



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**DISEÑO DE CÁMARAS PARA PRODUCTOS  
REFRIGERADOS**

Presentado por:

**TATIANA SUSANA, MOSAYHUATE ESPINOZA**

**Bachiller** del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **13% de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

**APROBADO OBTUVO EL 13% (MENOR AL 20% REQUERIDO)**

Ica, 23 de MARZO de 2022

.....  
JUAN MARINO ALVA FAJARDO  
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE  
ALIMENTOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**TRABAJO MONOGRAFICO PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE ALIMENTOS**

**MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA ACADEMICA**

**MONOGRAFÍA**

**“DISEÑO DE CÁMARAS PARA PRODUCTOS REFRIGERADOS”**

**AUTOR:**

**BACHILLER: MOSAYHUATE ESPINOZA TATIANA SUSANA**

**ICA – PERU**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios, por darme la sabiduría, paciencia, salud, resistencia para sacar adelante la variedad de situaciones que se presentaron en el transcurso de este camino educativo y a mi madre y mis abuelos por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios en la educación superior, brindándome siempre su apoyo incondicional para cumplir con la meta de culminar con éxito mis estudios de nivel profesional y poderles obsequiar el regalo más grande de todos que es ser el primer profesional de la familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, por abrirnos las puertas del mundo de la educación superior, a los docentes, personal administrativo y las directivas de la facultad por toda la colaboración suministrada por ellos durante los años que realizamos nuestra carrera profesional.

# INDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN (INGLES Y CASTELLANO)	Pág.5
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO</b>	
1.1 INTRODUCCION	Pág.6
1.2 ANTECEDENTES	Pág.6
1.3 BASES TEORICAS	Pág.7
1.4 MARCO CONCEPTUAL	Pág.10
<b>CAPITULO II: DESARROLLO O CONTENIDO</b>	
2.1 DESARROLLO DEL TEMA	Pág.11
2.2 OPINION CRITICA	Pág.29
2.3 CONCLUSIONES	Pág.30
<b>CAPITULO III:</b>	
3.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	Pág.32
3.2 ANEXOS	Pág.33

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>TABLA1:</b>	Propiedades Físicas	Pág.10
<b>TABLA DE DATOS 1:</b>	Cámara de Refrigeración	Pág.13
<b>TABLA DE DATOS 2:</b>	Materiales de Cámara de Refrigeración	Pág.13
<b>TABLA DE DATOS 3:</b>	Dimensiones Carne de Res	Pág.13
<b>TABLA DE DATOS 4:</b>	Cámara de Congelamiento	Pág.14
<b>TABLA DE DATOS 5:</b>	Materiales de Cámara de Congelamiento	Pág.14
<b>TABLA DE DATOS 6:</b>	Dimensiones Carne de Res	Pág.14
<b>Gráfico 1:</b>	Mollier R-134a. Refrigeración	Pág.22

## **RESUMEN**

En la actualidad sigue siendo un constante desafío poder brindar un ambiente adecuado para los alimentos refrigerados sea cual sea su tipo, para la industria es fundamental mejorar el rendimiento sin dejar de lado la potenciación de sus características organolépticas y la mejora de su tiempo de vida útil.

El proyecto pretende buscar una estructura adecuada que nos brinda la mejor manera para utilizar diferentes maquinarias y poder hacer uso razonable del espacio mejorando instalaciones teniendo en cuenta el piso, las paredes, etc. Todo en una cámara influye la limpieza, el tamaño todo en si es un conjunto de características que unidas eficazmente pueden lograr múltiples mejoras a un producto, haciéndolo el mejor del mercado.

Empezando por mantener una temperatura comprendida entre +2°C y +5°C medidos en la parte más profunda de las masas musculares, lo cual nos permitirá conservar el alimento de manera óptima. Posteriormente en lo que respecta a los pisos pintar una franja de 10 cm., con pintura amarilla en los pasillos, las zonas de almacenamiento y la ubicación de los equipos de control de incendios y primeros auxilios además en las paredes serán de fácil limpieza y desinfección, no porosos y sobretodo impermeable.

Finalmente, después de realizar cálculos llegamos a la conclusión que, mejorando el tamaño de las cámaras, su equipamiento y el número de horas que pueden trabajar de manera óptima lograremos unos mejores resultados que se verán reflejados en los productos. Ciertamente la calidad del producto influye mucho pero un uso adecuado y responsable de las maquinarias pueden influir hasta llegar a superar los resultados en un 35 % sobre lo esperado.

## **ABSTRACT**

At present, it is still a constant challenge to provide an adequate environment for refrigerated food, whatever the type, for the industry it is essential to improve performance without neglecting the enhancement of its organoleptic characteristics, to improve its shelf life.

The project aims to find an adequate structure that gives us the best way to use different machinery and make reasonable use of the space by improving facilities taking into account the floor, walls, etc. Everything in a chamber influences the cleanliness, the size all in itself is a set of characteristics that together effectively can achieve multiple improvements to a product, making it the best in the market.

Starting by maintaining a temperature between + 2°C and + 5°C measured in the deepest part of the muscle masses, which will allow us to preserve the food in an optimal way. Subsequently in regard to the floors paint a strip of 10 cm., With yellow paint in the corridors, storage areas and the location of fire control and first aid equipment also on the walls will be easy to clean and disinfect , nonporous and above all waterproof.

Finally, after making calculations we reached the conclusion that by improving the size of the cameras, their equipment and the number of hours they can work optimally we will achieve better results that will be reflected in the products. Certainly the quality of the product has a great influence, but an adequate and responsible use of the machinery can influence the results up to 35% more than expected.

# **CAPITULO I:**

## **MARCO TEORICO**

### **1. INTRODUCCION**

En el presente trabajo detallaremos como se debe diseñar una cámara para productos refrigerados, teniendo en cuenta las maquinas apropiadas el ambiente donde se deben encontrar y deben estar acondicionadas y óptimas.

El sistema de refrigeración consta de un compresor de aire accionado por un motor eléctrico, un intercambiador de calor de tubos en zigzag llamado condensador, un segundo intercambiador de calor de tubos en zigzag llamado evaporador y una válvula de expansión, todos los cuales están conectados por tuberías de cobre para formar un circuito cerrado. Dentro de la tubería, se introduce refrigerante gaseoso a través de una válvula. Por lo general, en el marco de la entrada. Durante el funcionamiento, el compresor aumenta la presión del aire caliente que sale de la cámara debido a las calorías absorbidas del producto almacenado. Cuando el gas alcanza los valores esperados de presión y temperatura, esto corresponde a que el gas pasa a través del condensador a la fase líquida, liberando el calor latente de fusión. El condensador está equipado con aletas para transferir el calor al aire a través de la pared de la tubería. Calcule la longitud del serpentín para que el gas licuado salga del condensador a temperatura ambiente. Luego pasa a través de la válvula de expansión que ya está en la cámara y pierde presión. Cuando llega al evaporador, el gas está frío y sin presión. De ello depende el retorno al estado gaseoso. El calor del gas llega al compresor, completando el circuito. El proceso continúa enfriando el aire y el producto se almacena hasta que la temperatura está +/- 1°C por debajo del punto de ajuste. El termostato cierra el acelerador y el interruptor de presión corta el flujo del compresor. Después de un tiempo, la temperatura sube debido al calor que pasa a través de las paredes y puertas. Cuando alcanza /-1°C por encima del valor establecido, la válvula se abre y fluye corriente. El bucle vuelve a funcionar.

### **2. ANTECEDENTES**

Desde tiempos prehistóricos, las personas han sabido hacer fuego para calentar y generar calor para frutas y verduras, pero no sabían cómo enfriar y eliminar el calor hace mucho tiempo. En la década de 1920, el físico francés Sadi Carnot estudió la máquina de vapor que Watt acababa de construir en Inglaterra, desarrolló la teoría básica de la termodinámica e inventó la fórmula del refrigerador. Más tarde, otros físicos experimentaron con máquinas cada vez más sofisticadas y experimentaron con varios gases, y no fue hasta finales del siglo XIX que se construyeron los primeros refrigeradores. En 1928, comenzó la producción en masa de refrigeradores domésticos, seguida de refrigeradores para camiones, vagones y barcos.

