

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO

VIDA NUEVA



**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

Tecnología Superior en Electromecánica

Tutor:

Ing. Tituaña Diaz Darwin Vinicio Mg.

Junio 2022

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 junio de 2022.

---

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.****DOCENTE ISTVN**

---

**ING.****DOCENTE ISTVN**

---

**ING.****DOCENTE ISTVN**

---

**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 Superior Tecnológico 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 junio de 2022.

---

Pilliza Chanchicocha Anthony Fabricio

C.I.:1727146704

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a esta etapa tan importante de mi formación profesional.

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 demeritar 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 Trabajo 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.

## Índice de Contenido

Introducción .....	15
Antecedentes .....	18
Justificación .....	21
Objetivos .....	23
Objetivo General .....	23
Objetivos Específicos.....	23
Capítulo I .....	24
Marco Teórico.....	24
Marco Histórico .....	24
Marco Conceptual.....	29
Definición de Términos .....	29
Hidráulica.....	29
Hidrostática.....	30
Hidrodinámica .....	31
Refrigeración .....	33
Corte con Sierra .....	34
Fluidos de Corte.....	35
Bomba Sumergible .....	37
Controlador HMI .....	38
Herramienta de Corte.....	38
Sistema Teórico .....	40
Presión .....	40

Caudal .....	40
Velocidad del Fluido.....	41
Programación HMI .....	42
Sistema de Variables.....	43
Marco Referencial.....	44
Mecánica de Fluidos .....	44
Programación y Simulación.....	45
Sistemas Hidráulicos.....	46
Prueba Hidrostática.....	47
Capítulo II.....	48
Metodología y Desarrollo del Proyecto .....	48
Enfoque de Investigación.....	48
Tipo o Diseño de Investigación .....	49
Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	50
Procedimiento de Medición y Toma de Valores .....	50
Desarrollo y Procedimiento .....	54
Capítulo III.....	58
Propuesta.....	58
Funcionamiento del Sistema.....	58
Comprobación del Sistema .....	62
Mediciones de Presión .....	65
Tiempo de Operación del Sistema de Refrigeración .....	66
Correcciones del Sistema.....	67



Aplicaciones Industriales .....	68
Aplicaciones Comerciales.....	69
Conclusiones.....	71
Recomendaciones .....	72
Referencias Bibliográficas .....	73

## Índice de Figuras

Figura 1 Historia de la refrigeración.....	25
Figura 2 Máquina de corte para dar forma a los metales .....	27
Figura 3 Evolución de la automatización industrial .....	28
Figura 4 Esquema de un sistema hidráulico .....	30
Figura 5 Presión hidrostática .....	31
Figura 6 Tubo de Venturi.....	32
Figura 7 Refrigeración para corte por sierra .....	34
Figura 8 Sierra mecánica .....	35
Figura 9 Taladrina para industria de mecanizado mecánico.....	36
Figura 10 Bomba sumergible.....	37
Figura 11 Controlador Siemens Logo 8.....	38
Figura 12 Sierra de corte.....	39
Figura 13 Comunicación en un sistema HMI .....	45
Figura 14 Características del LabVIEW DSC .....	46
Figura 15 Manómetro .....	51
Figura 16 Cronómetro digital.....	52
Figura 17 Multímetro .....	52
Figura 18 Esquema del sistema de refrigeración .....	54
Figura 19 Dimensiones de la cámara .....	55
Figura 20 Tubería PVC y codo .....	55
Figura 21 Manguera para refrigerante .....	56
Figura 22 Esquema de conexión.....	56

Figura 23 Esquema del sistema hidráulico .....	57
Figura 24 Dimensionamiento y corte de la plancha.....	58
Figura 25 Armado de la cámara de refrigeración .....	59
Figura 26 Roscado de ½” por terraja .....	59
Figura 27 Esquema electrónico de la bomba sumergible .....	60
Figura 28 Programación de Arduino.....	61
Figura 29 Montaje y funcionamiento del sistema.....	62
Figura 30 Prueba hidrostática para la comprobación del funcionamiento.....	64
Figura 31 Mediciones realizadas por el manómetro .....	65

### Índice de Tablas

Tabla 1 Variables de medición .....	43
Tabla 2 Mediciones de presión .....	65
Tabla 3 Tiempos de operación del sistema .....	66

## Resumen

Para empezar el proyecto sobre 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 pantalla TFT, microcontroladores, Arduino UNO, sensor de flujo y bomba eléctrica, los cuales se encargarán del transporte y almacenamiento del líquido refrigerante de corte; además de 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, para lo cual se utilizó programas tales como, Autodesk Inventor, Proteus, Arduino, y FluidSIM. Todo esto está relacionado a la hidráulica e hidrostática por la necesidad de calcular el caudal que entrega la bomba sumergible instalada en la cámara. Una vez finalizado 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 HMI permiten incrementar la productividad y ahorro de insumos.

### **Palabras Clave:**

Arduino, hidráulica, hidrostática, refrigeración, bomba eléctrica.

### **Abstract**

To begin the work on the implementation of a cooling system in cutting processes, is related to the need to improve cuts to different steels used in the metalworking industry. For the fulfillment of this objective, we started with bibliographic research to determine the most appropriate system to install, as a result of this, we were inclined to use an HMI system, and complementary accessories such as TFT screen, microcontrollers, Arduino UNO, flow sensor and electric pump, which will be responsible for the transport and storage of the cutting coolant; in addition to the use of hydraulic, mechanical and electrical components for the proper functioning of the system. For the design of the cooling system in cutting processes, different types of drawings and electrical and electronic diagrams were developed, for which programs such as Autodesk Inventor, Proteus, Arduino, and FluidSIM were used. All this is related to hydraulics and hydrostatics due to the need to calculate the flow rate delivered by the submersible pump installed in the chamber. Once the construction is finished and after performing operation tests and measurement of variables, it is concluded that the system built offers optimal results in the metal-mechanical area, thus satisfying the user's needs. Finally, it can be mentioned that automated refrigeration systems with HMI allow increased productivity and input savings.

### **Keywords:**

Arduino, hydraulic, hydrostatic, 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 SCADA 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 Rey (2009) con su tesis sobre la “Implementación de PLC en la industria textil”.

La evolución de la industria de manufactura se proyecta a las modernas técnicas de control que incluyen el uso de controladores lógicos programables (PLC), controladores analógicos programables (PAC), el uso de la inteligencia artificial. La reestructuración productiva y su orientación hacia la demanda externa, en particular hacia el mercado, se traduce en mayor producción y venta con el fin de facilitar la salida de mercancías hacia otros mercados de interés. (p.14)

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, SCADA 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 sumergible hacia las tuberías, válvulas y demás salidas. 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 herramientas de torneado. El control automático en conjunto con el sistema de refrigeración permite controlar algunas variables como la presión, el caudal 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 o PLC's y el diseño mecánico de un sistema hidráulico adaptado a una bomba sumergible, 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. 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 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 sistema electrónico y mecánico para el módulo del sistema de refrigeración hidráulico.
- Implementar un sistema HMI en el sistema hidráulico mediante los planos diseñados en diferentes programas de simulación.
- Comprobar el sistema implementado mediante pruebas de presión hidrostática.

## Capítulo I

### 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.

(p.85-109)

En 1748, Guillermo Gullen 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 (Freon, 2018).

