

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una cámara de refrigeración con  
capacidad de almacenamiento para 20 toneladas  
de pescado alimentada por energía solar  
fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico  
Arequipa**

Ernesto Alonso Cornejo Chambi  
Pablo Luis Mamani Obregon  
Ayrton Rodrigo Supho Rodriguez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# DISEÑO DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN CON CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA 20 TONELADAS DE PESCADO ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL PUERTO ARTESANAL DE ATICO AREQUIPA

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	4%
2	<a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Internet Source	1%
3	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet Source	1%
4	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Internet Source	1%
5	<a href="https://solarama.mx">solarama.mx</a> Internet Source	1%
6	<a href="https://ecuciencia.utc.edu.ec">ecuciencia.utc.edu.ec</a> Internet Source	1%
7	<a href="https://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet Source	1%
8	<a href="https://refrigeraciondesdecasa.blogspot.com">refrigeraciondesdecasa.blogspot.com</a> Internet Source	1%

9	<a href="http://repositorio.uaaan.mx:8080">repositorio.uaaan.mx:8080</a> Internet Source	1 %
10	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
11	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Internet Source	<1 %
14	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
17	<a href="http://cybertesis.uach.cl">cybertesis.uach.cl</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="http://sites.google.com">sites.google.com</a> Internet Source	<1 %
19	<a href="http://blogquimobasicos.com">blogquimobasicos.com</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="http://www.citeenergia.com.pe">www.citeenergia.com.pe</a> Internet Source	<1 %

21	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
22	<a href="http://patents.google.com">patents.google.com</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="http://edomex.quadratin.com.mx">edomex.quadratin.com.mx</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="http://eprints.uanl.mx">eprints.uanl.mx</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://www.compresorsemihermetico.com">www.compresorsemihermetico.com</a> Internet Source	<1 %
30	<a href="http://red.uao.edu.co">red.uao.edu.co</a> Internet Source	<1 %
31	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Internet Source	<1 %
32	<a href="http://www.sgs.pe">www.sgs.pe</a> Internet Source	<1 %

33	<a href="http://rsilvera-utp-fim-refrigeracion.blogspot.com">rsilvera-utp-fim-refrigeracion.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
34	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
35	Bernal Vargas Eduardo. "Sistema de refrigeracion con descongelamiento automatico mediante gas caliente", TESIUNAM, 1995 Publication	<1 %
36	<a href="http://repobiblio.cuc.uqroo.mx">repobiblio.cuc.uqroo.mx</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://www.digesa.minsa.gob.pe">www.digesa.minsa.gob.pe</a> Internet Source	<1 %
38	<a href="http://www.sfe-solar.com">www.sfe-solar.com</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a> Internet Source	<1 %
41	<a href="http://repository.uamerica.edu.co">repository.uamerica.edu.co</a> Internet Source	<1 %
42	<a href="http://www.0grados.com">www.0grados.com</a> Internet Source	<1 %
43	<a href="http://www.escuelafluvial.edu.ar">www.escuelafluvial.edu.ar</a> Internet Source	<1 %

---

44	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Internet Source	<1 %
45	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Internet Source	<1 %
46	<a href="http://www.tiendadehosteleria.es">www.tiendadehosteleria.es</a> Internet Source	<1 %
47	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
48	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
49	<a href="http://www.danfoss.com">www.danfoss.com</a> Internet Source	<1 %
50	<a href="http://www.mundohvacr.com.mx">www.mundohvacr.com.mx</a> Internet Source	<1 %
51	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Internet Source	<1 %
52	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Internet Source	<1 %
53	<a href="http://repositorio.enamm.edu.pe">repositorio.enamm.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
54	<a href="http://twparts.com.mx">twparts.com.mx</a> Internet Source	<1 %
55	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Internet Source	<1 %

