



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA LA
REFRIGERACIÓN DE 3 TN DE PESCADO EN EL
MERCADO ZONAL DE LAMBAYEQUE
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Autor:

Miguel Alejandro Díaz Castillo

Juan Carlos Zapata Sigueñas

Asesor:

Mg. Carlos Alexis Alvarado Silva

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2020

DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA LA REFRIGERACIÓN DE 3 TN DE PESCADO EN EL MERCADO ZONAL DE LAMBAYEQUE.

Aprobación del proyecto

Mg. GASTIABURU MORALES SILVIA IVONE

Presidente(a) del jurado de tesis

Mg. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario(a) del jurado de tesis

Mg. ALVARADO SILVA CARLOS ALEXIS

Vocal del jurado de tesis

DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA LA REFRIGERACIÓN DE 3 TN DE PESCADO EN EL MERCADO ZONAL DE LAMBAYEQUE

Díaz Castillo Miguel Alejandro
Zapata Sigueñas Juan Carlos

Resumen

En la presente investigación se realizaron los cálculos y el análisis para el diseño óptimo de una cámara frigorífica estacionaria a fin de conservar un total de 3 Toneladas de pescado (distribuidas en 120 jabas) para el Mercado Central de Lambayeque.

La investigación inicia identificando las pautas para el dimensionamiento de una cámara frigorífica, reconociéndose parámetros, fórmulas y procedimientos. Mediante la aplicación de encuestas se obtiene información del producto a refrigerar, como el tipo de pescado común, el peso promedio de este, el volumen de las jabas para almacenaje, el espacio disponible para la instalación y los días proyectados para almacenar. Se concluye para la cámara las dimensiones de 4.5m de ancho, 4.88m de largo y 2m de alto.

Posteriormente se selecciona el material aislante, siendo este el corcho por su baja densidad y costo promedio. Con esta información se comienza con el cálculo de la carga térmica; se analiza el flujo de calor perdido en las paredes y techos, por intercambio con aire externo, la carga del mismo producto, alumbrado, por calor intercambiado por los motores y un estimado debido al intercambio con el personal durante el llenado y vaciado del pescado. Se obtienen unas dimensiones de 8" de aislante para todas las paredes.

Seguido a esto se calcula el ciclo termodinámico de refrigeración y se corrobora con el software TermoGraf, un simulador de procesos termodinámicos, información con la cual se seleccionan los equipos de refrigeración. Se dan la potencia y condiciones de trabajo para el compresor y condensador. Se selecciona un dispositivo de expansión y se dimensiona el evaporador, además, se dan parámetros para la selección de tuberías y accesorios, para finalmente hacer un cálculo aproximado de costos para la instalación. Se concluye que mediante una inversión moderada es factible la instalación de una cámara de refrigeración que mejore la calidad de producto, disminuya pérdidas por pescado en malas condiciones y permite manejar mayores volúmenes de venta.

Palabras Clave: *cámara frigorífica, Refrigeración, pescado, ciclo de refrigeración.*

DESIGN OF A CHAMBER FOR THE REFRIGERATION OF 3 TN OF FISH IN THE LAMBAYEQUE ZONE MARKET

Díaz Castillo Miguel Alejandro

Zapata Sigüeñas Juan Carlos

Abstract

In the present investigation, calculations and analysis were performed for the optimal design of a stationary cold store in order to conserve a total of 3 Tons of fish (distributed in 120 jabas) for the Lambayeque Central Market.

The investigation begins by identifying the guidelines for the sizing of a cold store, recognizing parameters, formulas and procedures. Through the application of surveys, information on the product to be refrigerated is obtained, such as the type of common fish, its average weight, the volume of the storage crate, the space available for installation and the days projected to be stored. The dimensions of 4.5m wide, 4.88m long and 2m high are concluded for the camera.

Subsequently, the insulating material is selected, this being the cork due to its low density and average cost. This information begins with the calculation of the thermal load; The flow of heat lost in the walls and ceilings is analyzed, by exchange with external air, the load of the same product, illuminated, by heat exchanged by the engines and an estimate due to the exchange with the personnel during the filling and emptying of the fish. Dimensions of 8" of insulation are obtained for all walls.

Following this, the thermodynamic refrigeration cycle is calculated and corroborated with the TermoGraf software, a thermodynamic process simulator, information with which the refrigeration equipment is selected. The power and working conditions for the compressor and condenser are given. An expansion device is selected and the evaporator is sized, in addition, parameters are given for the selection of pipes and fittings, to finally make an approximate calculation of costs for the installation. It is concluded that through a moderate investment it is feasible to install a refrigeration chamber that improves the quality of the product, reduces losses due to fish in poor conditions and allows handling larger sales volumes.

Keywords: *cold room, Refrigeration, fish, refrigeration cycle.*

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1.	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	10
1.2.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.3.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.3.1.	Justificación Productiva.	13
1.3.2.	Justificación Económica.....	13
1.3.3.	Justificación Ambiental.....	13
1.3.1.	Justificación Científica.....	13
1.4.	OBJETIVOS	14
1.4.1.	Objetivo General.....	14
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	14
1.5.	HIPÓTESIS.....	14
1.6.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.7.	FUNDAMENTO TEÓRICO	16
1.7.1.	Consideraciones Generales:	16
1.7.2.	Consumo Humano Directo Fresco:.....	19
1.7.2.1.	<i>Factores en la calidad del pescado congelado</i>	<i>23</i>
1.7.2.2.	<i>Cadena de frío en la calidad del pescado</i>	<i>23</i>
1.7.2.3.	<i>Métodos de Conservación del pescado</i>	<i>24</i>
1.7.2.4.	<i>Temperatura</i>	<i>24</i>
1.7.2.5.	<i>Refrigeración.....</i>	<i>24</i>
1.7.2.6.	<i>Congelación.....</i>	<i>25</i>
1.7.2.7.	<i>Tipos de congelamiento.....</i>	<i>25</i>
1.7.2.8.	<i>Condiciones del producto.....</i>	<i>26</i>
2.	MÉTODO.....	27
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
2.3.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	28
2.3.1.	Variable Independiente	28

2.3.2.	Variables Dependientes.....	28
2.3.3.	Operacionalización de Variables	29
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	30
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	30
2.4.1.1.	<i>Observación</i>	30
2.4.1.2.	<i>Consultas a Profesionales</i>	30
2.4.1.3.	<i>Información bibliográfica</i>	30
2.4.1.4.	<i>Análisis de documentos</i>	30
2.4.2.	Validación y confiabilidad	31
2.5.	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	32
2.6.	CRITERIOS ÉTICOS.....	32
2.7.	CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO	34
3.	RESULTADOS	35
3.1.	DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN	36
3.1.1.	Cámara de Refrigeración.....	36
3.1.2.	Dimensionamiento de la cámara de refrigeración:	36
3.1.3.	Información asumida (en base - vendedores de pescado en el mercado central - Lambayeque).....	37
3.1.4.	Área de la Cámara de Refrigeración Interior (A_T)	39
3.1.5.	Selección del aislante y espesor de aislamiento para la pared, techo y piso	40
3.2.	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA	41
3.2.1.	Flujo de calor a través de las paredes, techo y piso	42
3.2.2.	Carga por cambio de aire Q_{ca}	46
3.2.3.	Carga debido al producto Q_{produc}	48
3.2.4.	Carga por alumbrado Q_{alubr}	49
3.2.5.	Calor liberado por motores eléctricos $Q_{mot. elect.}$	50
3.2.6.	Carga por personas Q_{pers}	51
3.2.7.	Capacidad de refrigeración requerida $CapRef$	51
3.3.	SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE	53

3.3.1.	Aplicaciones del R-717	53
3.3.2.	Características Del R-717.....	54
3.3.2.1.	<i>COMPONENTES</i>	54
3.3.2.2.	<i>PROPIEDADES FÍSICAS</i>	55
3.4.	ESQUEMATICO Y PLANO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION	56
3.4.1.	PAREDES	56
3.4.2.	TECHO Y PISO	56
3.5.	CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERACIÓN	57
3.5.1.	Condiciones de condensación y evaporación	57
3.5.1.1.	<i>Temperatura de evaporación</i>	57
3.5.1.2.	<i>Temperatura de condensación</i>	58
3.5.1.3.	<i>Esquema del ciclo termodinámico</i>	59
3.6.	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	64
3.6.1.	Selección del compresor	64
3.6.2.	Selección del condensador	65
3.6.3.	Selección del dispositivo de expansión.....	65
3.6.4.	Selección del evaporador	66
3.6.5.	Selección Y Calculo De Tuberias Y Accesorios	67
3.7.	COSTOS FINALES	67
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
4.1.	CONCLUSIONES	72
4.2.	RECOMENDACIONES	73
5.	REFERENCIAS.....	74
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
7.	ANEXOS	77
7.1.	ANEXO I.- CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ	78
7.2.	ANEXO II.- CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS	78
7.3.	ANEXO III.- PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE R-717	79

7.4. CUESTIONARIO APLICADO A LA COMUNIDAD DE
PESCADORES 80

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

La industria alimentaria tiene una gran importancia en el desarrollo de la sociedad actual, principalmente por la relación entre la cantidad de alimentos consumidos y la cantidad de habitantes. Es relevante decir que la población mundial casi se ha duplicado en los últimos años, yendo de 5200 millones de personas en 1990 a más de 8000 millones en pleno 2020; un importante aspecto de este crecimiento es que en su mayoría prefieren concentrarse en zonas urbanas, en donde hay facilidades para el transporte, más oportunidades laborales y más acceso a tecnologías. El principal problema de esto es que las principales fuentes de producción alimenticia se ubica en zonas rurales alejadas, requiriendo el desarrollo de una cadena comercial de producción y transporte de productos del campo a la ciudad; es aquí donde entran a tallar los procesos de refrigeración, pues muchos de estos productos alimenticios, que tienden a perecer muy rápidamente al no estar en condiciones ambientales óptimas, suelen tardar días y a veces semanas en ir desde la zona de producción hasta el consumidor final. (Aguiló, 1998).

Es importante decir que tal es la magnitud del problema que:

“El comercio internacional de alimentos perecederos mueve una cifra del orden de 47,3 millones de toneladas por año, representando esto un 10,4 % de la producción total de estos productos, que según la F.A.O. asciende a 456 millones de toneladas [...] Entre los productos perecederos, especialmente frutas y vegetales, de un 30% a un 50% se pierde en los depósitos, transporte y puntos de venta por no disponer de las condiciones adecuadas.” (Aguiló, 1998)

La pérdida y desperdicio de alimentos es actualmente un tema de gran preocupación, a tal punto que la Agenda de 2030 para el Desarrollo Sostenible en su meta 12,3 exige “[...] reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos a nivel minorista y de consumo para 2030, así como reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de las cadenas de producción y suministro” (F.A.O., 2018)

Una de las estrategias más eficaces y económicas en la preservación de alimentos corresponde a la refrigeración, el cual es el proceso de extraer el calor del producto, pues a diferencia del calor, el frío no puede producirse directamente. Para enfriar, lo que se hace es aprovechar diferencias de temperaturas para extraer energía térmica (calor) mediante el ciclo de Carnot (ese ciclo explica el fenómeno, pero en la práctica se usan otros, ya que el de Carnot es solamente teórico, pero esencial y necesario para abordar estudios reales), es decir, transportar calor de un lugar a otro. Así, el lugar al que se sustrae calor se enfría. En un frigorífico, por ejemplo, se extrae calor de dentro de un armario cerrado y se evacúa, generalmente por disipación al ambiente, en la parte trasera del mismo. (Gonzales, 2012)

Al igual que se puede aprovechar diferencias de temperatura para producir calor, para crear diferencias de calor, se requiere energía. A veces se llama refrigeración simplemente a mejorar la disipación de calor, como en la refrigeración de los motores térmicos, o simplemente la ventilación forzada para sustituir aire caliente por aire más fresco. Hoy en día las aplicaciones de la Refrigeración se han extendido notablemente esto debido a las demandas industriales que hoy existen. (Gonzales, 2012)

En nuestro país, las empresas productoras de alimentos, desde la elaboración de lácteos hasta embutidos y manejo de pescados requieren de cámaras frigoríficas para refrigerar sus productos, pues sin esto se genera una pronta descomposición de los mismos, generando pérdidas y daños. Una de las áreas de mayor importancia alimenticia, principalmente en la zona costera es la del pescado; el Perú es uno de los países con mayor número de desembarques pesqueros en el mundo, debido a que posee una gran riqueza de recursos hidrobiológicos. El mayor número de desembarques pertenecen a la actividad industrial, seguida por la artesanal en donde están involucradas un gran número de personas. La región de Lambayeque presenta una actividad dedicada a la pesca artesanal, del cual la mayor parte corresponde a pequeñas microempresas, dedicadas a la producción de pesca para el consumo familiar, como comercialización a muy baja escala. (Vela Melendez, 2014)

Uno de los principales mercados minoristas se encuentra ubicado en la ciudad de Chiclayo, conocido como el Mercado Modelo, en donde se comercializa una gran variedad de

pescados y en volúmenes considerables, siendo posiblemente el más importante del departamento. En este se encuentran una gran cantidad de comercios de venta y distribución final, teniendo como principal problema la falta de sistemas eficientes para mantener fresco el pescado durante toda la jornada laboral. Hay que resaltar que, de no mantenerse correctamente, este podría reducir su calidad, e incluso, tornarse perjudicial para la salud del consumidor. Debe tenerse en cuenta que la finalidad del enfriamiento es “prolongar el tiempo de conservación del pescado, reduciendo la actividad de enzimas y bacterias, así como los procesos químicos y físicos que pueden afectar a la calidad” (F.A.O., 2005)

Es por esto que el fin de este proyecto es diseñar una cámara frigorífica utilizando como referencia estudios técnicos actuales, análisis de proyectos anteriores y la utilización de tecnologías de refrigeración óptimas y eficientes. La aplicación de los documentos de recopilación de información prevé una capacidad de bodega para almacenar 3000 kg de pescado, con refrigerante R-717 (luego de análisis de datos) y con un motor de 3HP (cálculos propios). En el diseño se aplicaron conceptos de ingeniería mecánica como: Transferencia de calor, Termodinámica, Elementos de máquinas; también revisión de normas técnicas peruanas (NTP) de refrigeración, normas ASHRAE, ARI y selección de equipos. Este estudio está fijado a la labor de pesca artesanal para los comerciantes del Mercado Central de Lambayeque.

1.2. Problema de Investigación

¿Cuáles serán las configuraciones geométricas y técnicas para el diseño óptimo de una cámara frigorífica estacionaria para la conservación de 120 jabas de pescado del Mercado Central de Lambayeque?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

Esta investigación tiene como finalidad desarrollar una cámara de refrigeración con el objetivo de preservar pescado en una capacidad de 3000 kg para la comunidad de Lambayeque que trabaja en la pesca artesanal. De esta manera, la realización del proyecto se ve sustentada en los siguientes puntos:

1.3.1. Justificación Productiva.

Instalar una cámara de refrigeración en el mercado modelo se plantea como una necesidad por parte de los trabajadores de la zona, pues su incorporación permitirá que el proceso productivo sea más eficaz, disminuyendo actividades para la mano de obra, eliminando tareas y simplificando labores y preocupaciones de los trabajadores. Esto debido a que buscará prolongar la vida útil del pescado almacenado, mejorando sus características y manteniendo sus propiedades nutricionales a fin de ofrecer productos de mayor calidad a los clientes.