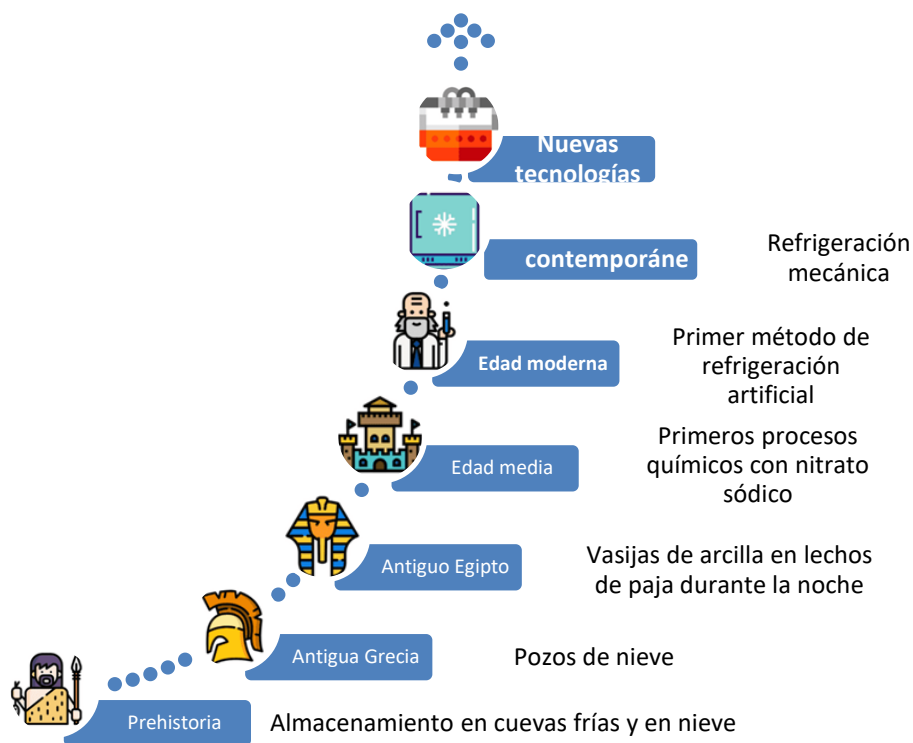


El primer sistema de refrigeración mecánica tiene una base científica en la expansión de un fluido mediante evaporación, se conoce que el primer sistema de refrigeración aparece en 1805 con el diseño de Oliver Evans de una máquina de refrigeración utilizando vapor en lugar de líquido. (p.47)

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). En la figura 1 se muestra la historia de la refrigeración.

## Figura 1

### *Historia de la refrigeración*



*Nota.* En la figura se detalla la historia de la refrigeración desde la prehistoria hasta la actualidad.

Tomado de Bernad, 2017, [www.bernadrefrigeración.com](http://www.bernadrefrigeración.com)

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 (Climas, 2018).

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.

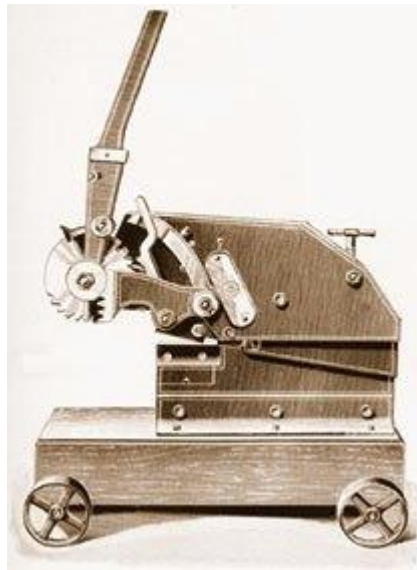
Como fluido refrigerante de corte, en la última década se ha discutido mucho sobre la idoneidad de utilizar este elemento en abundancia para refrigerar y lubricar los procesos de mecanizado (Ejjeji et al., 2018). El uso del fluido de corte genera un ahorro en las herramientas y permite mantener las propiedades 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 metalurgia 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. En la figura 2 se muestra una de las primeras máquinas de corte del siglo XX.

### **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 Alfred, 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.

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”. En la figura 3 se muestra la evolución de la automatización industrial.

### 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 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**

### **Definición de Términos**

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”. 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.

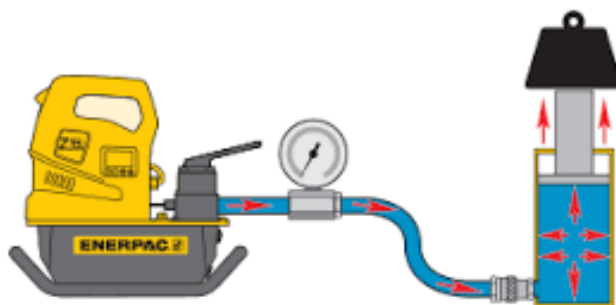
Según Martínez y García (2020) “este tipo de energía está especialmente la asociada con la velocidad del agua, puede ser empleada para generar electricidad utilizando turbinas hidrocinéticas, las cuales aprovechan al máximo la carga de velocidad del propio flujo”.

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”. Se deben considerar los factores de rugosidad para los tubos de la red en la ecuación de la conservación de la energía.

En la figura 4 se muestra un esquema de un sistema hidráulico.

#### **Figura 4**

*Esquema de un sistema hidráulico*



*Nota.* En la figura se muestra los factores que se debe tomar en cuenta en un sistema hidráulico.

Tomado de Enerpac, 2020, <https://www.enerpac.com/es/formaci%C3%B3n/e/hydraulic>

#### ***Hidrostática***

Según Fuentes et al. (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”. 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. En la figura 5 se muestra que la presión en una columna vertical de fluido ejerce una presión debido al peso de la columna. 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 Planetcalc, 2020, <https://es.planetcalc.com/6826/>

#### ***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

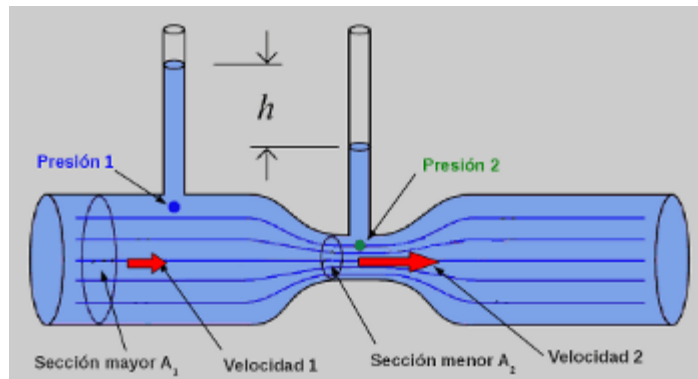
pequeño se transmite a través de un tubo a un cilindro grande, donde presiona por igual contra todos los lados del cilindro, incluido el pistón grande.

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, como se visualiza en la Figura 6.

### Figura 6

#### *Tubo de Venturi*



*Nota.* En la figura se muestra una representación de un tubo de Venturi. Tomado de J.R. Hernández, 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.

