

# Estudio del sistema de refrigeración en la conservación de la leche en el valle del Mantaro

---

## Study of the milk refrigeration and preservation system in Mantaro valley

<sup>1</sup>Morales Quispe, H.

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional del Centro del Perú

Email: hmorales@uncp.edu.pe

### Resumen

El presente trabajo, viene a ser una preocupación mayoritaria sobre un producto de consumo masivo y una actividad preponderante en el valle del Mantaro, siendo la agricultura y la ganadería, en el sector rural, la más visible.

La leche es un producto lácteo, para este caso, derivado de la vaca, requiere de un tratamiento riguroso en todas sus etapas, debido a la presencia de microorganismos que se encuentran en el medio ambiente.

La conservación está orientada desde el primer momento en la obtención de la leche, mediante un proceso en la que llega a temperaturas mayores de 30 °C, luego es enfriado por distintos métodos hasta 15 °C y 13 °C. La temperatura debe llegar a 4 °C o 5 °C para su transporte y comercialización adecuada. Desde el punto de vista de la conservación de temperaturas menores al medio ambiente, son necesarios herramientas, como la refrigeración, para resolver el problema de llegar a temperaturas menores.

En la primera parte del trabajo, se presenta el marco teórico referencial, el cual permitió tener una visión panorámica del trabajo, planteándose luego el problema, para luego abarcar, con el desarrollo del tema, estudios de la cadena productiva de la leche y el estudio estadístico del comportamiento poblacional, especialmente en los centros de producción lechera del área de estudio. En la parte central, se tomó el estudio especializado sobre ingeniería de refrigeración, llegando a determinar las características del equipamiento básico necesario de una planta de frío para conservar la leche en óptimas condiciones. La metodología utilizada es de análisis y síntesis con el soporte de estudios estadísticos a fin de tener una posición más cercana a la realidad. Se consolida el trabajo con los aportes, conclusiones y recomendaciones necesarios.

**Palabras Clave:** sistema de refrigeración, conservación, lácteos, distribución

### Abstract

The present work becomes a major concern about a mass consumption product and a preponderant activity in the Mantaro Valley being agriculture and cattling in the rural sector the most visible.

The milk, a dairy product derived from cows, requires a rigorous treatment in all of its stages due to the presence of microorganisms that are found in the rural environment.

The conservation is oriented from the first moment on obtaining milk by means of a process that reaches temperatures above 30 °C then it is cooled by different methods to 15 °C and 13 °C. Temperature must reach 4 °C or 5 °C for adequate transport and marketing. From the point of view of the conservation of lower temperatures than the environment, tools are needed, such as refrigeration to solve the problem of reaching lower temperatures.

In the first part of the paper, a referential theoretical framework is presented which allowed having a panoramic view of the work and then posing the problem, to later deal, through developing the topic, with statistical studies of population behaviour, particularly in the points of milk production in the area. In the central part, the specialized study on refrigeration engineering was carried out, getting to determine the characteristics of the necessary basic equipment for a plant of cold to conserve milk in optimum conditions. The used methodology was analysis and synthesis supported by statistical studies to have a closer to reality position. The work is consolidated with necessary conclusions and recommendations. It is analysis and synthesis with the support of statistical studies in order to have a position closer to reality. The work is consolidated with the necessary contributions, conclusions and recommendations.

**Keywords:** refrigeration system, preservation, dairy, distribution

<sup>1</sup>Docente de la Fac. de Ingeniería Mecánica / UNCP

## Introducción

El trabajo viene a ser la respuesta a una inquietud multisectorial, por constituir un producto de alto consumo.

La leche, un producto lácteo por excelencia, requiere de un manejo adecuado; por cuanto, como sustancia perecible, está sujeto a contaminarse rápidamente debido a la presencia de microorganismos en el medio ambiente que se encuentran desde la obtención directa de la vaca hasta llegar a los tanques de almacenamientos, donde se puede lograr un enfriamiento a 10 °C o máximo a 15 °C. Según información reciente la producción a tenido un aumento promedio de 15,000 Lts. a 20,000 Lts./día, por lo que requiere dar la atención debida en los tanques de frío o en los vehículos de transporte, donde después de la pasteurización llega de 2 °C a 3 °C en intercambiadores de calor, siendo aún más importante la refrigeración en las etapas siguientes, durante la distribución.

