



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE
MADERA PLÁSTICA PARA LA EMPRESA
AGRORECICLA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: BRYAN JAVIER ESTÉVEZ GAVILANES

TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito-Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Bryan Javier Estévez Gavilanes, con cédula de ciudadanía N° 1750994459, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Bryan Javier Estévez Gavilanes

1750994459

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Bryan Javier Estévez Gavilanes con documento de identificación No. 1750994459, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Dispositivo tecnológico: “Diseño e implementación de un sistema de enfriamiento de madera plástica para la empresa Agrorecicla” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Bryan Javier Estévez Gavilanes
1750994459

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N° 1710597269 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE MADERA PLÁSTICA PARA LA EMPRESA AGRORECICLA realizado por Bryan Javier Estévez Gavilanes con documento de identificación N° 1750994459, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, M.Sc.
1710597269

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis abuelos, con su bendición, me levantaron en los momentos más difíciles, a mi abuelita por ser mi ejemplo de fuerza y carácter, a mi abuelito quien fue mi motor en este camino para superar las adversidades.

A mis padres, por siempre acompañarme y motivarme en este proceso, por alentarme a ser mejor cada día y darme las herramientas necesarias para superarme en toda mi vida profesional.

Agradezco a todos mis docentes que con su sabiduría supieron guiarme con paciencia y apoyo incondicional en todo momento.

Bryan Javier Estévez Gavilanes

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Luis e Irene, porque siempre serán mi mayor motivación para superarme, ofreciéndome siempre su cariño y consejos sabios para ser mejor cada día. Gracias por estar en los momentos más difíciles, por escucharme y animarme a lograr mis objetivos. Sin su apoyo incondicional, esta travesía hacia la culminación de mi educación jamás hubiera sido posible.

A mi familia, por siempre apoyarme con sus palabras motivadoras y buenos deseos en este camino, brindándome su apoyo inquebrantable, alentándome en mis sueños y celebrando mis triunfos como propios

Bryan Javier Estévez Gavilanes

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XXI
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	XXII
OBJETO DE ESTUDIO.....	XXIII
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	XXIV
OBJETIVOS.....	XXV
OBJETIVO GENERAL	XXV
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XXV
HIPÓTESIS DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN.....	XXVI
ALCANCE DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN	XXVII
CAPÍTULO 1	1
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	1
1.1 Agrocicla – información de la planta.....	1
1.2 Madera plástica.....	1
<i>1.2.1 Aplicaciones de la madera plástica</i>	<i>2</i>
1.3 Torres de enfriamiento	2
1.4 Modelos de torres de enfriamiento.....	3

1.4.1	<i>Circulación natural</i>	3
1.4.2	<i>Tiro mecánico</i>	4
1.4.2.1	<i>Tiro forzado</i>	4
1.4.2.2	<i>Tiro inducido</i>	4
1.5	Elementos de la torre de enfriamiento	5
1.5.1	<i>Ventilador</i>	5
1.5.2	<i>Bomba de circulación de agua</i>	5
1.5.3	<i>Relleno</i>	6
1.5.4	<i>Rociadores</i>	6
1.6	Estructura	6
1.7	Teorema de Merkel	6
1.8	Sensor de temperatura	7
1.9	Sistemas de control	8
1.9.1	<i>Lógica difusa</i>	9
1.9.2	<i>Control ON/OFF</i>	9
1.9.3	<i>Controlador PID</i>	10
1.10	Resumen del capítulo 1	13
	CAPÍTULO 2	14
	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	14
2.1	Antecedentes	14
2.2	Alternativas de mecanismos de enfriamiento	15

2.2.1	<i>Primera alternativa - Torres de enfriamiento</i>	15
2.2.2	<i>Segunda alternativa - Intercambiadores de calor</i>	16
2.3	Alternativas de sensores	17
2.3.1	<i>Primera alternativa - Termorresistencias</i>	17
2.3.2	<i>Segunda alternativa - Termistor</i>	18
2.4	Alternativas de los controladores de temperatura	18
2.4.1	<i>Primera alternativa - Controlador de temperatura Rex C100</i>	18
2.4.2	<i>Segunda alternativa - Termostato digital STC-1000</i>	20
2.5	Análisis de alternativas	21
2.6	Elección de alternativas	24
2.7	Alternativa ganadora	27
2.8	Selección del tipo de torre y justificación	27
2.9	Selección de materiales	28
2.9.1	<i>Tubo cuadrado de acero galvanizado NTE INEN 2415</i>	28
2.9.2	<i>Paredes de la estructura de acero galvanizado NTE INEN 115</i>	30
2.9.3	<i>Soldadura</i>	30
2.9.3.1	<i>Soldadura por arco eléctrico (SMAW)</i>	31
2.10	Selección de equipos para la automatización y control	31
2.10.1	<i>Bomba de agua</i>	31
2.10.2	<i>Ventilador</i>	33
2.10.3	<i>Controlador</i>	34

2.10.4	<i>Sensor de temperatura</i>	34
2.11	Selección del relleno	35
2.11.1	<i>Splash o de salpiqueo</i>	35
2.12	Resumen del capítulo 2	35
CAPÍTULO 3		37
DISEÑO Y CÁLCULOS		37
3.1	Dimensionamiento de la torre de enfriamiento	37
3.2	Diseño de la estructura de la torre	39
3.3	Capacidad del reservorio de agua refrigerada	40
3.4	Análisis estructural de cargas	41
3.5	Sistema de control ON/OFF del controlador Rex-C100	45
3.6	Diagrama de flujo del sistema de control	45
3.7	Diseño del esquema eléctrico	47
3.8	Cálculos eléctricos	49
3.8.1	<i>Numero de polos de las bombas de agua</i>	49
3.8.2	<i>Selección del calibre del cable</i>	51
3.8.3	<i>Dimensionamiento de relé térmico</i>	52
3.9	Construcción del sistema	53
3.9.1	<i>Construcción de la estructura</i>	53
3.9.2	<i>Construcción del tablero eléctrico</i>	57

3.10	Resultado de las pruebas aplicadas al sistema de enfriamiento en función de la temperatura y el tiempo	58
3.11	Resumen del capítulo 3.....	59
	CAPÍTULO 4	61
	RESULTADOS Y COSTOS ECONÓMICO	61
4.1	Costos generales	61
	<i>4.1.1 Costo del material y estructura.....</i>	<i>61</i>
	<i>4.1.2 Costo del material eléctrico.....</i>	<i>62</i>
4.2	Resumen general de costos.....	63
4.3	Análisis para determinar el VAN.....	64
4.4	Análisis para determinar el TIR.....	65
4.5	Manual de operación y mantenimiento.....	67
	<i>4.5.1 Operación.....</i>	<i>67</i>
	<i>4.5.2 Mantenimiento.....</i>	<i>68</i>
4.6	Resumen del capítulo 4.....	69
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
	CONCLUSIONES.....	70
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS.....	73
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Mapa de ubicación de la empresa Agrorecicla</i>	1
<i>Figura 2 Torre de enfriamiento [5]</i>	3
<i>Figura 3 Torre de flujo a contracorriente y tiro forzado [7]</i>	4
<i>Figura 4 Torre de flujo a contracorriente y tiro inducido [7]</i>	5
<i>Figura 5 Funcionamiento de un control ON/OFF [15]</i>	10
<i>Figura 6 Diagrama de bloques del funcionamiento de un controlador PID [3]</i>	13
<i>Figura 7 Intercambiador tubular [22]</i>	17
<i>Figura 8 Estructura interna de un sensor RTD [23]</i>	17
<i>Figura 9 Controlador de temperatura REX-C100 [25]</i>	19
<i>Figura 10 Termostato STC 1000 [26]</i>	21
<i>Figura 11 Tubo estructural cuadrado galvanizado [27]</i>	28
<i>Figura 12 Especificaciones técnicas del tubo estructural cuadrado galvanizado [27]</i>	29
<i>Figura 13 Planchas Galvanizadas [30]</i>	30
<i>Figura 14 Funcionamiento de un proceso de soldadura por arco eléctrico [31]</i>	31
<i>Figura 15 Ventilador axial [34]</i>	33
<i>Figura 16 Sensor Temperatura Sumergible WZP PT100 [35]</i>	34
<i>Figura 17 Splash Relleno [36]</i>	35
<i>Figura 18 Estructura en perfil de acero galvanizado</i>	40
<i>Figura 19 Reservorio de agua refrigerada de 1000 litros</i>	41
<i>Figura 20 Análisis estático de la estructura de la torre de enfriamiento</i>	42
<i>Figura 21 Análisis estructural de las tensiones máximas y mínimas</i>	43
<i>Figura 22 Factor de seguridad de la estructura</i>	44
<i>Figura 23 Desplazamiento máximo de la estructura</i>	45
<i>Figura 24 Diagrama de flujo del control automatizado del sistema de enfriamiento</i>	47

<i>Figura 25</i>	<i>Diseño del esquema eléctrico de control.</i>	48
<i>Figura 26</i>	<i>Diseño del esquema eléctrico de potencia.</i>	49
<i>Figura 27</i>	<i>Bomba centrífuga de 0.5hp 110v "1x1" – CENTURY – Modelo: 6B1170B [37].</i>	50
<i>Figura 28</i>	<i>Bomba para fuentes con flotador y motor 1/6 Hp y descarga de 1". – EVANS - Modelo AQUA120W-F [38].</i>	50
<i>Figura 29</i>	<i>Calibre de conductores eléctricos [39].</i>	51
<i>Figura 30</i>	<i>Construcción de la estructura del sistema de enfriamiento</i>	54
<i>Figura 31</i>	<i>Construcción de la campana de extracción.</i>	54
<i>Figura 32</i>	<i>Unión entre la campana de extracción y el extractor CENTURY.</i>	55
<i>Figura 33</i>	<i>Colocación del relleno en el sistema de enfriamiento.</i>	55
<i>Figura 34</i>	<i>Construcción de las paredes del sistema de enfriamiento.</i>	56
<i>Figura 35</i>	<i>Instalación de tubería para la salida de agua caliente</i>	57
<i>Figura 36</i>	<i>Construcción del tablero eléctrico.</i>	57
<i>Figura 37</i>	<i>Variación de temperatura de entrada y salida del sistema de enfriamiento.</i>	59

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Instrumentos de medición de temperatura [11]</i>	8
<i>Tabla 2 Características técnicas del sensor de temperatura REX-C100</i>	20
<i>Tabla 3 Características técnicas del sensor de temperatura digital stc-1000</i>	21
<i>Tabla 4 Cuadro comparativo del mecanismo de enfriamiento</i>	22
<i>Tabla 5 Cuadro comparativo de los sensores</i>	23
<i>Tabla 6 Cuadro comparativo de los controladores</i>	23
<i>Tabla 7 Criterio de comparación</i>	25
<i>Tabla 8 Selección de las alternativas de los mecanismos de enfriamiento</i>	25
<i>Tabla 9 Selección de las alternativas de los sensores</i>	26
<i>Tabla 10 Selección de las alternativas de los controladores de temperatura</i>	26
<i>Tabla 11 Propiedades físicas y mecánicas del acero galvanizado [28].</i>	28
<i>Tabla 12 Propiedades químicas del acero galvanizado [28].</i>	29
<i>Tabla 13 Características de la bomba sumergible de la marca EVANS</i>	32
<i>Tabla 14 Características de la bomba centrífuga de la marca CENTURY</i>	33
<i>Tabla 15 Medición de temperatura de entrada y salida del sistema de enfriamiento</i>	58
<i>Tabla 16 Precios de los materiales utilizados para la construcción de la estructura</i>	62
<i>Tabla 17 Precios de los componentes utilizados para el tablero eléctrico</i>	63
<i>Tabla 18 Resumen de los costos totales del sistema de enfriamiento</i>	64
<i>Tabla 19 Calculo del VAN</i>	65
<i>Tabla 20 Cálculos del TIR</i>	66

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Planos generales del sistema de enfriamiento.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 2 Planos del cuerpo estructural.....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 3 Campana de extracción</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 4 Manual de instrucciones del controlador REX – C100.....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 5 Ficha técnica del extractor CENTURY.....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 6 Ficha técnica de la bomba de agua CENTURY modelo 6B1170B.....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 7 Ficha técnica de la bomba de agua EVANS modelo AQUA120W-F.....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 8 AC contactor 3SC8</i>	<i>91</i>
<i>Anexo 9 Diagrama de control.....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 10 Diagrama de potencia.....</i>	<i>94</i>

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
°C	<i>Unidad de medida de temperatura</i>	<i>Grados Celsius</i>
Gpm	<i>Flujo de líquidos</i>	<i>gal/m</i>
mm	<i>milímetros</i>	<i>mm</i>
g/cm ³	<i>Gramos por centímetro cubico</i>	<i>g/cm³</i>
Mpa	<i>Mega pascales</i>	<i>MPa</i>
HP	<i>Caballos de potencia</i>	<i>HP</i>
V	<i>Voltaje</i>	<i>Voltios</i>
A	<i>Amperaje</i>	<i>Amperios</i>
RPM	<i>Revoluciones por minuto</i>	<i>RPM</i>
Kg	<i>Kilogramos</i>	<i>Kg</i>
ft	<i>Pies</i>	<i>ft</i>
m	<i>Metros</i>	<i>m</i>
W	<i>Vatios</i>	<i>W</i>
L	<i>Litros</i>	<i>L</i>

RESUMEN

En el proceso de fabricación de madera plástica, el enfriamiento juega un papel fundamental para la empresa Agrorecicla. Con el objetivo de mejorar esta etapa crucial, la empresa ha tomado la decisión de sustituir su sistema de enfriamiento manual, el cual generaba un alto desperdicio de agua y experimentaba fallas constantes, por un sistema automatizado.

El proceso de implementación del sistema de enfriamiento automatizado comenzó con evaluaciones para determinar la ubicación óptima y los requisitos espaciales, al tiempo que se llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre los diferentes tipos de torres de enfriamiento.

Utilizando la información recopilada y las decisiones tomadas, se elaboraron los planos de la estructura del sistema de enfriamiento. Estos planos fueron el punto de partida para el desarrollo y construcción del diseño final, teniendo en cuenta aspectos como el costo y la calidad de los productos. Paralelamente, se llevó a cabo la construcción del tablero eléctrico, cuya función principal es controlar la temperatura y el llenado de los tanques.

En resumen, este estudio proporciona una base sólida para futuras mejoras en el diseño y funcionamiento del sistema de enfriamiento. Los análisis y pruebas realizadas respaldan la eficiencia del sistema al demostrar su capacidad para mantener y reducir la temperatura en un rango de 17 a 20 °C, lo cual facilita la extracción de los moldes de acero. Además, el sistema utiliza el agua de manera eficiente, aumenta la producción y opera a un costo más competitivo en comparación con otras máquinas disponibles en el mercado.

Palabras claves: Madera plástica, Enfriamiento, Sistema automatizado, Torre de enfriamiento, Temperatura.

ABSTRACT

In the manufacturing process of plastic wood, cooling plays a fundamental role for the company Agrorecicla. With the aim of improving this crucial stage, the company has decided to replace its manual cooling system, which generated high water waste and experienced constant failures, with an automated system.

The implementation process of the automated cooling system began with evaluations to determine the optimal location and spatial requirements, while conducting thorough research on different types of cooling towers. Using the gathered information and decisions made, the blueprints for the cooling system's structure were developed. These blueprints served as a starting point for the development and construction of the final design, taking into account aspects such as cost and product quality. Simultaneously, the construction of the electrical control panel was carried out, which is responsible for controlling the temperature and filling of the tanks.

In summary, this study provides a solid foundation for future improvements in the design and operation of the cooling system. The conducted analyses and tests support the efficiency of the system by demonstrating its ability to maintain and reduce the temperature within a range of 17 to 20 °C, facilitating the extraction of steel molds. Additionally, the system uses water efficiently, increases production, and operates at a more competitive cost compared to other machines available in the market.

Keywords: Plastic wood, Cooling, Automated system, Cooling tower, Temperature.

INTRODUCCIÓN

La empresa Agrocicla ha encontrado una alternativa muy bien recibida al utilizar materiales reciclados en la fabricación de sus productos e insumos. Esta elección les permite aprovechar recursos existentes de manera responsable, promoviendo así la sostenibilidad en sus procesos. Mediante un cuidadoso proceso de selección, aglutinado, trituración, mezcla de plástico, extrusión y enfriamiento, se logra madera plástica de alta calidad y durabilidad.

Es frecuente que en las industrias se utilice el agua para transferir grandes cantidades de calor generadas durante los procesos. Las torres de refrigeración son uno de los mecanismos más comunes, económicos y respetuosos con el medio ambiente para llevar a cabo el proceso de enfriamiento y disipación de calor.

Las torres de enfriamiento se destacan por su alta eficiencia y tecnología respetuosa con el medio ambiente, lo que contribuye a reducir las emisiones de CO₂ al limitar el consumo de energía eléctrica. Además, el enfriamiento evaporativo utilizado en estas torres permite reutilizar más del 95% del agua involucrada en su funcionamiento. Solo una pequeña cantidad se evapora y otra se evacua, lo que minimiza el desperdicio de agua. Además, que las torres de enfriamiento son seguras y no representan riesgos para la salud humana.

En la actualidad, existen distintos tipos de torres de enfriamiento, aunque comúnmente se utilizan sistemas de refrigeración, como en aire acondicionado o producción de frío, estos mecanismos también se emplean en el ámbito industrial para enfriar cualquier parte del proceso que genere calor. Por ejemplo, se utilizan en plantas eléctricas, petroquímicas, fabricación de acero, entre otros.

El objetivo de este proyecto es diseñar una torre de enfriamiento que garantice temperaturas óptimas para el desprendimiento de la madera plástica de los moldes de acero, evitando el sobrecalentamiento. Además, se busca ahorrar energía y reducir los costos de producción al

implementar un sistema eficiente de enfriamiento. Se utilizará el principio de enfriamiento evaporativo para reutilizar el agua como refrigerante, evitando así el desperdicio y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

El primer capítulo tiene como objetivo presentar el marco teórico relacionado con los componentes clave del sistema de enfriamiento. Se abordarán diferentes aspectos, como los tipos de torres de enfriamiento disponibles, los sistemas de control y la transferencia de calor. Estos temas serán explorados a través de una exhaustiva investigación para proporcionar una base sólida de conocimiento en el área de estudio.

En el segundo capítulo, se lleva a cabo una evaluación minuciosa de las diferentes opciones disponibles para la implementación del sistema de enfriamiento. A través de cuadros comparativos, se detallan los componentes considerados, sus características y su funcionamiento específico en el proceso de enfriamiento. Esta evaluación exhaustiva permite seleccionar la mejor alternativa que cumpla con los requisitos del proyecto.

En el tercer capítulo, se realiza la simulación de la estructura utilizando los softwares MDSolids y SolidWorks, junto con el cálculo del factor de seguridad y de transferencia de calor. Estos análisis permiten evaluar las tensiones y deformaciones presentes en la estructura, asegurando su confiabilidad y seguridad durante la operación. Además, los cálculos de transferencia de calor proporcionan información importante sobre el funcionamiento de la torre de enfriamiento, incluyendo la temperatura de entrada, que suele ser alta, y la temperatura de salida, que se espera que sea más baja. Esto brinda una visión clara del rendimiento térmico del sistema.

En el cuarto capítulo, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas a partir de la implementación del sistema de enfriamiento automatizado. Se detallan en tablas todos los

componentes y elementos utilizados en el proceso de construcción, junto con sus respectivos costos, con el objetivo de evaluar la rentabilidad del sistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Después de llevar a cabo un estudio en la empresa Agrorecicla, se pudo observar que el proceso de enfriamiento de la madera plástica se realiza en una tina, donde se requiere un flujo constante de agua con una temperatura controlada entre 13 y 20 °C, suministrada a través de una llave principal. Debido a que este proceso se lo realiza de forma manual, es difícil controlar de manera precisa la temperatura a causa de la variación de agua y el calor que desprende los moldes de acero. Como resultado, cuando la temperatura supera los 27 °C, el plástico se adhiere fuertemente al molde de acero, lo que obliga al operario a golpear y sumergir constantemente hasta que el plástico se desprenda por completo del molde. Además, se produce un gran desperdicio al tener fluyendo el agua continuamente y echar a perder la misma por la cañería.

La falta de un proceso automatizado es un factor crítico que afecta negativamente la producción y calidad del producto, dando lugar a precios irregulares o incluso al desperdicio del mismo, sin olvidar las pérdidas económicas para la empresa Agrorecicla.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para fabricar productos utilizando plástico reciclado, se combinan los compuestos a temperaturas elevadas y se emplean diversas técnicas como la extrusión, el moldeo por inyección y el enfriamiento, es importante controlar los valores de temperatura en la sección de enfriamiento utilizado para desprender la madera plástica del molde. Durante la inyección, el plástico se vuelve más maleable y blando alcanzando temperaturas superiores a los 200 °C, si no se realiza correctamente, este fenómeno puede afectar el proceso de compactación (síntesis) de la materia prima y deteriorar la calidad del molde utilizado.

La explotación y contaminación insostenible de los recursos de agua dulce es también un gran desafío para la empresa Agrorecicla, ya que el proceso de enfriamiento requiere una cantidad significativa de agua y necesitan encontrar soluciones efectivas para abordar este problema. La contaminación causada por las industrias es una preocupación importante a nivel mundial. Cada año, se descargan alrededor de 300 a 500 millones de toneladas de residuos tóxicos, como metales pesados, productos farmacéuticos, productos químicos, entre otros, lo que agrava aún más la situación. Además, el creciente desarrollo industrial ha generado un aumento en la demanda de agua, lo que ha llevado a una explotación excesiva de las fuentes hídricas. Además, el uso de sistemas de distribución inadecuados e ineficientes ha generado problemas de contaminación, mal uso y desperdicio de agua.

OBJETO DE ESTUDIO

El objetivo principal del estudio del sistema de enfriamiento es obtener información experimental sobre la temperatura en la cual el material se desprende fácilmente de los moldes, utilizando esta información para el diseño y análisis del sistema de control en la torre de enfriamiento. El propósito de este sistema es mantener la temperatura del agua en un rango específico de entre 17 y 20 °C, con el fin de poder utilizarla para enfriar la madera plástica durante su proceso de producción. Además, se realizará un estudio mediante simulación para seleccionar los componentes necesarios para la automatización del sistema de enfriamiento. Esto permitirá simplificar el manejo de estas operaciones por parte de los operadores y garantizar una mayor eficiencia en el proceso.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A medida que las tecnologías como la automatización maduran a nivel global, en Ecuador hay varias empresas que han comprendido que la implementación de una automatización puede transformar su modelo de negocio, ofreciendo ahorros y múltiples beneficios a la compañía. Conforme su expansión, surgen más componentes que forman parte de sus procesos continuos, lo que hace necesario la implementación de sistemas de automatización avanzados para simplificar el manejo de estas operaciones por parte de los operadores.

Al automatizar el sistema de enfriamiento, se logra la capacidad de monitorear en tiempo real los cambios en la temperatura, así como también controlar el flujo y la recirculación del agua. El sistema está compuesto por bombas de agua y sensores de nivel, el control del mismo evaluará la veracidad de cada regla preestablecida, tomando decisiones en cuanto a los cambios necesarios en las variables de salida, como los ventiladores. Al integrar estos elementos, se consigue un control dinámico y preciso del sistema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de enfriamiento de madera plástica para la empresa Agrorecicla.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar experimentalmente la temperatura de la madera plástica mediante ensayos físicos con el fin de establecer un intervalo de enfriamiento en agua que sea apropiado para el desprendimiento de los moldes de acero.
- Diseñar los equipos mecatrónicos y componentes necesarios mediante cálculos y software de diseño para la implementación del sistema de enfriamiento.
- Realizar pruebas de campo en el sistema de enfriamiento para validar su eficiencia y garantizar que cumpla con los requisitos establecidos por Agrorecicla.

HIPÓTESIS DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN

¿El diseño de una máquina de enfriamiento con sistema de control automático en el proceso de elaboración de madera plástica reciclada para la empresa Agrorecicla mejorará la eficiencia del enfriamiento y facilitará la extracción del producto de los moldes en comparación con el sistema manual anterior?"

El control adecuado de la línea de enfriamiento es esencial en el proceso de elaboración de madera plástica reciclada y es una prioridad para la empresa Agrorecicla. Por lo tanto, se planea diseñar una máquina de enfriamiento que incorpore un sistema de control automático capaz de mantener una temperatura óptima y constante para el proceso de enfriamiento del agua, lo que permitirá reducir el tiempo de enfriamiento y mejorar la calidad del producto, aumentando la vida del molde de acero. Se espera que el sistema automático sea fácil de usar para el operario y aumente la rentabilidad del producto final. Para comprobar esta hipótesis, se llevarán a cabo pruebas y análisis de los resultados después de la implementación del sistema.