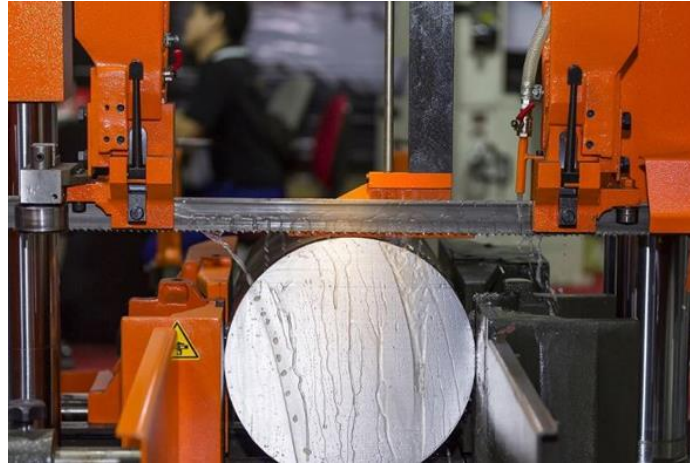
La refrigeración implica transferir la energía del cuerpo a enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas. La temperatura es el reflejo de la cantidad o nivel de energía que posee el cuerpo, ya que el frío propiamente no existe, los cuerpos solo tienen más o menos energía térmica. De esta 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:

- Los procesos industriales que 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*



*Nota.* En figura se muestra el accionamiento de una sierra en la actualidad en los procesos de corte. Tomado Especialistas, 2017, <http://mecanizadobasico.blogspot.com/2014/10/aserrado-manual-y-corte-maquina-basico.html>

### *Corte con Sierra*

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. En la figura 8 se muestra la sierra mecánica actual.

## Figura 8

### *Sierra mecánica*



*Nota.* En figura se muestra el accionamiento de una sierra en la actualidad en los procesos de corte. Tomado Especialistas, 2017, <http://mecanizadobasico.blogspot.com/2014/10/aserrado-manual-y-corte-maquina-basico.html>

### ***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 imagen se muestra el refrigerante que usualmente se usa para los procesos de corte.

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

### ***Bomba Sumergible***

Las bombas sumergibles son grupos de presión que permiten disminuir de diversas superficies tanto aguas limpias como aquellas cargadas de residuos, y que funcionan cuando se encuentran sumergidas en parte o totalmente bajo el nivel del fluido (Apelsa, 2020).

Este tipo de bomba tiene un motor herméticamente sellado que está acoplado al cuerpo de la bomba, el recinto hermético al agua alrededor del motor generalmente se llena con aceite para protegerlo de daños al evitar la entrada de cualquier líquido que pueda causar un cortocircuito (Chapman, 2016).

La bomba sumergible proporciona la fuerza de levantamiento del fluido, debe ejercer una presión máxima, así el componente de sistema de válvulas transmite la fuerza de levantamiento del fluido a través de mangueras. Según Gavilánez (2019)

La bomba sumergible otorga potencia en la succión y descarga, y con un caudal máximo permite el ajuste de las presiones donde se puede utilizar diferentes tipos de válvulas, el autor recomienda una válvula de bola, con el fin de verificar la magnitud del ajuste del caudal necesario.

### **Figura 10**

#### ***Bomba sumergible***



*Nota.* En la imagen se muestra la bomba sumergible con una potencia de 70 W y un flujo máximo o caudal de 49 l/min. Tomado de Clasft, 2022, <https://www.clasf.co/bomba-sumergible-evans-fuente-aqua-60w-nuevo-en-medell%C3%ADn-4393359/>

### ***Controlador HMI***

Es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación (Wonderware, 2022). En la figura 11 se muestra un controlador Siemens Logo 8, que, a pesar de su tamaño, tiene las funcionalidades necesarias para el trabajo.

### **Figura 11**

*Controlador Siemens Logo 8*



*Nota.* En la imagen se muestra un controlador Siemens que facilita el avance en la producción en la Industria. Tomado de Ingelcom, 2013, [www.Controlador\\_Siemens\\_Logo8.com](http://www.Controlador_Siemens_Logo8.com)

### ***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 (TecnoPro, 2022).

**Figura 12**

*Sierra de corte*



*Nota.* En la imagen se muestra la herramienta de corte para la sierra vaivén. Tomado de Juafasa, 2018, <http://www.juafasa.com/alternativesawblades.html>

## **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 (Semat, 2018).

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 et al (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”. 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 et al. (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. 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. Según Duque y Lucumi (2019) 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 el material (Gozález et al., 2021).

### ***Programación HMI***

Un sistema HMI, consiste en el uso de una pantalla digital donde se obtiene información del proceso automatizado y sobre la que se puede actuar para poder manejar el proceso automatizado. 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 (Delgado, 2019).

Tanto la programación del automatismo y la programación de la pantalla HMI, así como la comunicación entre ambos requiere de un conocimiento adecuado para su implantación, pero la funcionalidad de la pantalla HMI permite un manejo sencillo para que el operario pueda maniobrar adecuadamente todo el sistema.

## 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>
<b>Presión</b>	Se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Se habla de presión sólo cuando se trata de un gas o un líquido.	Psi	Manómetro
<b>Intensidad de corriente</b>	Es la cantidad de carga que pasa por un conductor por unidad de tiempo.	A	Multímetro
<b>Temperatura</b>	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. (Moz, 2016).

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.

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 (Moz, 2016).

### ***Programación y Simulación***

El HMI se comunica con el proceso por medio del autómata programable, el autómata sirve como puente para recoger las señales en sus módulos de I/O y tomar las decisiones automáticas del proceso o la máquina, además las decisiones que necesiten permisos por parte del personal operador son tomadas desde la HMI. El esquema de funcionamiento se puede observar en la figura 13.

#### **Figura 13**

*Comunicación en un sistema HMI*



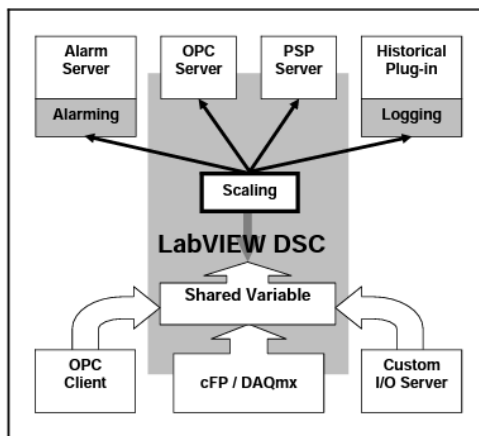
*Nota.* En la imagen se muestra el esquema de funcionamiento para la comunicación en un sistema HMI. Tomado de Pinteres, 2017, <https://www.pinterest.com.mx/pin/733453489300093759/>

El desarrollo de un sistema de medición y control dentro de un entorno fuertemente integrado, como LabVIEW, según la información obtenida de Highlights permite obtener números beneficios como:

Fuerte incremento de la productividad en los procesos de desarrollo, instalación, mantenimiento y modificación mediante una aproximación de desarrollo intuitiva que está optimizada para aplicaciones de medición y control. Mayor rendimiento para sistemas de monitoreo en tiempo real. Menores costos durante la vida útil de los productos. En la figura 14 se muestra algunas características del LabVIEW DSC.

## Figura 14

### Características del LabVIEW DSC



*Nota.* En la imagen se muestra las características principales de LabVIEW. Tomado de Bermeo, 2019, [www.Características\\_LabVIEW\\_DSC.com](http://www.Características_LabVIEW_DSC.com)

### 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 (Uluri, 2017).

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.