Cuando hablamos de refrigeración, inmediatamente pensamos en un refrigerador eficiente que pueda congelar alimentos en poco tiempo. Pero, de hecho, la costumbre de enfriar existe

desde la antigüedad. Desde tiempos prehistóricos, la gente se ha visto en la necesidad de almacenar alimentos en cuevas frías o nevadas para conservarlos.

A lo largo de la historia, podemos verlo crecer hasta llegar al enfriador que tenemos hoy:

- Los griegos y los romanos amontonaban la nieve en agujeros excavados en el suelo, aislados con paja y palos. La nieve se convierte en hielo y se utiliza durante las estaciones más calurosas. Esta costumbre se extendió por todo el Mediterráneo y se utilizó en la mayoría de las zonas rurales hasta el siglo XX.
- Durante la época musulmana en la India y en la Península Ibérica en el siglo IV, se utilizaron los primeros métodos artificiales mediante procesos químicos. La temperatura se puede bajar usando nitrato de sodio y nitrato de potasio en agua.
- En el siglo XVI Blas Villafranca, un médico español asentado en Roma se dedicaba al enfriamiento del agua y el vino mediante mezclas refrigerantes pero fue en 1607 cuando se descubrió que con una mezcla de agua con sal, el agua se podía congelar.
- Después de los descubrimientos anteriores, muchos científicos, como Robert Boyle y Philippe Laire, comenzaron a utilizar mezclas de refrigerantes en sus laboratorios. Estos procesos permitieron realizar experimentos a bajas temperaturas hasta 1715, cuando Fahrenheit reinició su termómetro a través de una mezcla de nieve y nitrato de amonio.
- En 1748, William Cullen desarrolló con éxito el primer método conocido de enfriamiento artificial mediante la ebullición de éteres en vacío parcial. El farmacéutico y profesor Antoine Baumé luego creó hielo artificial exponiendo el éter al aire. Varios años después, Priestley descubrió las propiedades termodinámicas del amoníaco y el dióxido de carbono como refrigerantes.
- En el siglo XIX científicos como von Karsten, Hanneman, Pfandler y Brendel descubrieron nuevos métodos que permitían disminuir la temperatura hasta los -
- Por último, refrigeración mecánica. Este tipo de enfriamiento se basa en la expansión del líquido que se evapora. Aunque el primer intento fue evaporar líquidos, en 1805 Oliver Evans diseñó el primer frigorífico que utilizaba vapor en lugar de líquido. Pero no fue hasta 1842 que el estadounidense John Gorey inventó una máquina para enfriar las habitaciones de los pacientes con fiebre amarilla. El dispositivo funciona comprimiendo aire, el gas se enfría mediante bobinas radiantes y luego se expande para bajar la temperatura.
- A partir de entonces la maquinaria de refrigeración empieza a despegar a un ritmo vertiginoso. En 1859 Ferdinand Carré diseña un sistema más complejo con amoníaco. A partir de entonces surge el transporte refrigerado.

### **3. BASES TEORICAS**

#### **A. BODEGA**

Una bodega es un lugar donde se almacenan mercaderías ya sean materia prima, producto semi terminado o producto terminado en espera de su próximo proceso. Las bodegas serán convertidas en áreas extremadamente relevantes para el funcionamiento de la empresa independientemente

del sector industrial él; que pertenezcan en estas se almacenan productos necesarios para la elaboración y comercialización. Entre las funciones principales de las bodegas tenemos:

- Mantener las materias primas a cubierto de incendios, robos o deterioros.
- Permitir a las personas autorizadas el acceso a las □materias almacenadas.
- Mantener en constante información al departamento de compras, sobre las existencias reales de la materia prima.
- Llevar en forma minuciosa controles sobre las materias primas (entradas y salidas).
- Vigilar que no se agoten los materiales (máximos – mínimos).

## **B. CÁMARAS FRIGORÍFICAS**

Una cámara frigorífica es una carcasa aislada que contiene sustancias que se utilizan para separar su energía térmica. Esta extracción de energía se realiza gracias al sistema de refrigeración. Su uso principal es en la conservación de alimentos o productos químicos. Se entiende por cámara frigorífica una cámara construida mediante aislamiento para conservar mediante refrigeración productos perecederos.

Otras áreas donde se utilizan las cámaras frigoríficas son los laboratorios de investigación biotecnológica que, al igual que la industria farmacéutica, estudian compuestos que requieren temperaturas muy bajas para su conservación, además de otros microorganismos que se almacenan para su análisis en estos laboratorios.

## **C. CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN**

### **Características**

- Frío positivo (+2/+6°C) : refrigeración
- Frío negativo (-18/-20°C) : conservación de congelados
- También disponible Ultracongelación (-38°C)
- Las cámaras se ofrecen en múltiples tamaños estándar o exactamente con las medidas solicitadas por el cliente
- Grupos disponibles : Tropicalizados, a distancia, Silensys, Monoblock, Semi-herméticos...

### **Utilización**

El almacenamiento en frío se utiliza para retrasar la fermentación o conservar materias primas, productos de panadería y dulces. Almacene ingredientes, productos de panadería y dulces en el congelador.

## **D. ALIMENTOS PERECEDEROS**

Los alimentos perecederos son alimentos que pueden echarse a perder, estropearse o volverse inseguros para comer. Deben refrigerarse a 4,4 °C o menos de 40 grados F para mantenerlos seguros o prolongar su vida útil, ya que la refrigeración ralentiza el crecimiento de bacterias. Hay dos familias completamente diferentes de bacterias en los alimentos: las 'bacterias patógenas', que causan intoxicación alimentaria, y las 'bacterias dañinas', que causan el deterioro de los alimentos y

los malos olores. Texturas y sabores desagradables Los alimentos que deben refrigerarse por razones de seguridad incluyen carne, pollo, pescado, productos lácteos, quesos blandos.

## **E.LOS REFRIGERANTES**

Refrigerante es la sustancia que transfiere calor de un fuego para ser enfriado al ambiente circundante o un fuego caliente.

Los refrigerantes incluyen hidrocarburos halogenados, azeótropos, hidrocarburos, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos insaturados. Los hidrocarburos halogenados se obtienen reemplazando uno o más átomos de hidrógeno en una molécula de hidrocarburo con átomos de flúor y cloro. Entre ellos se encuentra el famoso Freón, de los cuales el Freón 12 es el más dañino para el medio ambiente, porque destruye la capa de ozono.

- Refrigerantes: R134a

El R-134a (HFC-134a), compuesto inocuo para la capa de ozono, fue desarrollado para ser una alternativa a largo plazo para refrigerantes CFC y HCFC. Posee características muy similares en rendimiento y capacidad al refrigerante R-12 (CFC-12) CARACTERISTICAS El R-134a, aun siendo similar al R-12, no es un sustituto directo, ya que los lubricantes minerales utilizados tradicionalmente con el R-12, no son miscibles con el R-134a. La mayoría de fabricantes de compresores utilizan los lubricantes de base poliol éster (POE). En el caso de climatización de automóviles el lubricante más utilizado es el poli alquilen glicol (PAG) El R-134a, al tratarse de un producto puro, se puede cargar en el sistema usando tanto la fase líquida como la fase vapor.