El estudio se desarrolló siguiendo los objetivos planteados, donde se determinó el grado de utilización de la técnica del frío en las plantas lecheras del valle del Mantaro donde, identificando las variables principales, se procedió a visualizar la cámara de frío, determinando las características técnicas de los equipos principales.

La utilización de un sistema adecuado de frío que interviene en el proceso de conservación, mantenimiento y comercialización, dará confianza y seguridad en la población que lo consume.

La metodología fue de análisis y síntesis, se efectuó estudios estadísticos a fin de conocer con proyección la realidad más cercana y conocer los beneficios que brinda un tratamiento óptimo y oportuno.

## Materiales y métodos

### Materiales

Los materiales tomados en cuenta para el desarrollo del trabajo fueron eminentemente de campo de la refrigeración, material bibliográfico especializado y, para la parte aplicativa básico, de especial uso tanto como normas manuales y catálogos de fabricación de equipos.

Como referencia importante, se tomó en cuenta la planta lechera de la SAISTúpac Amaru que tiene una unidad de frío de mediana capacidad; así como, la planta Laive, ambas se constituyen como principales productores y acopiadores de productos lácteos en el valle del Mantaro.

### Métodos

El desarrollo del trabajo ha permitido el uso de metodología sistemática, sintética, tecnológica y de carácter estadístico.

El tema en sí, por ser de carácter tecnológico, mucho ha tenido que ver la orientación es el campo del ingeniero mecánico en su área especializada del frío, con alcances en el nivel básico con bastante soporte técnico y de ingeniería.

## Resultados

De concordancia con los objetivos del trabajo, se orientó el estudio hacia la selección y ubicación de la planta lechera referencial para los cálculos de una unidad que responde a las expectativas previstas; esta planta, estará en los ambientes de la SAISTúpac Amaru, de la localidad de Pachacayo, motivo por el cual se tomó sus características para los cálculos de equipos y tamaño de planta.

### Mercado y población atendida

Los datos recopilados de fuentes confiables como INEI, brinda información de cantidad de producción y comercialización de leche, se han tomado en cuenta considerando los centros poblacionales mayores de consumo y producción de leche. Como referencia, se puede observar en la Tabla 1, el comportamiento con tendencias que permiten proyectarse a siguientes años.

**Tabla 1**  
Comportamiento poblacional

Años	x1	Log x1	Población Estimada
1990	25	5,281418	211828
1995	30	5,325982	268958
2000	35	5,924684	341496
2005	40	5,533385	433598
210	45	5,5637087	550669
2015	50	5,637087	6993496
2020	55	5,7440099	7013432

**Nota:** Ref. INEI –Hyo-2012

Con la información procesada, se determinó, en forma aproximada, la población futura, tomando como función:  $Yx\ abc$  que es una ecuación llevada a una hoja semilogarítmica que ayudó a encontrar una proyección gráfica.

La cadena productiva láctea abarca varios pasos, que se ha de cumplir necesariamente: producción - transporte - procesamiento - comercialización.

En esta fase de estudio se ha logrado determinar las dificultades:

- No existe un sistema de recojo y transporte de la leche, a causa de las pequeñas cantidades y disperso en zonas rurales.
- Estacionalidad, de oferta de la leche por la producción de pastos y clima.
- Deficiencias tecnológicas, de selección y mala calidad de leche cruda.
- Distancias, de lugares de producción en el valle.
- Dificultad de establecer instalaciones de sistemas de refrigeración.
- Comercialización lechera
- Los canales de comercialización indefinidos, tal que

el producto originado en el campo (productor) no llega al consumidor de manera directa.

- Las empresas de mayor tamaño ofrecen la compra muchas veces a través de intermediarios.
- Los precios varían con la estacionalidad y distancia del centro de consumo, la demanda exige la leche al mayorista S/. 1.20 soles el litro y al minorista S/. 1.80 soles el litro.

Tomando en cuenta el crecimiento poblacional de la ciudad de Huancayo, como referencia principal, se logró establecer 4.2 % anual y una demanda de 50,000 litros de leche por día, constituyéndose en un mercado regular, siendo la diferencia derivado a centros mayores de procesamiento.

