

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
REFRIGERACION PARA LA CAMARA DE  
ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS  
PERECIBLES EN LA EMPRESA SERTEG ATE  
LIMA 2025”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título  
profesional de:**

**INGENIERO MECATRONICO**

**Autores:**

Joel Edwards Surichaqui Leonardo  
Roger Bryan Surichaqui Leonardo

**Asesor:**

Mg. Edwin Huber Cuadros Camposano

**Código ORCID**

0000-0001-6478-8130

Lima - Perú

**2025**

## Informe de Similitud






Página 2 of 121 - Integrity Overview

Identificador de la entrega tm:oid::1:3262104766

# 13% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 11%  Internet sources
- 1%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

**Tabla de contenidos**

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| <b>Informe de Similitud.....</b>                         | <b>2</b>   |
| <b>Dedicatoria .....</b>                                 | <b>3</b>   |
| <b>Agradecimiento .....</b>                              | <b>4</b>   |
| <b>Índice de tablas .....</b>                            | <b>6</b>   |
| <b>Índice de Figuras.....</b>                            | <b>7</b>   |
| <b>Índice de ecuaciones .....</b>                        | <b>9</b>   |
| <b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>                           | <b>10</b>  |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>                    | <b>11</b>  |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>                   | <b>19</b>  |
| <b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b> | <b>42</b>  |
| <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>                      | <b>92</b>  |
| <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>101</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                                  | <b>103</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                       | <b>105</b> |

## Índice de tablas

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Elección de refrigerante.....                                  | 32 |
| Tabla 2: Componentes generales del R-404A .....                         | 35 |
| Tabla 3: Propiedades físicas .....                                      | 35 |
| Tabla 4: Funciones Principales de la empresa .....                      | 46 |
| Tabla 5: Superficie actual para fabricación .....                       | 53 |
| Se realizó una interpolación de la tabla para la condición de 80°F..... | 55 |
| Tabla 6: Humedad relativa.....                                          | 55 |
| Tabla 7: Cambio de aire.....                                            | 56 |
| Tabla 8: Factor carga motor.....                                        | 58 |
| Tabla 9: Total cargas .....                                             | 60 |
| Tabla 10: Diseño evaporador.....                                        | 62 |
| Tabla 11: Sistema de reconocimiento.....                                | 71 |
| Tabla 12: Identificador de conceptos.....                               | 71 |
| Tabla 13: Análisis comparativo de solución.....                         | 73 |
| Tabla 14: Parámetros TC-900E .....                                      | 84 |
| Tabla 15: Parámetros de configuración .....                             | 87 |
| Tabla 16: Estado de los equipos .....                                   | 92 |
| Tabla 17: Parámetros de diseño .....                                    | 94 |
| Tabla 18: Características de componentes.....                           | 95 |
| Tabla 19: Costo de implementación .....                                 | 96 |
| Tabla 20: Fecha de ejecución de servicios .....                         | 98 |

## Índice de Figuras

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Reporte Ficha RUC de la empresa .....               | 11 |
| Figura 2: Ubicación de la empresa .....                       | 12 |
| Figura 3: Estructura organizativa de la empresa.....          | 13 |
| Figura 4: Logo de la compañía .....                           | 14 |
| Figura 5: Principales clientes.....                           | 15 |
| Figura 6: Ciclo de Carnot .....                               | 22 |
| Figura 7: Ciclo de refrigeración.....                         | 24 |
| Figura 8: Refrigerante R-404A.....                            | 33 |
| Figura 9: Software TermoGraf .....                            | 37 |
| Figura 10: Software Modbus - Sitrad .....                     | 41 |
| Figura 11: Proceso de incorporación del bachiller .....       | 44 |
| Figura 12: Involucrados en la implementación .....            | 45 |
| Figura 13: Diagrama Ishikawa.....                             | 48 |
| Figura 14: Puertas cámara de frío .....                       | 49 |
| Figura 15: Diseño cámara de frío .....                        | 51 |
| Figura 16: Diseño almacenamiento .....                        | 52 |
| Figura 17: Diseño apilamiento.....                            | 52 |
| Figura 18: Temperatura exterior.....                          | 54 |
| Figura 19: Esquema del ciclo termodinámico Proceso 1 -2 ..... | 63 |
| Figura 20: Esquema del ciclo termodinámico Proceso 2-3 .....  | 64 |
| Figura 21: Esquema del ciclo termodinámico Proceso 3-4 .....  | 65 |
| Figura 22: Esquema del ciclo termodinámico Proceso 4-1 .....  | 65 |
| Figura 23: Caja negra.....                                    | 69 |
| Figura 24: Caja de cristal.....                               | 70 |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Figura 25: Orden de servicio .....                      | 77  |
| Figura 26: Diagrama Gantt .....                         | 78  |
| Figura 27: Sistema compresor cámara de frio .....       | 79  |
| Figura 28: Circuito eléctrico de fuerza .....           | 80  |
| Figura 29: Tablero eléctrico.....                       | 81  |
| Figura 30: Componentes SITRAD .....                     | 82  |
| Figura 31: Controlador digital TC-900E full gauge ..... | 83  |
| Figura 32: Esquema sistema de refrigeración.....        | 83  |
| Figura 33: Módulo de comunicación .....                 | 85  |
| Figura 34: Esquema instalación.....                     | 85  |
| Figura 35: Acceso al software SITRAD .....              | 86  |
| Figura 36: Acceso al software .....                     | 87  |
| Figura 37: Cámara de refrigeración.....                 | 91  |
| Figura 38: Cámara de refrigeración ejecutada.....       | 91  |
| Figura 39: Flujo económico .....                        | 97  |
| Figura 40: Avance de trabajos .....                     | 98  |
| Figura 41: Temperatura actual.....                      | 99  |
| Figura 42: Distribución de aire conforme.....           | 99  |
| Figura 43: Distribución de almacenamiento.....          | 100 |