### **TABLA N°1: PROPIEDADES FISICAS**

## PROPIEDADES FISICAS

Propiedades	Unidades	R-134a
Fórmula	-	1,1,1,2 tetrafluoroetano
Masa molecular	g / mol	102,0
Temperatura de ebullición (burbuja) a 1.013 bar	°C	-26,4
Temperatura de congelación	°C	-103
Densidad del líquido a 25°C	kg/dm <sup>3</sup>	1,20
Densidad del vapor saturado a 1,013 bar	kg/m <sup>3</sup>	5,28
Temperatura crítica	°C	101
Presión crítica	bar	40,7
Calor latente de vaporización a 1,013 bar	kJ/kg	215,9
Calor específico a 25°C		
▪ Líquido	kJ/kg.K	1,46
▪ Vapor (a 1,013 bar)	kJ/kg.K	0,85
Inflamabilidad en el aire	-	Ninguna
ODP	-	0
Clasificación seguridad Ashrae	-	A1/A1
GWP (PCA)	-	1430

## 4. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección revisaremos la importancia de mejorar y tener una correcta estructura de una cámara exclusiva para productos refrigerados.

Básicamente, tenemos en cuenta objetivos claros tanto uno principal como otros secundarios.

El objetivo principal: Realizar el diseño de una cámara de refrigeración para almacenar carne de res y una, cámara de congelamiento para almacenar carne de cerdo.

Los secundarios:

- Dimensionar el área de almacenamiento de la cámara de refrigeración y de la cámara de congelamiento tomando en cuenta la disposición interna de la carne.
- Escoger un refrigerante apropiado para el sistema de refrigeración de la carne.

Seleccionar un sistema de aislamiento adecuado para evitar pérdidas por calor

# CAPITULO II

## 2.1 DESARROLLO DEL TEMA

### TECNICAS DE ALMACENAMIENTO

#### ORGANIZACIÓN DE UNA CAMARA PARA ALIMENTOS REFRIGERADOS

Una vez analizados todos los espacios y las áreas tener en cuenta lo siguiente:

##### 1. PISOS

Los pisos se terminarán con materiales que reúnan las siguientes condiciones:

- a) Adecuada resistencia mecánica
- b) No porosos
- c) De fácil limpieza y desinfección
- d) No atacable por los ácidos grasos
- e) Impermeables
- f) Antideslizantes
- g) Estables a las temperaturas normales de trabajo del local y a las variaciones de temperatura.

Demarcación de los pisos

pintar una franja de 10 cm con pintura amarilla en los pasillos y las zonas de almacenamiento y la ubicación de los equipos de control de incendios y primeros auxilios.

##### 2. PAREDES, COLUMNAS Y CIELO RASO

- De adecuada resistencia mecánica.
- Con mínima cantidad de juntas.
- Estables a las temperaturas normales de trabajo del local y a las variaciones de temperatura.
- De fácil limpieza y desinfección.
- No porosos.
- Impermeables - no atacables por los ácidos grasos.
- De colores claros, preferentemente blanco.
- Cuando se trate de paneles prefabricados, dado que en general éstos no poseen una adecuada resistencia mecánica, en especial a los impactos, deberán instalarse barreras protectoras.

##### 3. PUERTAS Y ACCESOS

Tendrán el mismo coeficiente de aislamiento que los materiales convencionales de revestimiento e impermeabilización de paredes, no tendrán juntas, no serán porosos, serán fáciles de limpiar y desinfectar y no serán atacados por ácidos grasos.

El sistema de cierre utilizado debe garantizar en todo momento una apertura fácil y rápida, tanto desde el exterior como desde el interior del compartimento frigorífico.

El marco de la puerta tendrá las mismas propiedades estructurales y decorativas que la puerta. En el caso de cámaras frigoríficas, los marcos se calentarán para evitar la formación de hielo entre ellos y la puerta. La calefacción eléctrica debe provenir de la red con un voltaje inferior a 50V.

Deben de ser puertas que se abran hacia arriba (tipo cortina) con contrapesos para moverlas con más facilidad.

PRINCIPAL. - Puerta metálica, debe cerrar firmemente, sus dimensiones son de aproximadamente 2.0 m de ancho x 2,0 m de altura (mínimo).

SALIDA DE EMERGENCIA. - de acuerdo al artículo 161 del decreto 2393.

#### 4. TIPOS DE LUMINARIAS

Estas áreas estarán bien iluminadas, se puede usar luz natural y, cuando se necesite luz artificial, la luz artificial estará lo más cerca posible de la naturaleza para garantizar un trabajo fluido. Las fuentes de luz artificial suspendidas en la línea para la preparación, envasado y almacenamiento de alimentos e ingredientes deben ser seguras y protegidas contra la contaminación de los alimentos en caso de rotura.

Las luminarias a utilizar deben ser de tipo hermético (a prueba de agua), con protecciones inastillables. El encendido de las mismas se realizará desde el exterior y en ningún caso modificarán el color de la carne. Los niveles lumínicos mínimos serán, para corredores, antecámaras y cámaras, de 50 lux, medidos en el centro del local y a un metro del piso.

#### 5. CONTROL DE TEMPERATURA

Todas las cámaras tendrán un sistema de medición de temperatura que permita, a los organismos de control, su verificación en cualquier momento. La ubicación del sensor de temperatura será en el punto más caliente de la cámara.

- MONTACARGAS

Los montacargas contrapesados, también referidas como carretillas elevadoras, son las máquinas más populares de manipulación y carga de material y se caracterizan por su capacidad de elevación, que consta de un mástil y horquillas con 1.2 metros de distancia entre cada horquilla. El montacargas permite la manipulación (levantamiento, transporte y apilamiento) de mercancías. Los montacargas se pueden utilizar para todas las aplicaciones posibles y de muchas maneras diferentes.

- MONTACARGAS MANUAL

Los montacargas manuales son aquellos que el operador puede accionar haciendo funcionar el montacargas con su misma fuerza por medio de sus manos, esto permite que transporte una carga tomada desde el suelo de un lugar a otro, sin la necesidad de funcionamientos complicados ni usos de motores, baterías ni abastecimiento de combustibles. Estos tipos de montacargas están compuestos por unas horquillas la cual recojan la carga y la sostiene, un mecanismo de elevación hidráulico, unas ruedas adheridas a un doble bastidor que es donde están las horquillas. También se compone de una manija de elevación para ser accionarla manualmente por el operador.

Teniendo en cuenta:

Graficar el ciclo de refrigeración completo con todas sus características.

## **TABLA DE DATOS**

**TABLA DE DATOS 1 : CÁMARA DE REFRIGERACIÓN**

Masa Carne de Res	<b>6000 Kg</b>
Temperatura inicial producto	<b>13 °C</b>
Temperatura interior de la cámara	<b>0 °C</b>
Temperatura exterior de la cámara	<b>32 °C</b>
Nº personas interior cámara	<b>2</b>
Tiempo de trabajo	<b>8 horas/día</b>
Período Almacenamiento máximo	<b>3 semanas</b>
Velocidad Viento Exterior	<b>10.8 Km/h</b>
Velocidad Viento Interior	<b>2.5 Km/h</b>

**TABLA DE DATOS 2 : MATERIALES CÁMARA DE REFRIGERACIÓN**

Material	Conductividad (K) [BTU.plg/h.ft <sup>2</sup> .°F]	Espesor (e) [pulgada]
Ladrillo	5	6
Poliuretano expandido	0,17	---
Concreto	12	4
Loseta asfáltica	6,5	0,1968
Loza de concreto	12	5,5
Placa de acero	350	0,04

**TABLA DE DATOS 3 – DIMENSIONES CARNE DE RES**

Alto	1.5 m
Espesor	0.6 m
Para ¼ de bovino	200 Kg/m

**TABLA DE DATOS 4 – CÁMARA DE CONGELAMIENTO**

Masa Carne de Cerdo	<b>12000 Kg</b>
Temperatura inicial producto	<b>12 °C</b>
Temperatura interior de la cámara	<b>-14 °C</b>
Temperatura exterior de la cámara	<b>32 °C</b>
Velocidad Viento Exterior	<b>10.8 Km/h</b>
Tiempo de Congelamiento	<b>24 horas</b>