1.3.2. Justificación Económica.

Si el proyecto es concretado, la cámara frigorífica permitirá la reducción de costos en operación y mantenimiento y facilitará el proceso de almacenar los productos, disminuyendo la labor de los trabajadores. Además, se disminuirán las pérdidas debido a la merma del producto a razón de la mala refrigeración, que es algo muy común debido a la velocidad a la que el pescado entra en descomposición al no almacenarse correctamente. De esta forma, se genera un incremento en las ganancias debido, principalmente, al ahorro de recursos y reducción de pérdidas.

1.3.3. Justificación Ambiental.

Con el sistema de refrigeración que se plantea se busca la reducción en el consumo energético, teniendo en cuenta el mínimo uso de gases contaminantes y la aplicación tecnologías de refrigeración amigables con el medio ambiente, mediante la buena selección de refrigerantes y utilizando equipos eléctricos de calidad. Además, al disminuir el deterioro del producto se generarían menos desechos, lo que implica mejorar las condiciones en el mercado modelo tanto para los trabajadores como para los clientes al eliminar los malos olores y la mala higiene.

1.3.1. Justificación Científica.

Con este estudio se generan antecedentes para futuros proyectos regionales con objetivos similares, brindando a los interesados una metodología de aplicación en donde se reconozcan las facilidades y problemas que se puedan presentar para que, de esta manera, puedan

mejorarse con la utilización de nuevas tecnologías o procedimientos en base a las necesidades del mercado, características y condiciones del producto al cual quieran aplicarlo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema de refrigeración mecánica por compresión de vapor de una etapa para refrigerar y conservar 120 cubetas de pescado en una cámara frigorífica, ubicada en el Mercado Modelo de Lambayeque, almacenado en su bodega.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar las condiciones del producto a refrigerar en el mercado modelo, Chiclayo – Lambayeque.
- Dimensionar la cámara frigorífica en base al espacio disponible y el volumen del producto a refrigerar.
- Calcular la cantidad de carga de refrigeración necesaria para la cámara frigorífica tomando en cuenta las condiciones del producto.
- Utilizar el software TermoGraf para realizar los cálculos de los estados termodinámicos y obtener los datos necesarios.
- Seleccionar los equipos de Refrigeración necesarios (compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador)

1.5. Hipótesis

Al ser una tesis de diseño no existe Hipótesis aplicable.

1.6. Antecedentes de la Investigación

Fredy Vejarano Valqui, en su trabajo de suficiencia profesional, diseñó un sistema de refrigeración para una cámara frigorífica de conservación de pescado para la empresa

complejo Industrial Sklavos S.A.C, se plantea como objetivos calcular la carga térmica requerida para conservar 12 toneladas de pescado, seleccionar y verificar que los componentes cumplan con la carga térmica calculada y la selección del refrigerante más adecuado para el sistema de refrigeración, que tenga como característica principal que sea lo menos contaminante posible (ecológico). La cámara de conservación de pescado diseñada cuenta con una capacidad de 24 toneladas de almacenamiento, un volumen considerablemente mayor al del presente proyecto de investigación, pero el planteamiento y la metodología utilizada sirven de referente para el procedimiento de cálculo y selección. (Vejarano Valqui, 2018)

Cesar Toledo Quispe, en su tesis de pregrado del 2016, diseña una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos de la empresa “Tongod Cajamarca”, su investigación consiste en determinar la carga térmica total, el tipo de tecnología empleada según los distintos ciclos de refrigeración. Como resultado se pudo determinar una capacidad para la cámara frigorífica diseñada de 5.5TN y con una carga térmica de 1691 Kcal. (Toledo Quispe, 2016)

Obrayan Pamo Hinojosa en 2014, realizó un estudio de factibilidad para la implementación de cámaras frigoríficas en el valle de majes, para la conservación de la papa, dicho estudio identificaba los problemas durante el almacenamiento y la refrigeración del producto, probando técnicas como almacenamiento con ventilación forzada, almacenamiento de pre enfriado evaporativo y almacenamientos con atmosferas controladas, también incluyen los estudios de mercado. Finalmente concluye que los almacenamientos con atmósferas controladas son la mejor opción tanto técnica como económica según su estudio de mercado. (Pamo Hinojosa, 2015)

Cisneros Mendoza, en su tesis de pre grado, diseña un sistema frigorífico con una capacidad de 42.1 Toneladas de refrigeración, para ello utiliza tecnología VRV (volumen de refrigerante variable), para un supermercado. Plantea una solución técnica económica mediante el diseño eléctrico y térmico para el sistema de refrigeración, realiza comparaciones para poder seleccionar la tecnología adecuada y describe cada uno de ellos, realizando el

cálculo de las cargas térmicas para poder seleccionar el refrigerante correcto, siempre teniendo en cuenta que sea lo más ecológico posible. (Cisneros Mendoza, 2018)

Huaman Condori (2016) en su proyecto de tesis, realiza el estudio para la implementación de 03 cámaras de refrigeración para fruta variada como: granadas, paltas, mangos y uvas para su exportación al extranjero, para la zona agraria del distrito casma, describe los criterios, parámetros para los cálculos, selección de equipos y normas implicadas, utiliza para su investigación softwares como SR2015 para el cálculo de las cargas térmicas y Cool Selector2 de la marca Danfoss para realizar la selección de los VETs, catálogos de las empresas Witt y Mipal para la selección de los elementos de las cámaras de refrigeración como las unidades de condensado y evaporadores, todo bajo la normas técnicas propuestas por la American Society Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). Como resultados obtiene que las cargas térmicas para las cámaras son las siguientes: 9163.35 Kcal/h y 24073.58 Kcal/h para las cámaras de frigoríficas de la uva y mango respectivamente, finalizando con un coste total de \$200,0427.39. (Huamán Condori, 2016)

1.7. Fundamento Teórico

1.7.1. Consideraciones Generales:

En el mercado modelo de la ciudad de Lambayeque, la conservación del pescado es la más indispensable por los habitantes de la ciudad, esto es debido a que el pescado es requerido directamente del terminal pesquero de Santa Rosa. (Juvasa, 2010) El hecho de que la mayoría del pescado constituya excelentes medios con humedad abundante, pH casi neutro y abundancia de nutrientes. Cuanto más rápido sea el enfriamiento del pescado menos probabilidades de que se descompongan. Las temperaturas de almacenamiento de pescado fresco de -20°C. El tiempo máximo de conservación del pescado es de 2 a 4 días dependiendo de las condiciones de mantenimiento. Parte de los vendedores de pescado, brindaron información al contestar una encuesta.

Al aumentar, la temperatura generalmente se disminuye la humedad del local de almacenamiento.



Figura 1.- Espacio vacío para ubicar la cámara Frigorífica.
Fuente: Toma en el mercado modelo.

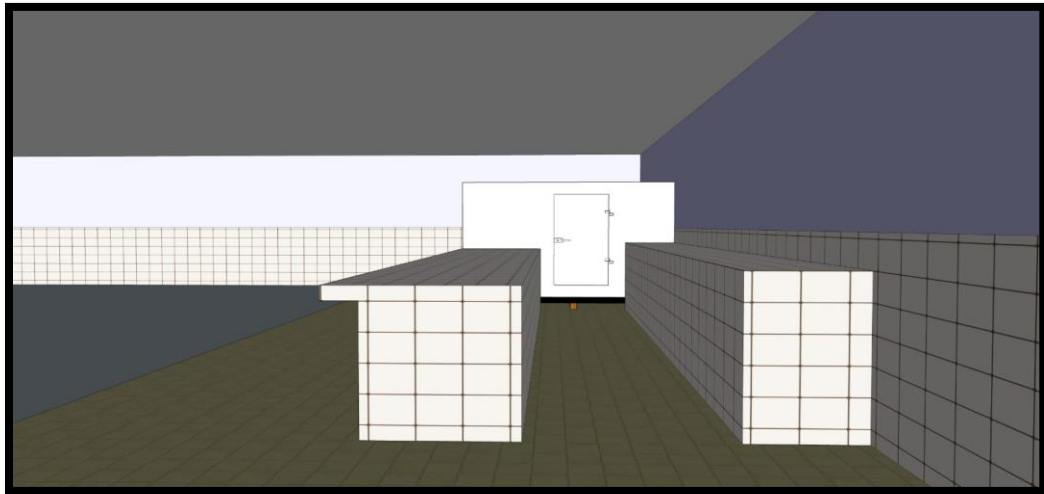


Figura 2.- Bosquejo de la ubicación de la cámara frigorífica.
Fuente: Elaboración Propia.

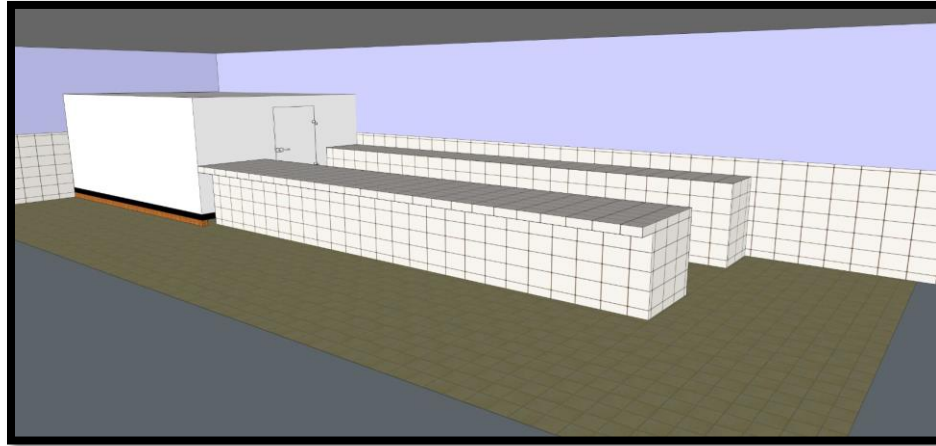


Figura 3.- Bosquejo de la ubicación de la cámara frigorífica (vista lateral). Fuente:
Elaboración Propia.

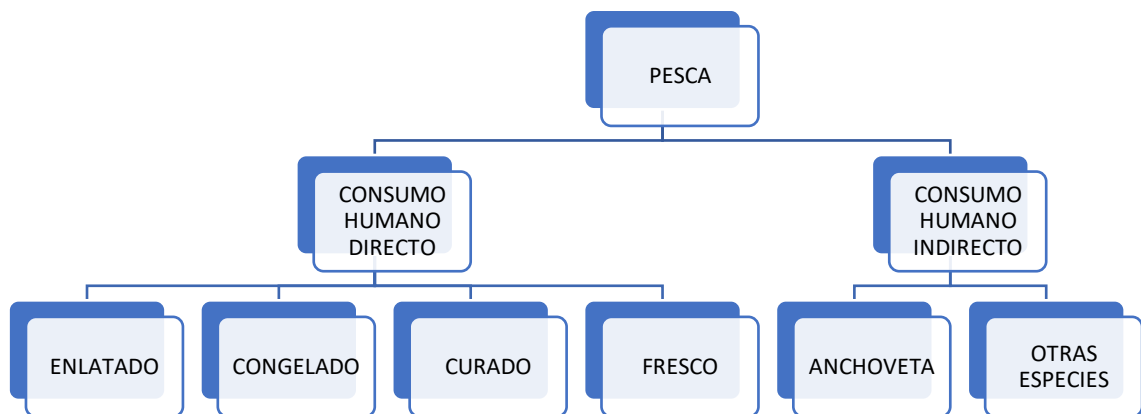


Figura 4.- División de la pesca para el consumo humano.

Fuente: Vicente & otros (2003)



Figura 5.- Pesca Artesanal.

Fuente: Web

1.7.2. Consumo Humano Directo Fresco:

El mar presenta una gran variedad de peces, a continuación, le nombraremos a los principales tipos de pescados que se encuentran en esta rama del Consumo Humano Directo (CHD) según (ANDINA, 2018):

- Angelote
- Cachema
- Bonito
- Caballa
- Cabinza
- Cabrilla
- Coco
- Cojinova
- Congrio
- Corvina
- Jurel
- Lenguado
- Liza
- Loma
- Machete
- Merluza
- Perico
- Pejerrey
- Raya
- Sardina
- Tollo
- Otros



Figura 6. Variedad de Pescad.

Fuente: Web

Gráficos de la producción de los puertos de Lambayeque y principales pescados por tonelada métrica anuales:

Lambayeque	AÑO							
	(PUERTO)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
		16168	10716	8875	9066	7662	6806	13862
Pimentel		6057	1291	1620	1131	2188	1285	2867
San José		7251	6713	5060	6163	3888	2999	8240
Santa Rosa		2860	2712	2195	1772	1586	2522	2755

Tabla 1.- Producción de los Puertos de Lambayeque.

Fuente: Ministerio de Producción – Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero

Dirección General de políticas y desarrollo pesquero:

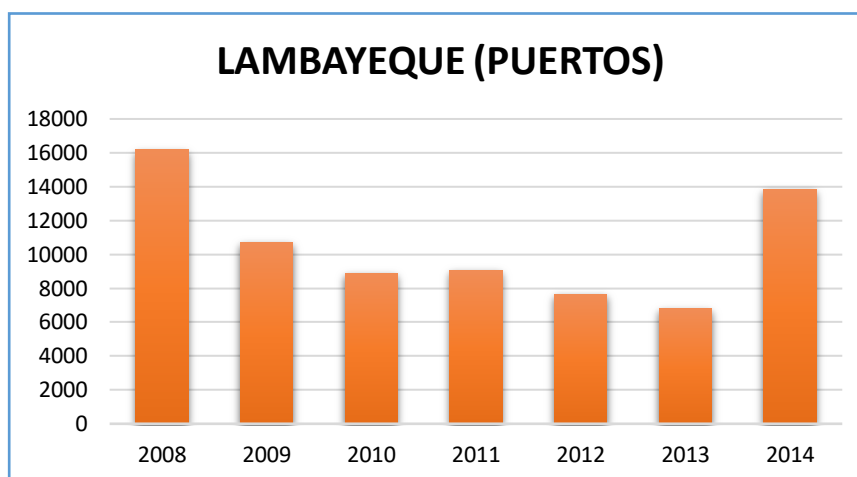


Figura 7.- Puertos de Lambayeque.

Fuente: Ministerio de Producción – Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero

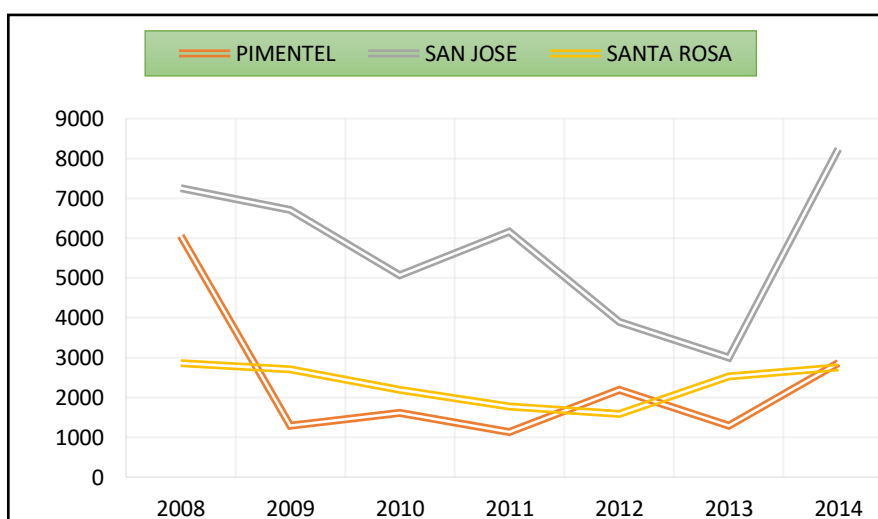


Figura 8.- Producción de los puertos de Lambayeque.