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 mangueras (Sánchez, 2018).

### ***Prueba Hidrostática***

La prueba de presión hidrostática se define como la aplicación de presión en el interior de un equipo o línea de tuberías fuera de operación, con el fin de verificar su resistencia y hermeticidad, teniendo en cuenta las uniones soldadas y embridados, utilizando un fluido no corrosivo, normalmente agua.

Al realizar la prueba de presión hidrostática se somete el material a unas condiciones extraordinarias, mucho más exigentes que aquellas que se encontrarán durante el funcionamiento normal para el que el equipo o línea ha sido diseñado, así pues, se entiende que si el valor de presión interna se mantiene constante durante la prueba, y tras la inspección visual se constata que no existen fugas ni deformaciones permanentes, el equipo o línea ha sido diseñado y fabricado de acuerdo a los criterios requeridos y por lo tanto, puede ser considerado seguro (Cerney, 2018).

## Capítulo II

### Metodología y Desarrollo del Proyecto

#### Enfoque de Investigación

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 (Sampieri, 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.

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 de Sampieri (2018) de acuerdo al enfoque cuantitativo en donde

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.

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. “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” (Sampieri, 2016). 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.

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 (Pardinas, 2005).

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

Para este apartado se miden las variables correspondientes al sistema para comprobar el funcionamiento del sistema. Los instrumentos de medición para el cálculo de las variables hidráulicas son el manómetro. En la figura 15 se muestra el modelo del manómetro marca Camaleón que será usado para medir la presión del sistema.

**Figura 15***Manómetro*

*Nota.* En la imagen se muestra el modelo del manómetro será usado para medir la presión del sistema. Tomado de Wika, 2022. [www.manómetro\\_instrumento\\_medición.com](http://www.manómetro_instrumento_medición.com)

Este instrumento tiene las siguientes características:

- Medición de baja presión de 0 - 15 psi
- 50 mm de diámetro
- Adecuado para usar en aire, agua, aceite, gas y cualquier otra cosa que no sea corrosiva para el latón.
- 1/4 conexión inferior BSPT.

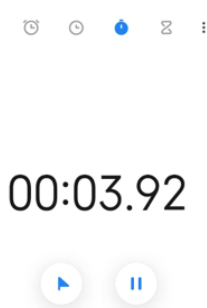
Además, cuenta con las siguientes especificaciones:

- Clase de exactitud: 2.5 %
- Rango: 0/15 psi y 0/1 Bar.
- Temperatura máxima de proceso: 60° C
- Tamaño: aproximadamente 70\*50\*22 mm / 2,75 \* 1,96 \* 0,86"
- Peso neto: aprox. 57 g

Para calcular la velocidad de salida del fluido, o caudal se necesita tomar el tiempo que demora la bomba sumergible en succionar el líquido refrigerante, para esto se emplea un cronómetro digital presente en cualquier teléfono celular tal como se muestra en la figura 16.

### Figura 16

#### *Cronómetro digital*



*Nota.* En la imagen se muestra un cronómetro digital que facilita el cálculo de la velocidad del caudal.

En la parte eléctrica se utiliza el multímetro para comprobar el voltaje de la bomba sumergible, 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. En la figura 17 se muestra este instrumento.

### Figura 17

#### *Multímetro*



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

El multímetro tiene las siguientes características:

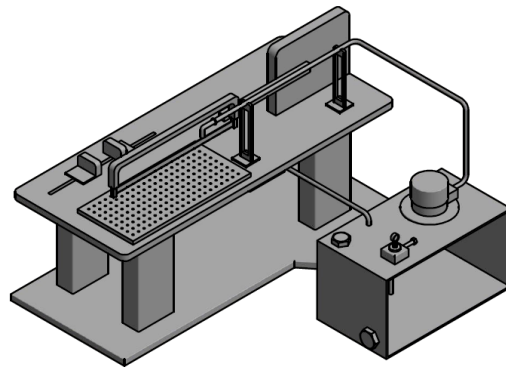
- Medición de voltaje DC: 200mV / 2V / 20V / 200 V
- Medición de voltaje AC: 200 V / 500 V
- Medición de corriente DC: 200  $\mu$ A / 200 mA / 10 A
- Resistencia: 200  $\Omega$  / 2 k $\Omega$  / 20 k $\Omega$  / 200 k $\Omega$  / 20 M $\Omega$

## Desarrollo y Procedimiento

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) 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. El modelo del sistema de refrigeración implementado a la sierra de vaivén se muestra en la figura 18.

### Figura 18

*Esquema del sistema de refrigeración*

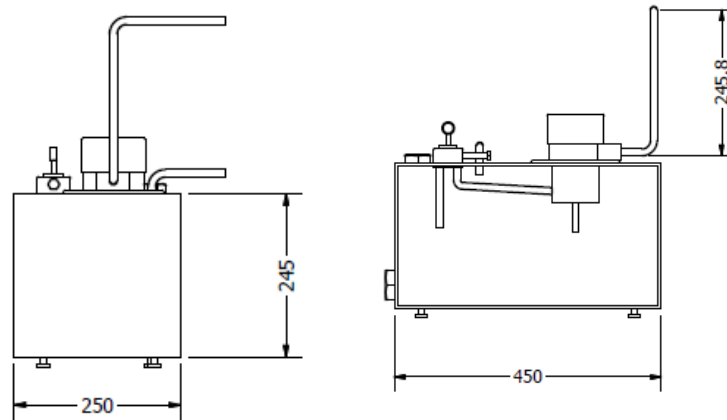


*Nota.* En la imagen se muestra el sistema de refrigeración implementado a la sierra vaivén.

El tanque de almacenamiento se dimensiona de acuerdo al espacio disponible en el taller y al tamaño de la sierra de vaivén. En la figura 19 se muestra las medidas del tanque en milímetros.

## Figura 19

### *Dimensiones de la cámara*



*Nota.* En la imagen se muestra el dimensionamiento de la cámara.

El volumen del tanque es de  $0.0275 \text{ m}^3$  equivalente a 27.5 L de refrigerante/lubricante taladrina. Posteriormente se utilizan reglas y calibres para el diseño del sistema de tuberías. La tubería que se utiliza en el sistema es de PVC de  $\frac{1}{2}$ " y 6 codos de  $90^\circ$ , este material se selecciona porque la taladrina y agua no es una mezcla peligrosa. La tubería se muestra en la figura 20.

## Figura 20

### *Tubería PVC y codo*



*Nota.* En la imagen se muestra la tubería de  $\frac{1}{2}$ " que se implementará en el sistema.

## Figura 21

### *Manguera para refrigerante*



*Nota.* En la imagen se muestra la manguera para el transporte del refrigerante al proceso de corte. Tomado de BKB, 2022, <https://bkbmaquinaria.com/producto/mangueras-para-refrigerante/>

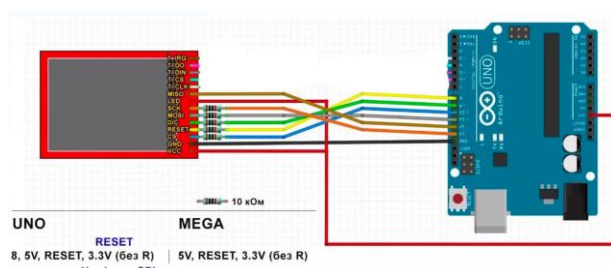
Las características de esta manguera son las siguientes:

- Longitud de ensamblado de 20 cm.
- 1 válvula NPT macho de 1/2" resistente a los ácidos.
- 1-12 segmentos de elemento.