## Índice de ecuaciones

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Ecuación 1: Carga térmica paredes, el techo y el suelo.....   | 25 |
| Ecuación 2: Carga térmica por cambio de aire .....            | 26 |
| Ecuación 3: Carga térmica por el producto almacenado .....    | 27 |
| Ecuación 4: Carga térmica por alumbrado .....                 | 27 |
| Ecuación 5: Carga térmica funcionamiento de los motores ..... | 28 |
| Ecuación 6: Carga térmica por personas .....                  | 28 |
| Ecuación 7: Humedad relativa.....                             | 29 |

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se realizó en la empresa San Antonio, ubicada en Miraflores, Lima, con la colaboración técnica de **Serteg Perú**, empresa responsable de la elaboración, diseño e implementación del proyecto. A fines de 2024, San Antonio incrementó su producción y ventas en un 25%, lo que evidenció un déficit en la capacidad de almacenamiento de productos perecibles, debido a una cámara de refrigeración reducida (medidas: 1.9 m x 2.4 m x 2 m).

Para resolver esta limitación, se diseñó un nuevo sistema de refrigeración, con los cálculos respectivos del ciclo termodinámico considerando sus cuatro etapas expansión, evaporación, compresión y condensación. Con el uso del software TermoGraf se seleccionaron los equipos adecuados, mediante el protocolo Modbus se configuró el sistema de supervisión del sistema.

Como resultado, se instaló una nueva cámara de 3 toneladas de capacidad, con un rango de temperatura de 2°C a 8°C y humedad relativa entre 68% y 80%, integrando un módulo de control y monitoreo del sistema.

La implementación de nuestro sistema tiene una inversión de S/ 42,590, logrando un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 26,192.1 anuales y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31%, lo que demuestra la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con en el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

## REFERENCIAS

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2020). *Termodinámica* (8.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Dossat, R. J., & Horan, T. J. (2020). *Principios de refrigeración* (6.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Arora, C. P. (2021). *Refrigeración y aire acondicionado* (3.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Petruzella, F. D. (2020). *Controladores lógicos programables* (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Danfoss. (2021). *Coolselector®2 Technical User Guide*. <https://www.danfoss.com>
- Bolton, W. (2021). *Controladores lógicos programables* (7.<sup>a</sup> ed., versión en español). Alfaomega.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2020). Normas técnicas para sistemas de refrigeración energéticamente eficientes. Lima, Perú.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2021). *Sistemas de control automáticos* (14.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Modbus Organization. (2021). Modbus Messaging on TCP/IP Implementation Guide v1.0b. <https://www.modbus.org>
- Ogata, K. (2021). *Ingeniería de control moderna* (6.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Bishop, R. H. (Ed.). (2020). *Manual de mecatrónica* (2.<sup>a</sup> ed.). Alfaomega – Cengage Learning.
- ABB Group. (2023). Sistemas de automatización industrial y eficiencia energética para compresores y ventiladores industriales. <https://global.abb>
- Torres, A. (2019). Evaluación energética de sistemas de refrigeración industrial usando PLC y SCADA. *Revista Técnica de Automatización y Control*, 8(2), 23–38.
- González, J. A. (2019). *Fundamentos de automatización industrial*. Ediciones Paraninfo.

Rodríguez, L. (2020). *Instrumentación y control de procesos industriales*. Alfaomega Grupo Editor.

García, C., & Morales, J. (2020). *Sensores y sistemas de medición en ingeniería*. McGraw-Hill.

Moreno, E. (2021). *Eficiencia energética en sistemas térmicos y de refrigeración*. Ediciones Díaz de Santos.

López, J. (2022). *Automatización y control en procesos industriales*. Ediciones Técnicas.

Perales, A. (2020). *Sistemas eléctricos industriales y su automatización*. Alfaomega Grupo Editor.

Vargas, F. (2019). *Diseño de instalaciones frigoríficas industriales*. Editorial Marcombo.