Fuente: Ministerio de Producción – Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero

TIPO DE PESCADO	AÑO							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Angelote	61	45	23	13	494	28	32	26
Cachema	2522	4138	4323	2838	3551	4800	4416	7060
Bonito	26814	12469	11780	22195	32348	36171	84482	68556
Caballa	22426	7476	6439	10411	12056	14444	24009	27367
Cabinza	4700	4141	3657	1500	2258	2121	2564	2134
Cabrilla	2413	1002	1046	1547	761	1547	3047	1700
Coco	1091	2159	1207	1476	1382	2038	2763	140
Cojinova	453	314	638	1105	458	270	770	822
Congrio	444	229	299	284	613	502	461	456
Corvina	445	368	773	514	484	1049	1377	1681
Jurel	47079	10405	72955	72930	54455	47596	17801	12472
Lenguado	231	288	168	624	143	142	259	65
Liza	17310	9706	12125	17162	12531	12834	12625	15785
Loma	9202	9939	9048	9021	7723	5718	7523	11529
Machete	4774	2841	1395	3486	2181	2738	3122	2701
Merluza	10263	15362	8991	11974	23224	31753	30379	40731
Perico	38423	37278	22737	20170	36608	27750	31621	17304
Pejerrey	11117	7222	8721	6278	6918	7761	6407	4323
Raya	846	898	676	1310	114	996	1706	775
Sardina	4	14	8	70	0	0	0	0
Tollo	4058	4995	5688	4235	3946	5328	8449	9453
Otros	25852	63284	51830	19132	91023	109228	44193	126389

Tabla 2. Desembarques de recursos marítimos para consumo fresco según especie 2009-2016.

Fuente: Ministerio de Producción – Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero

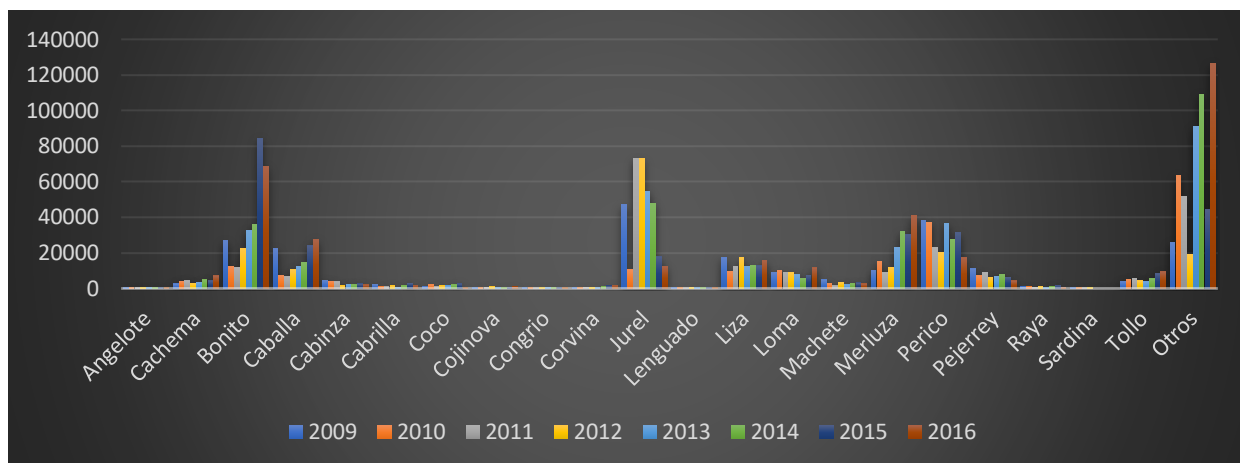


Figura 9.- Desembarques de recursos marítimos para consumo fresco según especie 2009-2016 (tonelada métrica).

Fuente: Tabla 2 y Ministerio de Producción - Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero.

El pescado es un alimento fundamental, por ello se recomienda comprarlo fresco. Sin embargo, el pescado congelado se convierte en una alternativa muy confiable por que conserva muy bien sus propiedades debido al proceso de congelamiento al que es sometido.

1.7.2.1. Factores en la calidad del pescado congelado

Dentro del proceso de almacenamiento y producción del pescado congelado, existen factores determinantes que influyen en su calidad.

- **Inocuidad:** Es la garantía de que un alimento no causara daño al consumidor cuando sea preparado o ingerido.
- **Calidad:** Es la satisfacción de la expectativa que tiene una persona sobre el producto.

1.7.2.2. Cadena de frío en la calidad del pescado

El lapso que transcurre para que el pescado llegue al punto de descomponerse depende de ciertos factores como: el tamaño, el método de captura, manipulación, pero el más influyente y trascendental es la temperatura de manejo durante todo el transcurso del procesamiento y almacenamiento del producto.

Temperatura en ° C	Días de duración
0	15
5	4
15	1

Tabla 3.- Manual de Control de Calidad del Pescado.

Fuente: FAO

1.7.2.3. Métodos de Conservación del pescado

En la actualidad existen 2 métodos que se utilizan para la conservación de este producto alimenticio, los cuales son: La sal y el hielo (ANDINA, 2018).

1.7.2.4. Temperatura

El pescado es más sensible que la carne al ataque de bacterias, enfriado a temperaturas cercanas a 0 ° C tiene una vida útil de pocos días. (ANDINA, 2018)

El procedimiento normal es congelar a -22°C o más bajo. Los barcos pesqueros de alta mar están provistos de cuartos frigoríficos, donde mantienen la pesca cerca a los 0°C o en su defecto en cajas con hielo en escamas o en piletas de agua de mar enfriadas cerca de 0 ° C. Para algunas operaciones hay diferentes modelos de acuerdo a la variedad y al tamaño del pescado.

1.7.2.5. Refrigeración

Este proceso consiste en la remoción del calor con el propósito de disminuir su temperatura, el pescado es sometido a reducción de temperaturas hasta algún punto por encima de la temperatura de congelamiento hasta -10 C y se puede mantener fresco hasta unos 17 días. (ANDINA, 2018)

Este sistema de enfriado es lento, por dicho motivo se recomienda pre enfriar rápidamente el pescado utilizando hielo con agua hasta llegar a la temperatura de próximos a los 0 C y luego someterlo al refrigerado. En este sistema la temperatura del pescado no debe bajar de -1 ° C ya que se congelará en forma parcial.

1.7.2.6. Congelación

Este método consiste en utilizar un equipo capaz de disminuir la temperatura hasta tal punto de congelar el producto, consiguiendo de esta forma retrasar la descomposición del pescado, inhibiendo la actividad bacteriana y enzimática permitiendo almacenar el producto en buenas condiciones por días.

En el proceso de congelación se recomienda que el producto sea impregnado con una capa fina de agua sobre la superficie (glaseado) de tal forma a que se le genere una separación del producto del ambiente con un fino espesor de hielo, permitiendo de esta forma el aislamiento de cualquier microorganismo que puede generar putrefacción. (ANDINA, 2018)

1.7.2.7. Tipos de congelamiento

- **Lento:** En el proceso de congelamiento lento se producen cristales de hielo de tamaño más grande ocasionando ruptura de las células del pescado provocando pérdida de fluido del citoplasma después del deshielo y una mayor rapidez en la descomposición de la carne después del descongelamiento
- **Rápido:** El congelamiento de esta forma produce cristales de hielo pequeños que provocan menos daños a las paredes celulares al congelarse. (Exposición a cámaras frigoríficas).

1.7.2.8. Condiciones del producto

• Tipo de producto	Pescado
• Temperatura de conservación	-22°C
• Temperatura del exterior	23 °C
• Calor específico [Kcal/Kg°C]	Antes de congelar: 0.8 Después de congelar: 0.42
• Calor latente [Kcal/Kg]	50
• Calor latente de fusión [Kcal/Kg°C]	0.8
• Tiempo de conservación	5 días

Tabla 4.- Condiciones generales para pescado para su adecuada conservación.

Fuente: Juvasa (2010)

Según (WeatherSpark, 2019) (párr. 4) afirma que las temperaturas máximas y mínimas en promedio serían 27.17°C y 19.17°C, por lo cual calculamos el promedio final entre estos dos valores obteniendo 23.17°C equivalente a 23°C, temperatura ambiente con la que trabajaremos en adelante.

2. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo tecnológica, pues a partir de información recopilada, normas y procedimientos propuestos por investigaciones anteriores se busca conseguir una solución práctica a través de la utilización de instrumentos y máquinas.

En cuanto al enfoque, es del tipo cuantitativa, de carácter descriptiva – propositiva, no experimental, pues se pretende realizar un diseño factible y aplicable de una cámara frigorífica cuyo fin es mejorar la eficiencia y competitividad empresarial del lugar objetivo.

2.2. Población y Muestra

La población determinada para el presente trabajo de investigación está determinada por la cantidad de cámaras frigoríficas, y los tipos de cámaras según sus temperaturas de trabajo, y para este estudio se toma como población las cámaras frigoríficas para refrigerar pescado.

La muestra se ha determinado a partir de un muestreo no probabilístico intencionado o por conveniencia. Por ello como muestra se ha considerado desarrollar la investigación el mercado Modelo de Chiclayo, Lambayeque, zona en donde se comercia un gran volumen de pescado proveniente de las más importantes playas de la región.

2.3. Variables y Operacionalización

2.3.1. Variable Independiente

- Cámara de Refrigeración

2.3.2. Variables Dependientes

- Condiciones de Conservación de Producto

2.3.3. Operacionalización de Variables

<u>Variable</u>	<u>Definición Conceptual</u>	<u>Dimensiones Operacionales</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Escala de Medición</u>
Variable Independiente: Cámara Frigorífica	Es un recinto aislado térmicamente, dentro del cual se contiene materia para extraer su energía térmica, está la conservación de productos perecederos por medio de la recirculación de aire frío (Moran y Shapiro, 2005, p, 643).	La función principal de una cámara frigorífica es la de almacenar y conservar las materias que contiene, en condiciones de inocuidad de modo que no pierda su valor comercial.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de almacenamiento. • Consumo de energía. • Capacidad Térmica 	Masa Total (kg) Volumen Total (kg) Potencia (kW) Tiempo de Uso (h) Calor Total (BTU)
Variable Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de Conservación de Productos 	Constituye un conjunto de proceso que busca evitar la descomposición de los alimentos, a fin de guardarlos para su posterior aprovechamiento, transporte o almacenaje (Plank, 2005, p, 17)	Es la capacidad para prolongar la vida útil del producto manteniendo sus propiedades físicas y químicas a fin de que sean aptas para el consumo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de vida útil del pescado • Humedad relativa • Temperatura de trabajo. 	Tiempo(horas) Porcentaje de Humedad (%) Temperatura (°C)

Figura 10.-Operacionalización de Variables. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

2.4.1.1. Observación

En el proceso de investigación la observación es una técnica útil para el analista, consta en contemplar a las personas cuando ejecutan su trabajo. El propósito de esta técnica es múltiple ya que permite hallar qué se realiza, cómo se realiza, quién lo realiza, cuándo se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, por qué y dónde se realiza.

Para el caso se observará las clases de centrales solares a fin de reconocer la metodología para el dimensionado de sistemas fotovoltaicos.

2.4.1.2. Consultas a Profesionales

Se realizarán consultas a docentes expertos en la materia a fin de utilizar la bibliografía adecuada y no presentar errores o cálculos no válidos.

2.4.1.3. Información bibliográfica

La técnica de información bibliográfica servirá para una evaluación correcta los sistemas fotovoltaicos, el cálculo pertinente a fin de tener fórmulas y criterios de validez. Dicha información será obtenida de las fuentes bibliográficas que se visitarán para la obtención de información. La información será recopilada de internet, libros, leyes, normas, tesis, publicaciones etc.

2.4.1.4. Análisis de documentos

Esta técnica es utilizada para alcanzar un estudio de los documentos recopilados (libros, tesis, publicaciones, etc.) Para contar con una información veraz con respecto al tema y así brindar una certera evaluación con respecto a los parámetros necesarios para el dimensionamiento de la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que sean análisis prácticos y aplicables.

<u>Técnicas</u>	<u>Instrumento</u>	<u>Validez</u>
Observación	Cámara fotográfica	Especialista
Consultas	Anotaciones	Especialista
Información Bibliográfica	Internet, libros	Especialista
Análisis de datos	Matlab	Especialista
Recopilación de Datos	Encuesta	Especialista

Tabla 5.- Instrumentos de Recolección de Datos.

Fuente: Propia

2.4.2. Validación y confiabilidad

Las técnicas de recolección de datos se validarán por un profesional experto reconocido como investigador y con un grado académico que lo respalda.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

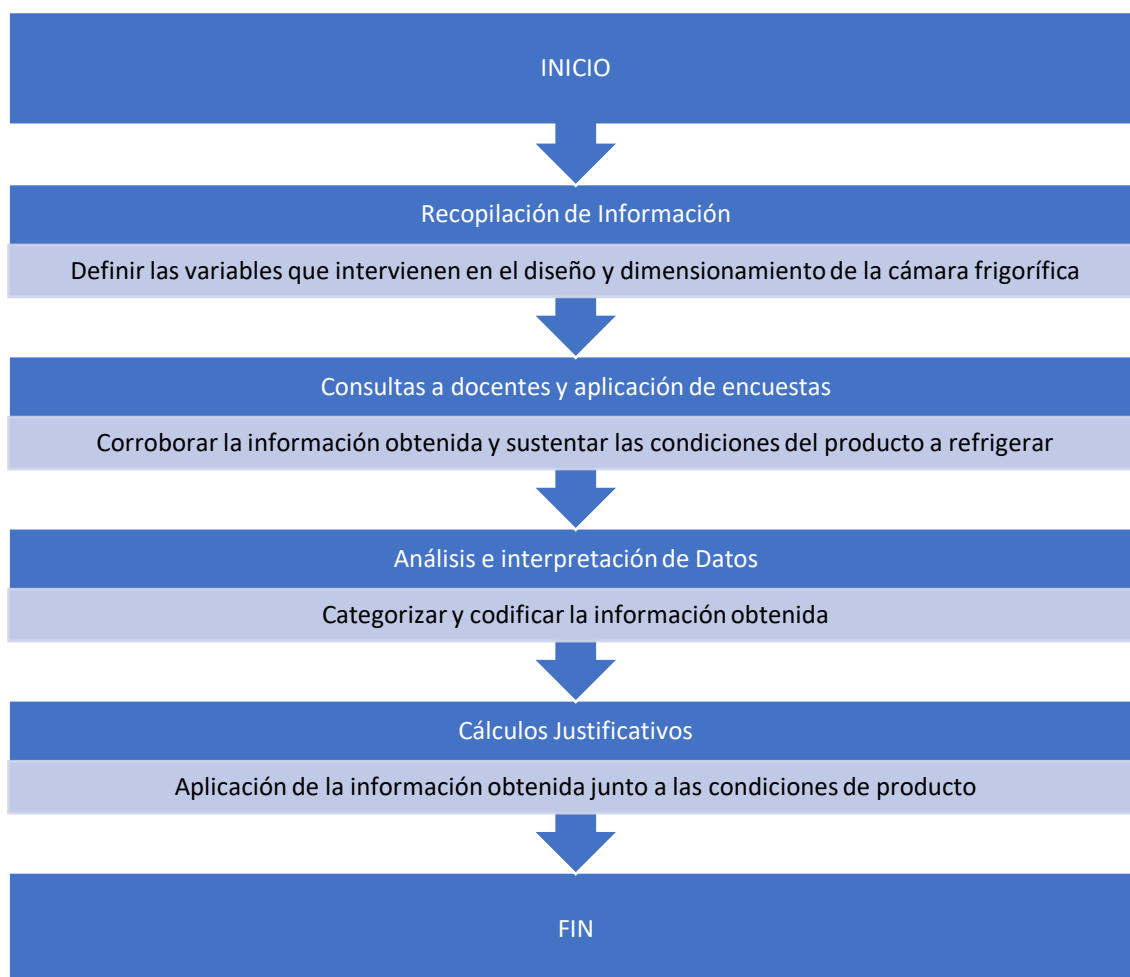


Figura 11.- Desarrollo de actividades para el cumplimiento de la investigación.