---

56	<a href="http://impafri.com">impafri.com</a> Internet Source	<1 %
57	<a href="http://de.slideshare.net">de.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
58	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
59	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
60	<a href="http://es.nsstove.com">es.nsstove.com</a> Internet Source	<1 %
61	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Internet Source	<1 %
62	<a href="http://www.hosteljiel.com">www.hosteljiel.com</a> Internet Source	<1 %
63	<a href="http://docslide.us">docslide.us</a> Internet Source	<1 %
64	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
65	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Internet Source	<1 %
66	<a href="http://www.goconqr.com">www.goconqr.com</a> Internet Source	<1 %
67	<a href="http://repositorio.uide.edu.ec">repositorio.uide.edu.ec</a> Internet Source	<1 %

68	<a href="http://bibing.us.es">bibing.us.es</a> Internet Source	<1 %
69	<a href="http://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
70	<a href="http://www.lamolina.edu.pe">www.lamolina.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
71	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
72	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Internet Source	<1 %
73	<a href="http://www.adaptation-fund.org">www.adaptation-fund.org</a> Internet Source	<1 %
74	"Applied Technologies", Springer Science and Business Media LLC, 2021 Publication	<1 %
75	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 11 (1995)", Brill, 1998 Publication	<1 %
76	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
77	<a href="http://repositorio.uwiener.edu.pe">repositorio.uwiener.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
78	<a href="http://repositorio.uma.edu.pe">repositorio.uma.edu.pe</a> Internet Source	<1 %

79	<a href="http://www.eluniversal.com.mx">www.eluniversal.com.mx</a> Internet Source	<1 %
80	<a href="http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es">www.investigacion.biblioteca.uvigo.es</a> Internet Source	<1 %
81	<a href="http://ia801000.us.archive.org">ia801000.us.archive.org</a> Internet Source	<1 %
82	<a href="http://newton.azc.uam.mx">newton.azc.uam.mx</a> Internet Source	<1 %
83	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
84	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
85	<a href="http://www.cuandovisitar.com.mx">www.cuandovisitar.com.mx</a> Internet Source	<1 %
86	<a href="http://www.journaltoacs.ac.uk">www.journaltoacs.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
87	<a href="http://www.modularhomesetting.com">www.modularhomesetting.com</a> Internet Source	<1 %
88	<a href="http://www.paviprint.com">www.paviprint.com</a> Internet Source	<1 %
89	Diego J. Mariños Rosado, Samir B. Rojas Chávez, João A. de Carvalho, Roberto C. Chucuya Huallpachoque. "Comparison between the steam compression refrigeration	<1 %

system with intercooler and with compressor scale system: A case study", Energy Conversion and Management, 2019

Publication

90

Hugo F. Zuñiga-Puebla, E. C. Vallejo-Coral, Jose Ramon Vega Galaz. "Análisis termodinámico de un chiller de absorción de 1 y 2 etapas de una planta de cogeneración", Ingenius, 2018

Publication

<1 %

91

JUAN VICENTE SANTACATALINA BONET. "Contribución al estudio de la aplicación de ultrasonidos de alta intensidad en procesos de secado a baja temperatura.", Universitat Politecnica de Valencia, 2016

Publication

<1 %

92

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Internet Source

<1 %

93

[es.unionpedia.org](https://es.unionpedia.org)

Internet Source

<1 %

94

[oa.upm.es](https://oa.upm.es)

Internet Source

<1 %

95

[prodapp.seace.gob.pe](https://prodapp.seace.gob.pe)

Internet Source

<1 %

96

[programas.unsl.edu.ar](https://programas.unsl.edu.ar)

Internet Source

<1 %

97	<a href="https://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
98	<a href="http://www.camaramadrid.es">www.camaramadrid.es</a> Internet Source	<1 %
99	<a href="http://www.lexureditorial.com">www.lexureditorial.com</a> Internet Source	<1 %
100	<a href="http://www.salud.gob.mx">www.salud.gob.mx</a> Internet Source	<1 %
101	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Internet Source	<1 %
102	Tania Mariel Godoy Reyes. "Neurotransmitters recognition based on gold nanoparticles and mesoporous silica nanoparticles for sensing and controlled release applications", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publication	<1 %
103	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
104	<a href="http://livrosdeamor.com.br">livrosdeamor.com.br</a> Internet Source	<1 %
105	<a href="https://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080">repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080</a> Internet Source	<1 %
106	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Internet Source	<1 %

