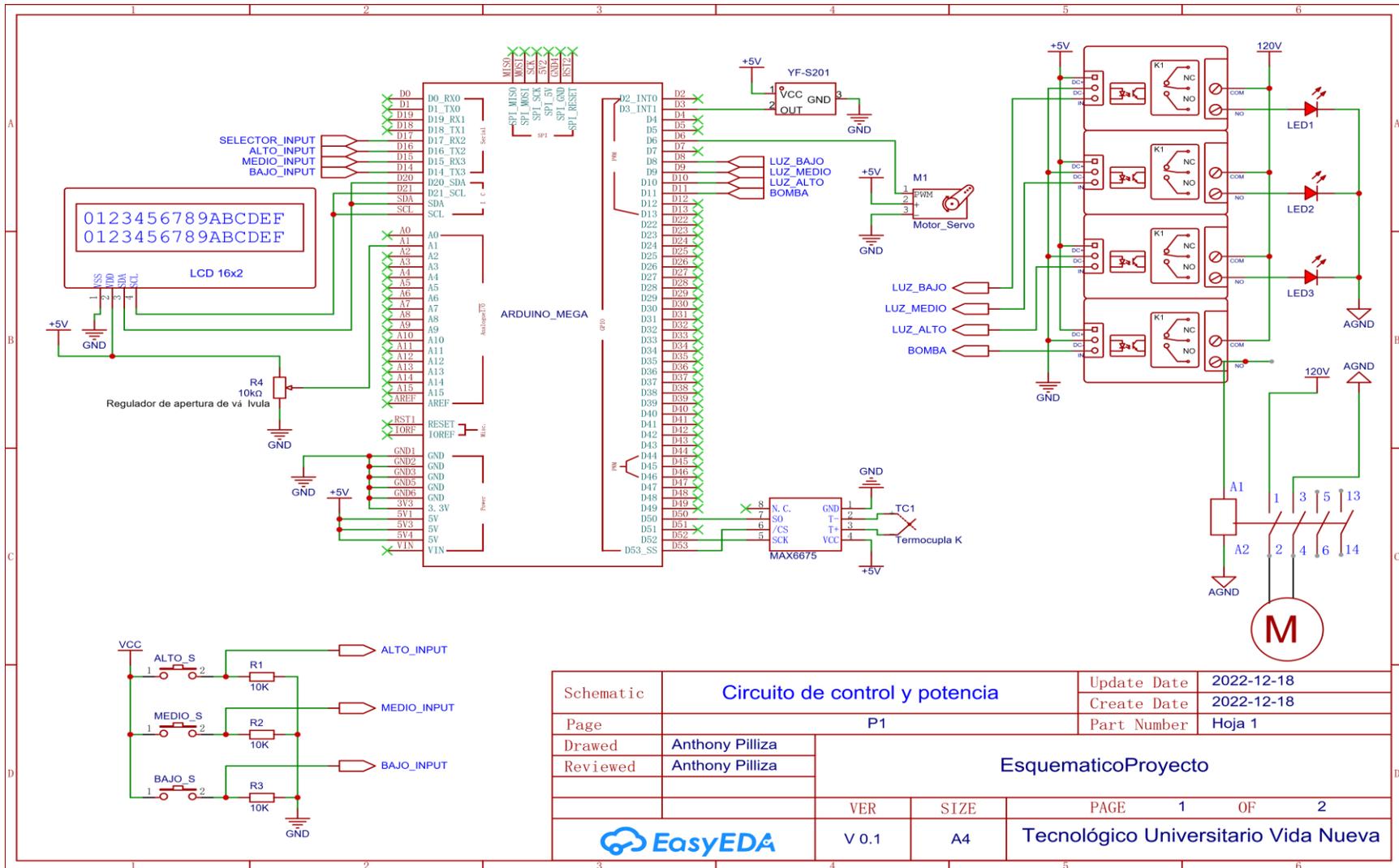
## Anexo 6

### Esquema de fase de encendido



Anexo 7

Esquemático del proyecto



Schematic	Circuito de control y potencia	Update Date	2022-12-18
		Create Date	2022-12-18
Page	P1	Part Number	Hoja 1
Drawn	Anthony Pilliza	EsquemáticoProyecto	
Reviewed	Anthony Pilliza		
		VER	SIZE
		V 0.1	A4
		PAGE	1 OF 2
		Tecnológico Universitario Vida Nueva	