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Criterios éticos

Se tendrán en cuenta los aspectos éticos de profesionalismo del colegio de ingenieros del Perú (CIP) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán presentados a continuación:

CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ (CIP) APROBADO EN LA III SECCIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERIODO 1998 – 1999 EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 DE ABRIL 1999.

Art. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico

del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

**CÓDIGO DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
ELABORADO POR LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, REVISADO POR
EL ÁREA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO INSTITUCIONAL –
ASESORÍA LEGAL. RATIFICADO POR EL ACUERDO DE CONSEJO
UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0851 – 2017/USS**

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

- Autonomía.
- Responsabilidad.
- Profesionalismo.
- Compromiso con la sociedad.
- Supervisión.
- Desarrollo profesional.

Art. 14°: Respeto de los investigados y de lo investigado:

- Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

2.7. Criterios de Rigor Científico

Este trabajo presenta un orden estructural con el que se garantiza obtener resultados fiables, los mismos que se presentan en todo el desarrollo del proyecto. La recolección de datos se basa en herramientas y pruebas de carácter científico, que validan esta investigación. Estas son:

- **Fiabilidad:** se presenta la investigación como fiable porque se utilizarán métodos probados y comprobados para la obtención de datos, así como también de los resultados. La metodología que se aplicará en este proyecto además ha sido sustentada por otros investigadores, lo que asegura su veracidad.
- **Validez:** la validación de la recolección de datos e interpretación correcta de los resultados obtenidos se realizarán desde distintos puntos de vista. Se analizarán e interpretarán teórica y experimentalmente, verificándose posteriormente con investigaciones anteriores.
- **Credibilidad:** denominado como autenticidad, el cual permite evidenciar que los fenómenos y las experiencias en el proceso investigativo, muestra que los resultados obtenidos son muy aproximados y cercanos a los resultados obtenidos por otros investigadores, en tal caso se considera como reales y verdaderos los hallazgos obtenidos.

3. RESULTADOS

3.1. DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

3.1.1. Cámara de Refrigeración

Un frigorífico o cámara frigorífica es una instalación industrial en la cual se almacenan carnes o vegetales para su posterior comercialización. En informe presentamos el diseño de una cámara frigorífica para la conservación de pescado.

Para realizar el diseño de la cámara necesitamos saber cuál es la temperatura interna y externa y poder presentar los parámetros que nos permitan desarrollar el cálculo adecuado.

3.1.2. Dimensionamiento de la cámara de refrigeración:

Para realizar el correcto dimensionamiento de la cámara de refrigeración debemos tener en cuenta diversos factores dentro de los cuales los más importantes son:

- El volumen ocupado por el producto.
- El espacio apropiado para su transporte dentro de la cámara.
- El tipo de almacenamiento.
- Para este proyecto necesitamos almacenar pescado por 5 días para su conservación la cual implica reunir 120 cubetas de pescado de 28kg c/u.

Con esto podemos evaluar la cantidad de pescado a refrigerar, considerando:

- 120 cubetas de pescado.
- 28 Kg por cubetas.

$$\text{Masa total} = \text{Núm. cubetas} * \text{Masa de c/cubeta}$$

$$\text{Masa total} = 120 * 28$$

$$\text{Masa total} = 3360 \text{ kg}$$

Por lo tanto, en esta cámara pueden almacenarse en total 3360 Kg. Cada columna constara de 5 cubetas sobrepuestas.

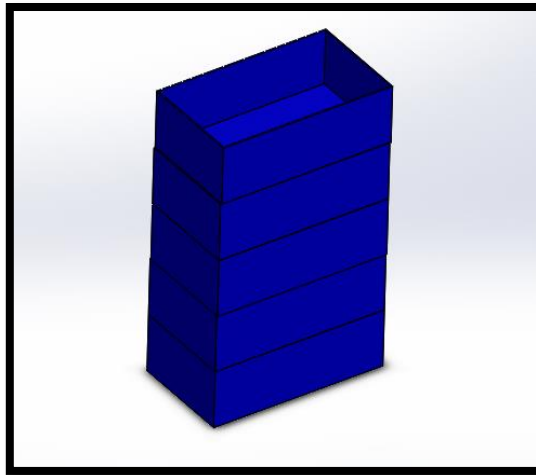


Figura 12.- Esquema de Distribución de las cubetas en Vertical.

Fuente: Elaboración Propia

Es importante tener en cuenta que en el interior de la cámara debe existir espacios de aire adecuados entre los productos almacenados y las paredes de la cámara, esto permitirá reducir la posibilidad de que el producto absorba directamente calor de las paredes calientes, este espacio también es considerado para la movilización cómoda del operario y el producto, dicho espacio es de 1.99 m².

3.1.3. Información asumida (en base - vendedores de pescado en el mercado central - Lambayeque)

- Peso bruto: 28 kg
- Cubeta vacía: 3 Kg
- Peso promedio por jaba: 28 Kg
- Altura: 23.6cm = 0.236m
- Ancho: 70.5cm = 0.705m
- Largo: 41cm = 0.41m
- Numero de cubetas = 120
- Dias de Almacenamiento = 5

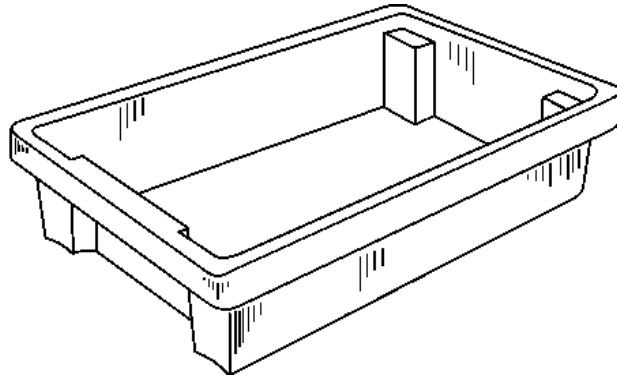


Figura 13.- Diseño de cubeta de pescado.

Fuente: Elaboración Propia

Según esto:

- Volumen ocupado por cubeta (V):
 - $V = 0.236 * 0.705 * 0.41$
 - $V = 0.068\text{m}^3$

- Densidad promedio de la cubeta (P):
 - $P = 28 \text{ Kg}/0.068\text{m}^3$
 - $P = 411.76\text{Kg}/\text{m}^3$

Teniendo en cuenta una configuración de 6 filas y 4 columnas (5 cubetas cada elemento) se tiene un largo y ancho de:

- Largo mínimo de la sala:
 - $L = (0.705) * (6)$
 - $L = 4.23\text{m}$

- Ancho mínimo de la sala:
 - $A = (0.41) * (4)$
 - $A = 1.64 \text{ m}$

3.1.4. Área de la Cámara de Refrigeración Interior (A_T)

Por lo general se recomienda que los alrededores del producto a refrigerar tengan un espacio de libre circulación de 15% del área frontal total de todas las cubetas del producto.

$$L_t = 1.15 * (4.23) = 4.88\text{m}$$

$$A_t = 1.15 * (1.64) = 1.89\text{m}$$

A razón de solicitud del cliente y de disponibilidad de espacio, el ancho a utilizar se fija en 4.5m, quedando la sala:

- Ancho: 4.5m
- Largo: 4.88m
- Altura: 2m

$$Area_T = 4.5 * 4.88 = 22\text{m}^2$$

$$V_T = 4.5 * 4.88 * 2$$

$$V_T = 43.92 \text{ m}^3 = 1551.02 \text{ pie}^3$$

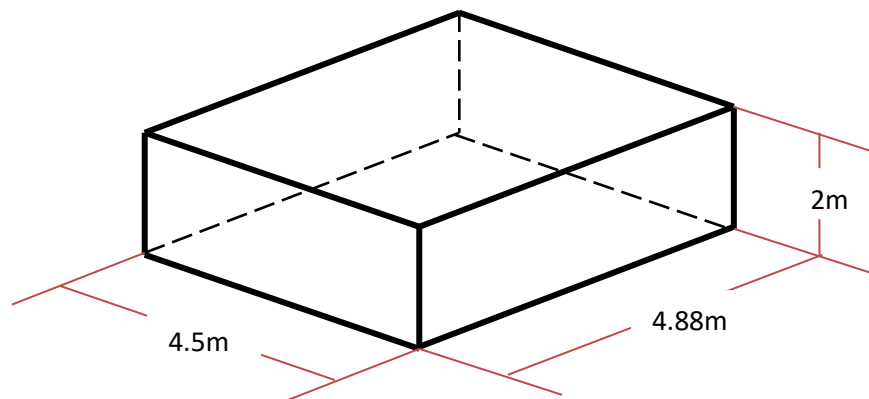


Figura 14.- Dimensiones de la cámara frigorífica

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5. Selección del aislante y espesor de aislamiento para la pared, techo y piso

El corcho se caracteriza por estar formado de células poliédricas, vacías en su interior, estrechamente ligadas unas a otras, que componen el tejido suberoso (aproximadamente el 80% de su volumen es gas, sobre todo nitrógeno). Estas células son, por sí mismas, muy impermeables, ya que la transferencia de líquidos entre ellas es muy lenta.

La densidad del corcho esta entre 0,12 y 0,25 cuando más baja es mayor la calidad del corcho. De acuerdo con la temperatura de la cámara de tablas obtenemos un espesor determinado:

TEMPERATURA DE LA CAMARA (°F)	ESPEJOR DEL CORCHO (pulg)
-45 a -15	10
-15 a -10	8
0 a 15	7
15 a 25	6
25 a 35	5
35 a 50	4
50 a 60	3

Tabla 6.-Temperaturas de una cámara frigorífica de acuerdo al espesor del corcho.

Fuente: (Juvasa, 2010)

Debido que las temperaturas de almacenamiento del pescado son de -25°C a -20°C, y por ser requerida en almacenamiento por menos de 5 días asumiremos - temperatura de la cámara de refrigeración:

Se escoge una temperatura promedio de -22°C = -7.6 °F

$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

$$F = (9(-22^{\circ}\text{C}) / 5) + 32$$

$$F = -7.6^{\circ}\text{F}$$

Según esto con relación a la tabla 5, tenemos:

Espesor del corcho= 8 pulgadas

Además, considerando una Temperatura Ambiente: 23°C

$$F = (9(23^{\circ}\text{C}) / 5) + 32$$

$$F = 73.4^{\circ}\text{F}$$

3.2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA

En nuestra cámara de refrigeración aparte del producto a refrigerar encontramos componentes adicionales, los cuales influyen en la determinación del suministro de carga, la suma de todas estas cargas parciales será la carga de enfriamiento del equipo. La carga de enfriamiento total se divide en las siguientes partes:

- Flujo de calor a través de las paredes, techo y piso
- Carga por cambio de aire (Q_{ca})
- Carga debido al producto ($Q_{product}$)
- Carga por alumbrado (Q_{alumbr})
- Calor liberado por motores eléctricos ($Q_{motelect}$)
- Carga por personas (Q_{pers})
- Capacidad de refrigeración requerida (Cap, Ref)

3.2.1. Flujo de calor a través de las paredes, techo y piso

a.-) Paredes

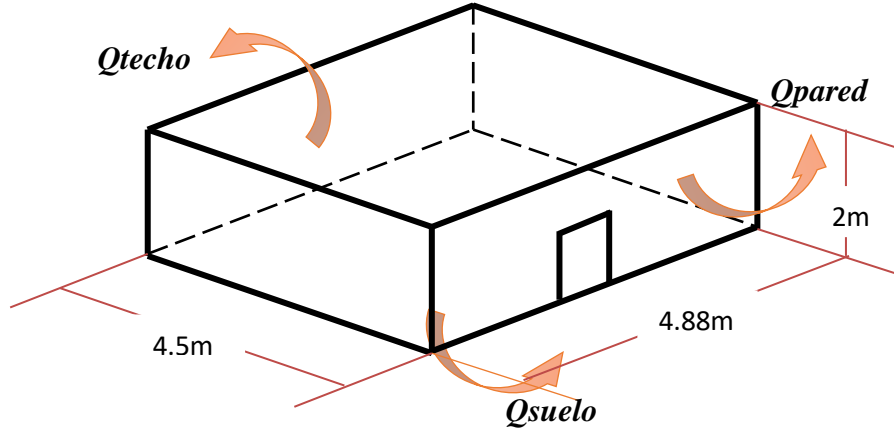


Figura 15.- Flujo de Calor a través de las Paredes, techo y piso

Fuente: Elaboración propia

El flujo de calor se llama *carga de fuga*, y es una medición del calor que fluye por conducción a través de las paredes del espacio refrigerado del exterior hacia el interior. Ya que no se dispone de ningún aislamiento perfecto siempre se tendrá una cierta cantidad de calor que está pasando del exterior al interior, debido a la diferencia de temperaturas. El cálculo de la carga de fuga se realiza por medio de la siguiente formula:

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

Calculamos el área de las paredes y la diferencia de temperatura:

- Diferencia De Temperatura

$$\Delta T = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{interior}}$$

$$\Delta T = 73.4^{\circ}\text{F} - (-7.6^{\circ}\text{F})$$

$$\Delta T = 81^{\circ}\text{F}$$

- Área de paredes

$$A_1 = 2(4.88 \cdot 2) + 2(4.5 \cdot 2)$$

$$A_1 = 37.52 \text{m}^2$$

$$A_1 = 407.82 \text{pie}^2$$

$$(1 \text{ pie})^2 = (0.3046)^2$$

$$1 \text{ pie}^2 = 0.092 \text{ m}^2$$

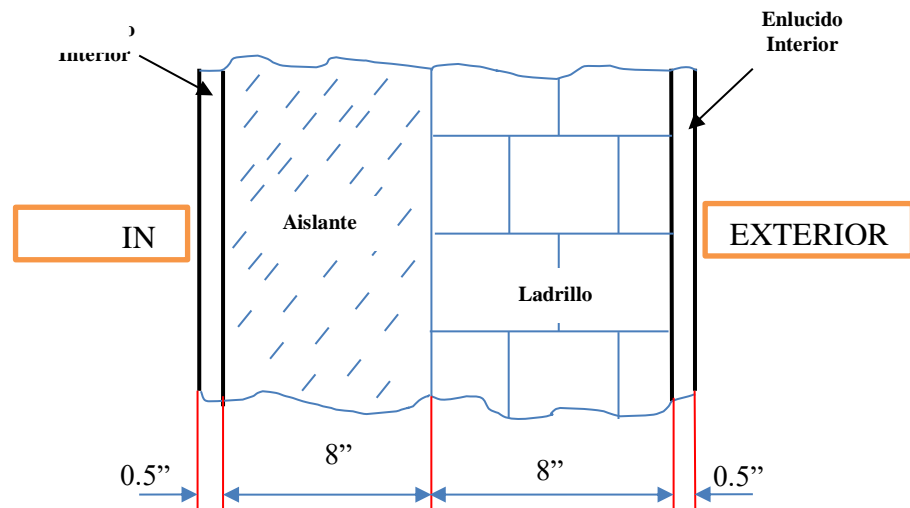


Figura 16.- Dimensiones de las paredes de la cámara frigorífica. Fuente:
Elaboración Propia