**TABLA DE DATOS 5 – MATERIALES CÁMARA DE CONGELAMIENTO**

Material	Espesor	Conductividad
Ladrillo común	6 pulg (0,15m)	0,87 W/m-°C
Panel de poliuretano expandido	$\frac{1}{5} (T_2 - T_1)$ T <sub>2</sub> = Temp. medio exterior T <sub>1</sub> = - 14 °C	0,021 W/m-°C
Concreto	4	12
Loseta asfáltica	0,1968	6,5
Loza de concreto	5,5	12
Placa de acero	0,04	350

**TABLA DE DATOS 6– DIMENSIONES CARNE DE RES**

Alto	1.5 m
Espesor	0.5 m
Para ¼ de cerdo	175 Kg/m

## **Operaciones de la Investigación**

## CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

### 1. Cálculo del Volumen de la Cámara

Para establecer el volumen de la bodega se utilizaron los siguientes criterios:

#### MEDIDAS ESTÁNDAR PARA CÁMARAS FRÍAS SEGÚN NORMA INAC

Espacio entre carriles	0,9 m
Pared a los carriles	0.5 m
Pasillos	1.2 m
Distancia carne al suelo	0.5 m
Altura Carril	1 m
Altura de la Puerta	2 m
Ancho de la Puerta	2 m
Factor de Conversión	12000 BTU/h = 1 Ton Refrigerante

Se calcula el número de canales

$$6\,000\text{ kg} \times \frac{1\text{ m de canal}}{200\text{ kg res}} = 30\text{ metros de canal}$$

Con esto se, se establece que lo más conveniente es construir 6 canales de 5 metros c/u. Obteniéndose un volumen de la bodega de:

$$V_{bodega} = \text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto}$$

$$V_{bodega} = 9 \times 9,7 \times 3$$

$$V_{bodega} = 261,9\text{ m}^3$$

### 2. Determinación del espesor de PU expandido

$$T_2 = 32\text{ °C (Medio Exterior)}$$

$$T_1 = 0\text{ °C (Interior Cámara)}$$

$$e_{\text{poliuretano}} = \frac{1}{5} \times (T_2 - T_1) = \frac{1}{5} \times (32 - 0) = 6,4\text{ cm} = 0,064\text{ m} = 2,52\text{ pulg}$$

### 3. Calculo de Luminarias

Tipo de luminarias: Master LEDtube PERF 1 500 mmC (marca Phillips)

Área a Iluminar:

$$A = \text{Áreas Laterales} + \text{Área de piso}$$

$$A = 112,2 + 87,3 = 199,5 \text{ m}^2$$

$$\phi_T = \frac{EM \cdot A}{Cu \cdot Cm}$$

EM= 300 (número de luxes de materia prima)

Cu=0,5

Cm= 0,8 (ambiente limpio)

$$\phi_T = \frac{300 \times 199,5}{0,5 \times 0,8} = 149\,625$$

$$\text{No. luminarias} = \frac{\phi_T}{n (\phi_L)}$$

$$\phi_L = 3100 (\text{Master Led Tube} - \text{Ver Anexo 3})$$

Número de tubos por lámpara: n=4

$$\text{No. luminarias} = \frac{149\,625}{4 (3100)} \cong 13 \text{ lámparas de 4 tubos}$$

### 4. Balance de calor

- **Personas:**

Considerando Norma UNE-EN ISO 7730 (anexo 4): Persona realizando trabajo manual moderado, ejercicio ligero = 250 watts / persona

$$250 \frac{\text{watts}}{\text{persona}} \times 2 \text{ personas} = 500 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times \frac{0,00948 \text{ BTU}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1\,706,4 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$
$$= 0,1422 \text{ Ton ref g.}$$

- **Paredes, Piso y Techo:**

Áreas:

$$A_{puerta} = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2 = \mathbf{43,1 \text{ ft}^2}$$

$$A_{paredes} = 2(3 \times 9) + [(3 \times 9,7) - 4] + (3 \times 9,7) = 108,2 \text{ m}^2 = \mathbf{1 \ 164,66 \text{ ft}^2}$$

$$A_{piso} = A_{techo} = 9 \times 9,7 = 87,3 \text{ m}^2 = \mathbf{939,69 \text{ ft}^2}$$

Coeficiente de conductividad térmica global:

$$U_{pared} = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{1}{f_2}}$$

Para los coeficientes de película se utilizará los siguientes valores matemáticos de conductancia de la capa superficial del aire.

Para el interior

$$f = 1,6 + 0,3v \rightarrow \text{paredes lisas}$$

Para el exterior

$$f = 2,1 + 0,5v \rightarrow \text{paredes rugosas}$$

$$v = \left[ \frac{\text{millas}}{\text{hr}} \right]$$

$$f = \left[ \frac{\text{BTU}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}} \right]$$

Dentro de la bodega

$$v_{int} = 2,5 \text{ km/h} = 1,55 \text{ millas/h}$$

$$f_{int} = 1,6 + 0,3(1,55) = 2,066 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Fuera de la bodega

$$v_{ext} = 10,8 \text{ km/h} = 6,71 \text{ millas/h}$$

$$f_{ext} = 2,1 + 0,5(6,71) = 5,46 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}$$

$$U_{pared} = \frac{1}{\frac{1}{5,46} + \frac{6}{5} + \frac{2,52}{0,17} + \frac{1}{2,066}} = \mathbf{0,060 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

$$U_{puerta} = \frac{1}{\frac{1}{5,46} + \frac{0,04}{350} + \frac{2,52}{0,17} + \frac{0,04}{350} + \frac{1}{2,066}} = \mathbf{0,0645 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

$$U_{techo} = \frac{1}{\frac{1}{2,065} + \frac{5,5}{12} + \frac{2,52}{0,17} + \frac{1}{5,46}} = \mathbf{0,063 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

$$U_{piso} = \frac{1}{\frac{1}{2,065} + \frac{0,1968}{6,5} + \frac{4}{12}} = \mathbf{1,18 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

Diferencial de temperatura: Paredes, Techo y Puerta

$$T_1 = 32\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 89,6\text{ }^\circ\text{F} \quad T_2 = 0\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 32\text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 32\text{ }^\circ\text{F} - 89,6\text{ }^\circ\text{F} = -57,6\text{ }^\circ\text{F} \text{ (libera calor)}$$

Piso

$$T_1 = T_{\text{subsuelo}} = \frac{89,6\text{ }^\circ\text{F} - 32\text{ }^\circ\text{F}}{2} = 60,8\text{ }^\circ\text{F} \quad T_2 = 0\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 32\text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 60,8\text{ }^\circ\text{F} - 32\text{ }^\circ\text{F} = 28,8\text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Pared

$$Q = (1\ 164,66\text{ }ft^2) \cdot (0,060\text{ }BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) \cdot (57,6\text{ }^\circ F) = 4025,1\text{ }BTU/h = 0,335\text{ }Ton\ Refg.$$

Piso

$$Q = (939,69\text{ }ft^2) \cdot (1,18\text{ }BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) \cdot (28,8\text{ }^\circ F) = 31934,42\text{ }BTU/h = 2,66\text{ }Ton\ Refg.$$

Techo

$$Q = (939,69\text{ }ft^2) \cdot (0,063\text{ }BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) \cdot (57,6\text{ }^\circ F) = 3\ 409,95\text{ }BTU/h = 0,284\text{ }Ton\ Refg.$$

Puerta

$$Q = (43,1\text{ }ft^2) \cdot (0,0646\text{ }BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F) \cdot (57,6\text{ }^\circ F) = 160,37\text{ }BTU/h = 0,134\text{ }Ton\ Refg.$$