107	<a href="http://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
108	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
109	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Internet Source	<1 %
110	<a href="http://rinacional.tecnm.mx">rinacional.tecnm.mx</a> Internet Source	<1 %
111	<a href="http://scindeks.ceon.rs">scindeks.ceon.rs</a> Internet Source	<1 %
112	<a href="http://uvadoc.uva.es">uvadoc.uva.es</a> Internet Source	<1 %
113	<a href="http://www.chinasolar-panel.com">www.chinasolar-panel.com</a> Internet Source	<1 %
114	<a href="http://www.consortio.org">www.consortio.org</a> Internet Source	<1 %
115	<a href="http://www.jove.com">www.jove.com</a> Internet Source	<1 %
116	<a href="http://www.mdpi.com">www.mdpi.com</a> Internet Source	<1 %
117	Iván Vera-Romero, Melitón Estrada-Jaramillo, Conrado González-Vera, Martín Tejeda-Jiménez et al. "Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado	<1 %

# de Jalisco, México", Ingeniería, investigación y tecnología, 2017

Publication

---

118

Yamarú del Valle Chirinos Araque, Adán Guillermo Ramírez García, Roberto Godínez López, Nataliya Barbera Alvarado et al. "Tendencias en la investigación universitaria. Una visión desde Latinoamérica. Volumen XV", Alianza de Investigadores Internacionales SAS, 2021

<1 %

Publication

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

**ASESOR**

Ing. Roberto B. Quispe Cabana

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todos los que estuvieron con nosotros y contribuyeron al desarrollo y finalización de este trabajo de investigación, principalmente a nuestros padres, quienes son el pilar de nuestro proceso formativo profesional, les enviamos eterna gratitud y les decimos que siempre los tendremos presente en nuestras mentes y corazones. También estamos agradecidos con nuestra preciada alma mater, la Universidad Continental, cuya calidad y exigencia académica hicieron de nosotros profesionales con valores y competentes; a su planilla de maestros altamente reconocidos y calificados para impartir sus saberes y conocimientos. Estamos agradecidos con los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica, quienes con sus consejos y recomendaciones no apoyaron para la elaboración del presente estudio, en especial al Ing. Roberto B. Quispe Cabana por sus aportaciones para poder culminar satisfactoriamente esta investigación. Por último, muestras de agradecimiento con nuestros hermanos, familiares y compañeros de estudio con quienes hemos compartido experiencias, conocimientos y logros que han contribuido a culminar las distintas etapas de la universidad.

## **DEDICATORIA**

Con cariño a mis padres por hacerme quien soy hoy, muchos de mis logros, incluidos en esta investigación, se los dedico a ellos, me disciplinaron con reglas y algo de libertad, pero al final me motivaron a lograr mis sueños.

### **Mamani Obregon Pablo Luis**

La presente investigación va dedicada con todo mi corazón a mi madre, ya que sin ella no lo habría logrado. Tus oraciones diarias me han protegido y llevado por el camino del bien, por ello te dedico este trabajo en ofrenda a tu dedicación y amor incondicional, te amo.

### **Supho Rodríguez Ayrton**

Un agradecimiento inmenso a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente durante todos los años de mi formación universitaria y por ser esa la principal razón para el logro de mis objetivos y metas que significan orgullo y alegría personal y familiar.