La programación del sistema se realiza en el programa Arduino en donde se establecen los controladores para el caudal del fluido y la bomba eléctrica. El lenguaje de programación del programa se basa en los gráficos de bloques. En la figura 22 se muestra el esquema de conexión.

## Figura 22

### *Esquema de conexión*



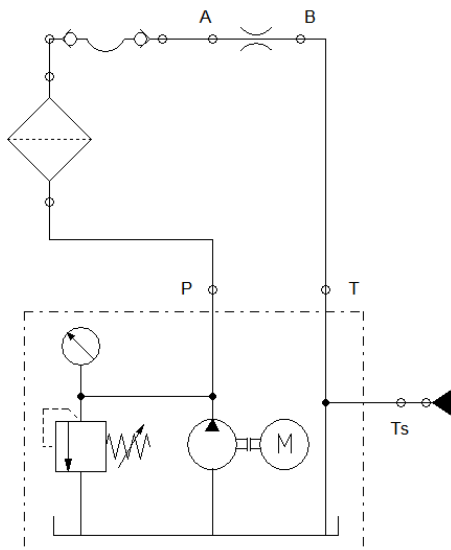
*Nota.* En la imagen se muestra el esquema del protoboard conectado a la pantalla TFT. Tomado de Naylamp, 2021, [https://naylampmechatronics.com/blog/26\\_tutorial-pantalla-tft-tactil-con-arduino.html](https://naylampmechatronics.com/blog/26_tutorial-pantalla-tft-tactil-con-arduino.html)



En el sistema hidráulico se utiliza el programa FluidSIM para representar el módulo donde se encuentra la bomba sumergible, la válvula de alivio, el manómetro, el filtro, el tubo flexible y la tobera de la manguera de lubricación. El esquema se muestra en la figura 23.

### Figura 23

*Esquema del sistema hidráulico*



*Nota.* En la imagen se muestra el esquema del sistema hidráulico realizado en el software FluidSIM.

## Capítulo III

### Propuesta

#### Funcionamiento del Sistema

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 construye la cámara del líquido refrigerante, luego se sumerge la bomba dentro de la cámara, después se unen las tuberías y codos con una terraja de roscar, se crea un soporte para las tuberías y se conecta la válvula de refrigeración con la válvula abierta. En la figura 24 se muestra el dimensionamiento para la caja.

#### Figura 24

*Dimensionamiento y corte de la plancha*



*Nota.* En la imagen se muestra la construcción de la cámara en base al dimensionamiento para la caja.

Existen varias maneras para construir una cámara de refrigerante, por soldadura o doblado, en este caso se escoge la segunda opción porque con soldadura pueden existir pequeñas fugas que ocasionarían la salida de la taladrina. La figura 25 muestra la cámara completada.

**Figura 25**

*Armado de la cámara de refrigeración*



*Nota.* En la imagen se muestra el armado de la cámara de refrigeración empleando el método del doblado.

Una vez realizada la cámara de fluido se realiza el ensamble de acuerdo el dimensionamiento que se ha establecido se procede al montaje de las tuberías de PVC con codos de 90°, debe existir una de salida y otra de retorno. En la figura 26 se puede apreciar el roscado con terraja de las tuberías.

**Figura 26**

*Roscado de ½" por terraja*

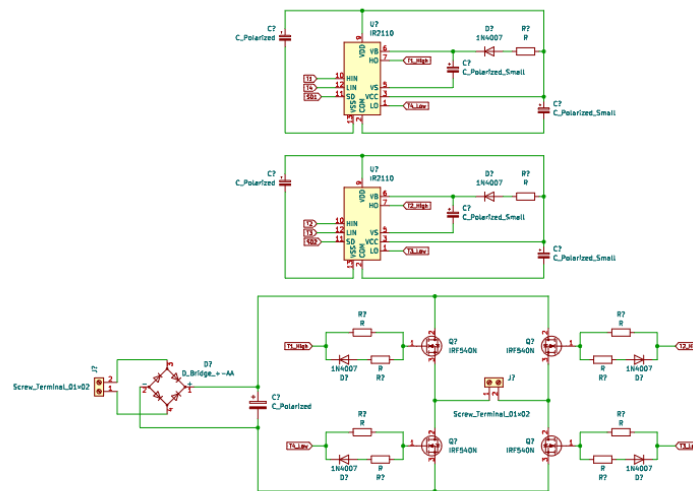


*Nota:* En la imagen muestra el proceso de roscado con tarraja de tuberías.

Una vez realizada la construcción de la cámara se diseña el esquema electrónico de la bomba sumergible, el cual va encajado en la parte interna de la cámara, con el fin de bombear el líquido refrigerante que se implementara en los procesos de corte. tal como se muestra en la figura 27.

### Figura 27

*Esquema electrónico de la bomba sumergible*



*Nota.* En la imagen se muestra el esquema electrónico de la bomba sumergible que se implantara en los procesos de corte.

Esto se programa en el Arduino Mega 2560 para poder controlar la salida de fluido de la bomba sumergible sin el uso de válvulas de bola. Es importante conocer las especificaciones técnicas de la bomba para establecer el caudal inicial, complementario a esto se realiza un cálculo con la ecuación de la energía considerando las pérdidas de los accesorios para determinar el caudal de salida por la válvula de refrigeración. En la figura 28 se muestra el complemento electrónico del sistema.