ALCANCE DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN

El proyecto tiene como objetivo principal diseñar un sistema de enfriamiento que permita mantener una temperatura óptima entre 17 y 20 °C, que controle automáticamente el flujo de agua en todo el proceso de enfriamiento. Además, el sistema incluirá una función de reciclaje del agua para aumentar la eficiencia del proceso y preservar el recurso natural. El proyecto se enmarca dentro del área de mecatrónica, automatización, programación, electrónica y electricidad, con el propósito de resolver los problemas actuales que enfrenta la empresa Agrocicla en cuanto al desprendimiento de la madera plástica.

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

Este primer capítulo se enfoca en la revisión exhaustiva de la teoría actualmente disponible en relación al sistema de enfriamiento y al sistema de control que se va a tratar, exponiendo con claridad la meta y dirección del proyecto a alcanzar.

1.1 Agrorecicla – información de la planta

Agrorecicla se encuentra ubicado al norte de Quito en la calle Las Semillas y pasaje 49 sector de Calderón como se observa en la Figura 1. La instalación dispone de una superficie de 435.33 metros cuadrados adecuada para la fabricación de madera plástica, a partir de materiales plásticos reciclados.

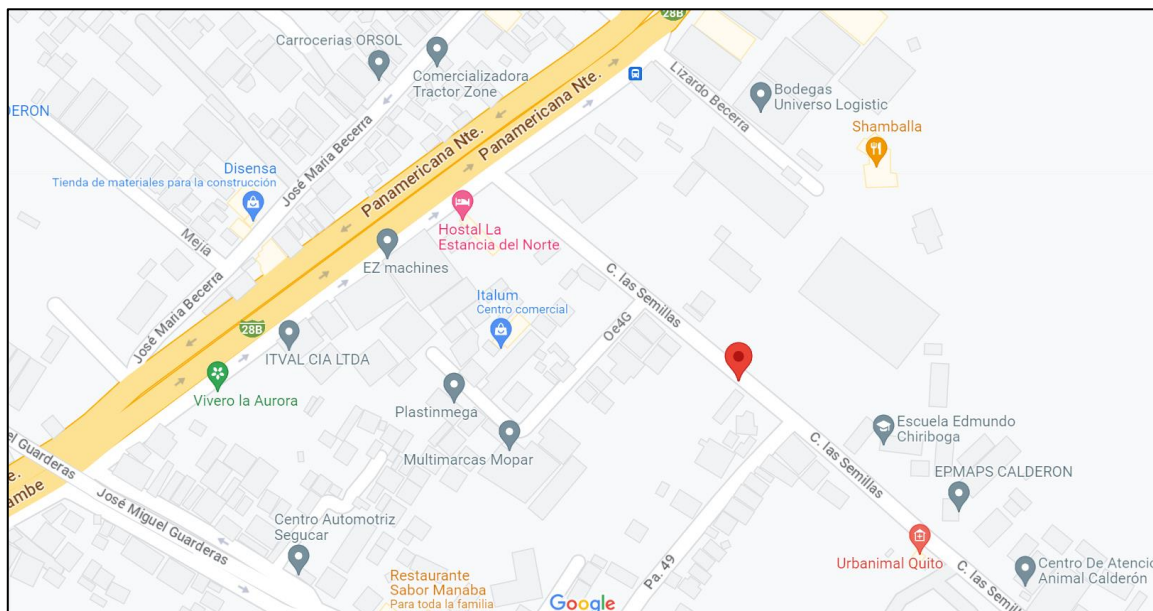


Figura 1 Mapa de ubicación de la empresa Agrorecicla

1.2 Madera plástica

“La madera plástica está hecha de plástico reciclado o material virgen, típicamente resina de polietileno (HDPE y LPDE), poliestireno o cloruro de polivinilo (PVC)” [1]. “La madera plástica es un material de los denominados ecológicos ya que, por un lado, ayuda en el proceso

de conservación de la naturaleza al sustituir en muchas aplicaciones a la madera natural y, por otro está fabricado a partir de residuos de envases que, de otra forma acabarían depositados en cualesquiera vertederos de residuos, o incinerados, ahorrando materias primas vírgenes, energía y la correspondiente contaminación” [2].

1.2.1 Aplicaciones de la madera plástica

La madera plástica es una alternativa atractiva a la madera tradicional y otros materiales de construcción debido a su amplia variedad de aplicaciones y su resistencia a golpes, condiciones climáticas adversas, agentes químicos y biológicos, y bajos niveles de inflamabilidad. Además, su vida útil es de aproximadamente 150 años y no se altera con el tiempo. A simple vista, se parece a la madera natural, pero es mucho más durable por ser de plástico. Es muy útil para sectores como construcción, ganadería, agricultura, industria; por ejemplo, la construcción de parques infantiles, muebles, cerramientos, techos, invernaderos, viveros, entre otros.

1.3 Torres de enfriamiento

La producción industrial genera una cantidad excesiva de energía térmica, la cual es necesario enfriar, por lo tanto, se opta por construir una torre de enfriamiento. El propósito de esta torre es reducir la temperatura y disipar el calor de grandes volúmenes de agua que circulan por el sistema, este proceso implica fenómenos de intercambio de calor como la evaporación que ocurre cuando la agua entra en contacto con el aire [3].

Las torres de enfriamiento son una alternativa de bajo costo en comparación con otros dispositivos de enfriamiento, como los intercambiadores de calor que utilizan una pared para llevar a cabo el proceso de enfriamiento. Estas torres se emplean cuando se necesita enfriar a temperaturas bajas, usualmente entre los 5 y 25 °C [3].

Como se observa en la Figura 2, a través de una bomba, se hace circular agua caliente que se rocía uniformemente en la parte superior de la torre mediante boquillas que cuentan con un mecanismo de dispersión por rocío. Para enfriar el agua, ésta cae a través de la torre y choca con un material de relleno que aumenta su contacto con el aire. El aire se introduce forzadamente o se extrae con ventiladores, lo que provoca que la temperatura del agua se reduzca hasta que alcanza la temperatura de ingreso de aire, que es la temperatura límite de enfriamiento del líquido. Una vez que el agua ha sido enfriada, retorna a la planta para intercambiar nuevamente su temperatura y repetir el proceso de recirculación [4].



Figura 2 Torre de enfriamiento [5].

1.4 Modelos de torres de enfriamiento

1.4.1 *Circulación natural*

Existen diferentes tipos de torres de enfriamiento, entre ellas se encuentran las torres de refrigeración atmosférica, las cuales se caracterizan por no utilizar ventiladores para crear un flujo de aire, sino que aprovechan la diferencia de densidades entre el aire más frío y húmedo del interior de la torre y el aire exterior. Se utilizan chimeneas de gran altura, y debido a las dimensiones de estas torres, se requieren flujos de agua de más de 200000 gpm [4].

1.4.2 Tiro mecánico

1.4.2.1 Tiro forzado

En este tipo de estructura, se sitúan los ventiladores en la sección inferior, los cuales empujan el aire hacia el interior de la torre, tal como se ilustra en la Figura 3. El aire es impulsado horizontalmente por el ventilador, pasando a través del relleno de la torre, chocando con el agua que lo atraviesa y produciéndose el intercambio de calor y masa. Finalmente, el aire sale por la parte superior de la torre [4] [6].

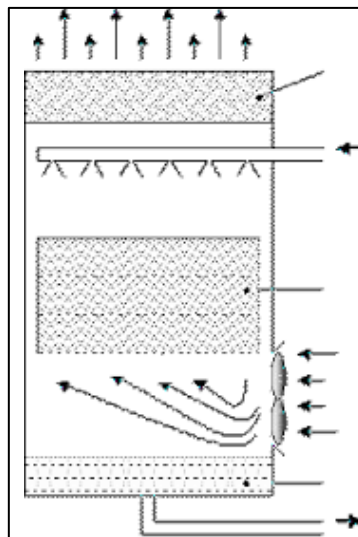


Figura 3 Torre de flujo a contracorriente y tiro forzado [7].

1.4.2.2 Tiro inducido

En comparación a las torres de tiro forzado, este grupo trabaja por medio de depresión, en otras palabras, su ventilador se ubica en la parte superior, para extraer el aire caliente y liberarlo al ambiente, permitiendo que el aire entre por una o varias paredes de la torre como se observa en la Figura 4. El intercambio de temperatura se vuelve más eficiente y rápido gracias al flujo de aire en dirección perpendicular al del agua, lo que permite construir torres con dimensiones más compactas en comparación con su altura [3] [6].

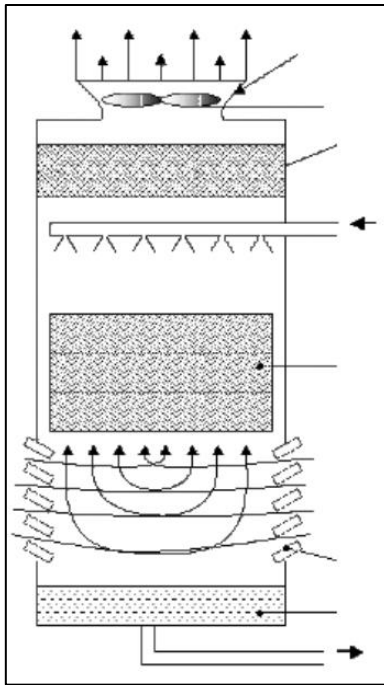


Figura 4 Torre de flujo a contracorriente y tiro inducido [7].

1.5 Elementos de la torre de enfriamiento

1.5.1 Ventilador

Su función es extraer el vapor o aire caliente desde el interior hacia el exterior, utilizando un conjunto de elementos que incluye un motor, una transmisión y unas aspas. Debido a que su labor se realiza en ambientes con altos niveles de humedad y temperatura, es fundamental que estos equipos cuenten con protección adecuada [6] [8].

1.5.2 Bomba de circulación de agua

El sistema está compuesto por una serie de tuberías y conductos que permiten el paso del líquido hacia el interior de la torre para luego ser rociado sobre el material de relleno. Se pueden emplear dos métodos de distribución: el primero es mediante la fuerza de la gravedad, mientras que el segundo implica el uso de una bomba de agua para generar presión y distribuir el fluido [6] [8].

1.5.3 Relleno

Es el material esencial en las torres de enfriamiento, desempeña dos roles importantes: en primer lugar, aumenta la interacción entre el aire y el agua mejorando la transferencia de calor, en segundo lugar, prolongar el tiempo de intercambio de calor. El relleno puede estar compuesto de distintos materiales, como plástico, madera, cerámica, entre otros, y su diseño y características varían dependiendo del tipo de torre y las necesidades de enfriamiento específicas del proceso, lo que representa alrededor del 60 - 70% de la torre de refrigeración [6] [8].

1.5.4 Rociadores

Su función es permitir que el agua fluya en el interior de la torre mediante la creación de presión que obliga al líquido a pasar por un orificio de reducido tamaño, lo que genera una fina neblina o rocío para aumentar la superficie de contacto y lograr una distribución uniforme del flujo de agua sobre el relleno [6] [8].

1.6 Estructura

Para lograr una estructura resistente en las torres de enfriamiento, se emplean materiales como el acero inoxidable o galvanizado, así como elementos de fijación principalmente de acero inoxidable. Estos materiales brindan una excelente resistencia ante la exposición al medio ambiente y al agua [3].

1.7 Teorema de Merkel

En el trabajo de Hensley titulado "Cooling Tower Fundamentals", se describe una torre de enfriamiento como un dispositivo de transferencia de calor, facilitando el contacto directo entre el líquido y el aire [9].

El Dr. Merkel ha realizado contribuciones significativas en el campo de la transferencia de masa y calor, específicamente en equipos como las torres de enfriamiento. Estas contribuciones

han permitido un mayor entendimiento y análisis del intercambio de energía que ocurre entre el contacto del aire y el agua en el interior de la torre [6][3], demostrando el flujo de masa y energía del agua a la interfase y de la interfase a la masa gaseosa. Esta diferencia de entalpía es un factor determinante en la cantidad de calor transferido durante el proceso de enfriamiento [10].

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dt}{h' - h} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

K = coeficiente de transferencia de masa en lb de agua/ ($h * ft^2$)

a = área de contacto en ft^2/ft^3 de volumen de la torre

V = volumen de enfriamiento activo en ft^3/ft^2 de área plana

L = velocidad del agua en $lb/(h * ft^2)$

h' = entalpía del aire saturado a la temperatura del agua en Btu/lb

h = entalpía de la corriente de aire en Btu/lb

T_1 y T_2 = temperaturas del agua en la entrada y en la salida en °F

1.8 Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son instrumentos empleados para detectar y medir la temperatura de fluidos, aire o agua. Estos dispositivos convierten una señal eléctrica en una medida que puede ser interpretada en grados Celsius u otras unidades del Sistema Internacional (SI) [3].

En la actualidad, se han realizado mejoras y desarrollos continuos en estos sensores con el fin de lograr un control más preciso. Existe una amplia variedad de sensores diseñados para medir la temperatura en diversos procesos industriales [6]. La Tabla 1 presenta una amplia gama de dispositivos capaces de medir la temperatura.

Tabla 1 Instrumentos de medición de temperatura [11]

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA			
Eléctricos	Mecánicos	Radiación térmica	Químicos
Termocuplas	Termómetro de mercurio	Pirómetros ópticos	Termómetros químicos
Termorresistencias	Termómetro bimetálico	Pirómetro por infrarrojos	Termómetro de gas químico
Termistores	Termómetro de expansión	Termopila de infrarrojos	termómetro de vapor químico
Sensores de silicio con efecto resistivo	Termómetro de gas	Sensor de temperatura de infrarrojos	Termómetro de líquido químico
	Termómetro de líquido dilatante	Sensor de temperatura de onda de luz	Termómetro de sólido químico

1.9 Sistemas de control

Los sistemas de control son una parte fundamental en la vida cotidiana, especialmente en la interacción entre humanos y máquinas. Estos sistemas se pueden encontrar en todo tipo de situaciones, como por ejemplo al conducir un automóvil, donde es necesario controlar el vehículo para llegar al destino deseado. El propósito de un sistema de control es integrar diferentes procesos para cumplir con un conjunto de especificaciones en las salidas de dichos procesos, un ejemplo típico es el control del nivel de agua en un tanque, en el cual la apertura o cierre de la válvula correspondiente dependerá del nivel del líquido para mantenerlo en un nivel específico [12].

En la actualidad, el control automático se utiliza para liberar al ser humano de tareas repetitivas, permitiendo mover grandes máquinas con gran precisión y exactitud, regulando su posición y

velocidad, desde los más simples controles, hasta situaciones de complejidad del sistema a controlar.

1.9.1 Lógica difusa

Los conjuntos difusos ofrecen la capacidad de manipular información que carece de precisión al evaluar una variable, lo cual constituye una extensión de la teoría convencional de conjuntos que solo considera dos opciones: que un elemento pertenezca o no a un conjunto. Mediante el uso de la Lógica Difusa, se pueden establecer afirmaciones lógicas condicionales utilizando conjuntos difusos [13].

1.9.2 Control ON/OFF

También conocido como “Todo” o “Nada” es bastante sencillo y económico, su algoritmo solamente comprueba si la variable de proceso se halla superior o inferior a un valor de referencia preestablecido como se observa en la Figura 5. En ciertas situaciones, es importante que el proceso se desarrolle gradualmente, por ejemplo, en el caso del termostato que regula la temperatura en una casa.

Cuando la temperatura cae por debajo del valor establecido (setpoint), el termostato activa el sistema de calefacción para que caliente la casa. Una vez que se alcanza la temperatura deseada, el termostato desactiva el sistema de calefacción para evitar el sobrecalentamiento [14] [15].

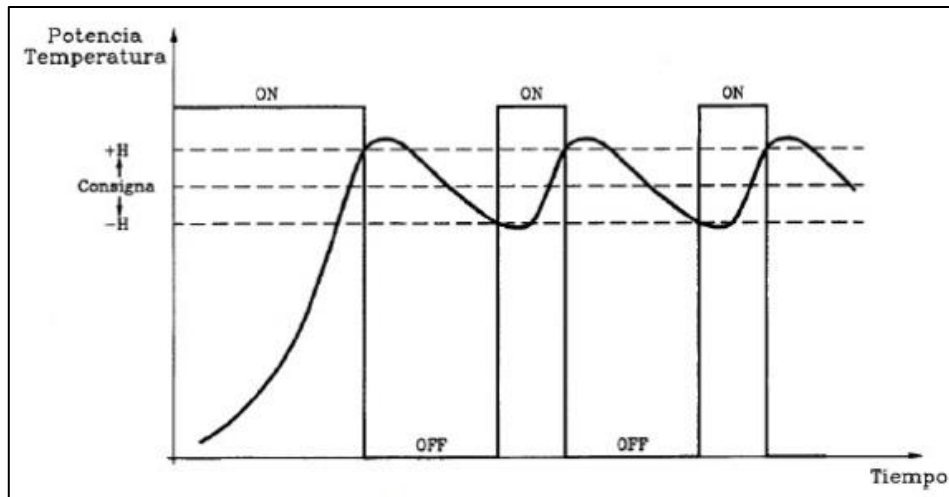


Figura 5 Funcionamiento de un control ON/OFF [15].

Para proteger los dispositivos de control de posibles daños, se implementa un control ON/OFF con histéresis. Este tipo de control implica que la temperatura debe exceder el valor deseado (setpoint) en cierta cantidad antes de que la salida se desconecte nuevamente. En otras palabras, cuando la temperatura supera el setpoint en unos pocos grados, el control de calentamiento se apaga. La cantidad de histéresis establece la mínima variación posible [14] [15].

1.9.3 Controlador PID

El PID es un controlador clásico que ha sido ampliamente desarrollado y utilizado en sistemas de control automático durante las últimas décadas para abordar la complejidad de los procesos industriales. Actualmente, representa el 98% de los controladores implementados en diversas áreas y aplicaciones. El controlador PID es el resultado de la combinación de tres acciones fundamentales de control, proporcional, integral y derivativo [15].

- **Acción de control proporcional (P):** El controlador genera una salida proporcional al error, lo que significa que internamente utiliza una constante de proporcionalidad llamada K_p para multiplicar la señal de error [16]. Cuanto mayor sea el error,

mayor será la salida proporcional del controlador.

$$C_p(s) = K_p \quad \text{Ecuación (2)}$$

- **Acción de control integral (I):** La acción integral representa la acumulación o suma del error de la señal a lo largo del tiempo. Al emplear esta acción, se logra reducir el error del sistema cuando alcanza un estado estable. Sin embargo, la introducción de la acción integral agrega inercia al sistema, lo que podría hacerlo más lento y potencialmente más inestable [16].

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$C_i(s) = \frac{K_i}{s} \quad \text{Ecuación (4)}$$

- **Acción de control proporcional – integral (PI):** Un control PI es un componente de transferencia utilizado en sistemas de control de bucle cerrado que incluye elementos tanto proporcional (P) como integral (I). Su objetivo es ajustar la señal de control en base al error existente entre la variable controlada y la variable deseada. Esto resulta en una respuesta rápida y proporcional al error actual [17].

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$C_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

- **Acción de control proporcional – derivativa (PD):** Combina la respuesta proporcional al error actual con la capacidad de anticiparse al cambio del error en el tiempo. Esto mejora la respuesta del sistema y controla su comportamiento antes de que la magnitud del error se vuelva excesivamente grande. Esta característica

permite una regulación más precisa y estable del sistema, ya previniendo oscilaciones y mantener el sistema dentro de los límites deseados [17].

$$\mathbf{u}(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$C_{PD}(s) = K_p + sK_p T_d \quad \text{Ecuación (8)}$$

- **Acción de control proporcional – integral – derivativa (PID):** Este tipo de controlador es muy utilizado a través de un lazo de retroalimentación para la regulación el estado de salida de variables como la velocidad, temperatura, presión y flujo en procesos industriales [17].

$$\mathbf{u}(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad \text{Ecuación (10)}$$

La Figura 6 muestra de manera gráfica el funcionamiento del controlador PID mediante diagramas de bloques.

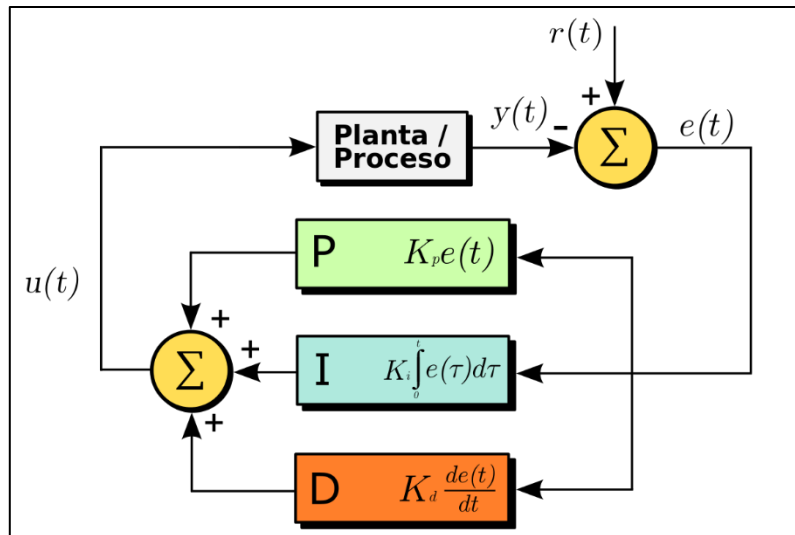


Figura 6 Diagrama de bloques del funcionamiento de un controlador PID [3].

El controlador PID se encarga de calcular la diferencia entre la variable real y la variable deseada (Set-Point) mediante la retroalimentación. La retroalimentación y el control son conceptos clave en el proceso de diseño, ya que, proporcionan un monitoreo preciso del sistema, logrando eliminar muchos de los errores que un operador podría cometer [17].

1.10 Resumen del capítulo 1

Finalmente, las torres de enfriamiento son una herramienta esencial y económica en la refrigeración industrial para la dispersión del calor en grandes cantidades de agua, mientras que los sistemas de control son una herramienta útil para establecer relaciones lógicas en situaciones de información poco clara o imprecisa. En resumen, estos mecanismos y sistemas son ampliamente utilizadas en diversas áreas para mejorar la eficiencia y precisión de los sistemas y proyectos.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este segundo capítulo, se planteará algunas alternativas para enfriar el proceso de desprendimiento de la madera plástica de los moldes de acero. Se presentan opciones de dispositivos de enfriamiento como los intercambiadores de calor y los sistemas de control PID y ON/OFF con histéresis para automatizar y controlar la temperatura. Mediante cuadros comparativos de cada opción, se seleccionará el sistema de control automatizado y mecanismo de enfriamiento más adecuada para lograr el objetivo de este proyecto.

2.1 Antecedentes

Desde tiempos remotos, la refrigeración se ha utilizado para la conservación de los alimentos. Culturas antiguas como la china, la griega, la romana y la hebrea almacenaban grandes cantidades de nieve en pozos de tierra aislados con madera y paja, donde podían mantener frescos sus alimentos. Los egipcios fueron particularmente sofisticados en el uso de la refrigeración desde tiempos inmemoriales. Por ejemplo, colocaban tarros de barro llenos de agua hervida en las azoteas, aprovechando la refrigeración que se producía al exponerlos al aire frío de la noche [18].

En 1918 Frederick Gardner Cottrell ideó una torre de enfriamiento que empleaba la ionización para eliminar las partículas de agua caliente y vapor de las plantas de energía eléctrica. Gracias a este método, se logró una transferencia de calor más eficiente y una disminución en los gastos de enfriamiento [19].

Inicialmente, la torre de enfriamiento funcionaba como una fuente que impulsaba el agua hacia arriba para que entrara en contacto con el aire circundante y se enfriara. Sin embargo, este método presentaba problemas como la pérdida de agua y la falta de control en la temperatura

del agua fría producida. Además, se descubrió que para lograr una temperatura más baja era necesario aumentar el área de superficie expuesta al aire.

La automatización de los procesos industriales otorga autonomía y fiabilidad en la industria, lo que conduce a reducir los costos operativos y aumentar la calidad y precisión. En la actualidad, este avance ha permitido una administración más efectiva y precisa del proceso de enfriamiento de los procesos industriales. Las torres de enfriamiento utilizan elementos que trabajan juntos para intercambiar calor y completar un ciclo de evaporación o condensación. Para lograr esto, se utilizan equipos que permiten la supervisión y regulación en tiempo real de la temperatura del agua, la velocidad del flujo del aire y la cantidad de agua, lo que posibilita ajustar los parámetros de funcionamiento de la torre de enfriamiento para obtener una mayor eficiencia energética y un rendimiento superior [20].