**Criterios y elección del sistema de refrigeración a usarse**

En la elección se ha tomado en cuenta recomendaciones técnicas de especialistas, dentro de los más resaltantes podemos indicar:

- El agua a utilizar debe ser blanda, potable y con presiones entre 60 a 80 lbs/pu<sup>2</sup> con tuberías de 3/4" para los ramales.
- Buena iluminación y buena ventilación.
- Techos, paredes y pisos (material noble), impermeables.
- Altura interior de cámara 1.80 m, teniendo en cuenta evaporador, de manera que el acceso de personas sea fácil y permita el mantenimiento del equipo.

En cuanto a la elección del sistema de frío a instalar, debe ser mediano, siguiendo en orden seguridad, economía y practicidad, siendo el sistema propuesto de compresión. El diseño tendrá la distribución mostrada en la Figura 1. La cámara en sí tendrá las siguientes características:

- El aislamiento térmico que se utiliza será elegido de acuerdo a cálculos que se efectuará.
- El material usado en las paredes herméticas, que no permita el paso del agua al interior de la cámara.
- El material aislante que se elija será de baja conductividad, a fin de que el espesor sea pequeño.

**Información de cálculos**

- Temp. ambiente promedio anual 19 °C
- Temp. suelo promedio anual 19.8 °C
- Presión atmosférica 6884 Kgr/m<sup>2</sup>
- Velocidad del aire máx. 3.2 m/g
- Temperaturas bulbo seco 12 °C
- Temperaturas bulbo húmedo 9.5 °C
- Características de cámara
- Temperatura interna bulbo seco 3 °C
- Temperatura de la leche fresca
- Densidad de la leche 350 Kgr/m<sup>3</sup>

- Porcentaje de grasa 3.7 %
- Humedad relativa 80 %
- Volumen de producto 3 m<sup>3</sup>
- Altura útil de cámara 1.80 m
- Altura total de cámara 2.50 m
- Longitud de cámara 5 m
- Ancho de cámara 3 m
- Volumen total 37.5 m<sup>3</sup>

Los cálculos de cantidad de calor por paredes serán:

$$Q1 = UP.AP (te - ti) / 24 \text{ hr}$$

- AP = Área total de pared
- UP = Coeficiente global de transferencia de calor
- (te-ti) = diferencias de temperaturas exterior-interior

Calculando para los datos propuestos:

$$Q1 = 3165 \text{ Kcal/día}$$

La cantidad de calor por radiación Q2

$$Q2 = U.A. At. 0/24 \text{ hr}$$

AT = variación de la temperatura equivalente

$$Q2 = 2613 \text{ kcal/día}$$

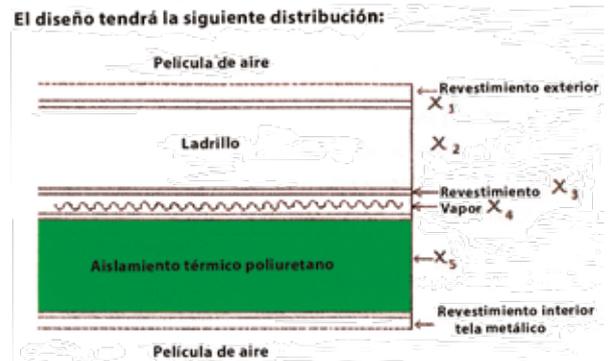
La cantidad de calor por renovación de aire Q3

$$Q3 = nVe P/RTe (he -hi)$$

$$Q3 = 1250 \text{ Kcal/día}$$

**Figura 1**

Características de pared de cámara diagrama de pared de cámara



La cantidad de calor por producto Q4

$$Q4 = m \frac{cp-(tp-ti)}{Te-ft} \text{ Kcal/24Hr.}$$

- m = masa del producto
- tp = temperatura del producto
- ti = temperatura de conservación
- te = tiempo de enfriamiento
- f = factor de enfriamiento
- de tablas: (tp - ti) = 58.6 °F
- factor de enfriamiento 0.85

- $C_p$  = calor específico de producto 7.6 Btu/lb°F
- $m$  = masa en 24 Hr: 6780.4 lb.