Figura 28

## Programación de Arduino



```

Sincronizacion_med
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define LEDPIN 13
#define DISPARO 7
#define PULSO_MED 21

int Flag_TMD=1, Comp_A;
int Flag_TMD=0;
int Flag_Serial=0;
int Comp_A_Frete;
float Valor_Om;
float Alfa=31.4159//Angulo de disparo
float Percent_Freq_Angulo;
int i;
//Com=El tiempo para hacer calculos
//Para habilitar pull_up interno: pinMode(13,INPUT_PULLUP) por ejemplo

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.setTimeout(10);
  pinMode(LEDPIN, OUTPUT);
  pinMode(DISPARO, OUTPUT);
  pinMode(PULSO_MED, INPUT);//Pin 21 como entrada sin pull_up interno

  cli(); //Se desactiva el llamado global de interrupciones
  //Configuración interrupción
  EIMSK |= (1<<INT0) | (1<<INT0); //Detección de flanco de subida
  EIMSK |= (1<<INT0); //Habilita la interrupción INT0
  EIMSK |= (1<<INT0); //Bajo manualmente la bandera de la interrupción

  //Configuración del Timer1
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas

  //Configuración del Timer3
  TCCR3B = (1<<TCCR3B_CCR1) | (1<<TCCR3B_CCR2) | (1<<TCCR3B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR3B = (1<<TCCR3B_CCR1) | (1<<TCCR3B_CCR2) | (1<<TCCR3B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR3B = (1<<TCCR3B_CCR1) | (1<<TCCR3B_CCR2) | (1<<TCCR3B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR3B = (1<<TCCR3B_CCR1) | (1<<TCCR3B_CCR2) | (1<<TCCR3B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCCR3B = (1<<TCCR3B_CCR1) | (1<<TCCR3B_CCR2) | (1<<TCCR3B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas

  TIMSK3 = (1<<TIMSK3_OVF) | (1<<TIMSK3_OCIF) | (1<<TIMSK3_OCIF); //Habilita la interrupción del comparador_3
  sei(); //Habilita el llamado global de interrupciones.
}

ISR(TIMER3_COMPA_vect)
{
  TCR3 = (1<<TCR3_CCR1) | (1<<TCR3_CCR2) | (1<<TCR3_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  Percent = (0.005556) * Alfa;
  Frete = Percent * Valor_Om;
  Comp_A_Frete = Percent * Valor_Om;
  if (Flag_TMD == 1)
  {
    TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
    Flag_TMD = 0;
  }
}

ISR(TIMERS_COMPA_vect)
{
  TCCR1B = (1<<TCCR1B_CCR1) | (1<<TCCR1B_CCR2) | (1<<TCCR1B_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  TCR1 = (1<<TCR1_CCR1) | (1<<TCR1_CCR2) | (1<<TCR1_CCR0); //Modo de operación normal, no se genera formas de ondas
  Comp_A_Frete = Percent * Valor_Om;
  digitalWrite(DISPARO, HIGH);
  digitalWrite(DISPARO, LOW);
  digitalWrite(DISPARO, HIGH);
  digitalWrite(DISPARO, LOW);
}

void loop()
{
  while (Serial.available() != 0)
  {
    Flag = 1;
    Percent = 0.005556 * Alfa;
    Angulo = 0.244822 * Frete;
    Serial.print(Freq);
    Serial.print(Freq);
    Serial.print(Frete);
    Serial.print(" ");
    Serial.print("Angulo_Disparador");
    Serial.print(Angulo);
    Serial.println("");
    delay(200);
  }
  i = Serial.parseInt(); //Aquí se guarda el valor ingresado por serial
  j = Serial.parseInt(); //Aquí se guarda un cero que se manda al final del valor ingresado (no se interesa)
  Alfa = 0;
}

```

*Nota.* En la imagen se muestra la programación en Arduino que se implementara para el sistema de refrigeración.

Finalmente se ensambla el sistema de tuberías, cámara de refrigerante, manómetro y válvula de refrigeración frente a la cortadora de vaivén y se realiza una prueba con el corte de un acero AISI 8620. En la figura 29 se puede observar el sistema implementado frente a la máquina.

## Figura 29

### *Montaje y funcionamiento del sistema*



*Nota:* En la imagen muestra el ensamblaje y funcionamiento de sistema de refrigeración en procesos de corte.

### **Comprobación del Sistema**

Para comprobar el sistema se realiza una prueba hidrostática que consiste, básicamente, en aislar completamente el recipiente de presión (cilindro, tanques, líneas o ductos), llenar con agua (u otro fluido en estado líquido, incompresible), retirando todo el aire desde su interior y aumentar paulatina y progresivamente la presión interna a un valor que dependerá de la norma o código de fabricación del recipiente (Barrera y Camus, 2017).

La prueba hidrostática se realiza para aplicar presión en el interior de una línea de tuberías antes de poner en marcha el sistema, esto tiene el fin de comprobar la resistencia y hermeticidad de las uniones en los codos, cualquier fuga se debe corregir para que en el sistema no existan pérdidas de energía. El fluido que se usa en una prueba hidrostática es el agua ya que

no es un fluido corrosivo e incomprensible, en algunos casos de más precisión se puede agregar detergente.

El equipamiento mínimo que se requiere para realizar una prueba hidrostática es el siguiente:

Una bomba de agua de bajo flujo, en este caso es manual que tenga una capacidad de generar la presión que requiere el ensayo. La presión se calcula con la fórmula de Pph del Código ASME Sección VIII División 1 (UG-99: Prueba Hidrostática) que se muestra a continuación:

$$P_{ph} = 1,3 \times MAWP \times \frac{St}{Sd}$$

Dónde:

- a) Pph = Presión hidrostática de prueba
- b) MAWP = máxima presión admisible que corresponde a la presión hidrostática que soporta la bomba, en este caso se dispone de la medida de la altura 1,99 m, la gravedad de 9,8 m/s<sup>2</sup> y la densidad del agua de 1000 kg/m<sup>3</sup>.

$$Ph = \rho gh$$

$$Ph = 1000 \frac{kg}{m^3} (9,8 \frac{m}{s^2})(1,99m)$$

$$Ph = 18620 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$Ph = 26,48 \text{ psi}$$

- c) St = esfuerzo a la temperatura de prueba
- d) Sd = esfuerzo a la temperatura de diseño

Es esfuerzo a la temperatura de prueba y diseño son las mismas porque el ambiente de trabajo es ideal, es decir, a temperatura ambiente. Por lo tanto:

$$P_{ph} = 1,3 \times 26,48 \times 1$$

$$P_{ph} = 34,42 \text{ psi}$$

Este valor es elevado en comparación a la presión que se va a necesitar en el sistema y la potencia de la bomba, así que cualquier presión que alcance los 15 psi son suficientes para realizar la prueba hidrostática.

En la parte de tuberías y accesorios, estos deben ser seleccionados de acuerdo a la presión necesaria para el sistema, las tuberías deben ser capaces de soportar la presión de ensayo y las especificaciones de Plastigama muestran que soportan 181 psi. Esto ya está determinado por el fabricante.

Finalmente, el manómetro para la prueba debe tener una capacidad de 1,5 veces la presión del ensayo. La prueba hidrostática se muestra en la figura 30.

### **Figura 30**

*Prueba hidrostática para la comprobación del funcionamiento*



*Nota.* En la imagen se muestra la prueba hidrostática que se realiza al sistema, para descartar posibles fallas.



## Mediciones de Presión

En este apartado se toman valores de las presiones realizadas en el sistema de refrigeración con la ayuda del manómetro, se espera que las presiones no sobrepasen los valores de 26 psi porque ese es el valor máximo que ofrece la bomba sumergible dentro del fluido. En la figura 31 se muestra la medición realizada por el manómetro.

### Figura 31

*Mediciones realizadas por el manómetro*



*Nota.* En la imagen se muestra las mediciones realizadas con el manómetro durante 4 días.

Los valores obtenidos se toman durante los días que se utiliza la sierra de vaivén para cortar acero de transmisión AISI 1018 y aceros especiales como el AISI 8620 y el AISI 4140. A continuación, se presentan los datos en la tabla 2.

### Tabla 2

*Mediciones de presión*

<b>Fechas</b>	<b>Hora</b>	<b>Valor presión</b>	<b>Piezas cortadas</b>
<b>28/03/2022</b>	9:10	0,7	12
<b>29/03/2022</b>	10:05	0,7	10
<b>31/03/2022</b>	14:35	0,6	7
<b>02/04/2022</b>	8:20	0,8	13

*Nota.* Esta tabla representa almacena los datos obtenidos durante 4 días de trabajo de la sierra y el sistema de refrigeración.

### Tiempo de Operación del Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración con la bomba sumergible trabaja de 30 a 60 minutos, 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 la válvula, si empieza a disminuir se puede determinar que existe material atorado en el fondo del tanque que impide el correcto funcionamiento de la bomba. En este caso se realiza un lavado manual de la limalla y se coloca nuevamente la mezcla de taladrina y agua. Existe un sensor que permite controlar el caudal de salida del refrigerante que indica las variaciones de este valor. En la tabla 3 se muestran los tiempos de operación de la bomba eléctrica.