- **Producto:**

$$Q_{\text{producto}} = \frac{m_{\text{producto}}}{\text{tiempo operaci3n}} \times Cp \times (T_2 - T_1)$$

$$T_1 = 0\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 32\text{ }^\circ\text{F} \quad T_2 = 13\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 55,4\text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{producto}} = \frac{6\ 000\text{ }kg}{24\text{ }h} \times \frac{2,2\text{ }lb}{1\text{ }kg} \times 0,75 \frac{BTU}{lb \cdot ^\circ F} \times (55,4 - 32)^\circ F$$

$$Q_{\text{producto}} = 9652,5\text{ }BTU/h = 0,8044\text{ }Ton\ Refg.$$

**Cp de la RES**

-Antes de congelar

$$0,75 \frac{BTU}{lb \cdot ^\circ F}$$

- **Motores para Rieles de Canales:**

Potencia: ¼ HP

Calor disipado: 4250 BTU/HP.h

$$Q_{\text{motor}} = 3\text{ }rieles \times (0,25\text{ }HP) \times \frac{4250\text{ }BTU}{HP \cdot h} = 3\ 187,5 \frac{BTU}{h} = 0,266\text{ }Ton\ Refg.$$

- **Luminarias**

$$Q_{\text{luminaria}} = A_{\text{techo}} \times (\text{Watts}) \times (N^\circ\text{ }luminarias)$$

$$Q_{luminaria} = 939,69 \text{ ft}^2 \times \left( \frac{31 \text{ watt/h}}{31 \text{ ft}^2} \right) \times (13 \times 4) = 48\,863,88 \frac{\text{watt}}{\text{h}}$$

$$Q_{luminaria} = 166\,870 \text{ BTU/h} = 13,91 \text{ Ton Refg.}$$

- **Calor total de la cámara de refrigeración**

$$Q_{total} = Q_{pared} + Q_{piso} + Q_{techo} + Q_{puerta} + Q_{producto} + Q_{motor} + Q_{luminaria} + Q_{personas}$$

$$Q_{total} = 0,1422 + 0,335 + 2,66 + 0,2842 + 0,134 + 0,266 + 0,8044 + 13,91$$

$$Q_{total} = 18,532 \text{ Ton Refg}$$

5. Se selecciona el Refrigerante R134a

R134a es un gas refrigerante HFC (hidrofluorocarbono) que no agota la capa de ozono. Es menos tóxico y no arde en la atmósfera a temperaturas inferiores a 100 °C y presión atmosférica. No es corrosivo y es compatible con la mayoría de los materiales. el es un poco dulce.

Especificaciones.

Formula química	CH <sub>2</sub> F-CF <sub>3</sub>
Nombre químico	1,1,1,2- Tetrafluoroetano
Peso molecular (Kg/Kmol)	102
Punto de ebullición (°C)	-26.2
Punto de congelación (°C)	-101
Temperatura crítica (°C)	101.1
Presión crítica (bar)	40.67
Densidad crítica (Kg/l)	0.51
Densidad del líquido (25°C) (Kg/l)	1.206
Densidad del líquido (0°C) (Kg/l)	1.293
Densidad del vapor (25°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	32.25
Densidad del vapor (0°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	14.41
Presión de vapor (25°C) (bar)	6.657

Presión de vapor (0°C) (bar)	216.4
Viscosidad del líquido (25°C) (cP)	0.202
Presión superficial (25°C) (mN/m)	7.9
Solubilidad del R134a en agua (%)	0.15
Capacidad volumétrica refrig. (-25°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	1192.11
Inflamabilidad	No

### 6. Determinación de Propiedades para Refrigerante

Temperatura alta y Temperatura baja

$$T_{alta} = T_{ext} + \Delta T$$

$$T_{alta} = 32 + 15 = 47 \text{ °C}$$

$$T_{baja} = T_{almacenamiento} - \Delta T$$

$$T_{baja} = 0 - 8 = -8 \text{ °C}$$

a) vapor saturado (hg)

$$T_1 = -8 \text{ °C} = 17,6 \text{ °F}$$

$$H_1 = 105,64 \frac{BTU}{Lb}$$

$$S_1 = 0,2258 \frac{BTU}{Lb.R}$$

$$P_1 = 31,52 \text{ PSIA}$$

b) vapor sobrecalentado

$$T_2 = 47 \text{ °C} = 116,6 \text{ °F}$$

$$H_2 = 106,27 \frac{BTU}{Lb}$$

$$S_2 = S_1$$

c) Líquido saturado (hf) → T<sub>3</sub> = 47°C

$$H_3 = 51,01 \frac{BTU}{Lb}$$

$$H_3 = H_4$$

$$S_3 = 0,42772 \text{ KJ/kg.K}$$

$$P_3 = 177,3 \text{ PSIA}$$

d) T<sub>4</sub> = -8 °C

$$H_4 = h_f + xh_{fg}$$

$$S_4 = S_f + xS_{fg}$$

$$S_4 = 0,4579 \text{ KJ/kg.K}$$

Calculo del flujo de Refrigerante en todo el Ciclo

$$Q_T = Q_L = m_{refrigerante}(H_1 - H_4)$$

$$m_{refrigerante} = \frac{222\,384\text{ BTU/h}}{(105,64 - 51,01)\text{ BTU/lb}} = \mathbf{4\,070,73\text{ lb/h}}$$

Calculo del Calor deseado para el condensador

$$Q_{con} = QHm_{refrigerante}(H_2 - H_3)$$

$$Q_{con} = 4\,070.73 \frac{\text{lb}}{\text{H}} \times \frac{(106,27 - 51,01)\text{ BTU}}{\text{lb}} = \mathbf{224\,948,5\text{ BTU/h}}$$

$$\mathbf{Q_{con} = 18,75\text{ Ton Refg.}}$$

Calculo del trabajo del compresor

$$W_{motor} = m_{refrigerante} \times (H_2 - H_1)$$

$$W_{motor} = 4\,070.73 \frac{\text{lb}}{\text{H}} \times \frac{(106,27 - 105,64)\text{ BTU}}{\text{lb}} = \mathbf{2\,564,56\text{ BTU/h}}$$

