

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN EL ÁREA DE  
ACOPIO DEL CENTRO SAN LORENZO - GLORIA SA PARA  
OPTIMIZAR EL TIEMPO EN EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE  
LECHE”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Wilmer Manuel Hernandez Nuñez

Jose Augusto Roman Flores

Asesor:

Mg. Katherine del Pilar Arana Arana

Cajamarca - Perú

2020

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema .....	19
1.3. Objetivos.....	19
1.4. Hipótesis general .....	20
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
2.1. Tipo de investigación.....	22
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	22
2.3. Procedimiento .....	23
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
3.1. Centro de Acopio San Lorenzo - Gloria SA.....	25

3.2.	Análisis del sistema de enfriamiento de leche actual en el centro de acopio San Lorenzo – Gloria SA .....	27
3.3.	Diseño del sistema refrigeración por compresión.....	29
3.4.	Diseño en planta del sistema de refrigeración.....	33
3.5.	Modelación de principios físicos .....	35
3.6.	Simulación del sistema de refrigeración.....	43
3.7.	Costos, Materiales y equipos.....	61
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>		<b>68</b>
4.1.	Discusión .....	68
4.2.	Conclusiones .....	69
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de variables .....	21
Tabla 2 Software para el desarrollo de la investigación .....	23
Tabla 3 Lt de leche por segundo con sistema de enfriamiento hibrido .....	29
Tabla 4 Medidas del serpentín .....	48
Tabla 5 Características técnicas del compresor .....	62
Tabla 6 Características técnicas del separador de aceite .....	63
Tabla 7 Características técnicas del condensador .....	63
Tabla 8 Características técnicas del filtro deshidratador .....	64
Tabla 9 Características técnicas del evaporador .....	65
Tabla 10 Inversión inicial del sistema de refrigeración .....	66
Tabla 11 Costo operativo de enfriamiento de leche .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanque de enfriamiento hibrido.....	28
Figura 2. DAP del centro de enfriamiento San Lorenzo con enfriamiento hibrido .....	28
Figura 3. Ciclo del sistema de refrigeración .....	31
Figura 4. Diseño 3D de instalaciones en planta.....	34
Figura 5. Características del modelo.....	36
Figura 6. Sistema de compresión del vapor .....	37
Figura 7. Zonas de transferencia de frio en el condensador .....	40
Figura 8. Zonas de transferencias de calor en el evaporador .....	42
Figura 9. Resultados del EES de la simulación .....	45
Figura 10. Ciclo termodinámico del R22 planteado .....	47
Figura 11. Ciclo termodinámico del R22 en software Coolselector .....	50
Figura 12. Tubería ciclo termodinámico del R22 en software Coolselector.....	51
Figura 13. Válvula de control del ciclo termodinámico del R22 .....	52
Figura 14. Válvula solenoide para el ciclo termodinámico del R22 .....	53
Figura 15. Filtros para el ciclo termodinámico del R22 .....	54
Figura 16. Filtro deshidratador para el ciclo termodinámico del R22 .....	55
Figura 17. Válvula de expansión para el ciclo termodinámico del R22 .....	56
Figura 18. Intercambiadores de calor para el ciclo termodinámico del R22 .....	57
Figura 19. Eyector para el ciclo termodinámico del R22 en software Coolselector .....	58
Figura 20. Termostato para el ciclo termodinámico del R22 en software Coolselector .....	59
Figura 21. Presostato para el ciclo termodinámico del R22 en software Coolselector .....	60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 calor retirado en el evaporador a la leche .....	37
Ecuación 2 trabajo de compresión .....	38
Ecuación 3 potencia del compresor .....	38
Ecuación 4 balance de energía entre ambos flujos (refrigerante y leche) .....	40
Ecuación 5 zona de desrecalentamiento .....	41
Ecuación 6 proceso de condensación.....	41
Ecuación 7 efecto refrigerante .....	43
Ecuación 8 flujo de refrigerante que circula en el evaporador para una carga térmica .....	43
Ecuación 9 Ley de enfriamiento de Newton .....	47

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es realizar el diseño de un sistema de enfriamiento de leche en el área de acopio del centro San Lorenzo - Gloria SA para optimizar el tiempo en el proceso de enfriamiento de leche. Los resultados de esta investigación arrojan que este sistema de enfriamiento de leche deberá ser un sistema por compresión con uso de gas refrigerante y debe utilizar el refrigerante como el R22, para ello se utilizó el método científico de la modelación caracterizando una investigación de tipo Cuasi experimental aplicada.

Al diseñar el sistema de enfriamiento del circuito termodinámico por compresión de gas R22 mediante el software EES, los  $-93006.2\text{W/s}$  de absorción de calor cuando la leche entra a  $25^{\circ}\text{C}$  al evaporador en flujo másico de  $1000\text{g/s}$  su temperatura varía en  $-23.368^{\circ}\text{C/s}$ ; es decir si la leche entra a  $1000\text{g/s}$  al evaporador un segundo después esta tendrá una temperatura de  $1.632^{\circ}\text{C}$ .

Al analizar la consistencia del modelo termodinámico con el software Coolselector este nos indica que un modelo con un poder de enfriamiento de  $-93006.2\text{W/s}$  funcionaría al 100% es decir las líneas son consistentes para la relación presión y temperatura. Además, este software nos indica también que los componentes para el modelo termodinámico son comerciales y tecnológicamente adaptables.