$$Q_4 = 215155 \text{ Kcal/día}$$

Carga térmica por fuentes diversa

- Por personas  $Q_5 = 3394 \text{ Kcal/día}$
- Por iluminación  $Q_6 = 1111 \text{ Kcal/día}$
- Finalmente,

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$Q_{\text{total}} = 226688 \text{ Kcal/día}$$

### Proceso de enfriamiento de la leche

La conservación por refrigeración tiene etapas que tienen que cuidarse: Luego de ordeñar, tiene que llevarse a almacenamiento en tanques y de refrigeración para enfriar aproximadamente a 8 °C, con lo que se evita la multiplicación de microorganismos. Otro detalle importante, luego de la recopilación, es el transporte, el cual consiste en llevarlos en sistemas diseñados con paredes isotérmicos y asépticos a un máximo de 10 °C. Una de las características particulares de la recopilación de la leche en el valle, es que la mayoría son pequeños productores, localizados de manera muy dispersa en las zonas rurales, mientras que los mercados se encuentran principalmente en zonas urbanas.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, La conservación de la leche se puede hacer eficientemente mediante refrigeración mecánica o en tanques refrigerantes. Las instalaciones de refrigeración tienen un costo elevado para pequeños productores, particularmente en países en desarrollo como el nuestro.

Como referencia se indica algunas referencias considerados importantes:

- En las últimas décadas, la producción lechera mundial ha aumentado en más de 50 %, pasando de 466 millones de toneladas en 1982 a 754 millones de toneladas el 2012.
- La India es el mayor productor, tiene el 16 % de la producción total, seguido por EE.UU., China, Pakistán y Brasil.
- Los países de mayor excedencia de producción son Nueva Zelanda, EE.UU., Alemania, Francia, Australia e Irlanda. Los países con déficit de producción lechera son China, Italia, Rusia, México, Argelia e Indonesia.

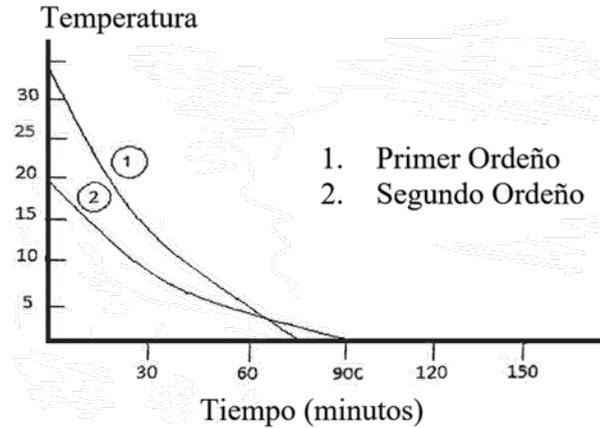
### Enfriamiento de la leche

Ensayo para un tanque de 20 litros de capacidad. Cuando se tiene un sistema de pre-refrigeración, es aconsejable enfriar a 20 °C, luego debe pasar para los tanques de re-

frigeración donde llegarán a 3 °C – 4 °C ayuda al ahorro de energía bajando de 35 °C a 15 °C – 18 °C características con agua de pre enfriamiento (Figura 2).

**Figura 2**

Resultados de ensayos para tanque de 20 Litros



La búsqueda de la calidad de la leche depende:

- de la temperatura de conservación
- del periodo de almacenamiento
- de la contaminación inicial
- de la velocidad de enfriamiento

Aproximadamente en 24 horas, para retardar la multiplicación de los gérmenes, se logra conservando de 3 °C - 4 °C de temperatura.

De concordancia con las recomendaciones se tiene que cumplir con que:

- el calor latente de evaporación sea alto.
- sea un punto de ebullición bajo.
- las temperaturas y presión de condensación sean bajos
- la entalpía del líquido sea de bajo calor específico

Adicionalmente, cuidar las propiedades químicas, físicas que llevaron a un buen Co F. El refrigerante elegido resultó el R12 que cumple con la evaluación planteada.

### Equipos y unidades de frío

#### Capacidad y horas de trabajo

En la evaluación intervienen diferentes factores característicos, como factibilidad de operación, mantenimiento, aplicación y, finalmente, factibilidad económica.