**Para una eficiencia del 85% (asumido)**

$$W_{neto} = \frac{W_{motor}}{0,85} = \mathbf{3\,017,13\text{ BTU/h}}$$

$$1\text{ HP} = 2544,43 \frac{\text{Btu}}{\text{H}}$$

$$W_{neto} = 1,19\text{ HP}$$

7. Gráfico:

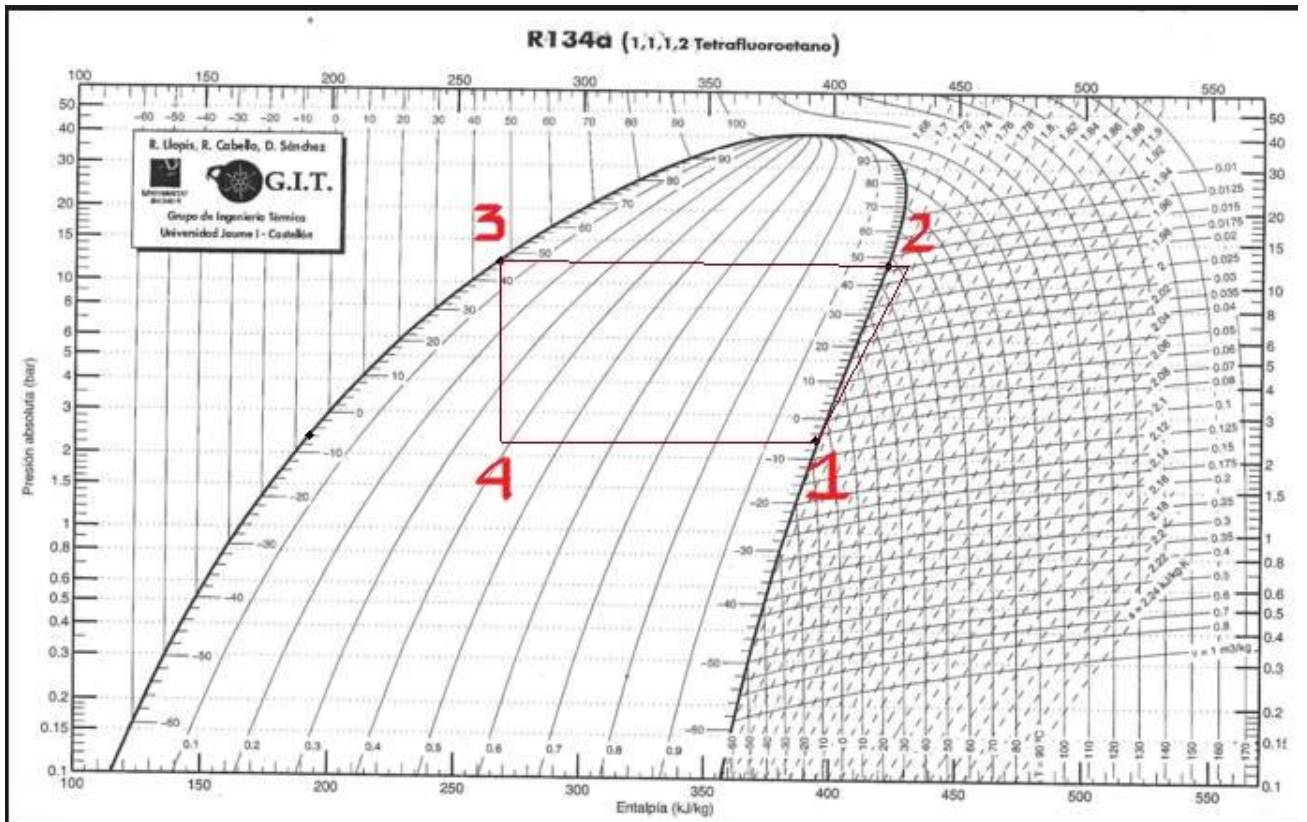


Gráfico 1. Mollier R-134a. Refrigeración

## ❖ CÁMARA DE CONGELAMIENTO

### 1. Cálculo del Volumen de la Cámara

Para establecer el volumen de la bodega se utilizaron los siguientes criterios:

#### MEDIDAS ESTÁNDAR PARA CÁMARAS FRÍAS SEGÚN NORMA INAC

Espacio entre carriles	0,9 m
Longitud de la carne colgada	1.7 m
Pasillos	1.2 m
Distancia carne al suelo	0.3 m
Altura Carril	1 m

Ancho del Canal	0.6 m
Altura de la Puerta	2 m
Ancho de la Puerta	2 m
Factor de Conversión	12000 BTU/h = 1 Ton Refrigerante

Se calcula el número de canales

$$12\ 000\ kg\ cerdo \times \frac{1\ metro\ de\ canal}{175\ kg\ cerdo} = 68,57 \cong 69\ metros\ carrilles \approx 70\ m$$

Con esto se, se establece que lo más conveniente es construir 6 canales de 5 metros c/u. Obteniéndose un volumen de la bodega de:

$$V_{bodega} = Ancho \times Largo \times Alto$$

$$V_{bodega} = 10,2 \times 12,4 \times 2,3$$

$$V_{bodega} = 291\ m^3$$

## 2. Determinación del espesor de PU expandido

$$T_2 = 32\ ^\circ C\ (\text{Medio Exterior})$$

$$T_1 = -14\ ^\circ C\ (\text{Interior Cámara})$$

$$e_{poliuretano} = \frac{1}{5} \times (T_2 - T_1) = \frac{1}{5} \times (32 + 14) = 9,2\ cm \approx 9,5\ cm$$

## 3. Calculo de Luminarias

Tipo de luminarias: Master LEDtube PERF 1 500 mmC (marca Phillips)

Área a Iluminar:

$$A = \text{Áreas Laterales} + \text{Área de piso}$$

$$A = (12,4 \times 10,2) + 2(12,4 \times 2,3) + 2(10,2 \times 2,3) = 230,44\ m^2$$

$$\phi_T = \frac{EM \cdot A}{Cu \cdot Cm}$$

EM= 300 (número de luxes de materia prima)

Cu=0,5

Cm= 0,8 (ambiente limpio)

$$\Phi_T = \frac{300 \times 230,44}{0,5 \times 0,8} = 172\ 830$$

$$\text{No. luminarias} = \frac{\Phi_T}{n (\Phi_L)}$$

$$\Phi_L = 3100(\text{Master Led Tube} - \text{Ver Anexo 3})$$

Número de tubos por lámpara: n=4

$$\text{No. luminarias} = \frac{172\ 830}{4 (3100)} \cong \mathbf{14 \text{ lámparas de 4 tubos}}$$

#### 4. Balance de calor

- **Paredes y Muros:**

Área

$$A_{\text{pared } 1} = A_{\text{lado } 1} - A_{\text{puerta}}$$

$$A_{\text{puerta}} = 2 \times 2,2 = 4,4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{lado } 1} = 23,46 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{pared } 1} = 23,46 - 4,4 = \mathbf{19,06 \text{ m}^2}$$

$$A_{\text{pared } 2} = 10,2 \times 2,3 = \mathbf{23,46 \text{ m}^2}$$

$$A_{\text{total}} = 19,06 + 23,46 + 57,04 = \mathbf{99,56 \text{ m}^2}$$

$$A_{\text{pared } 3,4} = 2(12,4 \times 2,3) = \mathbf{57,04 \text{ m}^2}$$

Coefficiente de película

$$U_{\text{pared}} = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{1}{f_2}}$$

Para los coeficientes de película se utilizará los siguientes valores matemáticos de conductancia de la capa superficial del aire.

Para el interior

$$f = 1,6 + 0,3v \rightarrow \text{paredes lisas}$$

Para el exterior

$$f = 2,1 + 0,5v \rightarrow \text{paredes rugosas}$$

Dentro de la bodega

$$v_{int} = 2,5 \text{ km/h} = 1,55 \text{ millas/h}$$

$$f_{int} = 1,6 + 0,3(1,55) = 2,065 \text{ BTU/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Fuera de la bodega

$$v_{ext} = 10,8 \text{ km/h} = 6,71 \text{ millas/h}$$

$$f_{ext} = 2,1 + 0,5(6,71) = 5,455 \text{ BTU/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$v = \left[ \frac{\text{millas}}{\text{hr}} \right]$$
$$f = \left[ \frac{\text{BTU}}{\text{hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \right]$$

$$U_{pared} = \frac{1}{\frac{1}{5,455} + \frac{6}{5} + \frac{3,75}{0,17} + \frac{1}{2,065}} = \mathbf{0,042 \text{ BTU/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Diferencial de Temperatura

$$T_1 = 32 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 89,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = -14 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 6,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 6,8 \text{ }^\circ\text{F} - 89,6 \text{ }^\circ\text{F} = \mathbf{-82,8 \text{ }^\circ\text{F (libera calor)}}$$

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

$$Q = \left( 99,56 \text{ m}^2 \times \frac{10,7639 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} \right) \cdot (0,042 \text{ BTU/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}) \cdot (82,8 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$\mathbf{Q_{muros} = 3726,8 \text{ BTU/h}}$$

- **Piso:**

Área

$$A_{piso} = 12,4 \times 10,2 = 126,48 \text{ m}^2 = \mathbf{1361,42 \text{ ft}^2}$$

Coefficiente de Película

$$U_{piso} = \frac{1}{\frac{1}{f_{interior}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2}}$$

$$U_{piso} = \frac{1}{\frac{1}{2,065} + \frac{0,1968}{6,5} + \frac{4}{12}} = \mathbf{1,18 \text{ BTU/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Diferencial de Temperatura

$$T_{\text{subsuelo}} = \frac{T_{\text{ext}} + T_{\text{int}}}{2} = \frac{89,6 + 6,8}{2} = 48,2 \text{ } ^\circ\text{F}$$
$$\Delta T = 89,6 \text{ } ^\circ\text{F} - 48,2 \text{ } ^\circ\text{F} = \mathbf{41,4 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

$$Q = (1361,42 \text{ } ft^2) \cdot (1,18 \text{ } BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ\text{F}) \cdot (48,2 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$\mathbf{Q_{\text{piso}} = 77\,432,12 \text{ } BTU/h}$$