2.2 Alternativas de mecanismos de enfriamiento

2.2.1 Primera alternativa - Torres de enfriamiento

Conforme se expuso en la sección 1.4, existen diversos tipos de torres de enfriamiento, pero nos centraremos principalmente en el tipo de tiro mecánico inducido. En este diseño, el ventilador se encuentra en la parte superior de la torre y su función es extraer el aire del interior, el cual ha ingresado a través de aberturas ubicadas en la parte inferior de la estructura.

Para el ingeniero Ortiz *“Las torres de tiro inducido descargan aire caliente directo a la atmósfera. El aire puede entrar en una o más paredes de la torre, con lo cual se consigue reducir en gran medida la altura de la entrada de aire. Particularmente, las torres de tiro inducido son de flujo cruzado, por lo que el aire circula en dirección perpendicular respecto al agua que desciende.”* [6]

2.2.2 Segunda alternativa - Intercambiadores de calor

Las torres de enfriamiento, que emplean la refrigeración evaporativa como sistema, se han convertido en una alternativa popular en los últimos años, debido a su eficiencia, bajo costo y aspectos ecológicos. Aunque, en la industria, hay otras opciones para satisfacer las necesidades de enfriamiento en grandes volúmenes de agua, como los intercambiadores de calor.

Son ampliamente utilizados en la industria y existen varios tipos con características variadas como se observa en la Figura 7. Su importancia ha aumentado debido a la necesidad de ahorrar energía y tener equipos eficientes, y son fundamentales en sistemas complejos como calefactores, aire acondicionado, refrigeradores y sistemas de automóviles [21].

En términos generales, un intercambiador de calor es un dispositivo basado en la termodinámica que permite transferir calor entre dos fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas, ya sea de forma directa o indirecta. Es importante destacar que en algunos casos los fluidos utilizados en el intercambiador de calor pueden estar en contacto directo, mientras que en otros no. Cuando están en contacto directo, permite que el calor se transfiera del fluido con mayor temperatura al de menor temperatura por medio del contacto de las paredes metálicas que separan los fluidos [21] [22].



Figura 7 Intercambiador tubular [22].

2.3 Alternativas de sensores

2.3.1 Primera alternativa - Termorresistencias

El RTD (Detector de temperatura resistivo) es un sensor utilizado en la instrumentación para medir la temperatura de diferentes medios, como líquidos, gases, sólidos y superficies. Consiste en un alambre de platino que se coloca en un material aislante y se enrolla en forma de bobina o espiral como se observa en la Figura 8, lo cual permite sumergirlo en el medio a medir. El funcionamiento del RTD se basa en la variación de su resistencia eléctrica en respuesta a los cambios de temperatura. A medida que la temperatura cambia, la resistencia del RTD también varía, lo que permite obtener mediciones precisas de temperatura [11] [23].

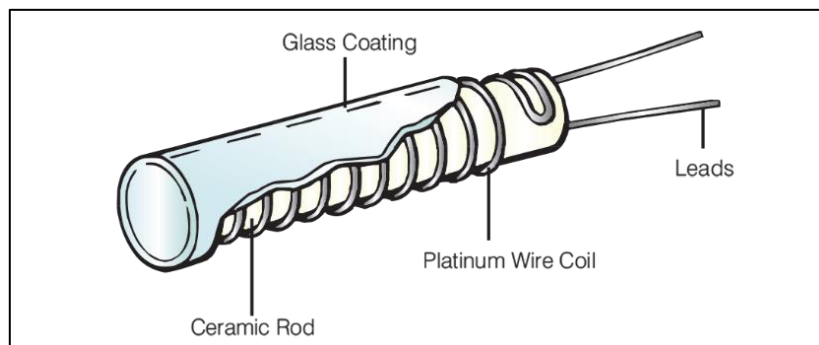


Figura 8 Estructura interna de un sensor RTD [23].

2.3.2 Segunda alternativa - Termistor

Los termistores son dispositivos electrónicos semiconductores no lineales y altamente sensibles. Están compuestos por una mezcla sintetizada de óxidos metálicos y exhiben cambios en su resistencia en respuesta a las variaciones de temperatura. Esta variación puede ser positiva o negativa, lo que determina si el termistor es clasificado como NTC (Coeficiente de temperatura negativo) si su coeficiente de temperatura de resistencia es negativo, o como PTC (Coeficiente de temperatura positivo) si es positivo [11] [24].

Los termistores se utilizan para medir o detectar la temperatura en gases, líquidos y sólidos. Debido a su reducido tamaño, estos dispositivos se diseñan específicamente para ofrecer una adecuada protección en diversos entornos. Pueden estar fabricados en acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales [11].

2.4 Alternativas de los controladores de temperatura

2.4.1 Primera alternativa - Controlador de temperatura Rex C100

El REX-C100 es un controlador de temperatura de tipo montaje de panel estándar ampliamente empleado en diversas aplicaciones industriales y de automatización, tales como la alimentaria, química, farmacéutica, textil, y del plástico. Dispone de una pantalla LCD que muestra la temperatura y otros parámetros de control como se observa en la Figura 9 [25].



Figura 9 Controlador de temperatura REX-C100 [25].

Además del control PID regular, el controlador también se puede configurar para operar como un controlador P, PD, PID u ON/OFF. El REX - C100 admite diferentes modos de salida, incluyendo relé, pulso de voltaje para control de SSR operado mediante un pulso de voltaje. Este pulso de voltaje puede generarse a través de una salida de corriente de 4-20 mA o mediante un pulso controlado por ángulo de fase. Esta versatilidad de salida permite que el controlador se adapte a sistemas de calefacción o refrigeración [25].

A continuación, se observa en la Tabla 2 sus especificaciones técnicas.

Tabla 2 Características técnicas del sensor de temperatura REX-C100

ESPECIFICACIONES	VALOR
Modelo	REX-C100FK07-VAN (0-1300 °C)
Salida	SSR
Señal de entrada	Termopares K, E, S, B, J, T, R, Pt100, Cu100, Cu50, BA2, BA1.
Alimentación	100-240VAC 50Hz/60Hz
Precisión	±5% FS
Resolución	14bit
Periodo de muestreo	0.5 seg
Resistencia de aislamiento	>500mΩ (500VDC)
Temperatura de trabajo	0 ~ 50°C
Humedad	30 – 85 %RH
Dimensiones	107x47x47mm
Peso	135g

2.4.2 Segunda alternativa - Termostato digital STC-1000

Es un termostato digital que permite controlar la temperatura simultáneamente en ambas salidas para controlar frío y calor. Su pantalla muestra la temperatura con decimales para lograr una mayor precisión en el control de la misma como se observa en la Figura 10. Es posible configurar la temperatura de trabajo y la histéresis deseada, que es el margen de temperatura en el que se activarán las salidas del relé. Gracias a sus dos salidas simultáneas, este termostato es ideal para mantener una temperatura estable en diversas aplicaciones, tales como la refrigeración industrial, incubadoras, acuarios, terrarios, procesamiento de alimentos, saunas y cualquier otra aplicación que requiera un control de temperatura preciso [26].



Figura 10 Termostato STC 1000 [26].

A continuación, se observa en la Tabla 3 sus especificaciones técnicas.

Tabla 3 Características técnicas del sensor de temperatura digital stc-1000

ESPECIFICACIONES	VALOR
Modelo	STC-1000
Alimentación eléctrica	110/220 VAC 50/60 Hz
Escala de temperatura	-50° C a 99° C (ajustable)
Resolución	0.1° C
Precisión	±1° C (de -50° C a 70° C)
Tipo de sonda	NTC
Salida de relé de calor	10A-240 VAC (máx.)
Salida de relé de frío	10A-240 VAC (máx.)
Consumo de energía	3 W
Dimensiones	87x75x35 mm
Peso	110 g

2.5 Análisis de alternativas

Antes de diseñar el sistema completo de enfriamiento, es importante realizar una evaluación exhaustiva y comparativa de las diferentes opciones que ofrece el mercado. Dado que el controlador de temperatura es un factor crucial en el proceso y está estrechamente relacionado con el funcionamiento del mecanismo de enfriamiento, es esencial seleccionar la solución más

adecuada para asegurar una operación óptima y eficiente del sistema. En este sentido, se ha realizado un cuadro comparativo por cada alternativa propuesta.

A continuación, se presentan la Tabla 4 con las diferentes alternativas de los mecanismos de enfriamiento, la Tabla 5 con las distintas alternativas de los sensores y la Tabla 6 con las diversas alternativas de los controladores de temperatura.

Tabla 4 Cuadro comparativo del mecanismo de enfriamiento

	Torre de enfriamiento de tiro inducido	Intercambiador de calor
<i>Mecanismo de enfriamiento</i>	Utiliza aire para eliminar calor a través de la evaporación del líquido.	Utiliza un fluido refrigerante para transferir el calor del líquido a enfriar.
<i>Consumo de agua</i>	Medio consumo de agua.	Medio consumo de agua.
<i>Mantenimiento</i>	Requiere mantenimiento regular para limpiar el relleno y evitar la formación de algas y bacterias.	Requiere mantenimiento para limpiar los tubos y el intercambiador para evitar obstrucciones.
<i>Costos</i>	El costo inicial puede ser alto, pero tiene bajos costos operativos.	El costo inicial puede ser bajo, pero los costos operativos pueden ser más altos debido al uso de energía eléctrica para el funcionamiento del fluido refrigerante.
<i>Aplicaciones comunes</i>	Plantas de energía, procesamiento químico y petroquímico, enfriamiento de agua de proceso.	Sistemas de refrigeración de aire acondicionado, enfriadores de aceite, refrigeración de equipos electrónicos.
<i>Eficiencia</i>	Adecuadas para enfriar grandes volúmenes de líquidos a temperaturas moderadas.	Adecuados para enfriar líquidos a temperaturas precisas y constantes.
<i>Espacio de uso</i>	Debido a la circulación de aire, requieren un amplio espacio libre.	Requieren poco espacio

Tabla 5 Cuadro comparativo de los sensores

	TERMORRESISTENCIA	TERMISTOR
<i>Precisión</i>	Alta precisión	Precisión moderada
<i>Rango de temperatura</i>	-250 a 850 °C	-195 a 450 °C
<i>Costo</i>	Mas costoso	Económicos
<i>Respuesta</i>	Tiempo de respuesta moderado	Respuesta rápida
<i>Tamaño</i>	Grande	Pequeño
<i>Estabilidad</i>	Estabilidad a largo plazo	Estabilidad a corto plazo
<i>Salida</i>	Resistencia	Resistencia o voltaje dependiendo del tipo
<i>Sensibilidad</i>	Baja	Alta

Tabla 6 Cuadro comparativo de los controladores

	Termostato DIGITAL STC-1000	Controlador de temperatura REX C100
<i>Funciones</i>	Control de temperatura	Control de temperatura
<i>Pantalla</i>	Pantalla de siete segmentos	Pantalla de dos líneas de siete segmentos
<i>Precisión</i>	± 1°C	± 5°C
<i>Rango de temperatura</i>	-50°C a 99°C	0°C a 400°C
<i>Control de tipo</i>	ON/OFF	PID u ON/OFF
<i>Capacidad de corriente</i>	10A	10 A (Carga resistiva)
<i>Voltaje de alimentación</i>	12/24 VDC 110/220 VAC	110/240 VAC
<i>Sensores</i>	NTC	K, J, R, S, B, E, T, N, PLII, W5Re/W26Re, U, L
<i>Dimensiones</i>	87x75x35 mm	107x47x47mm
<i>Peso</i>	110 g	135g

2.6 Elección de alternativas

En el apartado 2.5. se presenta el análisis de las alternativas propuestas en el apartado 2.2, 2.3 y 2.4 para asignar una calificación cuantitativa a cada una de ellas, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- ***Sistema de enfriamiento***
 - A. Eficiencia de enfriamiento
 - B. Espacio requerido
 - C. Costo
 - D. Durabilidad
 - E. Mantenimiento
 - F. Automatización

- ***Sensores***
 - A. Precisión
 - B. Rango de medición
 - C. Tiempo de respuesta
 - D. Sensibilidad
 - E. Durabilidad
 - F. Costo

- ***Controladores***
 - A. Precisión
 - B. Facilidad de uso
 - C. Durabilidad
 - D. Costo
 - E. Mantenimiento

Para llevar a cabo la calificación de la mejor alternativa, se utilizará una escala de puntuación que va desde 1 hasta 5. Esta escala se basa en la Tabla 7 que muestra los criterios de comparación y los correspondientes valores de calificación. Cada criterio se evaluará asignando un valor numérico dentro de este rango, de acuerdo a la tabla mencionada para cada

una de las alternativas. De esta manera, se podrá determinar la puntuación cuantitativa de cada alternativa y determinar el sistema más adecuado para los requerimientos de la empresa Agrorecicla.

Tabla 7 Criterio de comparación

ESCALA	CRITERIO
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Satisfactorio

Se crearán tres tablas: Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10. Estas tablas se utilizarán para calificar cada alternativa en función de sus características específicas, con el propósito de seleccionar la opción más adecuada para el sistema de enfriamiento.

Tabla 8 Selección de las alternativas de los mecanismos de enfriamiento

CRITERIO DE COMPARACIÓN	TORRE DE ENFRIAMIENTO DE TIRO INDUCIDO	INTERCAMBIADOR DE CALOR
Eficiencia de enfriamiento	4	5
Espacio requerido	3	4
Costo	4	3
Durabilidad	4	3
Mantenimiento	4	4
Automatización	4	3
TOTAL	23	22
Índice Porcentual	76.6%	73.3%
Orden de selección	1	2

Tabla 9 Selección de las alternativas de los sensores

CRITERIOR DE COMPARACIO	TERMORRESISTENCIA	TERMISTOR
Precisión	5	3
Rango de medición	5	3
Tiempo de respuesta	4	5
Sensibilidad	4	2
Durabilidad	4	3
Costo	3	4
TOTAL	25	20
Índice Porcentual	83.3%	66.7%
Orden de selección	1	2

Tabla 10 Selección de las alternativas de los controladores de temperatura

CRITERIOR DE COMPARACIO	DIGITAL STC-1000	REX C100
Precisión	4	5
Fácil de uso	3	4
Durabilidad	4	3
Costo	3	4
Mantenimiento	3	4
TOTAL	17	20
Índice Porcentual	68%	80%
Orden de selección	2	1

2.7 Alternativa ganadora

La torre de enfriamiento de tiro inducido ha sido seleccionada como la ganadora para el mecanismo de enfriamiento, con un índice de preferencia del 76.6%. Esta opción se considera altamente adecuada para el enfriamiento del agua en el sistema.

El sensor de temperatura tipo termorresistencia ha sido seleccionado como la ganadora con un índice de preferencia del 83.3%. Este sensor se considera una excelente opción para medir los valores de enfriamiento del agua en el sistema.

El controlador REX C100 ha sido seleccionado como el ganador con un índice de preferencia del 80%. Este controlador se considera una excelente opción para el sistema de control completo del sistema de enfriamiento.

Las evaluaciones de las diferentes alternativas revelan que el mecanismo de enfriamiento, con un índice de preferencia del 76.6%, se perfila como una opción confiable para enfriar el agua en el sistema. Por otro lado, el sensor de temperatura de tipo termorresistencia destaca con un índice de preferencia aún más alto, alcanzando el 83.3%, lo cual respalda su elección como una excelente herramienta para medir los valores de enfriamiento del agua. Asimismo, el controlador REX C100, con un índice de preferencia del 80%, se posiciona como una elección destacada para controlar eficientemente todo el sistema de enfriamiento. Estos resultados sólidos respaldan plenamente la selección de estas alternativas y proporcionan una base confiable para la implementación exitosa del sistema de enfriamiento.

2.8 Selección del tipo de torre y justificación

La torre de enfriamiento de tiro inducido destaca como la mejor opción entre los diferentes tipos disponibles. Esta elección se debe a sus ventajas destacadas, como una mayor eficiencia de enfriamiento, menor consumo de energía, mayor resistencia a las condiciones climáticas, ocupación reducida de espacio debido a su diseño compacto y capacidad de adaptarse a diversas demandas de enfriamiento y condiciones de carga térmica, lo que garantiza un funcionamiento eficiente.

2.9 Selección de materiales

2.9.1 Tubo cuadrado de acero galvanizado NTE INEN 2415

El tubo cuadrado de acero galvanizado es un tubo que ha pasado por un proceso de galvanización en caliente, donde ha sido sumergido en zinc como se observa en la Figura 11. Estos tubos ofrecen una alternativa más económica al acero inoxidable, al tiempo que brindan una protección duradera contra el óxido durante muchos años y mantienen una resistencia comparable gracias a su recubrimiento de superficie. Estos tubos galvanizados tienen diversos usos, como el montaje de estructuras, trabajos de herrería, construcción de columnas, entre otros.

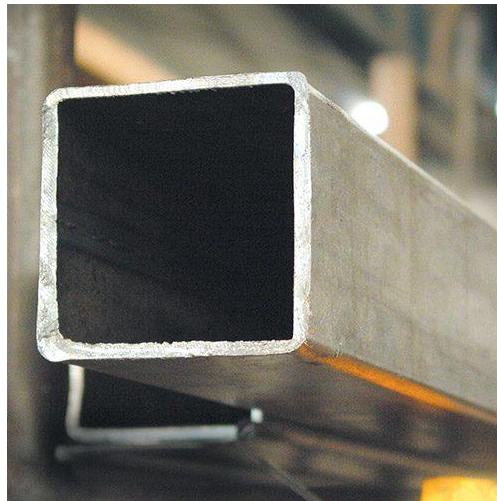


Figura 11 Tubo estructural cuadrado galvanizado [27].

En la Tabla 11 y 12 se detallan las propiedades físicas, mecánicas y químicas del acero galvanizado bajo la norma NTE INEN 2415.

Tabla 11 Propiedades físicas y mecánicas del acero galvanizado [28].

PROPIEDADES	CARACTERÍSTICAS
Físicas	Densidad: 7.1 g/cm^3
Mecánicas	Límite de fluencia mínima: 203 MPa Resistencia a la tracción mínima: 340 MPa Elongación mínima en 2 mm: 24%

Tabla 12 Propiedades químicas del acero galvanizado [28].

PROPIEDADES	CARACTERÍSTICAS
Químicas	0.20 %C
	0.60 % Mn
	0.04 %P
	0.04 %S
	99 %Zn

La Figura 12 presenta la clasificación de las dimensiones de los tubos cuadrados de acero galvanizados según el catálogo del mercado ecuatoriano de productos de acero estructural. La selección del perfil más apropiado dependerá de la carga que la estructura deba soportar.

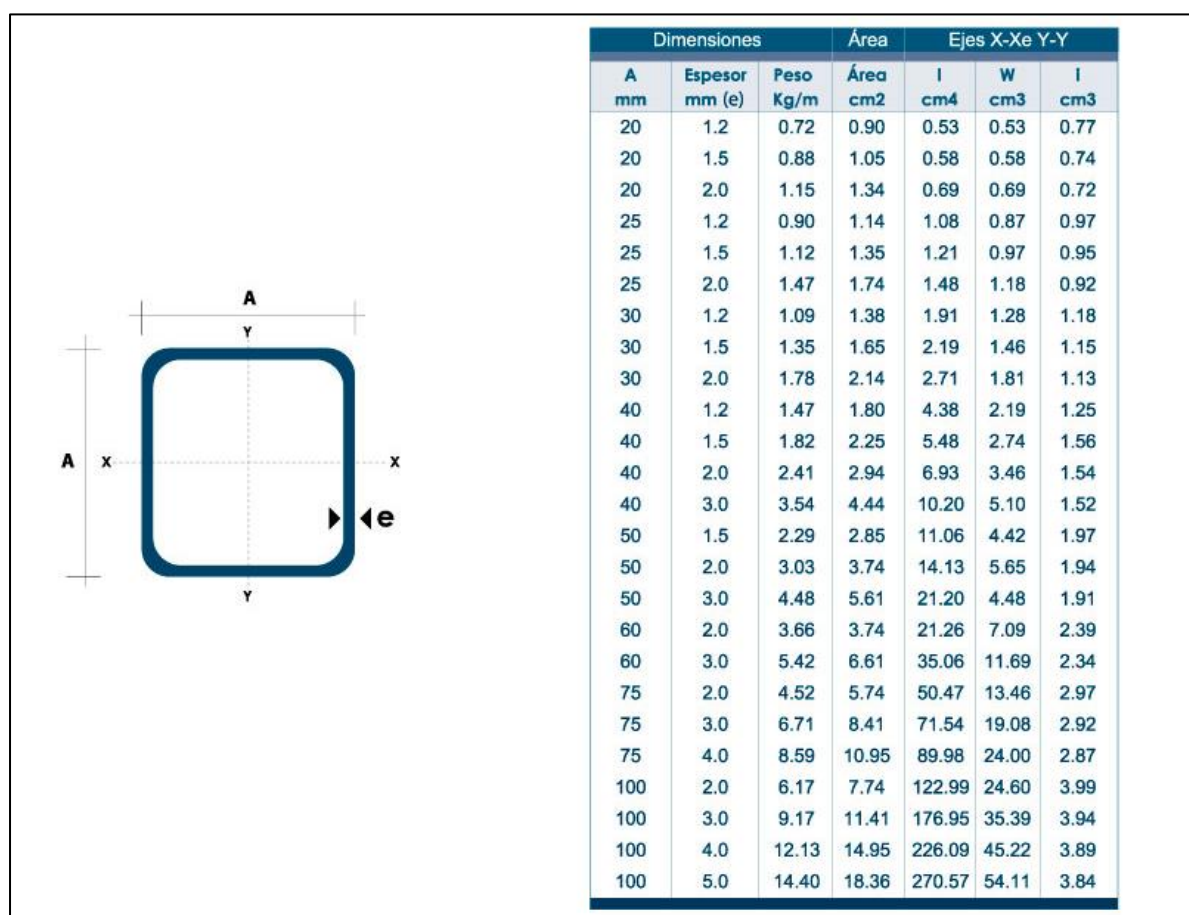


Figura 12 Especificaciones técnicas del tubo estructural cuadrado galvanizado [27].

2.9.2 Paredes de la estructura de acero galvanizado NTE INEN 115

La Plancha Galvanizada son lámina de metal revestida con zinc en ambas caras para protegerla contra la corrosión como se observa en la Figura 13. Este material es flexible y resistente, lo que le permite soportar condiciones adversas como roces, golpes y fricción. Además, su delgadez reduce el peso y facilita las tareas de corte y ensamblaje en diversos trabajos y aplicaciones en las que se utiliza. Tiene una amplia gama de aplicaciones en diversos campos de la industria y la construcción, tanto en interiores como en exteriores [29].



Figura 13 Planchas Galvanizadas [30].

El mercado ecuatoriano de productos de acero para la construcción ofrece una amplia variedad de planchas galvanizadas de acero en diferentes espesores, que van desde 0,30 mm hasta 2,90 mm. Estas planchas están disponibles en largos estándar de 4x8 pies [30].

2.9.3 Soldadura

La soldadura es un proceso de manufactura que implica la unión o fusión de dos materiales mediante la aplicación de calor y/o presión para que las piezas se conviertan en un material continuo. Durante la soldadura, las piezas se funden o se agrega un

material de relleno fundido, que tiene un punto de fusión inferior al de las piezas a soldar. Esto crea un baño de soldadura que, al enfriarse, se solidifica y forma una unión sólida y resistente [31].

2.9.3.1 Soldadura por arco eléctrico (SMAW)

La soldadura por arco (SMAW) es uno de los métodos de fusión más utilizados para unir metales. En este proceso, tal como se puede apreciar en la Figura 14, la corriente eléctrica fluye a través de las piezas que se desean unir, generando calor suficiente para elevar la temperatura del metal a alrededor de 4.000°C o incluso más alta. Este calor funde el metal y permite que las piezas se unan mediante un arco eléctrico generado entre un electrodo y el material de trabajo [31] [32].

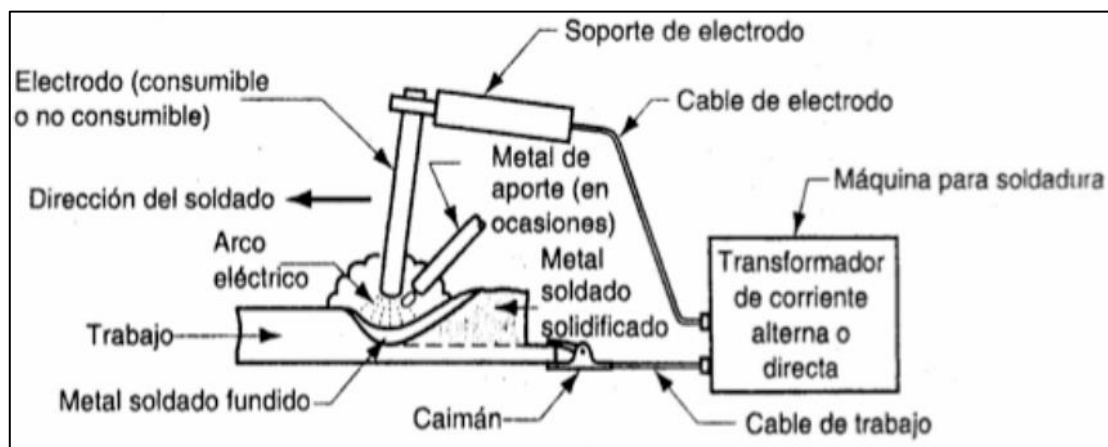


Figura 14 Funcionamiento de un proceso de soldadura por arco eléctrico [31].