Del autor Dossat (1997), para un espesor es de 8" y un espesor de pared de ladrillo común igual a 8" (tabla 10-1, pág. 449):

$$U_1 = 0.035 \text{ btu/hr.pie}^2 \cdot \text{°F}$$

Finalmente está el flujo de calor:

$$Q_1 = A_1 * U_1 * \Delta T$$

$$Q_1 = 407.82 \text{ pie}^2 * 0.035 * 81 \text{°F}$$

$$Q_1 = 1156.16 \text{ btu/hr}$$

$$Q_1 = 0.338 \text{ kw}$$

b.-) Techo

Largo: 4.88

Ancho: 4.5

$$A_2 = (4.88) (4.5)$$

$$A_2 = 21.96 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 238.69 \text{ pie}^2$$

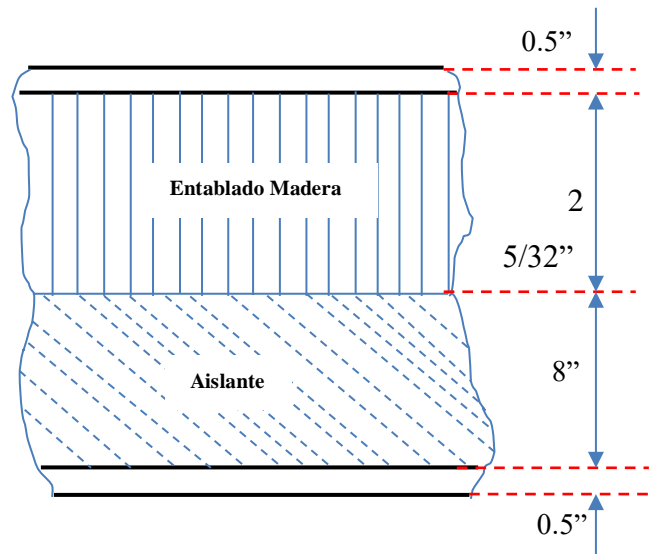


Figura 17.- Dimensiones de techo de la cámara frigorífica. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 10 -3 de Dossat (1997), para un espesor es de 8" y para un espesor de entablado de madera de 25/32" se tiene:

$$U_2 = 0.36 \text{ btu/ hr. pie}^2, \text{ } ^\circ\text{F}$$

Tenemos la diferencia de temperaturas:

$$\Delta T = 73.4^\circ\text{F} - (-7.6^\circ\text{F})$$

$$\Delta T = 81^\circ\text{F}$$

Tenemos finalmente el flujo de calor:

$$Q_2 = A_2 \cdot U_2 \cdot \Delta T$$

$$Q_2 = 238.69 \text{ pie}^2 * 0.036 \text{ btu/ hr. pie}^2, \text{ } ^\circ\text{F} * 81^\circ\text{F}$$

$$Q_2 = 696,02 \text{ btu/hr}$$

$$Q_2 = 0.203 \text{ KW}$$

c) **Piso**

$$A_3 = 4.88 * 4.5$$

$$A_3 = 21.96 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 238.69 \text{ pie}^2$$

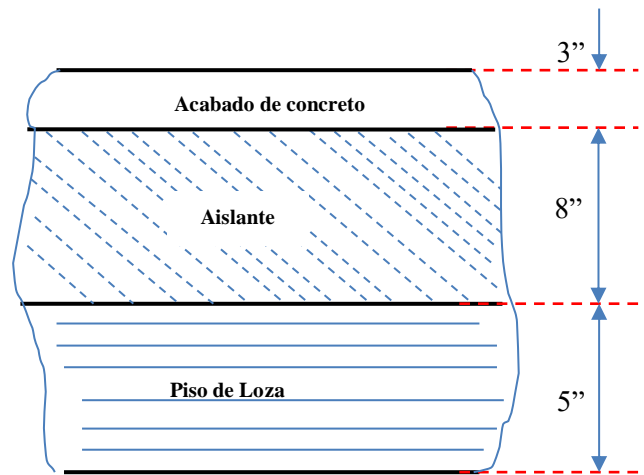


Figura 18.- Dimensiones del piso de la cámara frigorífica.

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla 10-3 de Dossat (1997):

$$U_3 = 0.033 \text{ btu/hr.pie}^2.\text{°F}$$

Tenemos la diferencia de temperaturas:

$$\Delta T = 73.4 \text{ °F} - (-7.6 \text{ °F})$$

$$\Delta T = 81 \text{ °F}$$

Tenemos finalmente el flujo de calor:

$$Q_3 = A_3 * U_3 * \Delta T$$

$$Q_3 = 238.69 \text{ pie}^2 * 0.035 * 81 \text{ °F}$$

$$Q_3 = 676.68 \text{ btu/hr}$$

$$Q_3 = 0.1983 \text{ kw}$$

Finalmente, el calor total transferido por las diferentes superficies es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = 0,338 \text{ KW} + 0,203 \text{ KW} + 0,1983 \text{ KW}$$

$$Q_T = 0,739 \text{ KW}$$

3.2.2. Carga por cambio de aire (Q_{ca})

Al abrirse la puerta de un espacio refrigerado, el aire caliente del exterior entra al espacio para remplazar el aire frío más denso, esto constituye una pérdida en el espacio refrigerado.

El calor que debe ser eliminado debido al aire caliente que entra del exterior dependerá de las condiciones del espacio de diseño, teniendo en cuenta la temperatura del aire exterior y su contenido de humedad. Esto constituye parte de la carga de enfriamiento total del equipo. A esta carga se le llama carga por cambio de aire.

Considerando los datos anteriores:

Según (Myers, 1962)(párr.1) la Humedad Relativa a 23°C es de 62%



Figura 19.- Humedad relativa de Lambayeque a 23°C.

Fuente: AccuWeather.

Temperatura de Conservación (cámara): -22°C = -7.6°F

Humedad Relativa: 62%

Temperatura Exterior: 23 °C = 73.4 °F

Volumen de la cámara:

$$Vol = 4.5 \times 4.88 \times 2$$

$$Vol = 43.99 \text{ m}^3$$

$$Vol = 1553.49219 \text{ pies}^3$$

De Dossat (1997) en Tabla 10-8B:

Interpolamos la tabla a condición de 80°F

$$\bullet \quad x = \frac{(60-62)}{(60-50)} * (2.98 - 2.79) - 2.98 = 3.018$$

$$\bullet \quad Y = \frac{(60-62)}{(60-50)} * (3.13 - 2.93) - 3.13 = 3.17$$

$$\bullet \quad Z = \frac{(-5--7.6)}{(-5--10)} * (3.018 - 3.17) - 3.13 = 3.09$$

Temperatura de cuarto almacén	TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA (asumimos condiciones a 80 °F)		
	HUMEDAD RELATIVA		
	50	60	62
-5	2.79	2.98	3.018
-7.6	2.86	3.058	3.09
-10	2.93	3.13	3.17

Tabla 7.- Humedad Relativa de acuerdo a la temperatura de la cámara.

Fuente: figura 10 y tablas Dossat (10-8B).

Por tanto, nuestro factor de cambio será:

$$f_c = 3.09 \text{ BTU/pie}^3$$

Para cambios de aire se obtiene de la tabla 10-8 A:

Volumen en pie ³	Cambio de aire por 24 horas
1500	14
1553.49	14.2
2000	12

Tabla 8.- Cambio de aire por 24 horas en relación al volumen. Fuente: Tabla 10-8 A Dossat (1998)

$$Ca = 14.2 / (24hr) = 0.592 \text{ pie}^3 / h$$

Finalmente, la carga por cambio de aire será:

$$Q_{ca} = Vol \times Ca \times f_c$$

$$Q_{ca} = 1553.49 \text{ pies}^3 \times 14.2 / (24hr) \times 3.09 \text{ BTU} / \text{pie}^3$$

$$Q_{ca} = 68164.03 \frac{\text{BTU}}{24hr}$$

$$Q_{ca} = 2840.17 \frac{\text{BTU}}{hr}$$

$$Q_{ca} = 0.832 \text{ Kw}$$

3.2.3. Carga debido al producto (Q_{produc})

La carga debido al producto constituye el calor que debe ser eliminado del producto refrigerado a fin de que la temperatura del mismo baje hasta el nivel deseado. El término “producto” que se usa involucra cualquier material cuya temperatura es disminuida por el equipo de refrigeración e incluye no solo a artículos de consumo perecibles, sino también a objetos tales como Electrodo de Soldadura, masas de concreto, plástico, hule y líquidos de toda clase.

Una vez que el producto haya sido enfriado hasta la temperatura del almacén, este ya no será fuente de calor y la carga del producto dejará de formar parte de la carga del equipo.

$$Q_{\text{producto}} = m_{\text{producto}} \cdot C \cdot \Delta T$$

De datos del producto tenemos:

- Calor específico:
 - Arriba del punto de congelamiento: 0.42 Btu/lb.°F
- Temperatura de Conservación (cámara): -22 °C = -7.6 °F
- Temperatura Exterior: 23 °C = 73. 4° F
- Cantidad de producto a refrigerar 3360 Kg =7407.53 Lb

$$Q_{\text{producto}} = 7407.532 \times 0.42 \frac{\text{Btu}}{\text{Lb.}^\circ\text{F}} \times (73.4 - (-7.6))^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{producto}} = 252004.24 \text{ Btu}$$

El tiempo de conservación es de 5 días:

$$Q_{\text{producto}} = \frac{252004.24 \text{ Btu}}{5 \times 24 \text{ horas}}$$

$$Q_{\text{producto}} = 2100 \frac{\text{Btu}}{\text{hor}}$$

$$Q_{\text{producto}} = 0.62 \text{ Kw}$$

3.2.4. Carga por alumbrado (Q_{alumbr})

La iluminación ejerce influencia cuando se examinan meticulosamente durante los controles sanitarios o para limpiarlos, se debe prever una iluminación con una intensidad de 300 lux en cualquier lugar donde se proceda a actividades de elaboración. En otras áreas como el almacén en seco, debe haber luz suficiente para mantener los locales saneados y en orden.

Del esquema del cuarto de refrigeración se ha dispuesto 6 fluorescentes de 25 W para la iluminación del ambiente, los cuales se prenderán 1 vez al día y durante 3 horas diarias, el tiempo que usará el operario para revisar si hay algún desperfecto.

$$Q_{alumb rado} = \left(N^{\circ} \text{ de focos} \times Pot_{foco} \times 3.42 \frac{BTU}{W \cdot hr} \right) \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ hr}}$$

$$Q_{alumb rado} = \left(6 \times 25W \times 3.42 \frac{BTU}{W \cdot hr} \right) \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ hr}}$$

$$Q_{alumb rado} = 513 \frac{BTU}{24hr}$$

$$Q_{alumb rado} = 21.4 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{alumb rado} = 0.0062 \text{ Kw}$$

3.2.5. Calor liberado por motores eléctricos ($Q_{mot.elect.}$)

En la cámara de refrigeración nosotros asumiremos que está contará con 1 motor eléctrico, en cual se encargará de accionar un ventilador perteneciente a un evaporador; escogemos un motor de 1Hp, por lo tanto, para calcular el calor liberado por éste, nos referiremos Dossat (1997) pág. 126 – tabla 10-4.

$$Q_{vent} = \text{factor de potencia} \times \text{Potencia}$$

Debido a que nuestro motor eléctrico va a utilizarse para impulsar los ventiladores (circulación forzada), ocurriendo esto dentro del espacio refrigerado.

Btu/hp.h	
Motor hp	Carga conectada en espacio Refrigerado
$\frac{1}{2}$ a 3	3700

Tabla 9.- Carga conectada a un espacio de refrigeración para una potencia de 3HP.

Fuente: Dossat (1997)

$$Q_{vent} = 3700 \frac{Btu}{hp \cdot hr} \times 3hp$$

$$Q_{vent} = 11100 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{vent} = 3.25 \text{ Kw}$$

3.2.6. Carga por personas (Q_{pers})

Planteamos que se asigne a dos operarios que realizarán las labores de verificación y limpieza de la cámara de refrigeración 1 vez por día, el cuál permanecerá aproximadamente 3 horas dentro del recinto.

Según Dossat (1997) p.216:

$$Q_{personas} = factor \times N^{\circ} \text{ de personas} \times \left(\frac{hr}{dia} \text{ de cada persona} \right)$$

Temperatura de enfriador °F	Calor equivalente por persona Btu/hr
40	840
35	895
30	950

Tabla 10.- Calor equivalente por persona de acuerdo a la temperatura del enfriador. Fuente: Dossat (1997)

$$Q_{personas} = 895 \times 2 \text{ pers.} \times (3 \text{ h c/p})$$

$$Q_{personas} = 5370 \frac{Btu}{dia}$$

$$Q_{personas} = 223.75 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{personas} = 0.0649 \text{ Kw}$$

3.2.7. Capacidad de refrigeración requerida (Cap_{Ref})

La obtenemos a partir de todas las cargas calculadas:

$$Q_{refrig} = Q_{Tparedes} + Q_{ca} + Q_{produc} + Q_{alumbr} + Q_{mot.elect.} + Q_{pers}$$

$$Q_{refrig} = 0.739 \text{ Kw} + 0.832 \text{ Kw} + 0.62 \text{ Kw} + 0.0062 \text{ Kw} + 3.25 \text{ Kw} + 0.0649 \text{ Kw}$$

$$Q_{refrig} = 5.52 \text{ Kw}$$

Se debe considerar un factor de diseño o de seguridad para asegurarse de algunos efectos adversos que puedan surgir durante el funcionamiento de la cámara frigorífica; según Dossat (1997) este factor comúnmente es el 10% adicional, entonces:

Calor Refrigeración (Q_{refrigs}): 5.52Kw (10% adicional)

$$= 5.52 \times \frac{10}{100} + 5.52 = 6.072 \text{ Kw}$$

$$Q_{\text{refrigs}} = 6.07 \text{ Kw}$$

$$Q_{\text{refrigs}} = 20711.70 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \times \frac{24\text{h}}{\text{dia}}$$

$$Q_{\text{refrigs}} = 497080.8 \frac{\text{Btu}}{\text{dia}}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = \frac{Q_{\text{refrig}}}{\text{periodo de funcionamiento}}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = \frac{497080.8 \frac{\text{Btu}}{\text{dia}}}{14 \frac{\text{hr}}{\text{dia}}}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = 35505.77 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = 10.41 \text{ Kw}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = 10.41 \text{ Kw} \frac{1\text{ton}}{3.52 \text{ Kw}}$$

$$Cap_{\text{refrigs}} = 2.95 \text{ ton}$$

3.3. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE

Las primeras condiciones impuestas y principales para la selección del refrigerante:

- Tener una buena performance en el ciclo de refrigeración (lo que significa ahorro de energía), bajos costos de manufactura, cortos tiempos de vida atmosférica, y baja inflamabilidad y toxicidad).
- No contribuir a la destrucción de la capa de ozono ni al efecto invernadero.