- **Techo:**

Área

$$A_{\text{techo}} = \mathbf{1361,42 \text{ } ft^2}$$

Coeficiente de Película

$$U_{\text{techo}} = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{1}{f_2}}$$

$$U_{\text{techo}} = \frac{1}{\frac{1}{2,065} + \frac{5,5}{12} + \frac{3,75}{0,17} + \frac{1}{5,455}} = \mathbf{0,043 \text{ } BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Diferencial de Temperatura

$$\Delta T = \mathbf{82,8 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

$$Q = (1361,42 \text{ } ft^2) \cdot (0,043 \text{ } BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ\text{F}) \cdot (82,8 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$\mathbf{Q_{\text{techo}} = 4\,847,2 \text{ } BTU/h}$$

- **Puerta:**

Área

$$A_{\text{puerta}} = 4,4 \text{ } m^2 = \mathbf{47,36 \text{ } ft^2}$$

Coeficiente de Película

$$U_{\text{puerta}} = \frac{1}{\frac{1}{2,065} + \frac{0,04}{350} + \frac{3,75}{0,17} + \frac{1}{5,455}} = \mathbf{0,044 \text{ } BTU/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Diferencial de Temperatura

$$\Delta T = 82,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = (47,36 \text{ ft}^2) \cdot (0,044 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}) \cdot (82,8 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$Q_{puerta} = 172,54 \text{ BTU/h}$$

- **Producto:**

$$T_1 = -14 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 6,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 12 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 53,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 53,6 \text{ }^\circ\text{F} - 6,8 \text{ }^\circ\text{F} = 46,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_{producto} = \frac{m}{tiempo} \times Cp \times (T_2 - T_1)$$

$$Q_{producto} = \frac{12\,000 \text{ kg}}{24 \text{ h}} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \times 0,69 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot \text{ }^\circ\text{F}} \times 46,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_{producto} = 35\,006,4 \text{ BTU/h}$$

**Cp del Cerdo**

-Antes de congelar

$$0,68 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot \text{ }^\circ\text{F}}$$

-Después de congelar

$$0,38 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot \text{ }^\circ\text{F}}$$

- **Motores para Rieles de Canales:**

Potencia: ¼ HP

Calor disipado: 4250 BTU/HP.h

$$Q_{motor} = 2 \text{ rieles} \times (0,25 \text{ HP}) \times \frac{4250 \text{ BTU}}{\text{HP} \cdot \text{h}} = 2\,125 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

- **Luminarias**

$$Q_{luminaria} = A_{techo} \times (\text{Watts}) \times (N^\circ \text{ luminarias})$$

$$Q_{luminaria} = 1\,361,42 \text{ ft}^2 \times \left( \frac{31 \text{ watt/h}}{31 \text{ ft}^2} \right) \times (14 \text{ luminarias}) = 19\,059,88 \frac{\text{watt}}{\text{h}}$$

$$Q_{luminaria} = 65\,035 \text{ BTU/h}$$

- **Calor total de la cámara de refrigeración**

$$Q_{total} = Q_{muros} + Q_{piso} + Q_{techo} + Q_{puerta} + Q_{producto} + Q_{motor} + Q_{luminaria}$$

$$Q_{total} = 3\,726,8 + 77\,432,12 + 4\,847,2 + 172,54 + 35\,006,4 + 2\,125 + 65\,035$$

$$Q_{total} = 188\,345,06 \frac{BTU}{h} \times \frac{1\,h}{60\,min} = 3\,139,08 \frac{BTU}{min}$$

$$Q_{total} = 3\,139,08 \frac{BTU}{min} \times \frac{1\,Ton\,Refrig.}{200\,BTU/min} = 15,69\,Ton\,Refrig.$$

5. Se selecciona el Refrigerante R134a

El R134a es un gas refrigerante del tipo HFC (hidrofluorcarbono) que no daña la capa de ozono. Es de baja toxicidad, no es inflamable con la presencia del aire atmosférico a temperatura inferior a 100 °C y a presión atmosférica. No es corrosivo, y es compatible con la mayoría de materiales. Sus vapores tienen un olor levemente dulce.

Especificaciones.

Formula química	CH <sub>2</sub> F-CF <sub>3</sub>
Nombre químico	1,1,1,2- Tetrafluoroetano
Peso molecular (Kg/Kmol)	102
Punto de ebullición (°C)	-26.2
Punto de congelación (°C)	-101
Temperatura crítica (°C)	101.1
Presión crítica (bar)	40.67
Densidad crítica (Kg/l)	0.51
Densidad del líquido (25°C) (Kg/l)	1.206
Densidad del líquido (0°C) (Kg/l)	1.293
Densidad del vapor (25°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	32.25
Densidad del vapor (0°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	14.41
Presión de vapor (25°C) (bar)	6.657
Presión de vapor (0°C) (bar)	216.4
Viscosidad del líquido (25°C) (cP)	0.202

Presión superficial (25°C) (mN/m)	7.9
Solubilidad del R134a en agua (%)	0.15
Capacidad volumétrica refrig. (-25°C) (Kg/m <sup>3</sup> )	1192.11
Inflamabilidad	No

### 1. Determinación de Propiedades para Refrigerante

Temperatura alta y Temperatura baja

#### Temperatura alta

Para determinar esta temperatura de condensación se partirá del dato conocido de temperatura ambiente, entonces para condensadores enfriados por aire, la temperatura de condensación tendrá un "dT" mayor a la temperatura media en el rango de 10 a 15 °C.

$$T_{alta} = T_{ext} + \Delta T$$

$$T_{alta} = 32 + 15 = 47 \text{ °C}$$

#### Temperatura baja

El factor a considerar para la temperatura de evaporación es la humedad relativa a la que se deberá encontrar el medio a enfriar, encontramos los rangos de diferencia de temperatura entre la temperatura de almacenamiento y la temperatura de evaporación, tomando en cuenta la humedad relativa. En este caso con una humedad relativa del 85% para evaporadores de tubos, la diferencia de temperatura recomendada varía entre 7 y 8 °C.

$$T_{baja} = T_{almacenamiento} - \Delta T$$

$$T_{baja} = -14 - 8 = -22 \text{ °C}$$

$T_1 \rightarrow$  vapor saturado ( $hg$ )

$$T_1 = -22 \text{ °C} = -7.6 \text{ °F}$$

$$H_1 = 101,97 \frac{BTU}{lb}$$

$$S_1 = 0,2263 \frac{BTU}{lb-R}$$

$T_2$  y  $S_2 \rightarrow$  vapor sobrecalentado

$$T_2 = 47 \text{ °C} = 116,6 \text{ °F}$$

$$H_2 = 103,2 \frac{BTU}{lb}$$

$$S_2 = S_1$$

$T_2 \rightarrow$  vapor saturado ( $hf$ )

$$H_3 = 51,01 \text{ BTU/lb}$$

$$H_3 = H_4$$

$$P_3 = 177,3 \text{ PSia}$$

Calculo del flujo de Refrigerante en todo el Ciclo

$$Q_T = Q_L = m_{refrigerante}(H_1 - H_4)$$

$$m_{refrigerante} = \frac{188\,345.06 \text{ BTU/h}}{(101,97 - 51,01)\text{BTU/lb}} = 3\,695,9 \text{ lb/h}$$

Calculo del Calor deseado para el condensador

$$Q_{con} = Q_H = m_{refrigerante}(H_2 - H_3)$$

$$Q_H = 3\,695,9 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} \times \frac{(103,2 - 51,01)\text{BTU}}{\text{lb}} = 192\,889,02 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

Calculo del trabajo del compresor

$$W_{motor} = m_{refrigerante} \times (H_2 - H_1)$$

$$W_{motor} = 3\,695,9 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} \times \frac{(103,2 - 101,97)\text{BTU}}{\text{lb}} = 4\,545,96 \text{ BTU/h} = 1,79 \text{ HP}$$