2.10 Selección de equipos para la automatización y control

2.10.1 Bomba de agua

Las bombas de agua en una torre de enfriamiento tienen la función principal de circular el agua desde la base hasta la parte superior del sistema, donde se distribuye a través de los difusores o boquillas. Esto asegura un flujo constante de agua para proporcionar el enfriamiento necesario. Es importante tener en cuenta que las bombas de agua

consumen una fracción significativa de la potencia total en el sistema de la torre de enfriamiento.

Requerimientos técnicos:

Altura máxima: 5 [m]

Altura máxima de succión: 3 [m]

Voltaje de operación: 110 [V]

Potencia mínima: 120 [W]

Temperatura máxima del agua: 40 [°C]

En la Tabla 13 y Tabla 14 se muestran las características de dos bombas de agua seleccionadas que cumplen con los requerimientos técnicos de las marcas EVAN y CENTURY respectivamente.

Tabla 13 Características de la bomba sumergible de la marca EVANS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA	
Potencia	0.16 [HP] – 119.31 [W]
Voltaje	115 [V]
Amperaje	2.1 [A]
Velocidad	3450 [RPM]
Altura máxima	5 [m]
Temperatura máxima	40 [°C]
Peso	3.30 [Kg]

Tabla 14 Características de la bomba centrífuga de la marca CENTURY

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA	
Potencia	0.5 [HP] – 372.85 [W]
Voltaje	110 [V]
Amperaje	3.40 [A]
Velocidad	3450 [RPM]
Máxima succión	8 [m]
Altura máxima	31 [m]
Peso	20 [Kg]

2.10.2 Ventilador

Se ha seleccionado un ventilador axial tubular como se observa en la Figura 15, el cual es capaz de extraer grandes volúmenes de aire caliente al ambiente con una presión mínima. Esta combinación de bajo nivel de presión y alto flujo de aire es ideal para enfriar equipos y espacios, ya que el aire se distribuye uniformemente en un área definida. Estos ventiladores son especialmente adecuados para aplicaciones de extracción donde se necesita mover eficientemente grandes cantidades de aire caliente [33].



Figura 15 Ventilador axial [34].

2.10.3 Controlador

El controlador Rex-C100 ha sido seleccionado debido a su capacidad para establecer y mantener la temperatura de manera precisa. Gracias a sus configuraciones versátiles, como PI, PID u ON/OFF, es posible ajustar y personalizar los parámetros según los requisitos específicos de cada aplicación. Esta característica brinda una mayor flexibilidad y adaptabilidad a diversos entornos y procesos, asegurando un control térmico eficiente y confiable.

2.10.4 Sensor de temperatura

Se ha seleccionado el sensor de temperatura PT100 recubierto para su inmersión en agua, como se muestra en la Figura 16. Este sensor es conocido por su alta precisión y estabilidad en un amplio rango de temperaturas, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones industriales y científicas. Además, cabe destacar que el sensor PT100 es compatible con el controlador REX-C100, lo que permite una integración y control fluido de la temperatura. En este caso particular, el sensor PT100 se instalará en la tina de enfriamiento para garantizar mediciones precisas y confiables de la temperatura del agua.



Figura 16 Sensor Temperatura Sumergible WZP PT100 [35].

2.11 Selección del relleno

2.11.1 *Splash o de salpiqueo*

El relleno de salpiqueo se utiliza en las torres de enfriamiento y cuenta con una estructura compuesta por barras o listones horizontales. Esta configuración permite que el agua se distribuya, se rompa en pequeñas gotas y se mantenga suspendida en el aire, como se puede apreciar en la Figura 17. Este fenómeno de salpiqueo acelera el proceso de enfriamiento del agua al aumentar su superficie de contacto con el aire [36].

En términos de mantenimiento, el diseño abierto del relleno facilita la inspección visual del patrón de flujo de agua y la condición del propio relleno. Esto permite identificar de manera rápida y sencilla posibles obstrucciones, acumulación de sedimentos u otros problemas que puedan afectar su funcionamiento [36].

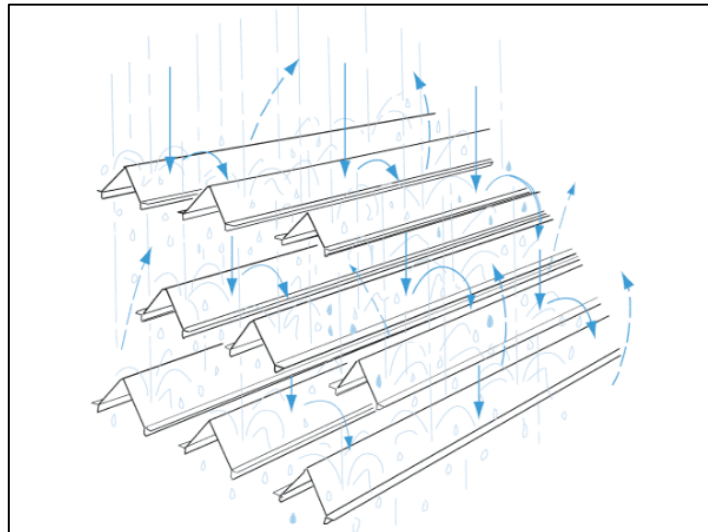


Figura 17 Splash Relleno [36].

2.12 Resumen del capítulo 2

En conclusión, existen varias alternativas para el sistema de enfriamiento en procesos industriales, como las torres de enfriamiento, intercambiadores de calor, y sistemas de control PID u ON/OFF. También es importante tener en cuenta las variables de control y la toma de

datos experimentales para seleccionar la temperatura de enfriamiento y determinar el tiempo necesario para desprender el plástico del molde de acero. En resumen, es crucial considerar todas las alternativas y variables a controlar para sistema de enfriamiento automatizado, a fin de seleccionar la alternativa adecuada y evitar posibles errores en su implementación.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CÁLCULOS

Con el propósito de alcanzar una implementación óptima y confiable de un sistema de enfriamiento y control de temperatura eficiente, es fundamental comenzar por analizar detalladamente los requerimientos específicos de la empresa, los cuales serán considerados en los cálculos y diseños del sistema. Herramientas de diseño como SolidWorks y MDSolids permiten el análisis estático preciso y detallado de los elementos mecánicos del sistema.

Asimismo, el software CADe_SIMU proporciona la capacidad de simular diferentes escenarios, lo que facilita la selección de los componentes eléctricos más adecuados. Al combinar estos elementos con cálculos precisos, se obtienen las herramientas necesarias para diseñar y optimizar el sistema de enfriamiento, que cumplan con los requerimientos de Agrocicla.

Finalmente, se llevará a cabo la simulación de los componentes mecánicos, las pruebas del sistema de enfriamiento con el tablero eléctrico, el funcionamiento del sistema de control y la relación entre la temperatura y el tiempo.

3.1 Dimensionamiento de la torre de enfriamiento

Tras un análisis teórico-práctico y considerando los requisitos de la empresa Agrocicla, se han determinado las siguientes características para el diseño de la torre:

- Tipo de torre de enfriamiento: Tiro inducido
- Dimensiones del depósito principal de agua: 1000 L
- Dimensiones de la estructura: 1.5 m de alto x 0.8 m de largo x 0.5 m de ancho
- Flujo de agua: $Q = 32 \left[\frac{L}{min} \right]$
- Temperatura de entrada y salida del agua: $W_e = 25 [^{\circ}C]$ y $W_s = 22 [^{\circ}C]$

- La densidad del agua a 25 °C: $\rho_w = 997 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$
- La densidad del aire a 25 °C: $\rho_a = 1.2 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$
- El calor específico del agua a 25 °C: $c_{\rho w} = 4.18 \left[\frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right]$
- Temperatura de entrada y salida del aire: $T_{ent} = 25 [^{\circ}C]$ y $T_{sal} = 27$
- El calor específico del aire a 25 °C: $c_{\rho a} = 1.01 \left[\frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right]$

El cálculo del flujo másico de agua se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$q_w = \rho_w * Q \quad \text{Ecuación (11)}$$

Remplazando en la ecuación 11 se obtiene que:

$$q_w = 997 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * 1.92 \left[\frac{m^3}{h} \right] * \frac{1}{3600} \left[\frac{h}{s} \right]$$

$$q_w = 0.532 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

El agua al ser enfriada libera calor con lo cual se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_w = C_{\rho w} * q_w * \Delta T_w \quad \text{Ecuación (12)}$$

Remplazando en la ecuación 12 se obtiene que:

$$Q_w = 4.18 \left[\frac{KJ}{KgK} \right] * 0.532 \left[\frac{Kg}{s} \right] * (22 - 25) [^{\circ}C]$$

$$Q_w = 6.67 \left[\frac{KJ}{s} \right]$$

El aire desempeña un papel significativo en la absorción del calor liberado por el choque del agua con el relleno. Para calcular la transferencia de calor en este caso, se utiliza las mismas

formulas previamente utilizadas para el agua, pero teniendo en cuenta el calor específico del aire y la diferencia de temperatura.

El objetivo es determinar la cantidad de flujo de aire necesaria para absorber la cantidad de calor que desprende el agua, utilizando la ecuación 12 se despeja de la siguiente manera.

$$q_a = \frac{Q_a}{C_{pa} * \Delta T_a} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Remplazando en la ecuación 13 se obtiene que:

$$q_a = \frac{6.67 \left[\frac{KJ}{s} \right]}{1.01 \left[\frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right] * (27 - 25)[^{\circ}C]}$$

$$q_a = 3.31 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

Con los valores de la densidad del aire se puede obtener el flujo de aire que requiere circular dentro de la torre de enfriamiento para reducir la temperatura del agua de 25 °C a 22 °C

$$\dot{v}_a = \frac{q_a}{\rho_a}$$

$$\dot{v}_a = \frac{3.31 \left[\frac{Kg}{s} \right]}{1.2 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]} = 2.75 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

3.2 Diseño de la estructura de la torre

El diseño estructural de la torre se realiza considerando los parámetros previamente seleccionados, así como la disponibilidad de materiales de construcción en el mercado ecuatoriano. Se garantiza que se utilicen materiales de calidad que cumplan con los estándares requeridos y que sean apropiados para el entorno de funcionamiento de la torre de enfriamiento.

Una vez se han tenido en cuenta estos parámetros, se procede al diseño de la estructura principal utilizando perfiles de acero galvanizado de 25 x 25 x 1.2 mm como se observa en la Figura 18.

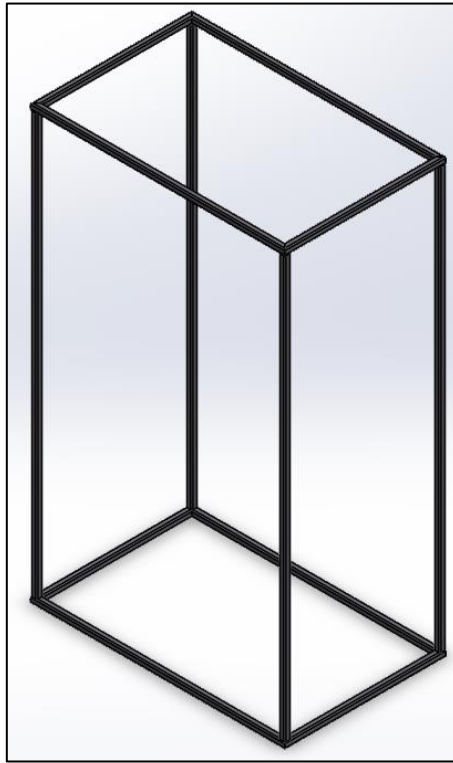


Figura 18 Estructura en perfil de acero galvanizado.

Después de finalizar el diseño de la estructura, se procede a utilizar la herramienta de análisis estructural del software SolidWorks y MDSolids. Mediante estas herramientas, se llevará a cabo un estudio detallado de los esfuerzos, deformaciones y el factor de seguridad de la estructura. Se aplicarán cargas específicas a la estructura para evaluar su comportamiento y verificar su resistencia ante las condiciones de carga esperadas. Este análisis permitirá obtener información precisa sobre la respuesta estructural y garantizar que la estructura cumpla con los requisitos de resistencia y seguridad.

3.3 Capacidad del reservorio de agua refrigerada

En la Figura 19 se muestra el uso de un tanque de agua con una capacidad de almacenamiento de 1000 litros. Este tanque cuenta con una capacidad óptima para almacenar la el volumen

necesario de agua que se utilizará en la etapa de refrigeración. Para garantizar un suministro constante y adecuado de agua a lo largo del proceso.

Se aprovechará únicamente la mitad de la capacidad total del tanque, es decir, se utilizarán 200 litros del tanque para llevar a cabo el proceso de refrigeración. Esta medida se implementa con el objetivo de mantener un suministro estable y eficiente de agua refrigerada sin exceder la capacidad necesaria.



Figura 19 Reservorio de agua refrigerada de 1000 litros

3.4 Análisis estructural de cargas

Para iniciar el análisis estructural de las cargas, es necesario considerar el peso del ventilador, el motor y su estructura de soporte. Según datos experimentales, se determinó que dicho peso es de 3.85 Kg. La carga aplicada se distribuirá por toda la estructura, especialmente en los perfiles responsables de soportarla.

El software MDSolids realiza de manera automática el análisis estático de la estructura. En este proceso, se deben configurar parámetros como los puntos fijos y las fuerzas aplicadas.

Después de configurar los parámetros necesarios, se realiza el análisis mediante simulación. Como resultado, se obtienen los diagramas cortante y momento, que se representan en la Figura 20. Estos diagramas son herramientas visuales que muestran la distribución de las fuerzas cortantes y los momentos a lo largo de la estructura analizada. Son de gran utilidad para comprender y evaluar el comportamiento estructural ante las cargas aplicadas.

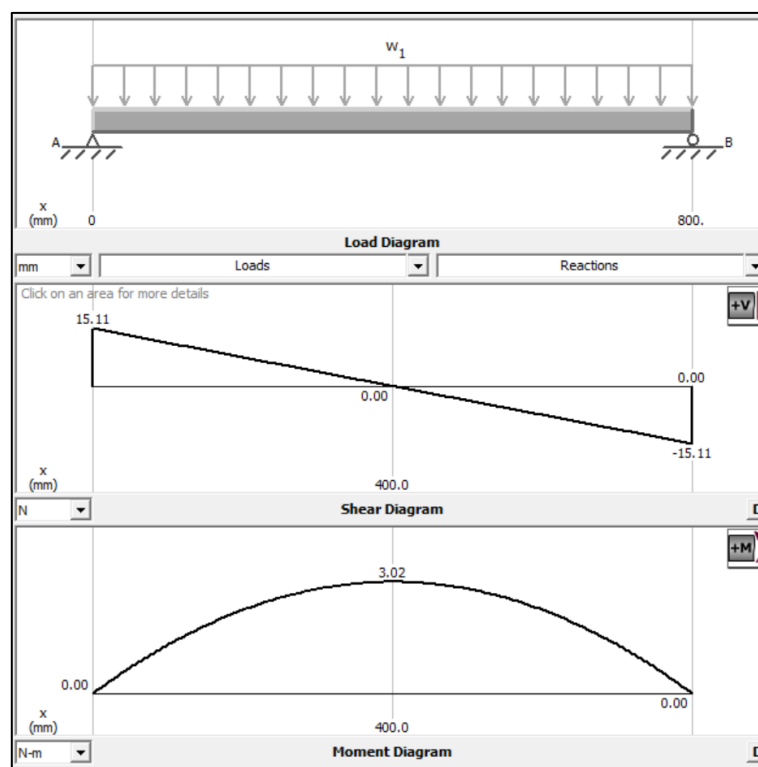


Figura 20 Análisis estático de la estructura de la torre de enfriamiento.

Además, se realiza el análisis utilizando el software SolidWorks. En este programa, se ingresan los parámetros necesarios, como la fuerza aplicada, los puntos de apoyo y el tipo de malla utilizada. A partir de estos datos, se obtienen resultados específicos para el perfil de acero galvanizado de dimensiones 25 x 25 x 1.2 mm.

Una vez que colocado los parámetros, se procede con el análisis estructural a través de simulación, donde se pueden evaluar y predecir la resistencia estructural y determinar si el perfil seleccionado cumple con los requisitos de carga y seguridad establecidos.

La Figura 21 muestra el análisis de las tensiones a las que la estructura está siendo sometida. En este análisis, se representan gráficamente las zonas de la estructura que experimentan las mayores tensiones, lo cual es crucial para evaluar la resistencia y la integridad de la misma.

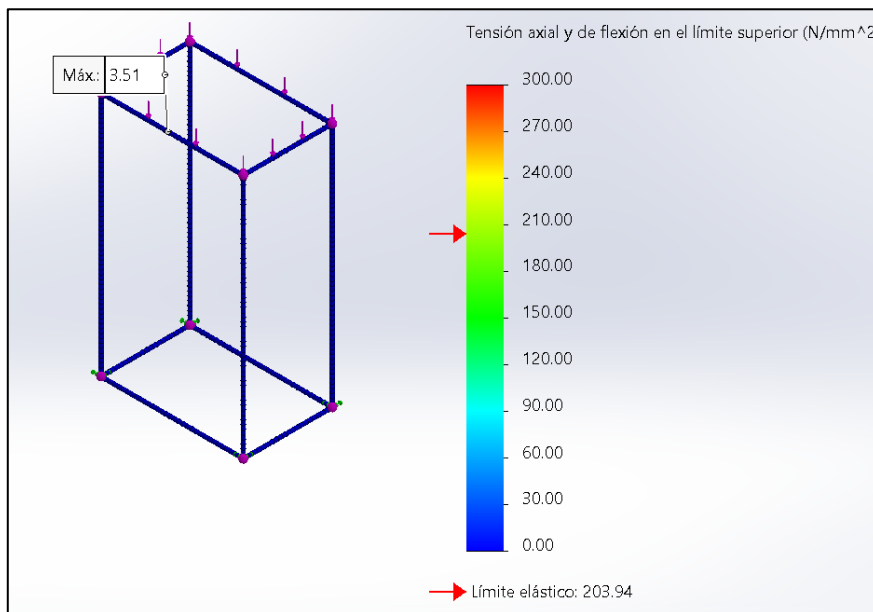


Figura 21 Análisis estructural de las tensiones máximas y mínimas.

Con los datos proporcionados de la simulación, se procede al cálculo del factor de seguridad de la estructura.

$$FS = \frac{\sigma Y}{\sigma VM} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

- FS = Factor de seguridad
- σY = Carga de resistencia [MPa]
- σVM = Carga de esfuerzo aplicado [MPa]

Reemplazando los datos se obtiene que:

$$FS = \frac{203 \text{ [MPa]}}{3.51 \text{ [MPa]}} = 58$$

Por lo tanto, con el valor obtenido se puede garantizar que la estructura tiene una capacidad de carga suficiente para resistir las cargas aplicadas sin exceder los límites de resistencia del material.

En la Figura 22 se muestra la comparación entre el factor de seguridad calculado y el factor de seguridad analizado mediante el software SolidWorks.

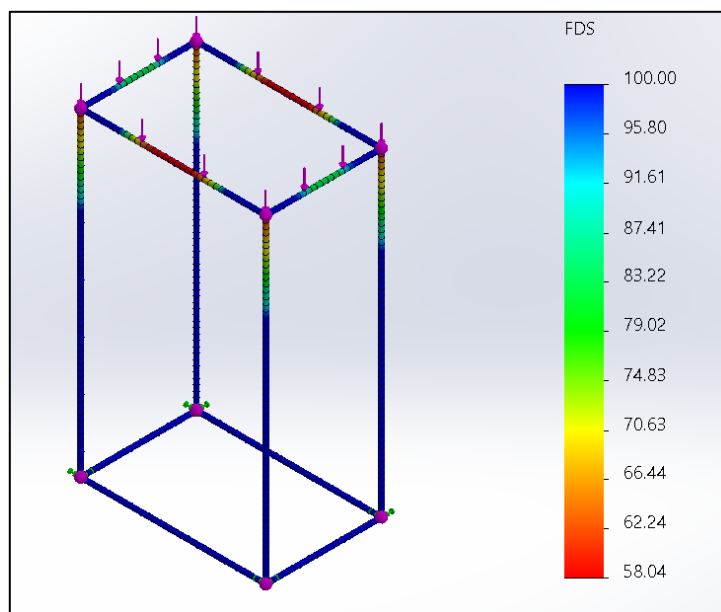


Figura 22 Factor de seguridad de la estructura.

Los hallazgos de la simulación señalan que la estructura es capaz de soportar eficazmente las cargas generadas por el ventilador y la campana de extracción, con un desplazamiento máximo de 0.11 mm como se observa en la Figura 23. Un factor de seguridad de 58 garantiza la estabilidad de la máquina, demostrando que la estructura cumple con los requisitos necesarios de resistencia y estabilidad. Estos resultados inspiran confianza en la resistencia y durabilidad de la estructura durante su funcionamiento regular. Es importante destacar que el valor mínimo requerido para considerar una estructura segura es de 2.

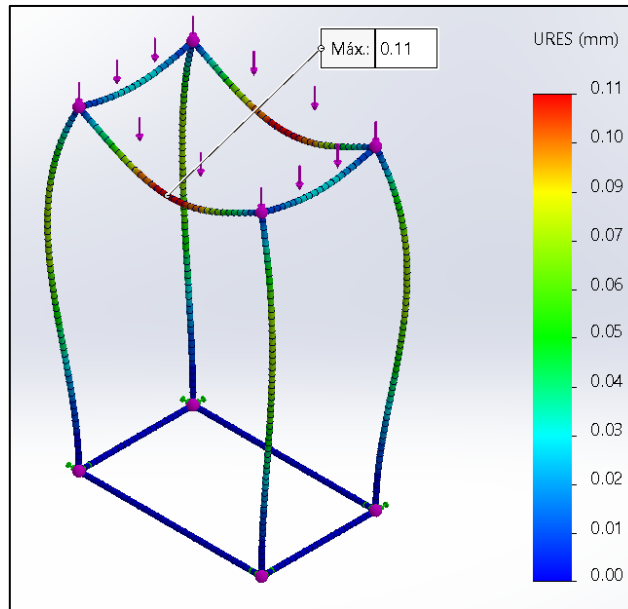


Figura 23 Desplazamiento máximo de la estructura.

3.5 Sistema de control ON/OFF del controlador Rex-C100

El sistema de control desempeña un papel vital en garantizar el rendimiento eficiente y seguro de una torre de enfriamiento. Su función principal radica en supervisar y regular una variedad de parámetros y componentes, con el propósito de conservar condiciones ideales de temperatura y flujo de agua en la torre.

El control del sistema de enfriamiento se llevará a cabo utilizando el controlador REX-C100 en su configuración de encendido/apagado (ON/OFF). En el Anexo 4 adjunto se presenta una visualización de los diferentes tipos de configuración disponibles para este equipo. Este controlador permitirá regular y monitorear de manera efectiva el sistema de enfriamiento.

3.6 Diagrama de flujo del sistema de control

En la Figura 24 se muestra la representación gráfica de la lógica de programación que se implementará para el diseño del circuito eléctrico encargado de controlar todo el sistema. El funcionamiento del sistema se basa en el llenado de la tina de enfriamiento y el reservorio de

refrigerante. Si alguno de estos contenedores no se encuentra lleno, se activará la apertura de la electroválvula correspondiente y activará la bomba de agua hacia la torre de enfriamiento. Esta bomba transportará el agua hacia el interior la torre de enfriamiento, donde se llevará a cabo el proceso de refrigeración.

Una vez completada la etapa de llenado de la tina y el reservorio, los elementos de salida se desactivan. A continuación, se inicia el control de temperatura, donde el usuario establece el valor deseado de enfriamiento para la tina. Si la temperatura supera este límite, se activa el proceso de succión de agua caliente durante un tiempo determinado. Una vez finalizado este proceso, se vuelve a la etapa de llenado de los recipientes para mantener el ciclo de enfriamiento en funcionamiento. Este enfoque asegura que la temperatura de la tina se mantenga dentro de los límites deseados y que el volumen de agua en la tina se siempre le mismo.