El uso de la refrigeración se expande rápidamente a nivel mundial, no solo para conservar alimentos, sino el campo de la medicina, de la climatización de recintos industriales y edificios; debido a la existencia de refrigerantes con características muy adecuadas para refrigeración como el R-22, pero con niveles de toxicidad altos y teniendo en cuenta los efectos ambientales por su nivel que produce, buscamos un refrigerante que cumpla con las mismas características de refrigeración y que su nivel de toxicidad sea el mínimo posible, por lo cual después de averiguar es que elegimos el refrigerante R-717.

R- 717 (amoníaco) es el más usado, pues no degrada la capa de ozono ni contribuye al efecto invernadero. Tiene alta performance como refrigerante: alta conductividad térmica, que facilita la transferencia de calor. Por su alto calor latente de evaporación (10 veces superior al R-22, por ejemplo), la cantidad de refrigerante necesario en una situación dada es menor, lo que favorece su uso en aplicaciones de gran escala.

3.3.1. Aplicaciones del R-717

Las aplicaciones de la refrigeración con el R-717 (amoníaco) son muchas, se utiliza en el sector de la refrigeración de alimentos como el enfriamiento de carne, pescado, frutas y vegetales, leche, queso, etc.

Entre las aplicaciones más comunes de R-717 se lleva utilizando en aplicaciones industriales por ser el refrigerante más eficiente, transporte de refrigeración, refrigeradores de expansión directa (DX) de aire acondicionado industrial/comercial, compresores centrífugos industriales/ comerciales.

3.3.2. Características Del R-717.

- El amoníaco no es contaminante por lo que no daña la capa de ozono. Tal es así que la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) ha identificado al amoníaco como un sustituto aceptable de sustancias dañinas al ozono en los principales sectores industriales, incluyendo la refrigeración y aire acondicionado.
- El amoníaco tiene rendimientos termodinámicos en torno a un 3-10% superior a otros refrigerantes, por lo que a igualdad de capacidad frigorífica tiene un consumo energético menor.
- El coste del amoníaco es menor que el de otro refrigerante y además se requiere de una menor cantidad para la misma aplicación.
- El amoníaco no tiene potencial de destrucción del ozono (ODP = 0) y no tiene una incidencia directa en el efecto invernadero (GWP = 0).
- Debido a su alta afinidad con la humedad atmosférica es considerado como “difícilmente inflamable”. El amoníaco es tóxico, pero tiene un fuerte y característico olor que a su vez funciona como advertencia.
- El amoníaco se comienza a notar desde niveles muy inferiores a aquellos que producen daño para la salud (> 1750 mg/m³). El amoníaco es más liviano que el aire y por lo tanto se eleva más rápido.

3.3.2.1. COMPONENTES

FORMULA QUIMICA	PESO MOLECULAR	COMPOSICION
NH ₃	17.03 g/mol	N: 82.25 % _ H: 17.75 %

3.3.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS

PROPIEDADES FISICAS		R-717
Peso molecular	(g/mol)	17.03
Punto de ebullición	(°C)	-33.35
Punto de congelación	(°C)	-77.7
Temperatura crítica	(°C)	133
Presión crítica	(KPa)	11.425
Densidad crítica	(kg/m ³)	0.73
Densidad del líquido (15 °C y 7.188 atm)	(kg/l)	0.6175
Densidad del líquido (0 °C y 4.238 atm)	(kg/l)	0.6386
Temperatura de autoignición	(°C)	651
Densidad el vapor (aire= 1)		0.6
Presión de vapor (25.7°C)	(mm de Hg)	760
Calor específico (0 °C)	(J/Kg K)	2097.2
Capacidad calorífica	(cal/mol/grado)	8.38
Calor de vaporización	(Kcal/mol)	5.581
Calor de formación del gas	(KJ/mol)	-39.222 (0 K) -46.222 (298 K)
Solubilidad del R-717 en agua	(g/100 ml (0 °C))	89.9

Tabla 11.- Características del Refrigerante R-717 (Amoniaco), apto para la conservación del pescado.

3.4. ESQUEMATICO Y PLANO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

3.4.1. PAREDES

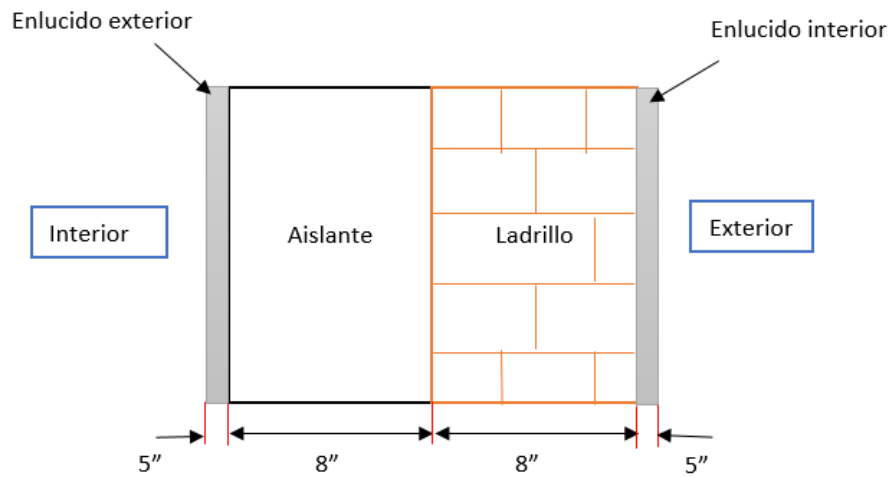


Figura 20.- Diseño de la pared de la cámara (aislante y ladrillo). Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. TECHO Y PISO

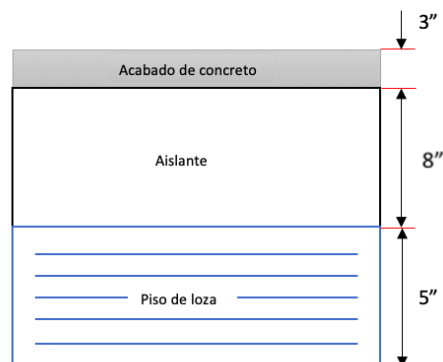


Figura 21.- Diseño del suelo de la cámara con madera y aislante (corcho). Fuente: Elaboración Propia

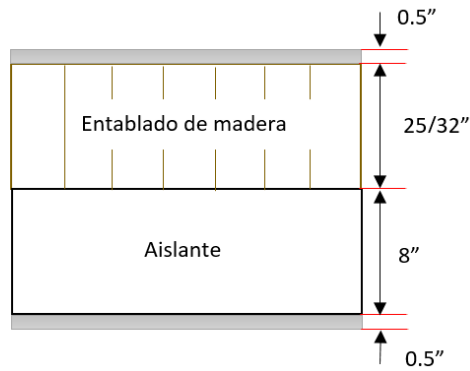


Figura 22.- Diseño del techo de la cámara con entablado de madera y aislante.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERACIÓN

3.5.1. Condiciones de condensación y evaporación

3.5.1.1. Temperatura de evaporación

Según el libro Dossat (1997) en el capítulo 11, tabla 11.2, se dan algunas consideraciones sobre la influencia de la humedad relativa para determinar el salto térmico ΔT . En nuestro caso para una humedad relativa de 62% considerado al inicio y convección forzada por la presencia de ventiladores, tenemos $\Delta T = (20 \text{ a } 22)^\circ\text{F}$:

Elegimos $\Delta T = 22^\circ\text{F}$, entonces:

DISEÑO DEL EVAPORADOR CON DT °F	
HUMEDAD RELATIVA %	CONVECCION FORZADA
75 – 70	16 -18
69 – 65	18 - 20
64 – 60	20 - 22

Tabla 12.- Selección de la convección forzada en relación a la humedad relativa.

Fuente: Tabla 11.2 Dossat (1998)

Diseñamos para una condición de

$$\Delta T_{\text{camara-evaporador}} = 22^\circ\text{F}$$

Como

$$\frac{\Delta^{\circ}F}{9} = \frac{\Delta^{\circ}C}{5}$$

$$\Delta T_{camara- evaporador} = 12.22^{\circ}C$$

$$T_{ev} = T_{cam} - \Delta T$$

$$T_{ev} = -7.6 - 22$$

$$T_{ev} = -29.6^{\circ}F$$

$$T_{ev} = -34.22^{\circ}C$$

De tablas termodinámicas:

$$P_{ev} = 96.85 KPa$$

$$P_{ev} = 0.9685 bar$$

3.5.1.2. Temperatura de condensación

Según Dossat R. (1980). Pag 323:

$$\Delta T_{cond} ==> 15^{\circ}F + 7.6^{\circ}F$$

Según la temperatura de mi evaporador = $-34.22^{\circ}F$

Para el condensador, se asume un salto térmico de $22.6^{\circ}F$

Hallamos el factor de corrección f_c

$$f_c = -1.31$$

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

$$T_{cond} = 74.6 + 22.6$$

$$T_{cond} = 97.2^{\circ}F = 36.22^{\circ}C$$

Calculamos el valor de la presión en el condensador:

$$P_{con} = 1.39890 MPa$$

Finalmente Tenemos:

$$P_{ev} = 0.9685 \text{ bar} = 0.0968 \text{ MPa} @ -34.22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{cond} = 13.98 \text{ bar} = 1.3989 \text{ MPa} @ 36.22 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.5.1.3. Esquema del ciclo termodinámico

- **PROCESO 1-2:**



Figura 23- Ciclo termodinámico del proceso 1 a 2 en el programa Termograf.

Fuente: Elaboración Propia.

- $h_1 = 1172.08 \text{ KJ/kg}$

- $h_2 = 1468.92 \text{ KJ/kg}$

- **PROCESO 2-3:**

- $h_2 = 1468.92 \text{ KJ/kg}$

- $h_3 = 357.608 \text{ KJ/kg}$

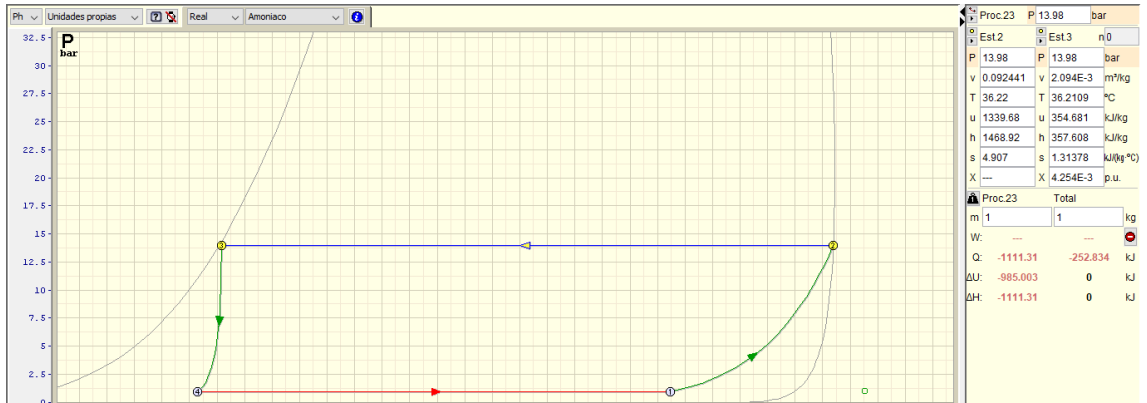


Figura 24.- Ciclo termodinámico del proceso 2 a 3 en el programa ThermoGraf.

Fuente: Elaboración Propia.

- **PROCESO 3-4:**

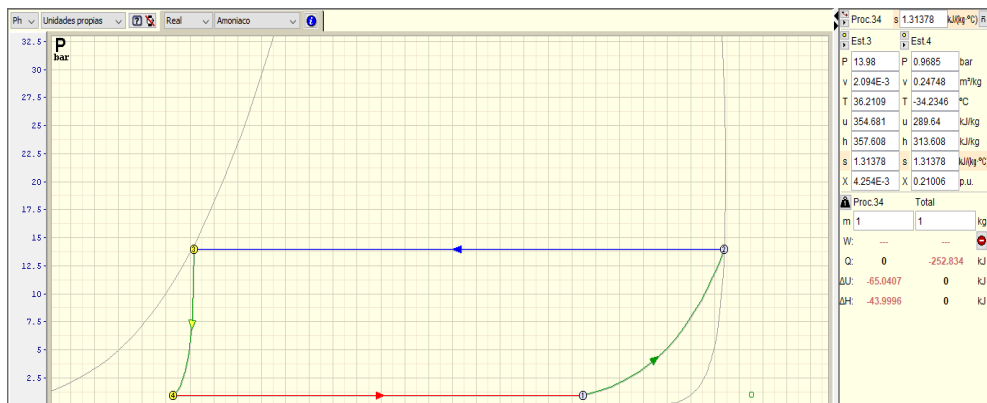


Figura 25.- Ciclo termodinámico del proceso 3 a 4 en el programa ThermoGraf.-

Fuente: Elaboración Propia

- $h_3 = 357.608 \text{ KJ/kg}$
- $h_4 = 313.608 \text{ KJ/kg}$

- **PROCESO 4-1:**

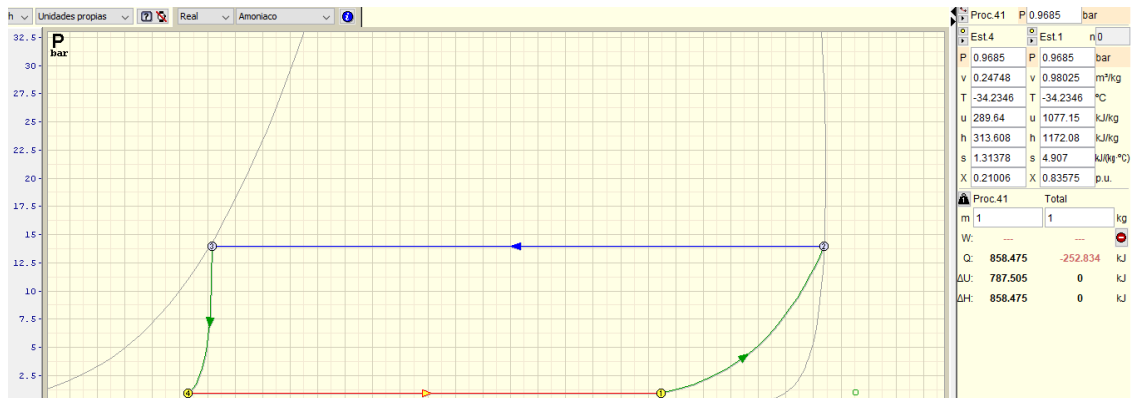


Figura 26.- Ciclo termodinámico del proceso 4 a 1 en el programa TermoGraf.

Fuente: Elaboración Propia.