**Tabla 3**

*Tiempos de operación del sistema*

<b>Hora de inicio</b>	<b>Hora de finalización</b>	<b>Tiempo total</b>
9:10	10:15	65 min
10:05	10:45	40 min
14:35	15:05	30 min
8:20	9:40	80 min

Nota. Esta tabla representa almacena los datos obtenidos durante 4 días de trabajo de la sierra y el sistema de refrigeración.

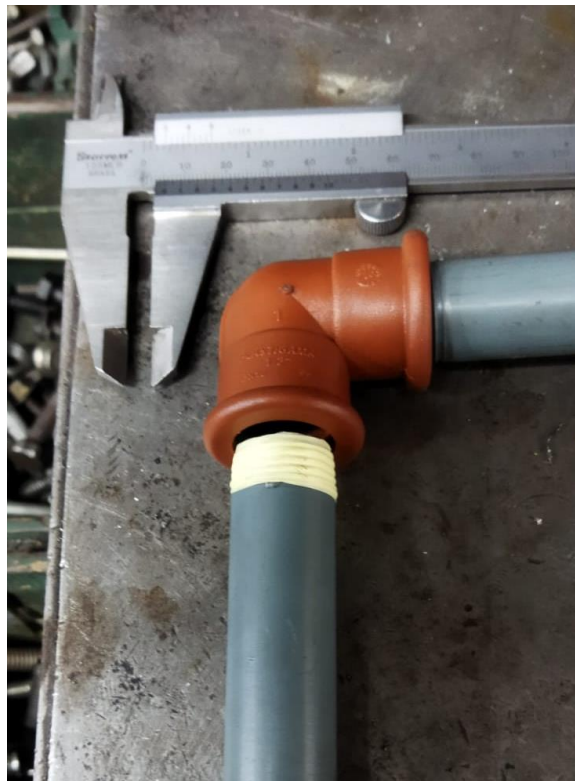
Los tiempos de operación varían porque el material no es el mismo cuando se realizan los cortes. Por ejemplo, el acero AISI 8620 tiene una dureza mayor que los aceros que comúnmente se usan para la elaboración de ejes de molino, bocines para motores y camisas que se construyen en el taller.

## Correcciones del Sistema

En el sistema se realizan pocas correcciones, una de estas surge después de la prueba hidrostática en donde por observación se aprecia una fuga en una de las uniones con codos de 90°. Para eso se coloca teflón y pegamento para sellar la rosca, y como el sistema trabaja con una presión menor a 10 psi, las pérdidas por accesorios no son considerables porque no representan un valor considerable en la ecuación de continuidad. En la figura 32 se puede apreciar la corrección de la unión roscada.

### Figura 32

*Refuerzo de la unión de roscado de tubería*



*Nota.* En la imagen se muestra las correcciones de la unión para evitar fugas del líquido refrigerante.

Aparte, se cambian sierras para comprobar el proceso de corte en condiciones óptimas, con la finalidad de conseguir un corte de buena calidad, el cual no va ayudar para conseguir los tochos mostrados en la figura 33.

### **Figura 33**

*Tochos cortados para bocines*



*Nota.* En la imagen se muestra el resultado del proceso de corte.

### **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.

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 \$450. La parte más valorada es la mecánica y esta se podría modificar usando diferentes materiales para la estructura debido a que la cámara podría ser de policarbonato o cualquier otro polímero ya 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 manualmente, sino solo coloca la pieza que desea cortar y esperar a que la sierra termine su carrera para continuar con la operación.

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 de la sierra y es parte de las recomendaciones para un mantenimiento preventivo.

## 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 del sistema HMI en el sistema hidráulico se aplicó en el software Autodesk Inventor, el cual nos permite trabajar de la manera más eficiente y segura, el cual permitió realizar la construcción del sistema de refrigeración evitando contratiempos en el proceso de construcción y sobre todo de funcionamiento.

Al emplear los programas de diseño, modelación y simulación se puede determinar la viabilidad de la idea implementada, debido a que existen varias aplicaciones para el desarrollo de los sistemas de control se puede escoger el que más sea conveniente para la empresa interesada porque algunos equipos requieren de una licencia de pago para funcionar.

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. Esto se refleja en la vida útil de la herramienta y la calidad de los elementos.

## **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 Bibliográficas

- Alvarado, H. (2019). Desarrollo de un SCADA para una planta simulada de producción (Trabajo de fin de grado). Universidad Técnica de Ambato.
- 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 .
- Carrillo, S., Pastor, C., & Siller, H. (2018). Análisis de indicadores de sostenibilidad para el proceso de fabricación de álabes para turborreactores. *Revista Iberoamericana De Ingeniería Mecánica*, 22(2),135-143.
- Cerney. (2018). *Prueba de presión hidrostática*. <https://www.cerney.es/noticias/prueba-de-presion-hidrostatica>
- 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.
- Ladino et al. (2018). Simulación numérica CFD de la estructura de control y del sistema de compuertas radiales - represa el quimbo. *Revista de Tecnura*, 58 (22), 35-44.  
<https://doi.org/10.14483/22487638.14296>
- López et al. (2012). Evaluación del consumo energético de las máquinas de pivotes centrales eléctricas en la empresa cultivos varios la Cuba provincia Ciego de Ávila. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3.