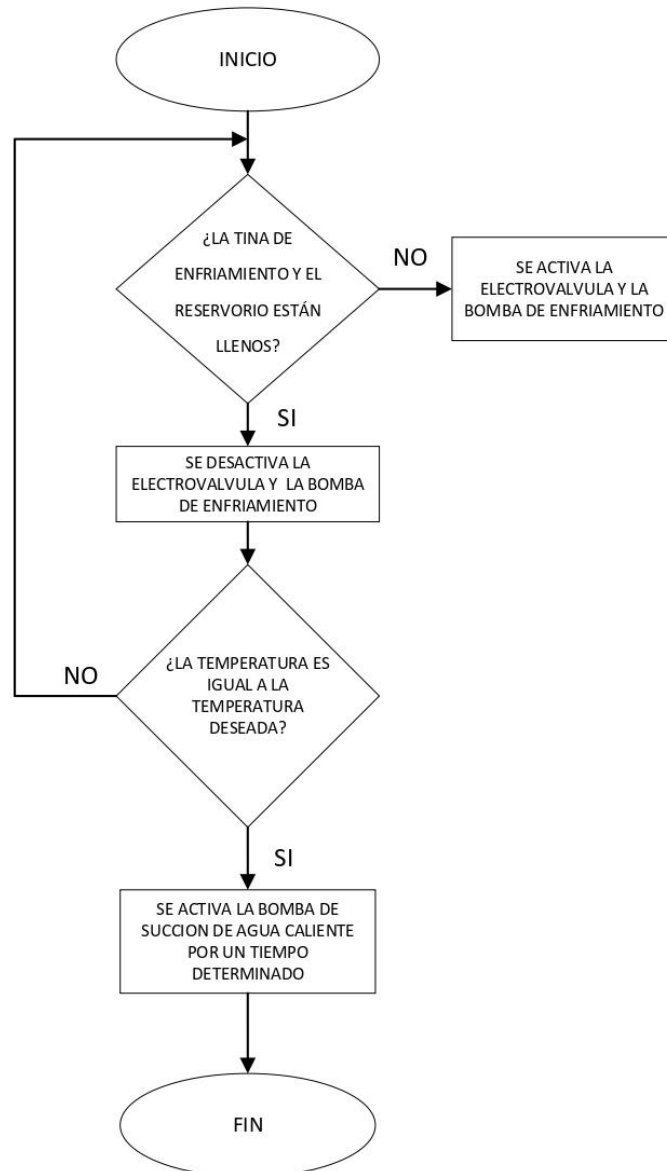


Figura 24 Diagrama de flujo del control automatizado del sistema de enfriamiento.

3.7 Diseño del esquema eléctrico

El diseño del esquema eléctrico se realizó utilizando el software CADe_SIMU, que permite la implementación de elementos como contactores, bombas de agua monofásicas y sensores de agua tipo interruptor. En la Figura 25 se muestra el esquema eléctrico de control, el cual representa la lógica y la interconexión de los componentes para el control del sistema.

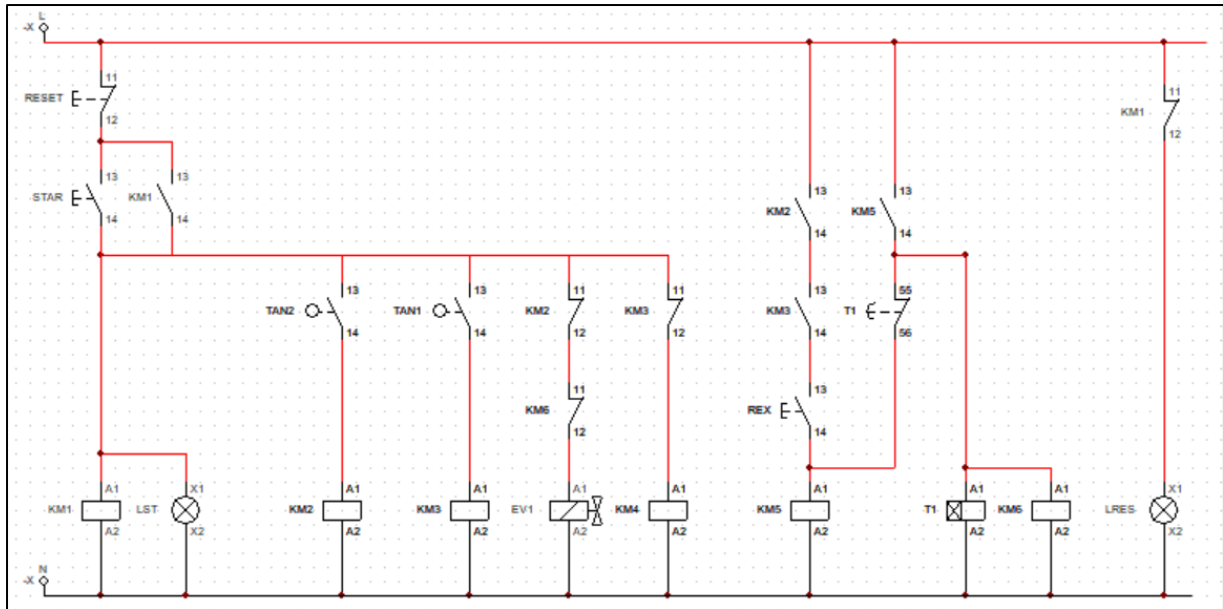


Figura 25 Diseño del esquema eléctrico de control.

Por otro lado, en la Figura 26 se presenta el esquema eléctrico de potencia, el cual muestra la conexión y el control de las bombas de agua monofásicas. Estos esquemas eléctricos son fundamentales para asegurar un funcionamiento adecuado y seguro del sistema de enfriamiento.

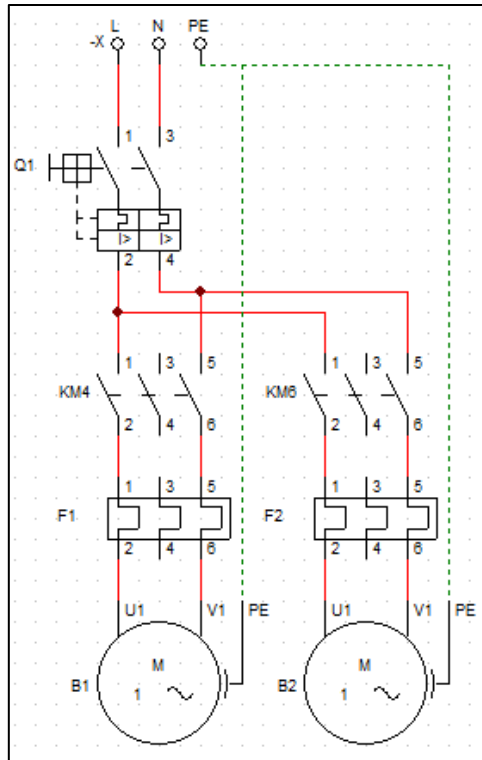


Figura 26 Diseño del esquema eléctrico de potencia.

3.8 Cálculos eléctricos

3.8.1 Numero de polos de las bombas de agua

Con base en los datos proporcionados en las Tablas 13 y 14, y considerando una frecuencia de 60 Hz, se procede al cálculo del número de polos de los motores con la siguiente formula.

$$P_{\sigma} = \frac{120 * F}{N} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

- P_{σ} =Número de polos
- F =Frecuencia
- N =Velocidad del motor

Remplazamos la información con los de la tabla 13 de la ecuación 15, obtenemos que:

$$P_{\sigma} = \frac{120 * 60 [Hz]}{3450 [RPM]}$$

$$P_{\sigma} = 2.09 [\text{polos}]$$

Remplazamos los datos con los de la tabla 14 de la ecuación 15, obtenemos que:

$$P_{\sigma} = \frac{120 * 60 [\text{Hz}]}{3450 [\text{RPM}]}$$

$$P_{\sigma} = 2.09 [\text{polos}]$$

Gracias a los cálculos realizados para determinar el número de polos y utilizando los datos proporcionados en las Tablas 13 y 14, se procedió a la instalación de las bombas de agua de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 27 y la Figura 28.



Figura 27 Bomba centrífuga de 0.5hp 110v "1x1" – CENTURY – Modelo: 6B1170B [37].



Figura 28 Bomba para fuentes con flotador y motor 1/6 Hp y descarga de 1". – EVANS -
Modelo AQUA120W-F [38].

3.8.2 Selección del calibre del cable

Utilizando los datos de las características técnicas de las bombas que se encuentran en la Tabla 13 y la Tabla 14, aplicamos la siguiente fórmula para determinar el amperaje con la que trabaja el sistema:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Para calcular la potencia total del sistema, es necesario sumar las potencias de todos los elementos que se encuentren en funcionamiento.

$$P = 119.31 [W] + 372.85 [W] + 35 [W] = 527.16 [W]$$

Con el valor de la potencia final se calcula el calibre del cable necesario para el sistema de enfriamiento

$$I = \frac{527.16 [W]}{110 [V]} = 4.79 [A]$$

Con el resultado obtenido del amperaje se busca en la Figura 28 el calibre del cable que se necesita para el control del sistema.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 29 Calibre de conductores eléctricos [39].

Según se muestra en la Figura 29, se ha seleccionado el calibre de cable 14 AWG, el cual ofrece una capacidad de corriente adecuada para el sistema de control y de potencia, asegurando que el cable pueda manejar la corriente requerida de manera eficiente y sin sobrecalentamiento

3.8.3 Dimensionamiento de relé térmico

Para el dimensionamiento del relé térmico se emplea la siguiente fórmula:

$$I = I_n + (I_{max} + I_{min}) * |V| \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$|V| = \frac{(V_{real} - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Dado que la placa de las bombas de agua no indica un voltaje y corriente mínima, se considera un valor de cero o no especificado.

Para la bomba CENTURY – Modelo: 6B1170B se obtiene el siguiente dimensionamiento del relé térmico.

$$I = 3.4 + (3.4 + 0) * \left(\frac{124.5 - 0}{110 - 0} \right)$$

$$I = 7.25 [A]$$

Para la bomba EVANS - Modelo AQUA120W-F se obtiene el siguiente dimensionamiento del relé térmico.

$$I = 2.1 + (2.1 + 0) * \left(\frac{124.5 - 0}{115 - 0} \right)$$

$$I = 4.37 [A]$$

Para garantizar la protección adecuada de la bomba de agua de ½ HP, que está conectada a un voltaje real de 124.5 V y una frecuencia de 60 Hz, se requiere la instalación de un relé de

sobrecarga con una regulación de corriente entre 5.5 y 8 A. En este caso, se ajustará el relé de sobrecarga para que la corriente de operación de 7.2 A.

Finalmente, con el fin de garantizar una protección adecuada para la bomba de agua de 0.16 HP, que se encuentra conectada a un voltaje real de 124.5 V y una frecuencia de 60 Hz, se recomienda instalar un relé de sobrecarga con una regulación de corriente entre 4 y 6 A. En este caso particular, se ajustará el relé de sobrecarga para que la corriente de operación sea de 4.4 A.

3.9 Construcción del sistema

Para la construcción del sistema de enfriamiento, basaremos nuestro trabajo en los resultados obtenidos anteriormente mediante las simulaciones y respaldaremos nuestras decisiones en los cálculos previos. El proceso de construcción comenzará con la parte mecánica y culminará con la elaboración del tablero eléctrico.

3.9.1 Construcción de la estructura

Después de completar el análisis estructural, se determinó que los tubos de acero galvanizado de 25 x 25 x 1.2 mm son ideales para la construcción. En la Figura 30, se muestra la estructura construida utilizando una soldadura 7018. Esta soldadura es reconocida por su alta penetración, lo que la hace especialmente adecuada para aplicaciones estructurales. Además, gracias a su alta resistencia mecánica, proporciona una unión sólida en los tubos cuadrados utilizados en la estructura.



Figura 30 Construcción de la estructura del sistema de enfriamiento

La Figura 31 muestra cómo se elaboró la campana de extracción utilizando las planchas de acero galvanizado, unidas mediante tornillos autoperforantes.



Figura 31 Construcción de la campana de extracción

Se llevó a cabo la implementación del extractor axial de la marca CENTURY, según se puede observar en la Figura 32.



Figura 32 Unión entre la campana de extracción y el extractor CENTURY.

Después de completar la parte estructural, se colocó el relleno, como se muestra en la Figura 33. Este relleno está diseñado con el fin de que el agua choque y provoque un efecto evaporativo, el cual luego será extraído del sistema.



Figura 33 Colocación del relleno en el sistema de enfriamiento

Posteriormente, se realizaron las paredes de la estructura utilizando planchas de acero galvanizado con un espesor de 1.5 mm, uniendo las mismas mediante tornillos autoperforantes como se observa en la Figura 34. Esto permitió reducir significativamente el tiempo de elaboración de la máquina debido a la facilidad de su instalación. Además, estos tornillos exhiben una elevada resistencia a la corrosión, lo que los convierte en una opción ideal para su implementación en exteriores y ambientes húmedos.



Figura 34 Construcción de las paredes del sistema de enfriamiento

Por último, se procede a instalar la tubería de 1 pulgada para agua caliente en forma de 3 filas siguiendo la representación en la Figura 35, ya que esta tubería será responsable de transportar el agua que sale de la tina. Esta tubería está diseñada con perforaciones para lograr una distribución uniforme del agua por todo el relleno, lo que permite un mayor choque con el relleno.



Figura 35 Instalación de tubería para la salida de agua caliente

3.9.2 Construcción del tablero eléctrico

Una vez finalizada la simulación tanto del circuito de potencia como del circuito de control, se procede a la construcción del tablero eléctrico, de acuerdo con la representación gráfica en la Figura 36.



Figura 36 Construcción del tablero eléctrico.

3.10 Resultado de las pruebas aplicadas al sistema de enfriamiento en función de la temperatura y el tiempo

Una vez finalizado el análisis y la construcción de la estructura, se llevan a cabo pruebas en conjunto con el tablero eléctrico para obtener resultados de temperatura de entrada, salida y el intercambio de calor de la tina en función del tiempo. Estos resultados se representan en la Tabla 15 proporcionando información sobre el comportamiento del sistema de enfriamiento durante la producción continua de madera plástica.

Tabla 15 Medición de temperatura de entrada y salida del sistema de enfriamiento

Tiempo	Temperatura de entrada al sistema (°C)	Temperatura de salida del sistema (°C)	Temperatura de la tina frente al intercambio de calor (°C)
10:00 a. m.	23	18	20.2
10:10 a. m.	24	17	19.6
10:20 a. m.	22	18	20.1
10:30 a. m.	25	20	22.8
10:40 a. m.	21	19	20
10:50 a. m.	23	17	19
11:00 a. m.	24	18	19.5
11:10 a. m.	22	20	20
11:20 a. m.	25	20	23
11:30 a. m.	21	20	20.5
11:40 a. m.	23	19	19.7
11:50 a. m.	24	17	19.5
12:00 p. m.	22	19	20.5
12:10 p. m.	25	19	20.7
12:20 p. m.	21	18	20
12:30 p. m.	23	17	19.7
12:40 p. m.	24	19	19.8
12:50 p. m.	22	20	21
01:00 p. m.	24	17	19.4
Promedio de temperatura	23.05	18.53	20.26

La Figura 37 generada a partir de los datos de la Tabla 15 muestra un rendimiento satisfactorio del sistema de enfriamiento en la producción continua de madera plástica. Durante la mayoría de los intervalos de tiempo, la temperatura de la tina se mantiene por debajo de los 20 grados

Celsius, lo cual asegura un desprendimiento adecuado del molde de acero utilizado. Estos resultados son prometedores y respaldan la eficacia del sistema de enfriamiento para mantener las condiciones óptimas durante todo el proceso de producción.

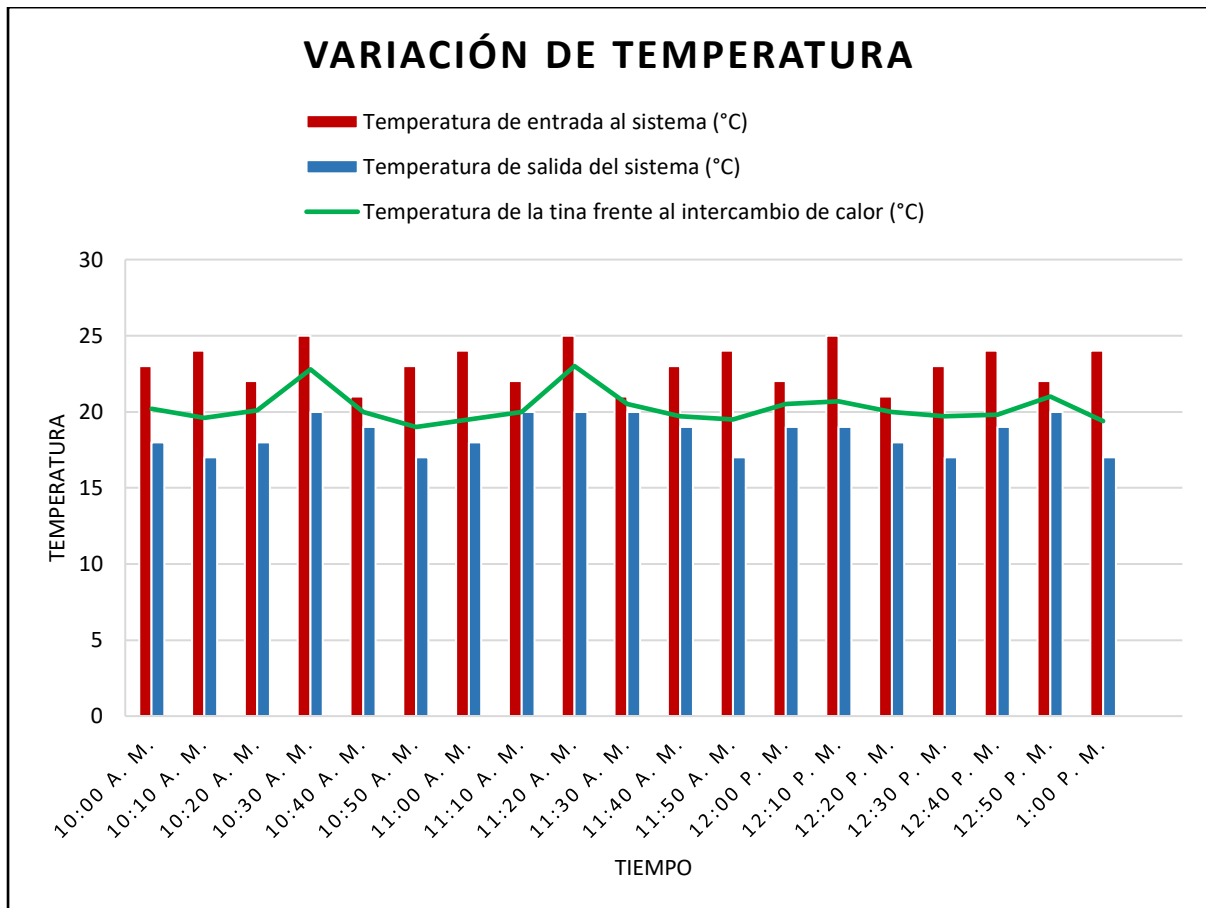


Figura 37 Variación de temperatura de entrada y salida del sistema de enfriamiento.

3.11 Resumen del capítulo 3

El capítulo 3 abordó los cálculos esenciales del sistema de enfriamiento, incluyendo transferencia de calor, factor de seguridad y simulaciones mediante software como SolidWorks y MDSolids. Se detallaron cálculos eléctricos como el calibre del cable y el relé térmico. Se seleccionó un calibre 14 AWG y se eligió un rango de 5.5 a 8 amperios para la bomba de agua CENTURY y de 4 a 6 amperios para la bomba de agua EVANS.

El análisis final de la estructura demuestra que cumple con las normas de seguridad establecidas, con una deformación mínima de tan solo 0.11 mm bajo la carga del ventilador y la campana de succión. Esto confirma su capacidad para soportar las cargas requeridas sin comprometer la integridad estructural ni la seguridad de los operarios.

Finalmente, las pruebas en campo del sistema automatizado mostraron resultados satisfactorios, con una temperatura promedio de 20.26 grados Celsius durante la operación continua de fabricación de madera plástica. Esto asegura una extracción segura del material sin causar daños. Además, el nuevo sistema automatizado logró un ahorro considerable de agua en comparación con el sistema anterior, beneficiando tanto a la empresa como al medio ambiente.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y COSTOS ECONÓMICO

En este capítulo, se llevará a cabo un análisis económico exhaustivo, el cual es un aspecto fundamental para determinar la viabilidad y rentabilidad del sistema.

4.1 Costos generales

4.1.1 Costo del material y estructura

Los perfiles estructurales de 25 x 25 x 1.2 mm fueron adquiridos en la empresa "Megametal", mientras que para las paredes que cubren la estructura y forman la campana de extracción se optó por obtenerlos de una recicladora de material de maquinaria. Esta elección se hizo con el objetivo de reducir costos y promover la reutilización de recursos, contribuyendo así a la sostenibilidad del planeta.

En la Tabla 16 se presentan los costos de los materiales para la construcción.

Tabla 16 Precios de los materiales utilizados para la construcción de la estructura

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
		[USD]	[USD]
Tubo cuadrado de acero galvanizado	15	4	60
Planchas de acero galvanizado	4	10	40
Paquete de electrodo 6013 1/8” C/Kg	1	4.50	4.50
Caja de tornillos punta de broca	1	1.25	1.25
Silicona transparente	1	2.90	2.90
Tubos de PVC	2	11.53	23.06
Codos de PVC	10	0.87	8.70
Cruz de PVC	1	2.23	2.23
Tapón polimex	3	0.85	2.55
Pega 1/8 CPVC	1	5.8	5.8
Unión de 1” polimex	1	1.27	1.27
		TOTAL	152.26

4.1.2 Costo del material eléctrico

La Tabla 17 se utiliza como una guía detallada que proporciona información precisa sobre los diferentes elementos empleados en la instalación del sistema del tablero eléctrico. Estos elementos incluyen pulsadores, disyuntores, temporizadores, relés, cables, conectores y otros componentes relevantes.

Tabla 17 Precios de los componentes utilizados para el tablero eléctrico

MATERIALES ELÉCTRICOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [USD]	PRECIO [USD]
Disyuntor 1 posición 2 A	1	4.23	4.23
Disyuntor 2 posiciones 6 A	1	7.90	7.90
Relé térmico 5.5 – 8 A	1	5.83	5.83
Relé térmico 4 – 6 A	1	5.83	5.83
Pulsadores	2	1.50	3
Contactador 120 V - 9 A	6	9.48	56.88
Luces piloto	3	1.04	1.04
Sensor Flotador Nivel De Agua	2	7	14
Interruptor ON/OFF	1	14	14
Electroválvula 110 V	N/A	N/A	0
Controlador de temperatura REX – C100	1	30	30
Temporizador a la conexión	1	8.09	8.09
Bomba de agua ½ HP CENTURY	1	24	24
Bomba de agua 0.16 HP EVANS	N/A	N/A	0
Ventilador 35 watt CENTURY	1	24	24
Tablero eléctrico 50 x 40 x 15 cm	1	48.37	48.37
Riel DIN metálica	1	1.97	1.97
Cable azul 14 AWG 5 m	1	1.74	1.74
Cable blanco 14 AWG 5 m	1	1.65	1.65
Sensor de temperatura PT100	1	5	5
		TOTAL	243.53

4.2 Resumen general de costos

La Tabla 18 presenta de manera general los costos finales relacionados con la construcción e implementación del sistema de enfriamiento. Estos costos incluyen diversos aspectos, como el costo de los equipos y materiales necesarios, los gastos de instalación, los honorarios profesionales, y otros costos asociados al proyecto.

Tabla 18 Resumen de los costos totales del sistema de enfriamiento

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL [USD]
Materiales de construcción mecánicos	152.26
Materiales eléctricos	243.53
Servicios básicos	43
Costos de transporte	40
Costos de mano de obra directa	225
Costos de mano de obra indirecta	170
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	873.79

4.3 Análisis para determinar el VAN

Para calcular el VAN (Valor Actual Neto) del sistema de enfriamiento, se considerará una inversión inicial de 1500 USD.

Para realizar los cálculos, se considera que la fabricación de un poste de madera plástica requiere aproximadamente 15 minutos y se vende a un precio de 7 USD por poste. Con una rentabilidad del 22%, podemos determinar que en un mes se producirá 800 postes generando una ganancia de 5600 USD, y a lo largo de un año se obtendrá alrededor de 57200 USD.