- $h_4 = 313.608 \text{ KJ/kg}$

- $h_1 = 1172.08 \text{ KJ/kg}$

1. Efecto refrigerante ($e.r.u$)

$$e.r.u = h_1 - h_4$$

$$e.r.u = 1172.08 - 313.608$$

$$e.r.u = 858.472 \text{ KJ/Kg}$$

2. Flujo másico de refrigerante (\dot{m})

$$\dot{m} = \frac{Cap_{refrigs}}{e.r.u} = \frac{5.52 \text{ Kw}}{858.472 \text{ KJ/Kg}}$$

$$\dot{m} = 6.43 * 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

$$\dot{m} = 0.385 \text{ Kg/min}$$

3. Potencia del compresor (\dot{W})

$$\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{W} = 6.43 * 10^{-3} x (1468.92 - 1172.08)$$

$$\dot{W} = 1.90 \text{ Kw}$$

$$\dot{W} = 2.54 \text{ Hp}$$

4. Calor rechazado por el condensador (\dot{Q}_c)

$$(\dot{Q}_c) = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$(\dot{Q}_c) = 6.43 * 10^{-3} x (1468.92 - 357.608)$$

$$(\dot{Q}_c) = 7.14 \text{ Kw}$$

5. Coeficiente de funcionamiento (β)

$$\beta = \frac{Cap_{refrigs}}{\dot{W}}$$

$$\beta = \frac{5.52 \text{ Kw}}{1.90 \text{ Kw}}$$

$$\beta = 2.90$$

6. Potencia por tonelada de refrigeración (\dot{W}/ton)

$$\frac{\dot{W}}{ton} = \frac{W_{compr}}{Cap_{refrigs}}$$

$$\frac{\dot{W}}{ton} = \frac{2.54 \text{ Hp}}{2.95 \text{ ton}}$$

$$\frac{\dot{W}}{ton} = 0.86 \frac{\text{Hp}}{\text{tonref}}$$

7. Caudal volumétrico por tonelada (q_{ton})

$$q_{ton} = \dot{m} x v_1$$

$$q_{ton} = 6.43 * 10^{-3} \frac{kg}{s} x 0.98025 m^3/Kg$$

$$q_{ton} = 6.30 * 10^{-3} m^3/s$$

$$q_{ton} = 0.378 m^3/min$$

3.6. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

3.6.1. Selección del compresor

Para seleccionar el compresor debemos conocer:

- a) Capacidad de refrigeración en Ton.
- b) Refrigerante seleccionado.
- c) Presiones de succión y de descarga.

Entonces nos falta determinar las presiones. La presión de succión es la misma que la presión en el evaporador, luego tenemos en tablas termodinámicas para el R-717:

$$T_{ev} = -34.22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{ev} = 0.9685 \text{ bar}$$

La Presión de descarga, es igual a la presión en el condensador, Si tenemos 36.22 °C en el condensador, entonces:

$$T_{cond} = 36.22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{cond} = 13.98 \text{ bar}$$

Del ciclo estándar:

Calculamos las entalpías y obtenemos:

$$h_1 = 1172.08 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 1468.92 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 357.608 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = 313.608 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Caudal masivo del refrigerante: } \dot{m} = \frac{5.52\text{Kw}}{858.472 \text{ KJ/s}}$$

$$\dot{m} = 6.43 * 10^{-3} \text{ kg/h}$$

$$\text{Potencias de compresión teóricas: } \dot{W}_c = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$\dot{W}_c = 2.54 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia real del compresor: } \dot{W}_{CR} = 1.25 \dot{W}_c$$

$$\dot{W}_{CR} = 1.25 * 2.54$$

$$\dot{W}_{CR} = 3.175 \text{ HP}$$

3.6.2. Selección del condensador

$$Cap_{refrigs} = 35505.77 \frac{Btu}{hr}$$

$$Cap_{refrigs} = 10.41 \text{ Kw}$$

$$Cap_{refrigs} = 10.41 \text{ Kw} \frac{1 \text{ ton}}{3.52 \text{ Kw}}$$

$$Cap_{refrigs} = 2.95 \text{ ton}$$

Tenemos la siguiente información:

$$\text{Calor total de rechazo (THR)} = 10.41 \text{ Kw} = 2.95 \text{ Tonref}$$

$$\text{Temperatura de Condensación: } T_{CON} = 36.22^\circ\text{C}$$

De la TABLA 12 para 2.95 Ton Seleccionamos:

Tipo Enfriado con aire (equipo con ventilador)

Tamaño de la unidad: 58

Número de circuitos disponibles: 15

$$\text{Btu/h por circuito: } 25645 = 257862 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Btu/h unidad total: } 795000 = 6,62 \text{ Ton}$$

3.6.3. Selección del dispositivo de expansión

Por su alta eficiencia la válvula de expansión termostática, tenemos los siguientes datos:

Capacidad del sistema: 2.95 Ton.

Temperatura en el evaporador: -29.6°C

Diferencia de presiones a través de la válvula:

$$1398.9 - 96.8 = 1302.1 \text{ kPa} = 188.85 \text{ lb/pul}^2$$

De la TABLA 13, seleccionamos el tipo N° TJL800F, que cumple con las condiciones de diseño.

3.6.4. Selección del evaporador

Como la temperatura de la cámara debe de estar de -22°C consiguiendo así una temperatura en el evaporador de -34.22°C . Entonces tenemos los siguientes datos:

- Capacidad de refrigeración: $\text{Cap} = 35505.77\text{Btu/h}$
- Temperatura de la cámara : $T_c = -22^{\circ}\text{C}$
- Temperatura en el evaporador: $T_E = -34.22^{\circ}\text{C}$
- Diferencia de temperatura : $\text{DT} = 12.22^{\circ}\text{C}$

De la TABLA tenemos:

- Capacidad horaria: 9750 Btu/h
- N° de motores : 1 de $\frac{1}{12}$ HP
- Calor ilimitado : 12600 Btu/día
- Calor eliminado por el motor: $\frac{(1.1)(12600)}{20} = 693$ Btu/h
- Capacidad calculada: 7321.79 Btu/h
- Capacidad total : $7321.79 + 693 = 8014.79$ Btu/h

Al obtener la capacidad total, se puede observar que el evaporador elegido satisface nuestras exigencias de diseño. Los datos de especificación del evaporador son:

- Modelo : UC65
- Capacidad horaria: $9750 \text{ Btu/h} = 102867.96 \text{ kJ/h} = 8 \text{ Ton.}$
- Núcleo:
- Superficie: 210 pie^2
- Circuitos: 1
- Tubo : $\frac{5}{8}$
- Motor: $\frac{1}{12}$ HP
- Ventilador: 16"

- Rpm : 1140
- pie³/min : 1000
- Tiro de aire: 23

3.6.5. Selección Y Calculo De Tuberías Y Accesorios

De la Tabla 19 – 2 de Dossat (1997) para el REFRIGERANTE R-717 se emplea una clase de Tubería de Bronce Tipo L de Diámetro exterior de 2⁵/₈" .

El aislamiento utilizado para cubrir la tubería será de POLIESTILENO EXPANDIDO (Fibra de Vidrio).

3.7. COSTOS FINALES

De acuerdo a las condiciones técnicas tenemos a bien presentar los costos de los materiales requeridos para la elaboración de la cámara frigorífica. habiendo costeadado en distintos proveedores, escogimos lo siguiente:

COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA			
MATERIALES		PRECIOS	
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
120	Caja de plástico Zamora #18	S/. 30.00	S/. 3600.00
1	Refrigerante R-717 x 2.5kg	S/. 180.00/kg	S/. 450.00
3	Arenilla (cubetas)	S/. 50.00	S/. 150.00
3	Piedra (cubetas)	S/. 70.00	S/. 210.00
2	Corcho 8" (2x4.88m ²) (planchas)	S/. 24.00	S/. 48.00
2	Corcho 8" (2x4.5m ²) (planchas)	S/. 24.00	S/. 48.00
2	Corcho 8" (4.5x4.88m ²) (planchas)	S/. 24.00	S/. 48.00
1	Madera 25/32" (4.5x4.88m ²)	S/. 38.00	S/. 38.00
14	Bolsas de cementos Pacasmayo	S/. 22.90	S/. 320.60
1500	Ladrillos	S/. 0.65	S/. 975.00
10	Varillas de fierro	S/. 15.50	S/. 155.00
6	Fluorescentes de 25W	S/. 20.00	S/. 120.00
		TOTAL: s/. 6162.60	

Tabla 13.- Tabla General de costos.

Fuente: Elaboración propia.

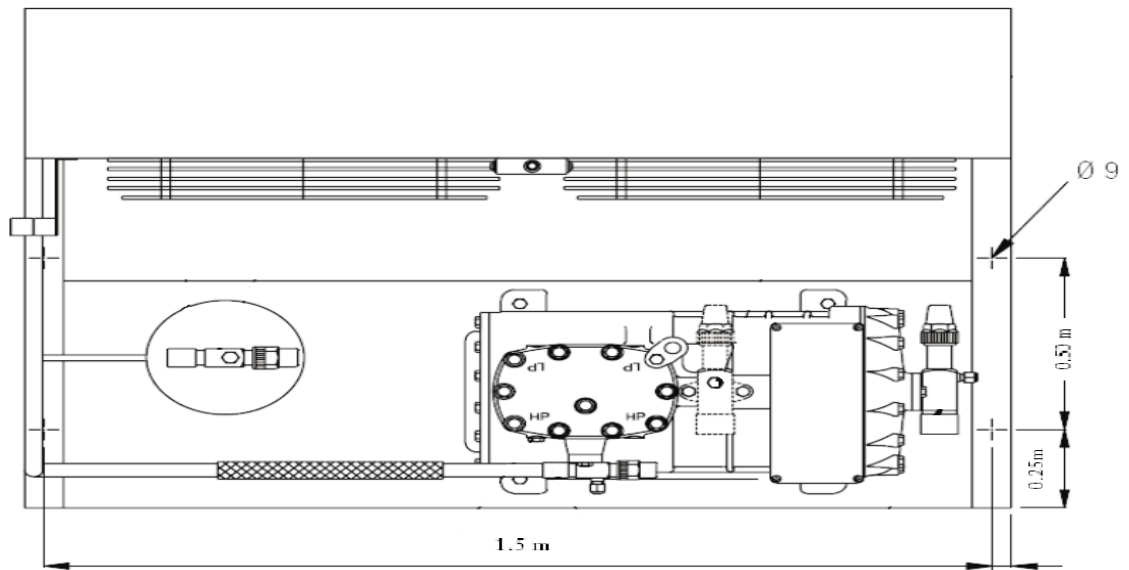


Figura 27.- Sistema del condensador, compresión de refrigerante, tanque de almacenamiento, motor y compresor - Vista Planta.

Fuente: Dossat (1997)

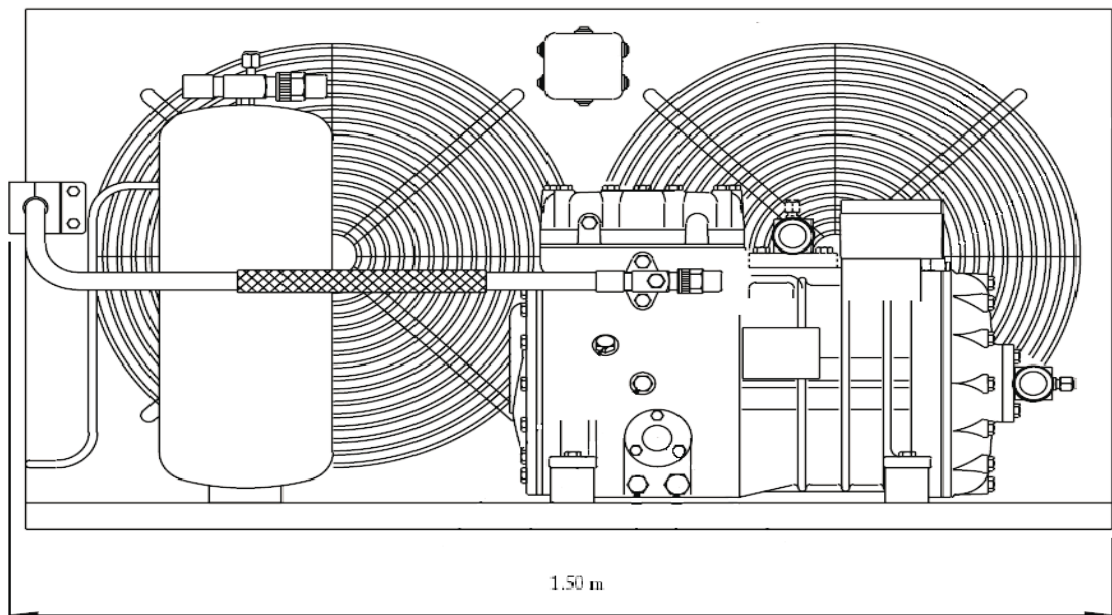


Figura 28.- Sistema del condensador, compresión de refrigerante, tanque de almacenamiento, motor y compresor - Vista Planta

Fuente: Dossat (1997)

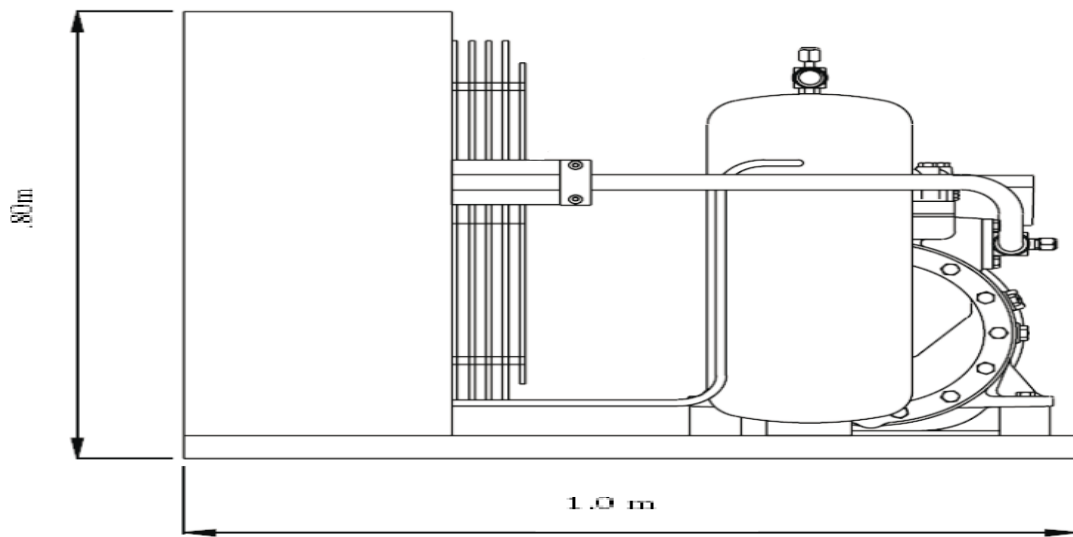


Figura 29.- Sistema del condensador, compresión de refrigerante, tanque de almacenamiento, motor y compresor - Vista Planta.