#### Evaporador

TSS ==> Temperatura saturación de succión.

Cold import, Cold Noticias N° 06 – 92

Teniendo en cuenta una operación de 24 Hr, el equipo que se acomoda deberá responder los datos siguientes:

CPH = Capacidad total/ Hrs de funcionamiento

CPM= 226688 / 24 = 9445, 3 K cal / Hr

CPH = 3748213 BTU /Hr

Considerando un coeficiente de seguridad de 10 %

CPH de planta= 41230 BTU/ Hrs

**Tabla 2**  
Características del evaporador

Tipo de evaporador	Condición	Funcionamiento Tiempo
Deshielo por aire (Fuera de ciclo)	TSS sobre 32°F	22-24 Hr.
	TSS Bajo 32° F	16-14 Hr
Deshielo forzado (Eléctricas o gas caliente)	Hielo (liviano)	20Hrs
	Hielo (medio)	18Hrs

**Nota:** Ref. Características de placa

### Unidad de condensación

Con la temperatura de trabajo del evaporado de 35 °C y una consideración de 6 % adicional de capacidad horaria y para un refrigerante 12 del catálogo Copeland, se determina:

Modelo ----- IET270

Capacidad -----30000 Btu/Hr

CFM-----4440 cfm

### Unidad motora

Con la capacidad del compensador, encontramos para la característica:

Modelo-----MRF 0500

### Unidad válvula termostática

Directamente de catálogo Danfors, encontramos

Modelo -----TF23.0

Capacidad-----36000 BTU/ hr

## Discusión

Con respecto al tiempo de absorción la eficiencia de remoción con mercurio lo determinó en 22 días (Arenas, 2011), en el presente estudio se determinó en 28 días o 4 semanas la remoción del ión cobre Se considera este tiempo porque entre la cuarta y quinta semana, se puede observar que la concentración de iones cobre son valores similares.

El porcentaje de remoción fue de 68,57 %, mientras que Jaramillo y Flores (2012), en la investigación con mercurio fue de 29,5 %; comparado con el presente estudio, se tiene mayor porcentaje de remoción del ión cobre, entonces la *Lemna minor* es una planta acuática apropiada para este tipo de fitorremediación. La comparación con la literatura se ha realizado con otros metales pesados.

## Conclusiones

- La eficiencia de la fitorremediación del cobre en una solución acuosa con la especie lenteja de agua (*Lemna minor*) se evaluó hasta un 68,57 % de remoción.

## Referencias bibliográficas

- Alár Gon GreUS J. (2010). *Tratado Práctico de refrigeración automática*. México- Editorial Marcombo.
- Azabache Asmat, Manuel. (2010). *Teoría fundamental para diseño de aire acondicionado*. Perú –Edit. Copias UNI.
- Badui S. (2012). *Química de los alimentos*. México DF. Edit. Pearson.
- Carrier Company. (2008). *Manual de aire acondicionado*. España - editorial Marcombo
- Dossát Roy J. (2012). *Principios de refrigeración*. México — Editorial CECSA.
- Douglas C. Giancoli. (2010). *Física*. México- Edit. Prentice Hall.
- Incoprera Frank P.ñ. De Wott. David P. (2010). *Fundamentos de transferencia de calor*. México – Edit. Prentice Hall.
- Mafko, Leonel. (2008). *Manual del ingeniero mecánico*. México - Edit. Uthea.
- Orrego C. (2010). *Procesamiento de alimentos*. Colombia – Edit. Universidad Nacional de Colombia.
- Pita Eduard G. (2011). *Principios de sistema de refrigeración*. México –Edit. Limusa.
- Quezada N. (2012). *Metodología de la investigación estadística aplicada en la investigación*. Perú – Edit. Macro.
- Sanguinetti Remuzgo, Ernesto. (2012). *Dimensionamiento y cargas de calor en cámaras frigoríficas*. Perú – Edit. UNI.
- Senamhi. (2012). Hoja informativa datos clima valle del Mantaro (2007 – 2012). Perú.
- Stoecker W.F. (2010). *Refrigeración y acondicionamiento del aire*. México. Edit. Mc. Graw Hill.