Con estos datos se construye la Tabla 19 donde se encuentra los cálculos correspondientes para el VAN, para los primeros 5 años con un valor de 873.79 valor que incluye la elaboración de la maquinaria dónde incluye los materiales de construcción, materiales eléctricos, mano de obra, transporte, que se ira restando en los 5 años consecutivos propuestos.

Tabla 19 Calculo del VAN

Rentabilidad	22%		
Inversión	1500 USD		
Años	Cobros (USD)	Pagos (USD)	Flujo de caja (USD)
0	-	-	1500
1	57200	56326.21	873.79
2	62800	61926.21	873.79
3	68400	67526.21	873.79
4	74000	73126.21	873.79
5	79600	78726.21	873.79
		VAN	1002.22

4.4 Análisis para determinar el TIR

Para realizar el análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se utiliza los mismos datos proporcionados en la Tabla 19. En la Tabla 20 se detallarán los cálculos correspondientes para obtener el valor de la TIR.

Tabla 20 Cálculos del TIR

Inversión	1500 USD		
Años	Cobros (USD)	Pagos (USD)	Flujo de caja (USD)
0	-	-	1500
1	57200	56326.21	873.79
2	62800	61926.21	873.79
3	68400	67526.21	873.79
4	74000	73126.21	873.79
5	79600	78726.21	873.79
		TIR	52%

Tras realizar los cálculos del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se puede concluir que el proyecto supera el umbral de rentabilidad aceptable del 35%. De hecho, se obtiene un margen de rentabilidad mayor al 52%. Por lo tanto, se puede afirmar que el proyecto es altamente rentable.

4.5 Manual de operación y mantenimiento

4.5.1 Operación

Para operar el sistema de enfriamiento de la correcta manera se requiere seguir los siguientes pasos.

1. Conectar el tablero eléctrico a la red eléctrica de 110 voltios.
2. Activar la parte de potencia mediante el disyuntor de 2 posiciones.
3. Activar la parte de control mediante el disyuntor de 1 posición.
4. Se debe configurar la temperatura de la tina de enfriamiento.
5. Se debe configurar el tiempo de succión de la tina de enfriamiento.
6. Una vez culminado los pasos anteriores, se puede dar paso al pulsador STAR.
7. El sistema de enfriamiento arrancara de inmediato.
8. Después de transcurrido un tiempo determinado, el sistema de succión se detendrá automáticamente. Sin embargo, se volverá a activar si la temperatura establecida es mayor que la configurada.
9. El sistema se mantendrá desactivado si la temperatura de la tina es menor o igual a la temperatura establecida. Solo se volverá a activar cuando la temperatura sea mayor que la temperatura seteada.
10. En cualquier momento, el usuario tiene la opción de presionar el botón de STOP para detener el proceso, ya sea porque ya no se requiere o debido a algún contratiempo.

4.5.2 *Mantenimiento*

Dado que el sistema estará operando de manera continua durante 8 horas o más, es crucial llevar a cabo los siguientes mantenimientos para asegurar su óptimo funcionamiento:

1. Inspeccionar visualmente el panel de control y el sistema en general en busca de cualquier anomalía, como cables sueltos, componentes dañados o indicadores apagados. Si se detecta alguna anomalía, es importante detener el proceso y realizar las reparaciones necesarias antes de continuar.
2. Realizar inspecciones visuales de los elementos mecanismo para detectar posibles desgastes o daños
3. Planificar la limpieza mensual de tuberías, conductos y el relleno del sistema, evitando obstrucciones y garantizando un flujo adecuado de refrigerante.
4. Verificar regularmente los sensores tanto de temperatura y nivel de agua, asegurando la lectura precisa de las variables.
5. Realizar inspecciones visuales para detectar posibles fugas de agua.

4.6 Resumen del capítulo 4

En el capítulo cuatro, se abordaron los costos generales del sistema de enfriamiento, con un enfoque detallado en los elementos utilizados tanto en la parte mecánica como en la construcción del tablero eléctrico. Además, se presentó el manual de operaciones que proporciona una información completa y detallada sobre el funcionamiento, mantenimiento y seguridad del sistema. A lo largo del manual, se ha hecho énfasis en la importancia de seguir rigurosamente los procedimientos y directrices establecidas para asegurar un rendimiento óptimo y seguro.

Finalmente, tras realizar el análisis de costos generales de inversión para el sistema, se determinó que la inversión requerida asciende a 873.79 USD. Además, con los cálculos del VAN y del TIR se obtuvo una rentabilidad del 52%, superando el umbral mínimo deseado del 35%. Estos resultados confirman que el proyecto es rentable para la empresa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Tras una exhaustiva investigación y analizar diferentes opciones de sistemas de enfriamiento, se determinó que la torre de enfriamiento de tiro inducido es la mejor alternativa para cumplir con los requisitos específicos de la empresa Agrocicla. De acuerdo con los resultados proporcionados en la Tabla 8, se ha demostrado que este sistema satisface de manera eficiente y efectiva las necesidades de enfriamiento, con un alto porcentaje de preferencia del 76.6%. Se eligió un sensor de temperatura de tipo termorresistencia con un porcentaje del 83.3% y un controlador REX-C100 con un porcentaje del 80% para regular el sistema de manera efectiva.

Tras realizar los cálculos y simular la estructura del sistema de enfriamiento, se obtuvieron importantes resultados relacionados con el factor de seguridad, la tensión máxima y los desplazamientos que experimentará la estructura bajo la carga del ventilador y la campana de extracción. Los cálculos desarrollados a partir de la ecuación 14, arrojaron un factor de seguridad de 58, superando con creces el valor mínimo requerido de 2, lo cual indica que la estructura cuenta con un margen de confiabilidad adecuado, por otro lado, se registraron tensiones máximas de 3.51 MPa, como se muestra en la Figura 21, y desplazamientos mínimos de 0.11 mm, según se observa en la Figura 36. Esto implica que la estructura está preparada para enfrentar posibles anomalías o cambios futuros sin comprometer su integridad y funcionamiento,

La implementación del control de temperatura REX-C100 en configuración ON/OFF, junto con la programación de tipo esquema eléctrico, ha brindado un control automatizado eficiente en la planta. Gracias a esta configuración, los actuadores, como las bombas de agua, el extractor y la electroválvula, no funcionan constantemente al 100%, sino que se activan únicamente cuando la temperatura supera el valor establecido por el operario. Esto no solo contribuye a reducir el consumo de energía, sino que también previene posibles inconvenientes relacionados

con variaciones de voltaje, cortocircuitos o sobrecargas, ya que el sistema eléctrico cuenta con medidas de seguridad adecuadas.

Durante las pruebas en campo del sistema de enfriamiento automatizado, se pudo comprobar que la temperatura de la tina se mantuvo constantemente en un rango de 18 a 20 grados y un dando un promedio de 20.26 °C durante la fabricación continua de madera plástica como se observan en los datos experimentales de la Tabla 15. Esta temperatura demostró ser altamente beneficiosa, ya que permitió un desprendimiento sin problemas de los moldes de acero utilizados en el proceso sin exceder el límite de 27 °C.

Se evidenció una reducción significativa en el consumo excesivo de agua gracias a la implementación de un sistema de recirculación continua. Estos resultados validan la efectividad y eficiencia del sistema de enfriamiento automatizado, respaldando su capacidad para mantener las condiciones ideales de temperatura y lograr una producción eficiente y de alta calidad en la fabricación de madera plástica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas y limpieza de las tuberías del sistema, verificación regular de posibles fugas de agua, reemplazo o reparación de componentes desgastados, y un monitoreo constante del sensor de temperatura y los sensores de nivel de agua tipo interruptor, que son cruciales para el correcto funcionamiento del sistema de control. Estas acciones permitirán mantener el sistema de enfriamiento en óptimas condiciones de operación y prevenir problemas futuros que puedan afectar su rendimiento.

Se recomienda considerar la opción a futuro de cambiar el relleno utilizado en la torre de enfriamiento por otro tipo de relleno industrial que facilite un mayor contacto entre el agua y el aire. Esto puede mejorar la eficiencia del proceso de enfriamiento al aumentar la transferencia de calor. Es importante realizar un análisis previo y consultar con expertos para seleccionar el tipo de relleno adecuado que se ajuste a las necesidades de la empresa.

Se recomienda realizar inspecciones periódicas en las áreas expuestas al agua, especialmente en las zonas donde se ha realizado soldadura, ya que este proceso puede debilitar el recubrimiento de zinc y aumentar el riesgo de corrosión. En caso de detectar corrosiones, se debe tomar acción de manera inmediata para corregirlas y asegurar la durabilidad a largo plazo del sistema. Estas inspecciones y acciones de mantenimiento ayudarán a preservar la integridad y el rendimiento efectivo del sistema de enfriamiento.

REFERENCIAS

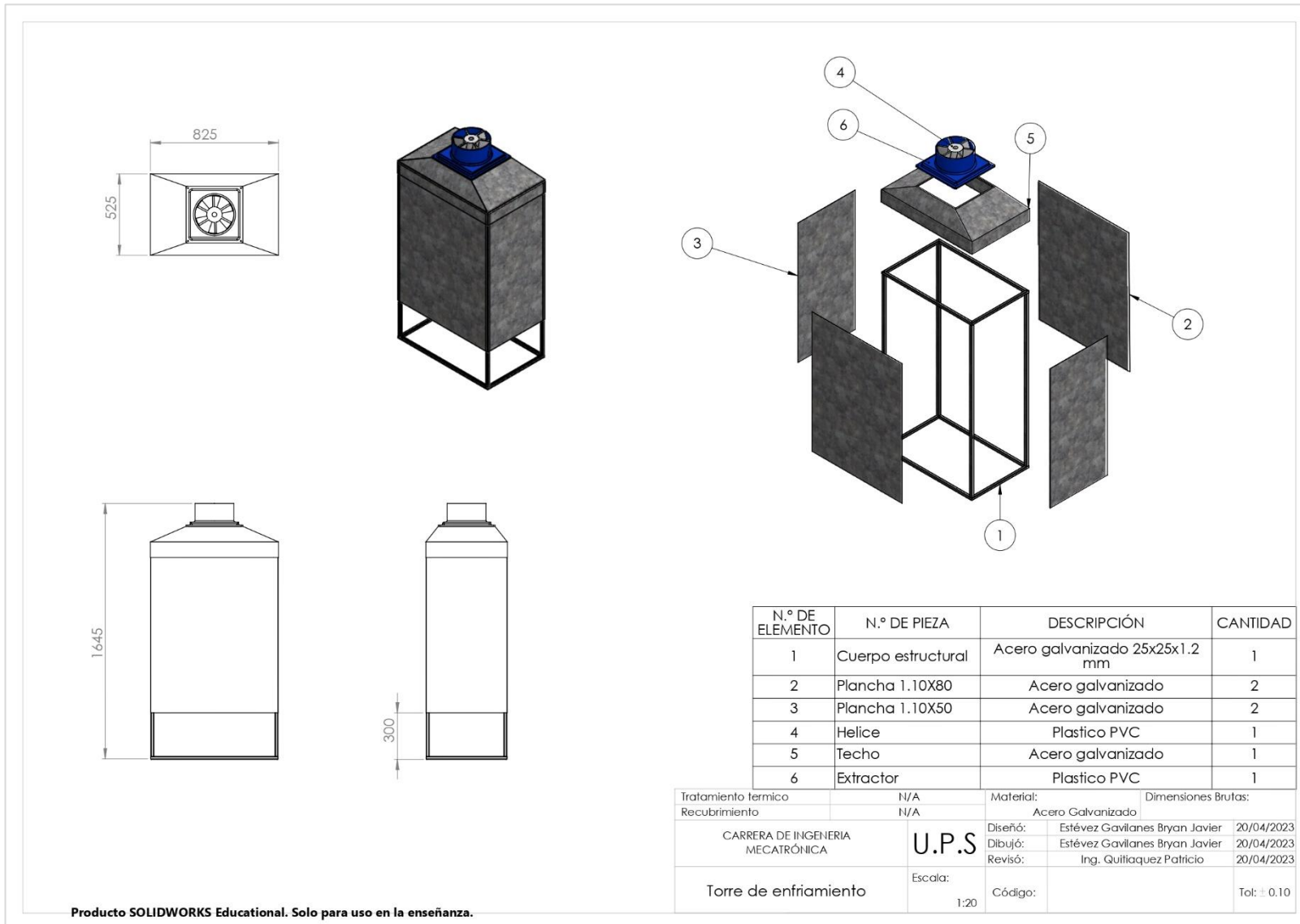
- [1] S/N, «Reciclado de caucho y plástico,» 25 junio 2020. [En línea]. Available: <https://recicladodecauchoyplastico.com/que-es-la-madera-plastica/>. [Último acceso: 10 mayo 2023].
- [2] R. M. Solano y O. Henry, Artists, “*P.D.E.T. PARA LA CREACION DE UNA FÁBRICA DE MADERA PLASTICA*.” [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”, 2005.
- [3] Z. D. GUAYASAMÍN JACHO y A. S. HIDALGO ESPINOZA, Artists, *AUTOMATIZACIÓN DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO BASADA EN EL analisis ESTRUCTURAL DE CARGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE*. [Art]. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA sede quito, 2023.
- [4] J. D. Mendoza Cabrera y A. R. Gallardo Segura, Artists, *Diseño y Construcción de un prototipo de Torre de Enfriamiento de Tiro Inducido a Contraflujo*. [Art]. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2016.
- [5] A. Duván Chaverra, «Evapco actualizó una torre de enfriamiento en antiguo edificio,» *ACR latinoamerica*, 24 septiembre 2019.
- [6] J. D. Ortiz Mata, Artist, *Diseño y análisis comparativo de un sistema de control de temperatura con lógica difusa vs control proporcional integral derivativo (PID) en un prototipo de una torre de enfriamiento en una planta de procesos*. [Art]. Escuela Superior Politecnica del Litoral, 2016.
- [7] J. Millan, 5 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.sc.edu/nmwmigaj/Torre.htm>. [Último acceso: 11 Mayo 2023].
- [8] F. J. Calzada Diffor y J. L. Martinez del pozo, Artists, *ISEÑO DE UN SISTEMA INDUSTRIAL DE ENFRIAMIENTO CON AGUA DE REFRIGERACIÓN PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL EN LIMA, PERÚ*. [Art]. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA (ICAI), 2012.
- [9] J. Hensley, *Cooling Tower Fundamentals*, Kansas: SPX Cooling Techonologies, Inc., 2009.
- [10] J. C. Escaff Lopez y J. E. Herrera Ceballos, Artists, *BALANCE DE MASA Y ENERGIA DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE TIRO INDUCIDO DE LA EMPRESA PROPILCO S.A*. [Art]. Universidad Tecnologica de Bolivar, 2012.
- [11] J. B. Aragonés, C. G. Gómez, B. Z. Zaragoz, A. G. Martínez, D. M. Campos y A. G. Llinares, Artists, *Sensores de temperatura*. [Art].
- [12] M. A. Perez, A. P. Hidalgo y E. P. Berenguer, Artists, “*INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*.” [Art]. Universidad Nacional de San Juan, 2007.

- [13] W. Gutiérrez Marroquín y J. A. López Sotelo, Artists, *Control difuso para un sistema de nivel implementado en un autómata programable*. [Art]. 2011.
- [14] J. C. Villajulca, «Instrumentacion y automatizacion industrial,» 18 06 2019. [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>. [Último acceso: 17 05 2023].
- [15] S. A. Muñoz Pardo, Artist, *IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA LA REGULACIÓN DE LA PLATAFORMA FESTO*. [Art]. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, 2018.
- [16] C. M. Pardo, «Picuino,» 10 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.picuino.com/es/control-pid.html>. [Último acceso: 17 05 2023].
- [17] V. Mazzone, Artist, *Controladores PID*. [Art]. Universidad Nacional de Quilmes, 2002.
- [18] H. Córdova, Artist, *Historia y principios de la refrigeracion y aire acondicionado*. [Art]. 2009.
- [19] V. Bush, Frederick Gardner Cottrell 1877—1948, Washington D.C: National academy of sciences, 1952.
- [20] D. Moposita Guachi, J. Correa Rojas y N. Orozco Sotomayor, «Automatización y Monitoreo del Sistema de Refrigeración de los Cuartos Fríos de Fabrilacteos Cía. Ltda. – Helados Jotaerre,» Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- [21] Ó. Díaz Mariño, Artist, *Diseño de un intercambiador de calor de tubos y carcasa (1-2) para una planta química asociada a una fundición pirometalúrgica*. [Art]. Universidad Politécnica de Madrid, 2018.
- [22] J. Labat Cabanzón, Artist, *Diseño y cálculo de un intercambiador de calor*. [Art]. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN, 2018.
- [23] S. A. Castaño Giraldo, «Control Automatico Eduacion,» 26 07 2022. [En línea]. Available: https://controlautomaticoeducacion.com/instrumentacion/rtd/#Que_es_un_RTD_en_Instrumentacion. [Último acceso: 20 05 2023].
- [24] E. J. Alzate Rodríguez, J. W. Montes Ocampo, S. Ortega y C. Armando, Artists, *MEDICIÓN DE TEMPERATURA: SENSORES TERMOELÉCTRICOS*. [Art]. Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.
- [25] S. Xiao, «OMCH,» 13 09 2022. [En línea]. Available: <https://www.omch.co/es/rex-c100-temperature-controller/>. [Último acceso: 17 05 2023].
- [26] Vistrónica, «Vistrónica,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/termostato-digital-stc-1000->

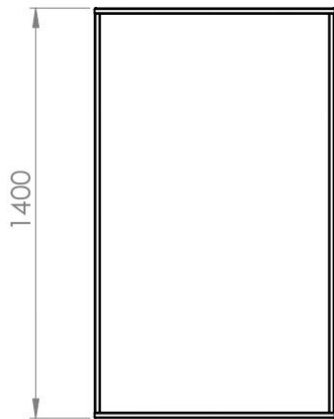
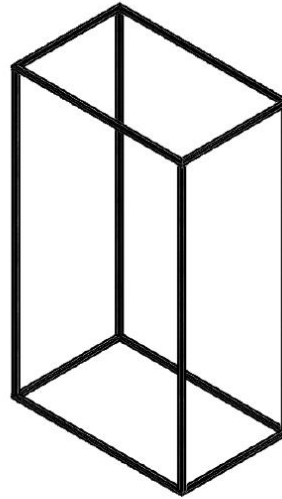
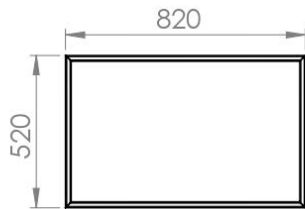
- [39] MasVoltaje, «MasVoltaje,» 27 04 2016. [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-electricos-que-existen>. [Último acceso: 21 06 2023].
- [40] H. Laurila, «Beamex,» 12 03 2020. [En línea]. Available: <https://blog.beamex.com/es/compensacion-de-la-union-fria-referencia-del-termopar>. [Último acceso: 20 05 2023].

ANEXOS

Anexo 1 Planos generales del sistema de enfriamiento



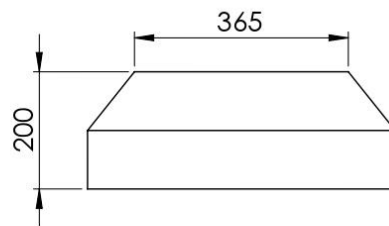
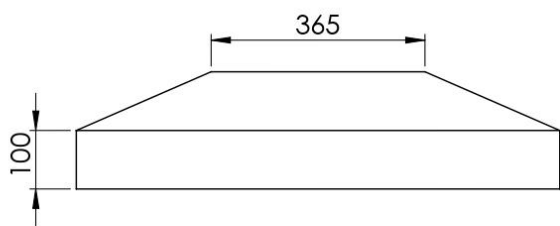
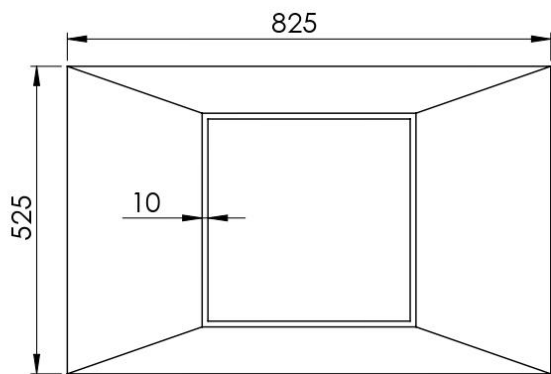
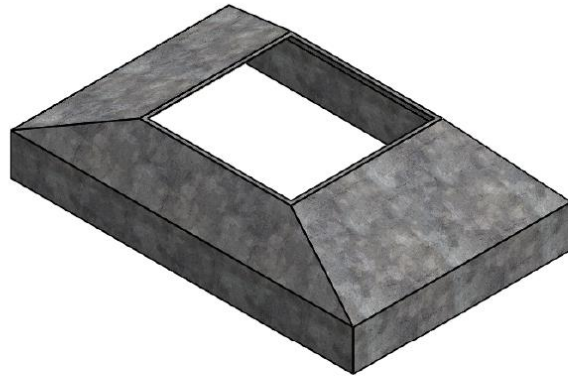
Anexo 2 Planos del cuerpo estructural



Tratamiento termico	N/A	Material:	Dimensiones Brutas:	
Recubrimiento	N/A	Acero Galvanizado		
CARRERA DE INGENIERIA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Estévez Gavilanes Bryan Javier	20/04/2023
		Dibujó:	Estévez Gavilanes Bryan Javier	20/04/2023
		Revisó:	Ing. Quiñaquez Patricio	20/04/2023
Cuerpo Estructural	Escala: 1:20	Código:		Tol: ± 0.10

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Anexo 3 Campana de extracción



Tratamiento termico	N/A	Material:	Dimensiones Brutas:	
Recubrimiento	N/A	Acero Galvanizado		
CARRERA DE INGENIERIA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Estévez Gavilanes Bryan Javier	20/04/2023
		Dibujó:	Estévez Gavilanes Bryan Javier	20/04/2023
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	20/04/2023
Campana de extraccion	Escala: 1:10	Código:		Tol: ± 0.10

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Anexo 4 Manual de instrucciones del controlador REX – C100

Digital Controller
REX-C100/C400/C410/C700/C900
INSTRUCTION MANUAL
 IMNZC22-E1

Thank you for purchasing this RKC product. In order to achieve maximum performance and ensure proper operation of your new instrument, carefully read all the instructions in this manual. Please place the manual in a convenient location for easy reference.

WARNING

- To prevent injury to persons, damage to instrument and equipment, a suitable external protection device shall be required.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument must be used in accordance with the specifications to prevent fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument is not intended for use in locations subject to flammable or explosive gases.
- Do not touch high-voltage connections such as power supply terminals, etc. to avoid electric shock.
- RKC is not responsible if this instrument is repaired, modified or disassembled by other than factory-approved personnel. Malfunction can occur and warranty is void under these conditions.

CAUTION

- This product is intended for use with industrial machines, test and measuring equipment. (It is not designed for use with medical equipment and nuclear energy.)
- This is a Class A instrument. In a domestic environment, this instrument may cause radio interference, in which case the user may be required to take additional measures.
- This instrument is protected from electric shock by reinforced insulation. Provide reinforced insulation between the wire for the input signal and the wires for instrument power supply, source of power and loads.
- Be sure to provide an appropriate surge control circuit respectively for the following:
 - If input/output or signal lines within the building are longer than 30 meters.
 - If input/output or signal lines leave the building, regardless the length.
- This instrument is designed for installation in an enclosed instrumentation panel. All high-voltage connections such as power supply terminals must be enclosed in the instrumentation panel to avoid electric shock by operating personnel.
- All precautions described in this manual should be taken to avoid damage to the instrument or equipment.
- All wiring must be in accordance with local codes and regulations.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, instrument failure, or incorrect action. The power must be turned off before repairing work for input break and output failure including replacement of sensor, contactor or SSR, and all wiring must be completed before power is turned on again.
- To prevent instrument damage as a result of failure, protect the power line and the input/output lines from high currents with a suitable overcurrent protection device with adequate breaking capacity such as fuse, circuit breaker, etc.
- Prevent metal fragments or lead wire scraps from falling inside instrument case to avoid electric shock, fire or malfunction.
- Tighten each terminal screw to the specified torque found in the manual to avoid electric shock, fire or malfunction.
- For proper operation of this instrument, provide adequate ventilation for heat dissipation.
- Do not connect wires to unused terminals as this will interfere with proper operation of the instrument.
- Turn off the power supply before cleaning the instrument.
- Do not use a volatile solvent such as paint thinner to clean the instrument. Deformation or discoloration will occur. Use a soft, dry cloth to remove stains from the instrument.
- To avoid damage to instrument display, do not rub with an abrasive material or push front panel with a hard object.
- When high alarm with hold action is used for Alarm function, alarm does not turn on while hold action is in operation. Take measures to prevent overheating which may occur if the control device fails.