Para una eficiencia del 85% (asumido)

$$W_{neto} = \frac{W_{motor}}{0,85} = 2,1 \text{ Hp}$$

## 1.1. Tabla de Resultados

Volumen de Bodega (m <sup>3</sup> )	Cámara de Refrigeración		Cámara de Congelamiento	
	Btu/h	Ton. Refrigeración	Btu/h	Ton. Refrigeración
	261,9		291	
Calor Producido por paredes	4025,1	0,335	3726,8	0,31
Calor Producido por el piso	31934,42	2,66	77432,12	6,45
Calor Producido por techo	3409,95	0,284	4847,2	0,40
Calor Producido por la puerta	160,37	0,134	172,54	0,014
Calor Producido por producto	9652,5	0,8044	35006,4	2,92
Calor Producidos por motores para mover los carriles	3187,5	0,266	2125	0,18
Calor Producidos por luminarias	166870	13,91	65035	5,41
Calor Producido por personas	1706,4	0,1422	-	-

Qtotal	222384	18,532	188345,06	15,69
Qcondensador	224 948,5	18,75	192 889,02	16,07
Potencia del motor (n=0,85)	3 017,13	1,19 (Hp)	5 348,19	2,10 (Hp)
Masa del refrigerante (lb/h)	4070,73		3695,9	
P1(PSIa)	31,52		17,68	
P3 (PSIa)	177,3		177,3	

## 2.2. OPINION CRITICA

En el presente trabajo se ha elaborado un diseño de bodegas frías para alimentos, tal y como son cortes de carne de Res y Cerdo.

Para la cámara de Refrigeración, se establecieron los parámetros adecuados en base a normas y resoluciones técnicas que especificaban el correcto almacenamiento para cortes de carne de Res, estableciéndose un volumen para dicha bodega de 261,9 m<sup>3</sup>, conteniendo en su interior 6 canales o rieles de ganchos funcionando en base a un motor de ¼ Hp.

Para la cámara de congelamiento, se establecieron los parámetros adecuados en base a normas y resoluciones técnicas que especificaban el correcto almacenamiento para cortes de carne de Cerdo, estableciendo se un volumen 291 m<sup>3</sup>, conteniendo en su interior 7 canales o rieles de ganchos en donde se coloca la carne, y funcionando en base a un motor de ¼ Hp.

## 2.3 CONCLUSIONES

En base a las investigaciones y cálculos realizados, podemos concluir lo siguiente:

Antes de iniciar el diseño de cualquier cámara de refrigeración o congelamiento se debe hacer un análisis previo a las necesidades de la empresa, las características físicas de los productos que serán almacenados, además del comportamiento de su demanda ya que de esta forma estableceremos las técnicas idóneas para el diseño y organización del almacén en frío.

Es imprescindible utilizar un frigorífico para conservar alimentos perecederos como carne, pescado, huevos o fruta. El frío que proporcionan es clave para prevenir muchos de los problemas asociados con la aparición de patógenos en los alimentos. Sin embargo, los problemas potenciales no deben pasarse por alto. Aunque las bacterias se fijan durante un

tiempo, si permanecen en la habitación más tiempo del necesario, se "ajustan" a la temperatura y vuelven a funcionar. Mantenga estas habitaciones limpias y desinfecte utilizando el método más adecuado para inactivar las bacterias en los alimentos almacenados allí.

### ∞ Refrigeración

Mantiene los alimentos por debajo de una temperatura en la que las bacterias pueden prosperar. (Los refrigeradores comerciales tienen una temperatura de 2 a 5 °C y los refrigeradores domésticos de 8 a 15 °C) Guarde los alimentos solo por períodos breves, ya que la humedad promueve el crecimiento de hongos y bacterias.

Mantiene los alimentos a una temperatura entre 0 y 5-6°C, inhibiendo el crecimiento microbiano durante varios días. Almacene los alimentos a bajas temperaturas sin congelarlos. Durante el almacenamiento, la temperatura debe ser constante, dentro de tolerancias aceptables, según corresponda, y para el producto individual.

La carne se mantendrá durante semanas a -2-3°C, siempre que se controle la humedad relativa y la temperatura. No es diferente a la carne fresca batida.

### ∞ Congelación

La industria alimentaria está desarrollando cada vez más tecnologías para congelar todo tipo de alimentos: frutas, verduras, carne, pescado y diversos alimentos procesados. Para ello, se enfrían muy rápidamente a unos -30°C, por lo que no forman grandes cristales de hielo que puedan destruir la estructura y el aspecto de los alimentos. Se suelen envasar al vacío y se pueden conservar en el frigorífico entre -18 y -20°C durante muchos meses, manteniendo su aspecto, valor nutritivo y contenido vitamínico.

La congelación implica mantener los alimentos a la temperatura necesaria o por debajo de la necesaria para mantener los alimentos a fin de congelar la mayor cantidad de agua posible. Durante el almacenamiento, la temperatura mantendrá la uniformidad y tolerancias requeridas para cada producto. Mantiene viva la vida orgánica ya que enfría los alimentos hasta 20° bajo cero (en los congeladores comerciales, son 40° bajo cero). Este es un buen método, aunque la velocidad del proceso puede afectar la calidad de la congelación.

**Congelación lenta:** Produce cambios de textura y valor nutritivo.

**Congelación rápida:** Mantiene las características nutritivas y organolépticas.

### **Recomendaciones**

En base a los cálculos realizados se establecen las siguientes recomendaciones:

- ✦ Para evitar el choque térmico de los productos, se recomienda que se diseñe además un cuarto de preparación que se encuentre en un rango de temperatura de 12°C-15°C.

- ✦ Se recomienda que se implemente un plan de limpieza y desinfección periódico, que garantice las buenas condiciones higiénicas y sanitarias de las cámaras de refrigeración y congelamiento.
- ✦ Para un mejor funcionamiento de la bodega se deberá establecer horarios de salida de los productos, de esta manera se podrá optimizar el tiempo y evitar que los productos permanezcan mucho tiempo a la intemperie.
- ✦ Es esencial que todas las cámaras ya sean de refrigeración o de congelación tengan un sistema de medición de temperatura que permita el control y la verificación de la misma en cualquier momento.
- ✦ El sensor de temperatura deberá estar ubicado en el punto más caliente de la cámara.
- ✦ Se debe considerar si se almacena uno o varios productos en la misma cámara debe haber compatibilidad de productos (los productos grasos tienden a absorber olores), y de la temperatura de almacenamiento.
- ✦ Con respecto al manejo de la materia prima se debe tener especial cuidado con la higiene personal y de la bodega.
- ✦ El tiempo de enfriamiento y/o congelación (y calentamiento o descongelación) puede ser determinante en las características del producto, especialmente en los alimentarios. El enfriamiento rápido reduce el metabolismo, reduciendo el envejecimiento y permite conservar las propiedades alimenticias.
- ✦ Las cámaras de refrigeración y congelación deben estar distribuidas y señalizadas siguiendo el principio de flujo hacia adelante, desde la recepción de las materias primas hasta el despacho del alimento terminado, de tal manera que se evite confusiones y contaminación del producto almacenado.

## **CAPITULO III**

### **3.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Cañeque, V; Sañudo, C. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, España. Industrias Gráficas Caro.
- Carballo, B; López, G. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. 1 ed. Madrid, España, AMV Ediciones.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. Carne y productos cárnicos (en línea). Consultado 13 set 2017. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>.
- Povea, I. 2015. La función del envase en la conservación de alimentos. 1 ed. Bogotá, Colombia, Ediciones Unisalle.
- Ranken, M. 2003. Manual de industrias de la carne. 1 ed. Madrid, España, Ediciones MundiPrensa.
- Varnam, A; Sutherland, J. 1995. Carne y productos cárnicos tecnología, química y microbiología. Zaragoza, España, Acribia.
- Abad García, F. Evaluación de la calidad de los sistemas de información. Madrid: Síntesis, 2005.