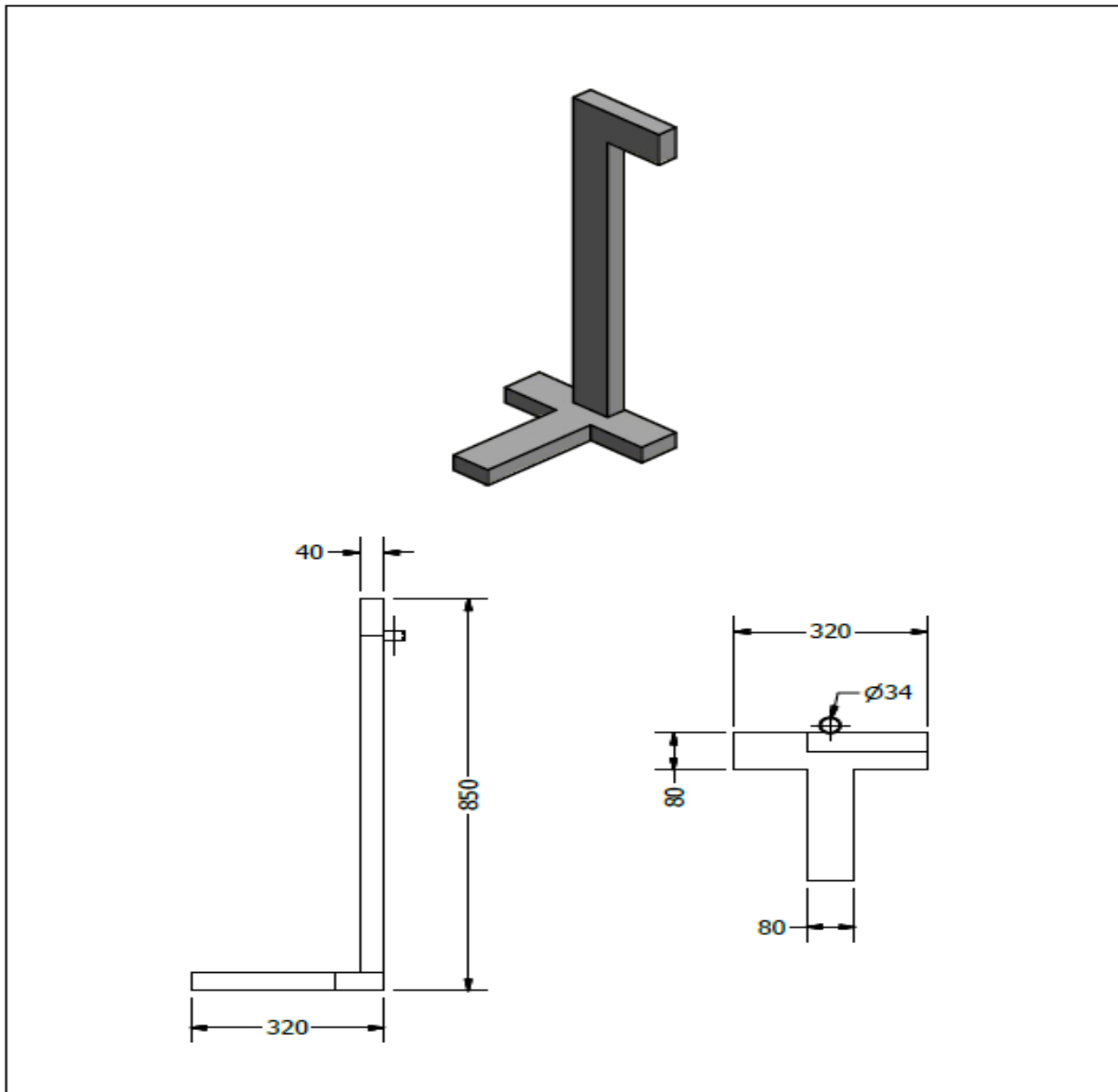
- Martínez, J., & García, N. (2020). Efectos de la relación de bloqueo por turbinas hidrocínéticas para el aprovechamiento energético en canales de riego. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 1.
- Mayorga, J. (2021). Medición de la productividad por el método del valor agregado. Ciudad de México: MPVA
- Moz. (2016). *Fluid Dynamics*.<https://www.moz.ac.at/sem/lehre/lib/pd-sounddesign/fluid-dynamics.html>
- Omega. (2022). Omega. <https://cl.omega.com/prodinfo/instrumentacion.html>
- Pina et al. (2019). Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos en el río el estado, Puebla-Veracruz, México. *Revista Geográfica*, 1.
- Pratima, B. (2018). Hydraulics. *Biermann's Handbook of Pulp and Paper* .
- Ramos, M., & Pinto, A. (2020). Indústria do ovo: Qual é o significado e uso dessa expressão? *Brazilian Journal of Food Technology*, 1.
- Rey, W. (2009). Automatización industrial, evolución y retos en una economía globalizada. *Revista Inventum*, 4(6),115-123.
- Rivas, H., Rodríguez, A., Rendón, M., & Marcillo, J. (2019). Tecnologías aplicadas en la industria petrolera. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Información*, 1.
- Rodríguez, W., & Benavides, H. (2021). Modelación hidráulica y calibración de redes de distribución de agua potable. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 1.
- Sampieri, J. (2017). Metodología de la Investigación. <https://nodo.ugto.mx/wpcontent/uploads/2017/03/Metodologia-de-la-Investigacion.pdf>
- Sánchez, V. (2018). Diseño de un sistema de control predictivo multivariable aplicado a un proceso hidráulico de cuatro tanques acoplados. *Repositorio PUCP*, 11.

- Semat, H. (2018). Physics, Chapter 8: Hydrostatics. *Research Papers in Physics and Astronomy* .
- SLU, I. (2020). La Lubricación en Proceso de Mecanizado. Recuperado de <https://www.inter2000mecanizados.com/post/la-lubricacion-en-procesos-de-mecanizado>
- TecnoPro. (2022). TecnoPro. <https://www.tecnoprosl.com/las-herramientas-decorte/>
- Uluri, E. (2017). Diseño de un sistema hidráulico para el accionamiento de puertas corredizas en minibuses NISSAN CARAVAN del servicio público (Doctoral dissertation). 29.
- Vidal, H., & Colle, S. (2009). Simulación horaria de un sistema de refrigeración combinado eyector-compresión de vapor asistido por energía solar y gas natural/hourly simulation of a combined ejector-vapor compression refrigeration system assisted by solar energy and natural gas. *Revista Chilena De Ingeniería*, 17(1),68-75.
- Weldflow. (2022). *Evolution of metal cutting*. <https://www.weldflowmetal.com/evolution-of-metal-cutting/>
- Wonderware. (2022). Wonderware Iberia. <https://www.wonderware.es/hmiscada/que-es-hmi/>

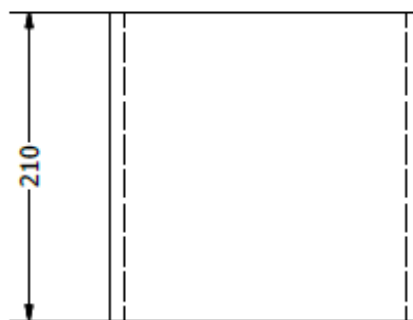
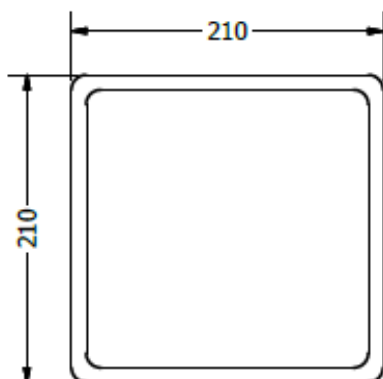
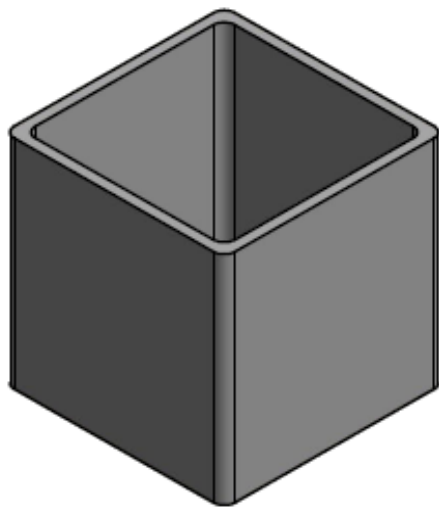
## Anexos

## Anexo 1

*Planos mecánicos del sistema*



Trat.Térmico:	N/A			
Recubrimiento:				
MATERIALES Y DIM.BRUTAS: ACERO A36	TOL.GRAL	ESCALA 1:0.10	Dib: Dis: Rev:	
TÍTULO:		CODIGO:	FECHA:	



Trat.Térmico:	N/A				
Recubrimiento:					
MATERIALES Y DIM.BRUTAS: ACERO A36	TOL.GRAL	ESCALA 1:4	Dib:		
			Dis:		
			Rev:		
TÍTULO:		CODIGO:	FECHA:		

## Anexo 2

### *Programación y Funcionamiento del Sistema de Refrigeración*