NOTICE

- This manual assumes that the reader has a fundamental knowledge of the principles of electricity, process control, computer technology and communications.
- The figures, diagrams and numeric values used in this manual are only for purpose of illustration.
- RKC is not responsible for any damage or injury that is caused as a result of using this instrument, instrument failure or indirect damage.
- RKC is not responsible for any damage and/or injury resulting from the use of instruments made by imitating this instrument.
- Periodic maintenance is required for safe and proper operation of this instrument. Some components have a limited service life, or characteristics that change over time.
- Every effort has been made to ensure accuracy of all information contained herein. RKC makes no warranty expressed or implied, with respect to the accuracy of the information. The information in this manual is subject to change without prior notice.
- No portion of this document may be reprinted, modified, copied, transmitted, digitized, stored, processed or retrieved through any mechanical, electronic, optical or other means without prior written approval from RKC.

All Rights Reserved, Copyright © 2012, RKC INSTRUMENT INC.

RKC® RKC INSTRUMENT INC.

1. PRODUCT CHECK

C100 □□□□-□ *□□ (1)(2) (3) (4) (6)(7)
 C400 □□□□-□□ *□□ (1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)
 C410 □□□□-□□ *□□ (1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)
 C700 □□□□-□□ *□□ (1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)
 C900 □□□□-□□ *□□ (1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)

(1) Control action

- F: PID action with autotuning (Reverse action)
- D: PID action with autotuning (Direct action)
- W: Heat/Cool PID action with autotuning (Water cooling) ¹
- A: Heat/Cool PID action with autotuning (Air cooling) ¹

(2) Input type, (3) Range code

Refer to "9. INPUT RANGE TABLE."

(4) First control output [OUT1] (Heat-side)

- M: Relay contact G: Trigger for triac driving ²
- V: Voltage pulse 8: Current (4 to 20 mA DC)

(5) Second control output [OUT2] (Cool-side) ³

- No symbol: When control action is F or D. M: Relay contact
- V: Voltage pulse 8: Current (4 to 20 mA DC)

(6) Alarm 1 [ALM1], (7) Alarm 2 [ALM2]

- N: No alarm H: Process high alarm
- A: Deviation high alarm J: Process low alarm
- B: Deviation low alarm K: Process high alarm with hold action
- C: Deviation high/low alarm L: Process low alarm with hold action
- D: Band alarm P: Heater break alarm (HBA)[CTL-6] ⁴
- E: Deviation high alarm with hold action S: Heater break alarm (HBA)[CTL-12] ⁴
- F: Deviation low alarm with hold action R: Control loop break alarm (LBA) ⁵
- G: Deviation high/low alarm with hold action

¹ C100 cannot be specified in Heat/Cool PID action.

² For the C100, when control output is trigger output for triac driving, only the ALM1 is available.

³ For the C100, there is no second control output.

⁴ Heater break alarm (HBA) cannot be specified in case of ALM1. Also, it isn't possible to specify when control output is current output.

⁵ As control loop break alarm (LBA), only either the ALM1 or ALM2 is selected.

Check that power supply voltage is also the same as that specified when ordering.

<Accessories>

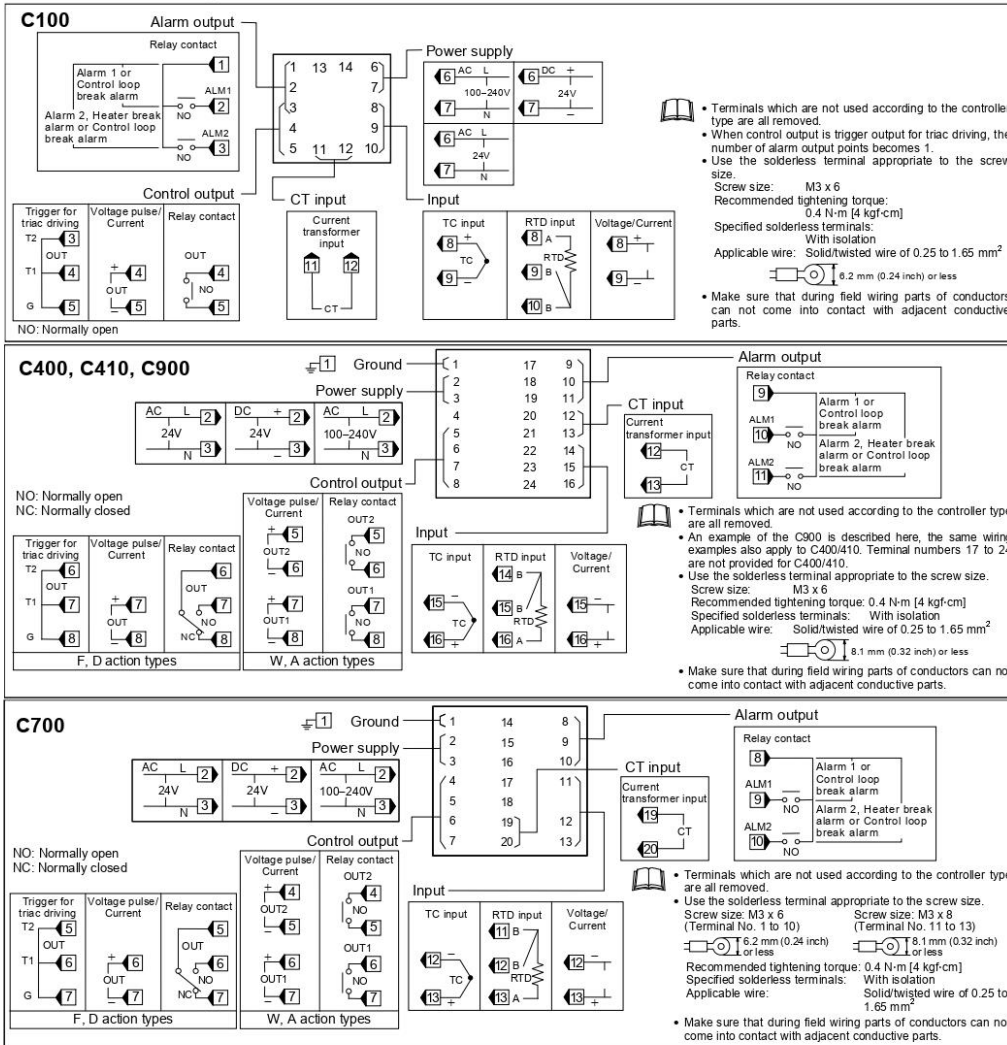
- Mounting brackets (C100/400/410/700/900): 2
- Instruction manual (IMNZC22-E1): 1

2. MOUNTING

2.1 Mounting Cautions

- This instrument is intended to be used under the following environmental conditions. (IEC61010-1)
 [OVERVOLTAGE CATEGORY II, POLLUTION DEGREE 2]
- Use this instrument within the following environment conditions:
 - Allowable ambient temperature: 0 to 50 °C
 - Allowable ambient humidity: 45 to 85 % RH
 - Installation environment conditions: Indoor use, Altitude up to 2000 m
- Avoid the following conditions when selecting the mounting location:
 - Rapid changes in ambient temperature which may cause condensation.
 - Corrosive or inflammable gases.
 - Direct vibration or shock to the mainframe.
 - Water, oil, chemicals, vapor or steam splashes.
 - Excessive dust, salt or iron particles.
 - Excessive induction noise, static electricity, magnetic fields or noise.
 - Direct air flow from an air conditioner.
 - Exposure to direct sunlight.
 - Excessive heat accumulation.
- Mount this instrument in the panel considering the following conditions:
 - Provide adequate ventilation space so that heat does not build up.
 - Do not mount this instrument directly above equipment that generates large amount of heat (heaters, transformers, semi-conductor functional devices, large-wattage resistors.)
 - If the ambient temperature rises above 50 °C, cool this instrument with a forced air fan, cooler, etc. Cooled air should not blow directly on this instrument.
 - In order to improve safety and the immunity to withstand noise, mount this instrument as far away as possible from high voltage equipment, power lines, and rotating machinery.
 - High voltage equipment: Do not mount within the same panel.
 - Power lines: Separate at least 200 mm.
 - Rotating machinery: Separate as far as possible.
 - For correct functioning mount this instrument in a horizontal position.
- In case this instrument is connected to a supply by means of a permanent connection, a switch or circuit-breaker shall be included in the installation. This shall be in close proximity to the equipment and within easy reach of the operator. It shall be marked as the disconnecting device for the equipment.

3.2 Terminal Configuration



Specifications

Input:

Input type:

Thermocouple: K, J, R, S, B, E, T, N, PLII, W5Re/W26Re, U, L
 Input impedance: Approx. 1 M Ω
 RTD: Pt100, JPt100
 Voltage: 0 to 5 V DC, 1 to 5 V DC
 Input impedance: 250 k Ω or more
 Current: 0 to 20 mA DC, 4 to 20 mA DC
 Input impedance: Approx. 250 Ω

Sampling cycle:

0.5 seconds

Input range:

Refer to **Input range table**

Control method:

PID control
 ON/OFF, P, PI, or PD actions is available

Control output:

Relay contact output: 250 V AC, 3A (Resistive load)
 Electrical life: 300,000 times or more (Rated load)
 Voltage pulse output: 0/12 V DC
 (Load resistance 600 Ω or more)
 Current output: 4 to 20 mA DC
 (Load resistance 600 Ω or less)
 Trigger output for triac driving:
 Zero cross method for medium capacity triac driving (100 A or less)
 Load voltage used:
 100 V AC line, 200 V AC line
 Load used: Resistive load

Alarm output:

Relay contact output:
 250 V AC, 1A (Resistive load)
 Electrical life: 50,000 times or more
 (Rated load)

Heater break alarm function:

Measured current:
 0 to 30 A (CTL-6-P-N)
 0 to 100 A (CTL-12-S56-10L-N)
 Input rating: Maximum current rating: 120 mA
 Input impedance: Approx. 2.5 Ω

Performance:

Display accuracy (at the ambient temperature 23 °C \pm 2 °C):

Thermocouple (TC):
 \pm (0.5 % of display value + 1 digit) or \pm 3 °C [6 °F]
 Whichever is greater
 R and S input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:
 \pm 6 °C [12 °F]
 B input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:
 Accuracy is not guaranteed.
 RTD:
 \pm (0.5 % of display value + 1 digit)
 or \pm 0.8 °C [1.6 °F]
 whichever is greater
 Voltage/Current: \pm (0.5 % of input span + 1 digit)

Memory backup:

Backed up by Nonvolatile Memory
 Number of write times:
 Approx. 100,000 times
 Data storage period:
 Approx. 10 years

Power:

Power supply voltage:

85 to 264 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz
 Rating: 100 to 240 V AC
 21.6 to 26.4 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz
 Rating: 24 V AC
 21.6 to 26.4 V DC (Power supply voltage range)
 Rating: 24 V DC

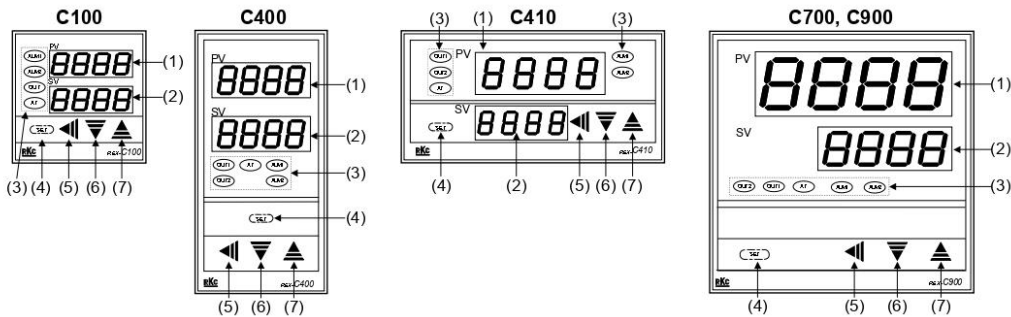
Power consumption:

6 VA max. (at 100 V AC)
 9 VA max. (at 240 V AC)
 6 VA max. (at 24 V AC)
 145 mA max. (at 24 V DC)

Weight:

C100: Approx. 170 g
 C700: Approx. 250 g
 C400/410: Approx. 260 g
 C900: Approx. 340 g

4. PARTS DESCRIPTION



(1) **Measured value (PV) display [Green]**
Displays PV or various parameter symbols.

(2) **Set value (SV) display [Orange]**
Displays SV or various parameter set values (or CT input value).

(3) **Indication lamps**
Alarm output lamps (ALM1, ALM2) [Red]
ALM1: Lights when alarm 1 output is turned on.
ALM2: Lights when alarm 2 output is turned on.

Autotuning (AT) lamp [Green]
Flashes when autotuning is activated.
(After autotuning is completed: AT lamp will go out)

Control output lamps
(OUT1 [Yellow], OUT2 [Green])
OUT1: Lights when control output is turned on.*
OUT2: Lights when cool-side control output is turned on.

(4) **SET (Set key)**
Used for parameter calling up and set value registration.

(5) **Shift key**
Shift digits when settings are changed.

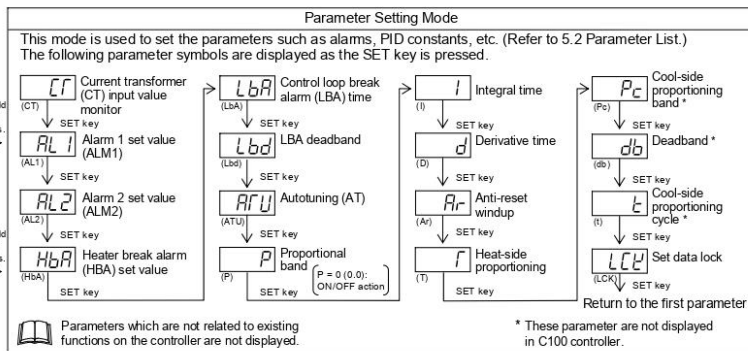
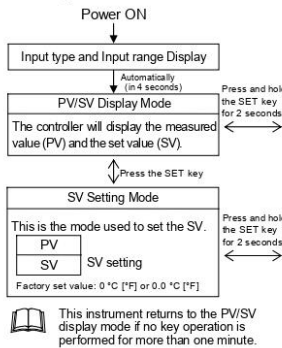
(6) **DOWN key**
Decrease numerals.

(7) **UP key**
Increase numerals.

To avoid damage to the instrument, never use a sharp object to press keys.

5. SETTING

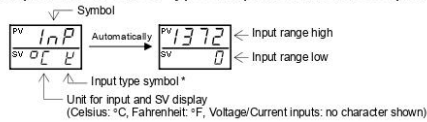
5.1 Operation Menu



Input type and input range display

This instrument immediately confirms the input type symbol and input range following power ON.

Example: When sensor type of input is K thermocouple.



* Input Type Symbol Table

Symbol	K	J	R	S	B	E	T	N	PL	W5R/W2R	U	L	JPt100	Pt100	Voltage input	Current input
Input type	Thermocouple (TC)									RTD		Voltage input		Current input		

5.2 Parameter List

The following parameter symbols are displayed as the SET key is pressed.

Parameter symbols which are not related to existing functions on the controller are not displayed.

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
CT	Current transformer (CT) input value monitor	0.0 to 100.0 A [Display only]	Display input value from the current transformer. [Displayed only when the instrument has the heater break alarm (HBA)]	
AL1	Alarm 1 set value (ALM1)	TC/RTD inputs: Deviation alarm, Process alarm: -199.9 to +999.9 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F] Voltage/Current inputs: Deviation alarm: -199.9 to +200.0 % Process alarm: -199.9 to +300.0 %	Set the alarm 1 set value and alarm 2 set value. For the alarm action type, refer to page 7. Alarm differential gap: TC/RTD inputs: 2 or 2.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	TC/RTD inputs: 50 (50.0) Voltage/Current inputs: 5.0
AL2	Alarm 2 set value (ALM2)			

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
HBA	Heater break alarm (HBA) set value ¹	0.0 to 100.0 A	Alarm value is set by referring to input value from the current transformer (CT). Used only for single-phase.	0.0
LBA	Control loop break alarm (LBA) time ²	0.1 to 200.0 minutes	Set control loop break alarm (LBA) set value.	8.0
Lbd	LBA deadband ³	TC/RTD inputs: 0 to 9999 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0 to 100 % of input span	Set the area of not outputting LBA. No LBA deadband functions with 0 set. Differential gap : TC/RTD inputs: 0.8 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span	0
ATU	Autotuning (AT)	0: AT end or cancel 1: AT start or execution	Turns the autotuning ON/OFF.	0
P	Proportional band	TC/RTD inputs: 1 (0.1) to span 0.1 °C [°F] resolution: Within 999.9 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.1 to 100.0 % of input span 0 (0.0): ON/OFF action	Set when PI, PD or PID control is performed. Heat/Cool PID action: Proportional band setting on the heat-side. ON/OFF action differential gap: TC/RTD inputs: 2 (0.2) °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	TC/RTD inputs: 30 (30.0) Voltage/Current inputs: 3.0
I	Integral time	1 to 3600 seconds (0 second: PD action)	Set the time of integral action to eliminate the offset occurring in proportional control.	240
D	Derivative time	1 to 3600 seconds (0 second: PI action)	Set the time of derivative action to improve control stability by preparing for output changes.	60
AR	Anti-reset windup (ARW)	1 to 100 % of heat-side proportional band (0 %: Integral action OFF)	Overshooting and undershooting are restricted by the integral effect.	100
F	Heat-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control output cycle. Heat/Cool PID action: Heat-side proportioning cycle	Relay contact output: 20 Voltage pulse output/ Trigger output for triac driving: 2
PC	Cool-side proportional band	1 to 1000 % of heat-side proportional band	Set cool-side proportional band when Heat/Cool PID action.	100
db	Deadband	TC/RTD inputs: -10 to +10 °C [°F] or -10.0 to +10.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: -10.0 to +10.0 % of input span	Set control action deadband between heat-side and cool-side proportional bands. Minus (-) setting results in overlap.	0 or 0.0
t	Cool-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control cool-side output cycle for Heat/Cool PID action.	Relay contact output: 20 Voltage pulse output: 2
LCK	Set data lock (LCK)	0100: No set data locked (All parameters changeable) 0101: Set data locked (All parameters locked) 0110: Only the set value (SV) is changeable with the set data locked	Performs set data change enable/disable.	0100

¹ Heater Break Alarm (HBA) function

The HBA function monitors the current flowing through the load by a dedicated current transformer (CT), compares the measured value with the HBA set value, and detects a fault in the heating circuit.

Low or No current flow (Heater break, malfunction of the control device, etc.):

When the control output is ON and the current transformer input value is equal to or less than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

Over current or short-circuit:

When the control output is OFF and the current transformer input value is equal to or greater than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

Precaution for HBA setting:

- Displayed only for when HBA is selected as Alarm 2.
- HBA is not available on a current output.
- Set the set value to approximately 85 % of the maximum reading of the CT input.
- Set the set value to a slightly smaller value to prevent a false alarm if the power supply may become unstable.
- When more than one heater is connected in parallel, it may be necessary to increase the HBA set value to detect a single heater failure.
- When the current transformer is not connected or the HBA set value is set to "0.0," the HBA is turned on.

² Control Loop Break Alarm (LBA) function

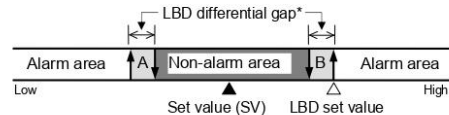
The LBA function is used to detect a load (heater) break or a failure in the external actuator (power controller, magnet relay, etc.), or a failure in the control loop caused by an input (sensor) break. The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. LBA monitors variation of the measured value (PV) for the length of LBA time. When the LBA time has elapsed and the PV is still within the alarm determination range, the LBA will be ON.

Precaution for LBA setting:

- Displayed only for when LBA is selected as Alarm 1 or Alarm 2.
- No LBA function can be used at Heat/Cool PID control action.
- The LBA function can not be activated when AT function is turned on.
- The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. The time required for the LBA output to turn on includes both the time from the initial occurrence of loop failure and the LBA setting time. Recommended setting for LBA is for the set value of the LBA to be twice the value of the integral time (I).
- If LBA setting time does not match the controlled object requirements, the LBA setting time should be lengthened.
If setting time is not correct, the LBA will malfunction by turning on or off at inappropriate times or not turning on at all.

³ LBA Deadband function

The LBA may malfunction due to external disturbances. To prevent malfunctioning due to external disturbance, LBA deadband (LBD) sets a neutral zone in which LBA is not activated. When the measured value (PV) is within the LBD area, LBA will not be activated. If the LBD setting is not correct, the LBA will not work correctly.



A: During temperature rise: Alarm area
During temperature fall: Non-alarm area
B: During temperature rise: Non-alarm area
During temperature fall: Alarm area

* TC and RTD inputs: 0.8 °C [°F] (fixed)
Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span (fixed)



A: Precauciones con respecto a los lugares de instalación

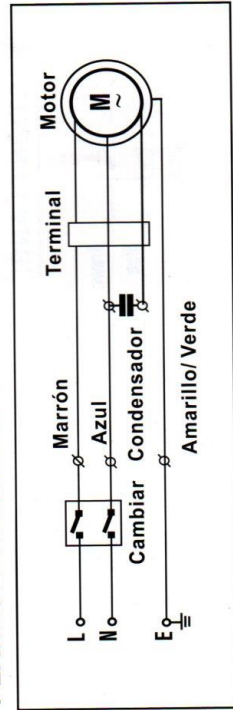
Este ventilador es del tipo que se instala en la pared. Por favor asegúrese de confirmar los puntos relativos siguientes a las condiciones para la instalación del ventilador. Asegúrese de acatar los puntos siguientes para asegurarse de no causar daño al ventilador

B: PRECAUCIONES

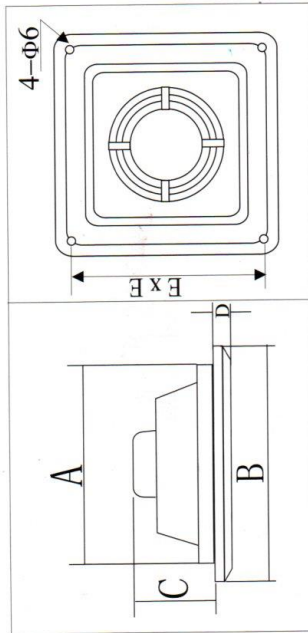
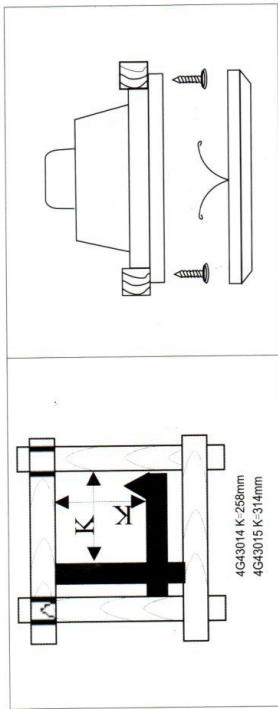
1. No instale el ventilador en un lugar menor que 2.3 metros de altura.
2. Este aparato no está diseñado para usarse por personas (incluso niños) con capacidad física, sensorial o mental reducida, o con falta de experiencia y conocimientos, a menos que sean supervisados o reciban instrucciones sobre el uso del aparato por una persona responsable de su seguridad.
3. Los niños deben supervisarse para asegurar que no jueguen con el aparato.
4. Durante la instalación, hay que mencionar que el ventilador debe conectarse con un interruptor polar de 110V-10 A y de acuerdo con las normas de cableado.
5. El ventilador está diseñado para montarse en ventanas o paredes externas.
6. Hay que tomar precauciones para evitar el refujo de gases en la habitación de las emanaciones tóxicas u otros aparatos de llamas expuestas.
7. A fin de evitar cualquier peligro, reemplace el cable de suministro por uno profesional si está dañado.
8. Los aparatos deben tener una conexión tipo Y. A fin de evitar cualquier peligro, cambie el cable de suministro por uno profesional si está dañado.
9. La separación de los contactos será al menos 3mm en el dispositivo de desconexión de todos los polos.

10. A fin de evitar que el flujo de aire se expulse de nuevo de la circunfluencia del ventilador, cuando los ventiladores estén trabajando, deben cerrarse las ventanas o puertas con la cara en la misma dirección del aire a ventilarse.

PLANES DE CONEXIÓN:



CUIDADO Y MANTENIMIENTO:



NOMBRES DE PIEZAS Y DIMENSIONES.