Fuente: Dossat (1997)

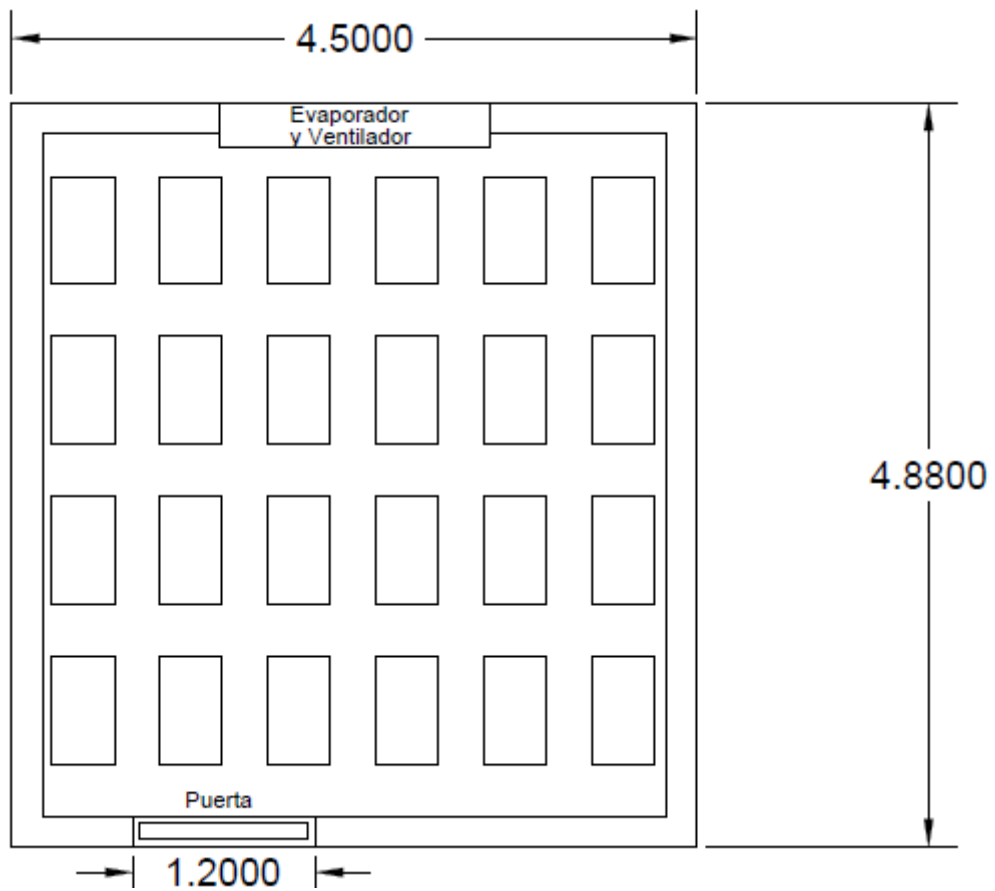


Figura 30.- Representación Esquemática de Cámara de Refrigeración.

Fuente: Elaboración Propia

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Para el correcto diseño de las instalaciones de refrigeración es necesario el conocimiento de los principios en mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor.

A través del estudio de mercado se logró determinar las dimensiones de la cámara, las que permiten llegar a un volumen interior de $V_T = 43.92 \text{ m}^3$. En definitiva, este valor representa la base para el cálculo realizado posteriormente.

Las necesidades frigoríficas de la cámara, se obtienen esencialmente a partir de las necesidades de almacenar pescado por 5 días para su conservación implicando a 120 cubetas de pescado de 28kg c/u; por lo tanto, en esta cámara pueden almacenarse en total 3360 Kg.

El Área de la cámara que se encontró, tiene en cuenta los espacios para los pasillos, siendo ésta. Se tuvo en cuenta la forma en que se va a colocar las cubetas de pescado, en forma de hilera de 5 por columna permitiendo a operarios y mano de obra hacer las maniobras de almacenamiento necesarias.

Se escogió como aislante el corcho, por ser el más comercial, por el costo y necesidad. Para los cálculos de sus propiedades, se tomó como base las tablas que están confeccionadas en base a este aislante.

Se calculó la carga térmica, teniendo en cuenta la ubicación de la cámara. Se calculó en base a 24 horas diarias de operatividad obteniendo $Q_{ca} = 0.832 \text{ Kw}$.

Se eligió trabajar con el refrigerante el R-717, por ser un refrigerante ecológico que no daña a la capa de ozono, presentando un rendimiento termodinámico en torno a un 3-10% superiores a otros refrigerantes y por presentar un consumo energético menor.

Otro de los factores muy importantes que se ha analizado en este proyecto es acerca de los equipos que se seleccionaron para cumplir con las condiciones de diseño son

equipos de uso comercial, lo que hace más fácil la adquisición de estos, para la fabricación de dicho proyecto.

La implementación de la cámara frigorífica permitiría transportar mayores cantidades de pescado y mantener en almacén una mayor cantidad de producto, lo que daría pie a comprar al por mayor y reducir costos en materia prima.

4.2. RECOMENDACIONES

De implementarse la construcción de la cámara frigorífica, se sugiere la compra de productos regionales y equipo técnico local a fin de reducir costos a razón de transporte.

Se sugiere llevar formatos de control de la temperatura y presiones de trabajo y la calidad de los primeros lotes de pescado a fin de conocer las posibles deficiencias que pueda estar teniendo el sistema de refrigeración posteriormente o en el momento.

Se recomienda estar capacitado en la operación y mantenimiento de la cámara de refrigeración a fin de estar informado sobre el funcionamiento, las medidas preventivas y correctivas para la conservación de la misma.

Se sugiere mantener control en el ingreso de producto y de personal a fin de no afectar negativamente el procedimiento de congelación del producto existente dentro de la cámara al intercambiar calor con producto a diferentes temperaturas o al mantener intercambios de aire forzados con el ambiente.

5. REFERENCIAS

6. Bibliografía

- Aguiló, R. R. (01 de 08 de 1998). *Refrigeración y Aire Acondicionado, su importancia e impacto en el Medio Ambiente*. Recuperado el 05 de 01 de 2020, de www.termsistemas.com.ar:
<http://www.termsistemas.com.ar/sitio/vernota.php?nota=197>
- ANDINA. (18 de agosto de 2018). *Agencia peruana de Noticias* . Obtenido de importación de pesca para consumo humano : <https://andina.pe/agencia/noticia-exportacion-pesca-para-consumo-humano-directo-se-recupera-721398.aspx>
- Cervantes, J. (1999). *Ciclos Termodinámicos de Potencia y Refrigeración*. México: Limusa.
- Cisneros Mendoza, G. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración de 42.1 TR de capacidad frigorífica usando la tecnología VRV para un supermercado*. Lima: UNI.
- Dossat, R. J. (1997). *Principios de Refrigeración*. México: Editorial Continental.
- F.A.O. (2005). *Documento Técnico de Pesca*. Recuperado el 04 de 01 de 2020, de <http://www.fao.org/>: <http://www.fao.org/3/y5013s/y5013s03.htm>
- F.A.O. (2018). *Pérdida y desperdicio de alimentos*. Recuperado el 02 de 01 de 2020, de [fao.org](http://www.fao.org/): <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>
- Fuentes, G. J. (2019). *Construye 2020*. Madrid, España: Tornapunta Ediciones.
- Gonzales, C. (2012). *Refrigeración Industrial (Montaje y Mantenimiento de Instalaciones Frigoríficas)*. España: Ceysa.
- Huamán Condori, V. R. (2016). *Implementación de 03 cámaras frigoríficas para packing de fruta variada en zona agraria de Casma*. Lima: UTP.
- Juvasa. (11 de marzo de 2010). *métodos de conservación*. Obtenido de técnicas de conservación: <https://www.juvasa.com/es/blog/metodos-de-conservacion>
- Monroy, J. P. (2012). *Los Refrigerantes y el Medio Ambiente*. Barcelona, España: Alfaguara.
- Myers, J. N. (1962). *AccuWeather*. Obtenido de AccuWeather: <https://www.accuweather.com/es/pe/chiclayo/258372/weather-forecast/258372>
- Palomo Cano, M. (2017). *Aislantes Térmicos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

- Pamo Hinojosa, O. N. (2015). *Estudio de la Factibilidad para la implementación de cámaras frigoríficas en el valle de majes para la conservación de la papa*. Arequipa: UCSM.
- Renedo, C. J. (2004). *Tecnología Frigorífica*. Cartajena, Colombia: Tornapunta Ediciones.
- Toledo Quispe, C. A. (2016). *Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la Capacidad De Conservación De Productos lácteos de la empresa tongod cajamarca*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Vejarano Valqui, F. R. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración para conservar pescado, en una cámara frigorífica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Vela Melendez, L. (2014). *Diagnóstico Estratégico del Sector pesquero Peruano*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Vicente, A. M., Madrid Vicente, J. M., Santiago Regidor, F., & Madrid Cenzano, J. (2003). *Refrigeración y envasado de Alimentos*. Madrid, España: Mundi - Prensa.
- WeatherSpark. (Noviembre de 2019). *Weather Spark*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/20441/Clima-promedio-en-Lima-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

7. ANEXOS

7.1. ANEXO I.- CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ



CÓDIGO DE ETICA DEL CIP

APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS
DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999
EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999

7.2. ANEXO II.- CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS



www.uss.edu.pe

CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS

VERSIÓN 03

RATIFICADO POR ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN
RECTORAL N° 0851-2017/USS

CHICLAYO - PERÚ

Versión: 03	Código: VRI-CE	F. Implementación:	Página 1 de 29
Elaborado por: Dirección de Investigación	Revisado por: Planificación y Desarrollo Institucional – Asesoría Legal	Ratificado con Resolución Rectoral N° 0851- 2017/USS	

7.3. ANEXO III.- PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE R-717

Tabla 2.1: Propiedades del R-717, líquido y vapor saturado

R-717, NH₃, Amoniaco

T (°C)	P (kPa)	ρ_l (kg/m ³)	v_g (m ³ /kg)	h_l (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_l (kJ/kg·K)	s_g (kJ/kg·K)
-50	40.8	702.1	2.6289	-24.7	1391.2	0.094	6.440
-48	45.9	699.7	2.3565	-16.0	1394.6	0.133	6.399
-46	51.5	697.4	2.1169	-7.2	1397.9	0.172	6.358
-44	57.6	695.0	1.9057	1.5	1401.3	0.211	6.319
-42	64.3	692.6	1.7191	10.3	1404.5	0.249	6.281
-40	71.7	690.2	1.5539	19.2	1407.8	0.287	6.243
-38	79.7	687.7	1.4073	28.0	1411.0	0.324	6.206
-36	88.4	685.3	1.2769	36.9	1414.1	0.362	6.170
-34	97.9	682.8	1.1607	45.8	1417.2	0.399	6.134
-32	108.2	680.3	1.0570	54.7	1420.3	0.436	6.099
-30	119.4	677.8	0.9642	63.6	1423.3	0.473	6.065
-28	131.5	675.3	0.8810	72.6	1426.3	0.510	6.032
-26	144.6	672.8	0.8062	81.5	1429.2	0.546	5.999
-24	158.6	670.3	0.7390	90.5	1432.1	0.582	5.967
-22	173.8	667.7	0.6784	99.5	1434.9	0.618	5.935
-20	190.1	665.1	0.6237	108.6	1437.7	0.654	5.904
-18	207.6	662.6	0.5742	117.6	1440.4	0.689	5.874
-16	226.3	660.0	0.5294	126.7	1443.1	0.725	5.844
-14	246.4	657.3	0.4888	135.8	1445.7	0.760	5.814
-12	267.9	654.7	0.4518	144.9	1448.2	0.795	5.785
-10	290.8	652.1	0.4182	154.0	1450.7	0.829	5.757
-8	315.2	649.4	0.3875	163.2	1453.1	0.864	5.729
-6	341.2	646.7	0.3596	172.3	1455.5	0.898	5.701
-4	368.9	644.0	0.3340	181.5	1457.8	0.932	5.674
-2	398.3	641.3	0.3106	190.8	1460.1	0.966	5.647
0	429.6	638.6	0.2892	200.0	1462.2	1.000	5.621
2	462.6	635.8	0.2695	209.3	1464.3	1.034	5.595
4	497.7	633.1	0.2514	218.6	1466.4	1.067	5.569
6	534.8	630.3	0.2348	227.9	1468.4	1.100	5.544
8	573.9	627.5	0.2195	237.2	1470.3	1.133	5.519
10	615.3	624.6	0.2053	246.6	1472.1	1.166	5.494
12	658.9	621.8	0.1923	256.0	1473.9	1.199	5.470
14	704.9	618.9	0.1802	265.4	1475.5	1.232	5.446
16	753.3	616.0	0.1691	274.8	1477.2	1.264	5.422
18	804.2	613.1	0.1587	284.3	1478.7	1.297	5.399
20	857.8	610.2	0.1491	293.8	1480.1	1.329	5.376
22	914.0	607.2	0.1402	303.3	1481.5	1.361	5.353
24	972.9	604.3	0.1320	312.9	1482.8	1.393	5.330
26	1034.8	601.3	0.1243	322.5	1484.0	1.425	5.307
28	1099.5	598.2	0.1171	332.1	1485.1	1.456	5.285
30	1167.4	595.2	0.1104	341.8	1486.2	1.488	5.263
32	1238.3	592.1	0.1042	351.5	1487.1	1.520	5.241
34	1312.5	589.0	0.0984	361.2	1488.0	1.551	5.219
36	1390.0	585.8	0.0930	371.0	1488.7	1.582	5.198
38	1470.9	582.6	0.0879	380.8	1489.4	1.613	5.176
40	1555.3	579.4	0.0831	390.6	1489.9	1.645	5.155
42	1643.3	576.2	0.0786	400.5	1490.4	1.676	5.134
44	1735.1	572.9	0.0745	410.5	1490.7	1.707	5.113
46	1830.6	569.6	0.0705	420.5	1491.0	1.737	5.092
48	1930.0	566.3	0.0668	430.5	1491.1	1.768	5.071
50	2033.5	562.9	0.0634	440.6	1491.1	1.799	5.050
52	2141.0	559.4	0.0601	450.8	1491.0	1.830	5.029
54	2252.8	556.0	0.0570	461.0	1490.8	1.860	5.008
56	2368.9	552.4	0.0541	471.2	1490.5	1.891	4.988
58	2489.4	548.9	0.0514	481.6	1490.0	1.922	4.967
60	2614.5	545.2	0.0488	492.0	1489.4	1.952	4.946
62	2744.2	541.6	0.0464	502.4	1488.6	1.983	4.926
64	2878.7	537.8	0.0441	513.0	1487.7	2.014	4.905
66	3018.1	534.1	0.0419	523.6	1486.6	2.044	4.884
68	3162.5	530.2	0.0398	534.3	1485.4	2.075	4.863
70	3312.0	526.3	0.0379	545.0	1484.1	2.105	4.842

Fuente: Tillner-Roth, Harms-Watzenberg, and Bachr, *Eine neue Fundamentalgleichung für Ammoniak*, DKV-Tagungsbericht 20:167-181, 1993.

7.4. CUESTIONARIO APLICADO A LA COMUNIDAD DE PESCADORES

1. ¿Cuál es el tipo de conservación de pescado durante el tiempo de pesca mar adentro?

2. ¿Cuántos días como máximo se puede conservar el pescado en buen estado?

3. ¿Cuál es el pescado que más se comercializa? ¿Y cuál es su tamaño y peso promedio para que se pueda pescar?

4. ¿Cuál es el tipo de conservación del pescado durante el tiempo que es transportado hacia el lugar de venta?

5. ¿A qué distancia del puerto marítimo realiza su actividad pesquera?
- a) Menos de 5 millas
 - b) Entre 5 y 100 millas
 - c) Más de 100 millas
6. ¿Indique el tipo de actividad pesquera que realiza (marcar un máximo de dos categorías)
- a) Pesca en pequeña escala
 - b) Pesca costera
 - c) Pesca de ribera
 - d) Pesca artesanal