**Palabras clave:** Ciclo, estrangulamiento, entalpia, entrada de potencial, ley de enfriamiento de Newton, potencia.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation is to carry out the design of a milk cooling system in the collection area of the San Lorenzo - Gloria SA center to accelerate the time in the milk cooling process. The results of this research show that this milk modification system must be a compression system with the use of refrigerant gas and the R22 refrigerant must be used, for this the scientific method of modeling should be used, characterizing an investigation of a quasi-experimental application. .

When designing the compression system of the R22 gas compression thermodynamic circuit using the EES software, the  $-93006.2 \text{ W / s}$  of heat absorption when the milk enters  $25 \text{ }^\circ \text{C}$  to the evaporator in  $1000 \text{ g / s}$  mass flow its temperature varies in  $-23,368 \text{ }^\circ \text{C / s}$ ; that is to say, if the milk enters the evaporator at  $1000 \text{ g / s}$  in a second, it will have a temperature of  $1,632 \text{ }^\circ \text{C}$ .

When analyzing the consistency of the thermodynamic model with the Coolselector software, this indicates a model with an analysis power of  $-93006.2 \text{ W/s}$  that will work at 100%, that is, the lines are consistent for the pressure and temperature ratio. In addition, this software also indicates the components for the thermodynamic model are commercial and technologically adaptable.

**Keywords:** cycle, strangulation, enthalpy, potential input, Newton's cooling law, power.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- UPIBI - IPN. (2018). *Determinacion de la Capacidad Calorifica*. Recuperado el 22 de Noviembre de 23, de <https://es.slideshare.net/valida51/practica-1-determinacion-de-la-capacidad-calorifica>
- Abello Linde SA. (12 de Noviembre de 2019). *R134A*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de [https://www.abellolinde.es/es/images/R-134a\\_tcm316-85645.pdf](https://www.abellolinde.es/es/images/R-134a_tcm316-85645.pdf)
- Angulo De La Sota, A. (2016). *Evaluación de sistemas de refrigeración para sistemas comerciales centralizados*. Castellón de la Plana: Universitat Jaume.
- Barillas Méndez, R. A. (2014). *Refrirregación Industrial: Evaporadores*. Merida: Instituto Universitario de la Frontera.
- Begazo Chara, D. A. (2014). *Tratamientos para la conservacion de la leche cloruro de sodio y estandarizacion de sales separacion por sedimentacion*. Arequipa: Universidad de San Agustin.
- Belman Flores, J. M. (2008). *Desarrollo de un modelo físico para una instalación de producción de frío por compresión de vapor utilizando el refrigerante R134a. Validación experimental y aplicación para la simulación energética*. . Castellon: Universitat Jaume.
- Cabanzón Labat, J. (2018). *Diseño y cálculo de un intercambiador de calor*. Cantabria: Universidad de Cantabria.

- Cañizales, M., & Ruiz, M. (2015). *Evaluación y diseño de un sistema para lograr el subenfriamiento en circuitos de refrigeración de mediana y baja capacidad*. Bárbula: Universidad de Carabobo.
- Castillo Cabrera, B. F. (2014). *Estudio Termodinámico de un sistema de refrigeración No frost con R600a*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.
- Cosme Pecho, R. (2015). *Ciclos de refrigeración*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Inslide: <https://es.slideshare.net/irisyaninacamposjime/ciclos-de-refrigeracintermodinamica>
- De la Rosa González, G. A. (2015). *Los sistemas de refrigeración industrial pueden clasificarse en función de su diseño y de su principio básico de funcionamiento: agua o aire, o una combinación de ambos. el intercambio calorífico entre el medio de proceso y el refrigerante se intensifica*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gloria SA. (2014). *Manuel de enfriamiento*. Cajamarca: Gloria SA.
- Gloria SA. (11 de 02 de 2019). *Gloria*. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de <http://www.grupogloria.com/quienes.html>
- González Ruiz , J. D. (2012). *Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la Universidad Pontificia Bolivariana*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Guggenbühl , B., & Heine, D. (2014). *Development and Optimisation of a sensory method for training*. Berna Suiza: Bern University of Applied Sciences.

- Hernández Benedi, J. (2008). *La refrigeración de la leche*. Madrid: Ministerio de agricultura de España.
- Hernández Gorívar, E. (2009). *Fundamentos de Aire acondicionado y refrigeración*. Limusa: Rústica.
- Isaz, C. A., Pilatowsky, I., Romero, R. j., & Cortés, F. B. (2014). *Análisis termodinámico de un sistema de refrigeración solar por absorción usando soluciones de monometilamina -agua para la conservación de alimentos*. Colombia: Revisa Bio Agro.
- Moran, J. M., & Howard, N. S. (2004). *Fundamentos de la termodinamica termica*. Barcelona: Reverte.
- Padero Martin, M. (2014). *Montaje y mantenimiento de instalaciones frigorificas*. España: Paraninfo SA.
- TECSUP. (20 de Enero de 2014). *Ciclo básico de refrigeración*. Obtenido de [http://www.academia.edu/20269916/CICLO\\_BASICO\\_DE\\_REFRIGERACION](http://www.academia.edu/20269916/CICLO_BASICO_DE_REFRIGERACION)
- Vega Iriarte, L. A. (2010). *Diseño y construcción de equipo de refrigeración de leche*. Caqueta: Universidad Nacional de Colombia.