Unidades: mm

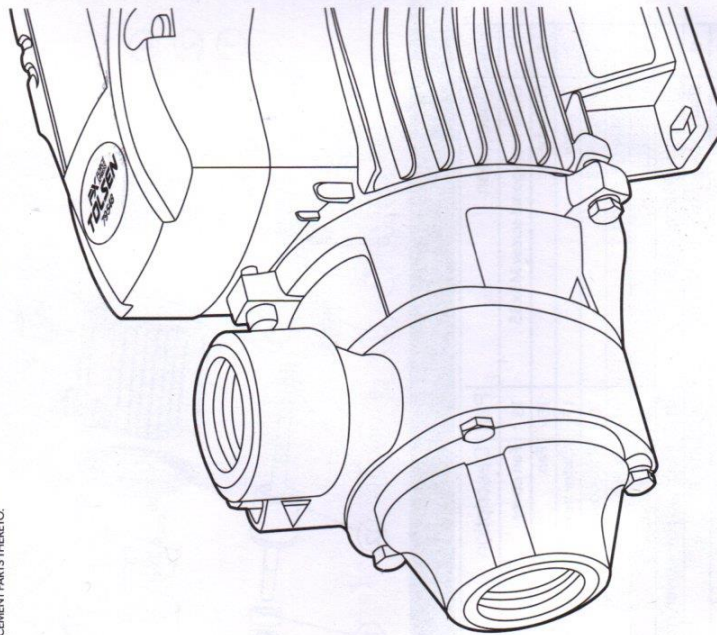
MODELO	Díámetro de la cuchilla	A	B	C	D	E
4G43014	250(10")	255	300	140	8	278
4G43015	300(12")	310	365	123	25	340

ESPECIFICACIONES PARA EL VENTILADOR

MODELO	ESPECIFICACIÓN	VOLTAJE	POTENCIA	RPM
4G43014	250(10")	120V	30Watts	1100~1300
4G43015	300(12")	120V	35Watts	1000~1200

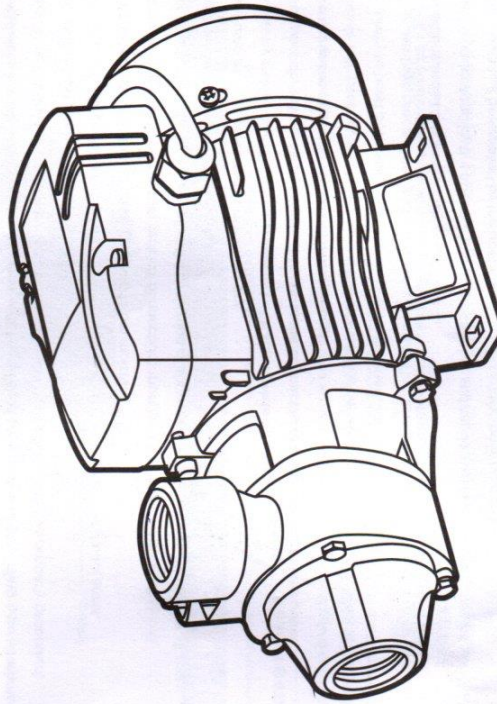
Please read the following carefully

THE MANUFACTURER AND/OR DISTRIBUTOR HAS PROVIDED THE PARTS LIST AND ASSEMBLY DIAGRAM IN THIS MANUAL AS A REFERENCE TOOL ONLY. NEITHER THE MANUFACTURER OR DISTRIBUTOR MAKES ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND TO THE BUYER THAT HE OR SHE IS QUALIFIED TO MAKE ANY REPAIRS TO THE PRODUCT, OR THAT HE OR SHE IS QUALIFIED TO REPLACE ANY PARTS OF THE PRODUCT. IN FACT, THE MANUFACTURER AND/OR DISTRIBUTOR EXPRESSLY STATES THAT ALL REPAIRS AND PARTS REPLACEMENTS SHOULD BE UNDERTAKEN BY CERTIFIED AND LICENSED TECHNICIANS, AND NOT BY THE BUYER. THE BUYER ASSUMES ALL RISK AND LIABILITY ARISING OUT OF HIS OR HER REPAIRS TO THE ORIGINAL PRODUCT OR REPLACEMENT PARTS THERE TO, OR ARISING OUT OF HIS OR HER INSTALLATION OF REPLACEMENT PARTS THERE TO.



CENTURY

PERIPHERAL PUMP



SAVE THIS MANUAL!
You will need this manual for safety instructions, operating procedures and warranty.
Put it and the original sales receipt in a safe dry place for future reference.

2 SAFETY

WARNING

Before start-up, note the following

The Pump must be connected to a Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI) protected plug which has been installed according to regulations. The plug must have a supply voltage of 120 VAC at 60 Hz.

CAUTION

This Pump has been evaluated for use with water only.

IMPORTANT! For your own safety before starting to run the Pump, please have the following items checked by an expert:

1. Risk of electric shock – This Pump is supplied with a grounding conductor and grounding-type attachment plug. To reduce the risk of electric shock, be certain that it is connected only to a properly grounded, grounding-type receptacle.
 2. Risk of electric shock – This Pump has not been investigated for use in swimming pool areas.
 3. The electrical connections must be protected from moisture.
 4. If there is danger of flooding, the electrical connections must be taken to higher ground.
 5. Circulation of caustic fluids, as well as the circulation of abrasive materials, must be avoided at all costs.
 6. The Pump must be protected from frost.
 7. The Pump must be protected from running dry.
 8. Access by children should also be prevented with appropriate measures.
 9. To prevent death from electric shock, Pump must be connected only to a GFCI protected outlet.
 10. Do not use an extension cord with this item.
 11. People with pacemakers should consult their physician(s) before use. Electromagnetic fields in close proximity to heart pacemakers could cause pacemaker interference or pacemaker failure.
 12. The warnings, precautions, and instructions discussed in this instruction manual cannot cover all possible conditions and situations that may occur.
- It must be understood by the operator that common sense and caution are factors which cannot be built into this product, but must be supplied by the operator.

Fluid Type

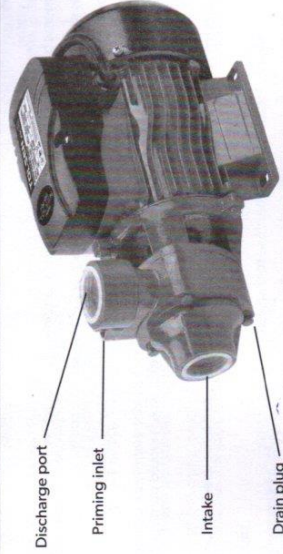
The Pump is designed for use with water with a maximum temperature of 77° F (25°C). Do not use the Pump for other fluids, especially not fuels, cleaning fluids, or other chemical products.

SPECIFICATIONS SETUP 3

SPECIFICATIONS

Horsepower	0.5HP	Maximum Suction	26ft
Rated current	3A	Maximum Delivery Height	115ft
Electrical Rating	120VAC /60 Hz	Discharge Port	1"
Maximum Flow	554GPH	Power Cord Length	12"

Components



INSTALLATION

The Pump must be installed in a stationary position with a fixed pipeline and a steady water supply.

Please note!

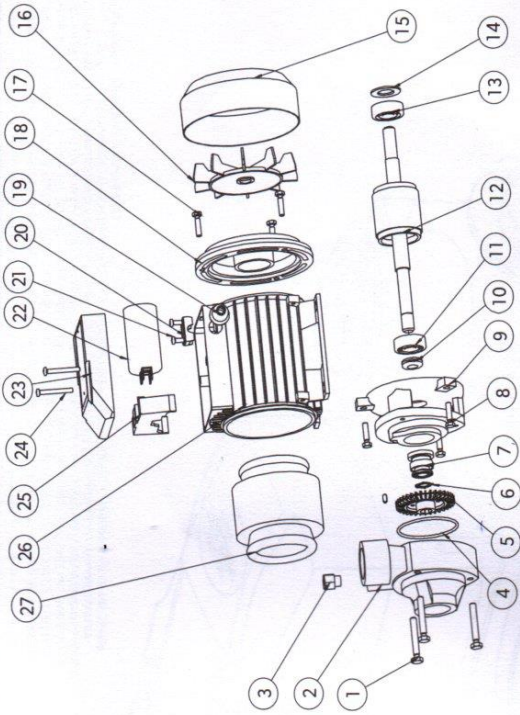
1. The Pump is equipped with a shock-proof plug according to regulations. The Pump is designed to be connected to a 120VAC, 60 Hz GFCI protected socket.
 2. Make sure that the socket is sufficiently secured and is in excellent condition.
 3. When the plug is inserted into the socket, the Pump will be on standby.
 4. **WARNING: To prevent death from electric shock, Pump must be connected only to a GFCI protected outlet.**
- WARNING!** If the power cord or plug is damaged, do not use the Pump. The power cord or plug may only be repaired by a certified electrician.

Areas of use

1. This Pump is designed to pump water only.
2. This Pump is designed to be used for: Pumping drinking water from shallow wells and cisterns. Irrigation systems.
3. This Pump should NOT be used for: Continuous run, fountain/pond water features. Water with dirt and debris.
4. This Pump can also be used to transfer water (e.g. household, farming, plumbing).

**ASSEMBLY DIAGRAM
PARTS LIST**

ASSEMBLY DIAGRAM



PARTS LIST

Part	Description	Part	Description
1	Outer hexagonal screw M5x35	15	Fan cover
2	Pump body	16	Fan
3	Air screw	17	Outer hexagonal screw M5x16
4	O-ring 60x3.1	18	Rear cover
5	Impeller OB-60-02	19	Outlet
6	External Circlips	20	Bonding clamp
7	Single Face Mechanical Seal	21	Pan head screws with cross recessed
8	Outer hexagonal screw M5x16	22	M4x8
9	Connector	23	Capacitor 8µF
10	Water-proofing	24	Connection box cover
11	Bearing 6201	25	Crosshead screw
12	Rotor 47x60	26	Connecting rod
13	Bearing 6201	27	Stator
14	Wave gasket 201		

6 SERVICING

TROUBLESHOOT

problem	possible causes	Likely Solutions
The Pump won't start	<ol style="list-style-type: none"> No power. Thermal Protection cut out. Blocked impeller. 	<ol style="list-style-type: none"> Check connections, and breaker/fuse. Allow Pump to cool. Free the impeller.
The Pump operates but it won't discharge water	<ol style="list-style-type: none"> Pump not primed. Lift height exceeded. Inlet tube not submerged. Air in suction pipe. Inlet screen clogged. 	<ol style="list-style-type: none"> Prime Pump. Reduce lift height. Submerge the inlet. Check pipe and seals. Clean screen.
Only a low volume of water flows	<ol style="list-style-type: none"> Inlet pipe is too small. Liquid is too dirty. Lifting height exceeded. Piping corroded, causing friction. 	<ol style="list-style-type: none"> Increase pipe diameter. Clean screen frequently. Reduce lifting height. Replace piping, with plastic where possible.
Pump will not hold prime	<ol style="list-style-type: none"> Foot/check valve not installed in suction line. Foot/check valve leaks water back to well. 	<ol style="list-style-type: none"> Install foot and check valve in suction line. Replace foot/check valve.
Water is full of bubbles at outlet	<ol style="list-style-type: none"> Pumping bubbles temporarily as air is purged after initial setup. Leak in suction side of pump system. Well is gaseous. Water level below suction inlet of foot valve. 	<ol style="list-style-type: none"> Temporary self-remediating issue. Check for and fix leaks. Install a sleeve in the well. Lower suction line into water and re-prime. If water is deeper than Maximum Suction Lift, then a deep well pump may be needed.
Motor runs, but water is not pumping	<ol style="list-style-type: none"> Improper priming. Air leakage. Vertical lift too high. Water level below suction inlet of foot valve. Frozen pipes. Foot valve in dirt or sand. Foot/check valve clogged. Pressure switch is set too low. 	<ol style="list-style-type: none"> Prime the Pump by pouring clean water into the Priming Inlet. Check all pipes and joints in the suction line for air leakage using soapy water. Reduce vertical lift to within specifications. See installation on page 5 Lower suction line into water and re-prime. If water is deeper than Maximum Suction Lift, then a deep well pump may be needed. Thaw the pipes. Bury pipes below freeze line/insulate pipes. Raise foot valve to clean water level. Clean or replace foot/check valve. Have the pressure switch adjusted by qualified technician (30 PSI Start, 50 PSI Stop).
Pump does not shut off	<ol style="list-style-type: none"> Pressure switch contacts welded together. Fixture (toilet, faucet, etc.) open or leaking. Impeller is clogged. Pipeline leakage. Foot/check valve leaks water back to well. 	<ol style="list-style-type: none"> Have the pressure switch replaced by a qualified technician. Close or repair fixture. Clean impeller. Repair pipeline. Replace foot/check valve.

Follow all safety precautions whenever diagnosing or servicing the Pump. Disconnect power supply before service. Do not disassemble the Pump or motor as this will damage the water seals. All repairs should be performed by a qualified technician.





BOMBA SUMERGIBLE PARA FUENTE AQUA



MANUAL DE PROPIETARIO
ANTES DE USAR SU EQUIPO LEA SU MANUAL DE PROPIETARIO



COD. 70080108
ver.1116

NO EXPONER ESTE PRODUCTO EN AGUA SALADA O SALMUERA. ESTE USO ANULA LA GARANTÍA. SOLAMENTE BOMBEAR AGUA LIMPIA.

EN CASO DE QUE EL CABLE DE ESTE APARATO ESTE DAÑADO

NO PUEDE SER SUSTITUIDO, TIENE QUE DESECHAR EL PRODUCTO.

ESPECIFICACIONES														
MODELO	POTENCIA		DESCARGA	PASE DE SOLIDOS	FLUJO MAX (L/min)	FLUJO (L/min) y Altura						ALTURA MAX		
	HP	I				Voltaje	MM	PULG	1.5m	2m	3m		4m	5m
AQUA120W	1/6	1.9 A	115V-60Hz 1φ	25	1"	3mm	70	68	63	54	41	25	8	6.5m
AQUA120W-F														
AQUA200W	1/4	2.1 A	115V-60Hz 1φ	32	1 1/4"	5mm	140	135	130	118	100	70	40	7m
AQUA200W-F														

OPERACION

⚠️ ❶ Colocar la bomba en superficie plana dentro del agua antes de encenderla.

❷ Usar la manguera incluida para como descarga, o conectarse a una descarga apropiada.

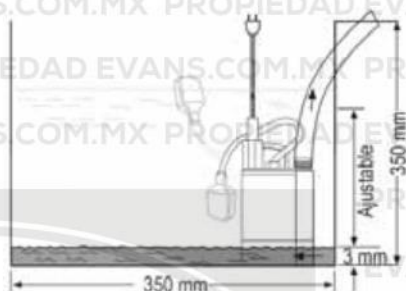
❸ Conecta el cable en la terminal a tierra con corriente alterna. Podrá bombear agua a temperaturas de hasta 40°C.

❹ Para prevenir desgaste innecesario, desconectar la bomba cuando no esté en uso.

❺ La bomba es suministrada con una manguera de descarga. Si se va a usar con tubería PVC por favor remover la manguera incluida de la descarga. **NO APRETAR DE MAS LA TUBERIA EN LA DESCARGA**

❻ La bomba puede incluir un flotador opcional. Cuando detecta que no hay agua, se apaga la bomba automáticamente.

NO EXPONER ESTE PRODUCTO EN AGUA SALADA O SALMUERA ESTE USO ANULA LA GARANTÍA, SOLAMENTE BOMBEAR AGUA LIMPIA



NO CARGAR LA BOMBA DEL CABLE, FAVOR DE USAR LA MANIJA QUE TIENE LA BOMBA.

EL USO EXTENDIDO DE LA BOMBA EN UNA SITUACIÓN DONDE SE ENCUENTRE PARCIALMENTE SUMERGIDA O NO SUMERGIDA PUEDE CAUSAR QUE LA BOMBA SE SOBRECALIENTE POR LA FALTA DE DISIPACIÓN DE CALOR QUE CAUSE EL CONTACTO CON EL AGUA. SI ESTO OCURRE, LA BOMBA SE APAGARÁ DE MANERA AUTOMÁTICA HASTA QUE EL MOTOR SE ENFRÍE LO SUFICIENTE PARA PODER VOLVER A ARRANCAR. SI LA BOMBA SE SOBRECALIENTA CONSTANTEMENTE PUEDE CAUSAR DAÑO A LA BOMBA.

Anexo 8 AC contactor 3SC8

SASSIN
ELECTRIC

Contadores en AC
3SC8 AC

Hasta 95A

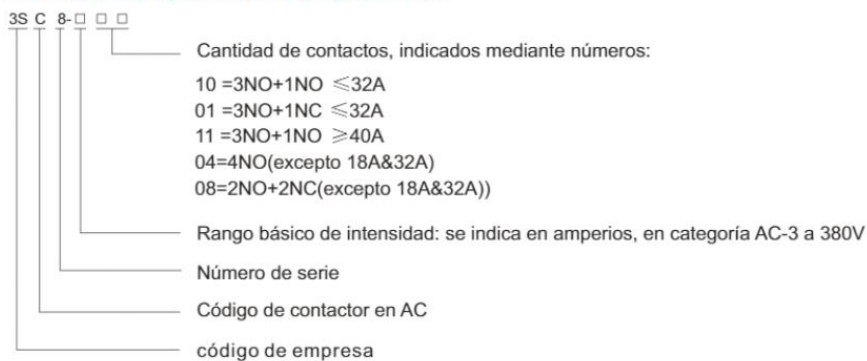


Serie 3SC8 AC

■ Application

Los contactores 3SC8 AC se emplean en líneas eléctricas hasta 660V AC en 50Hz o 60Hz, y hasta 95A, tanto para el arranque y parada de motores eléctricos como interruptor de líneas. Dispone de una amplia gama de accesorios: bloques de contactos, temporizadores, bloqueos mecánicos, arrancadores estrella-triángulo, relés térmicos, etc... Los contactores se fabrican conforme norma IEC60947-4.

■ Descripción y selección de producto:



■ Tensiones de mando

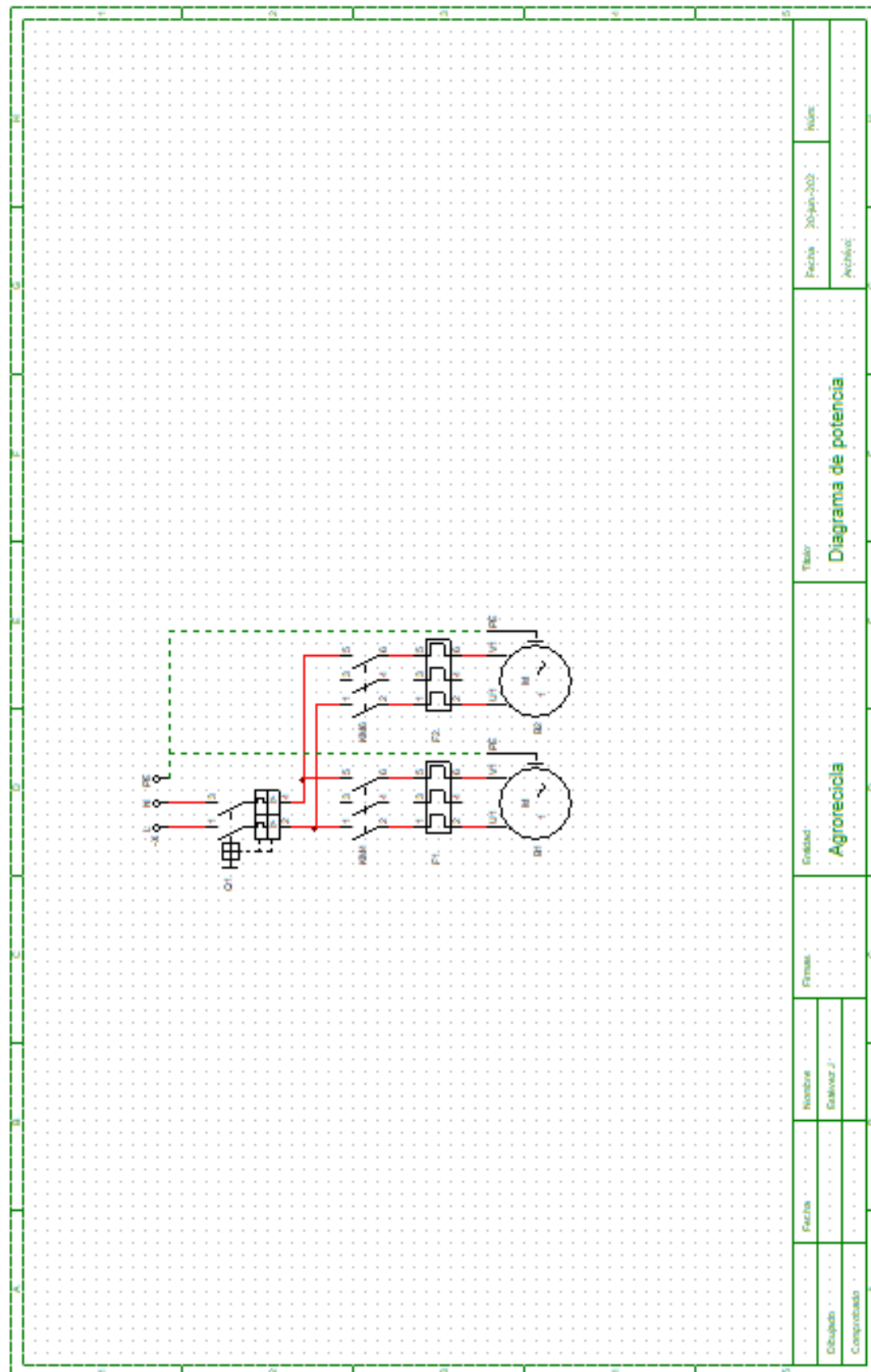
Voltios (V)	24	36	48	110	127	220	240	380	415	440	480	500	600	660	
50Hz	B5	C5	E5	F5	G5	M5	U5	Q5	N5	R5	-	S5	-	Y5	
60Hz	B6	-	E6	F6	G6	M6	U6	Q6	N6	R6	T6	-	S6	-	
50/60Hz	B7	-	E7	F7	-	M7	-	Q7	N7	R7	-	-	-	-	

www.sassinelectric.com

■ **Características técnicas**

Parámetros			Tipo																			
			3SC8-9		3SC8-12		3SC8-18		3SC8-25		3SC8-32		3SC8-40		3SC8-50		3SC8-65		3SC8-80		3SC8-95	
Intensidad de trabajo (Ie)	380V	AC-3	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95										
		AC-4	3.5	5	7.7	8.5	12	18.5	24	28	37	44										
	660V	AC-3	6.6	8.9	12	18	21	34	39	42	49	55										
		AC-4	1.5	2	3.8	4.4	7.5	9	12	14	17.3	21.3										
Tensión de aislamiento (Ui) V			660																			
Intensidad convencional (Ith)A			20		32	40	50	60	80				110									
Potencia admisible de motores trifásicos (AC-3) KW	220V		2.2	3	4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	25										
	380V		4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45										
	660V		5.5	7.5	9	15	18.5	30	33	37	45	45										
AC-3	Vida eléctrica (10 ⁴) maniobras		100				80				60											
	Frecuencia de operaciones (maniobras/h)		1200				600															
AC-4	Vida eléctrica (10 ⁴) maniobras		20				15				10											
	Frecuencia de operaciones (maniobras/h)		300																			
Vida mecánica (10 ⁴) maniobras			1000				800				600											
Contactos auxiliares	Intensidad convencional (Ith)A		10																			
	Tensión de trabajo (Ue)V		AC 380						DC 220													
	Capacidad de control		360VA(AC-15) or 33W(DC-13)																			
	Vida eléctrica (10 ⁴) maniobras		100																			
	Vida mecánica (10 ⁴) maniobras		1000																			
	Mínima carga a maniobrar		6V 10mA																			
Bobina	Rango de tensiones (Us) V		24,36,48,110,127,220,240,380,400																			
	Tensión de arranque V		85%~110%Us																			
	Tensión de mantenimiento V		20%~75%Us																			
	Arranque VA		70				110				200											
	Mantenimiento VA		8				11				20											
	Potencia W		1.8~2.8				3~4				6~10											
Fusibles de protección adecuados			RT16-20		RT16-32		RT16-40		RT16-50		RT16-63		RT16-80		RT16-100		RT15-110					
Cables de conexión con terminal mm ²	Número de cables		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
	Flexible		2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4	4	6	6	10	10	16	16	25	25	50	25	50	25
	Rígido		4	4	4	4	6	6	6	6	10	10	16	-	25	-	25	-	50	-	50	-

Anexo 10 Diagrama de potencia



Fecha		30-Jun-2023		Hoja	
Dibujado		Salazar J		Diagrama de potencia	
Comprobado				Título	
				Diagrama de potencia	
				Autor	
				Agroecología	
				Fecha	
				Nombre	
				Salazar J	
				Firma	
				Comprobado	
				Comprobado	