### **Cornejo Chambi Ernesto Alonso**

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
Índice .....	iv
índice de figuras.....	viii
índice de tablas .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	3
a) Problema general.....	3
b) Problemas específicos.....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia .....	4
1.3.1. Justificación teórica.....	4
1.3.2. Justificación práctica .....	4
1.3.3. Justificación metodológica.....	4
1.3.4. Justificación ambiental.....	4
1.3.5. Justificación económica .....	5
1.3.6. Justificación social.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1. Antecedentes del problema.....	6
2.1.1. Antecedentes internacional y nacional.....	6
a) Antecedentes internacionales: .....	6
b) Antecedentes nacionales:.....	7

2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Orígenes del estudio de la energía fotovoltaica.....	9
2.2.2. Energía solar fotovoltaica .....	18
2.2.3. Sistemas aislados de la red eléctrica .....	18
a) Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos aislados .....	18
b) Componentes de sistema fotovoltaico aislado.....	19
2.2.4. Refrigeración para aplicaciones en la pesca marítima.....	36
a) Introducción.....	36
b) Causas de la descomposición de los pescados .....	37
c) Higiene a bordo.....	38
d) Descarga y subasta.....	38
e) Alteración físico-químico de los pescados .....	38
f) Refrigeración de recursos pesqueros .....	39
g) Conservación del pescado por congelación.....	39
h) Tiempo de congelación .....	40
i) Tratamiento del pescado después de la congelación .....	41
j) Envío al frigorífico .....	41
k) Transporte de pescado congelado.....	41
l) Condiciones de almacenamiento.....	42
m) Descongelación del pescado.....	43
n) Normas técnicas peruanas de calidad de pescado congelado .....	43
o) Refrigeración y el sistema de compresión del vapor .....	44
p) Ciclo real por compresión de vapor .....	46
q) Componentes de un sistema de refrigeración.....	
por compresión de vapor.....	46
r) Carga térmica del sistema de refrigeración .....	55
2.2.5. Definición de términos básicos .....	56
a) Sistemas fotovoltaicos .....	56
b) Sistemas de refrigeración .....	58
CAPÍTULO III .....	61
METODOLOGÍA.....	61
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución. ....	61
3.1.1. Tipo de Investigación .....	61
3.1.2. Metodología.....	61
a) Método aplicado a la solución .....	61

b) Método general o teórico de la investigación .....	61
c) Método específico de la investigación.....	62
d) Planificación:.....	62
e) Concepción (elaborar las funciones).....	62
f) Elaboración del proyecto .....	62
g) Desarrollo detallado.....	62
h) Secuencia de desarrollo de la metodología .....	62
3.2. Desarrollo de la solución .....	65
3.2.1. Comprensión de la solicitud.....	65
a) Estado de la tecnología .....	65
3.2.2. Concepción de la solución.....	68
a) Estructura de funciones .....	68
b) Determinar las clases de los portadores de la función (caja negra). .....	68
c) Determinar los principios tecnológicos. ....	69
d) La determinación del proceso técnico .....	69
e) Aplicación de los sistemas técnicos y sus limitaciones. ....	69
f) Determinar la agrupación de las funciones. ....	69
g) Determinar y representar las estructuras de las funciones.....	69
h) Determinar la estructura de función óptima, mejorar y verificar. ....	70
3.2.3. Concepto de solución.....	70
a) Determinar los operandos de ingreso y salidas adicionales y modos de acción. ....	70
b) Determinar las clases de los portadores de la función (matriz morfológica) .....	71
c) Combinación de los portadores de funciones .....	71
d) Determinar la disposición básica, concepto de solución .....	72
e) Determinar el concepto óptimo, mejorar y verificar .....	72
3.2.4. Elaboración del proyecto .....	74
a) Proyectos preliminares .....	74
b) Proyectos definitivos.....	75
c) Planos de ensamblaje .....	75
d) Lista de piezas .....	75
e) Elaboración de detalles.....	75

f) Simulación del diseño .....	75
g) Planos de montaje .....	75
h) Costos de montaje .....	76
CAPÍTULO IV .....	77
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	77
4.1. Aspectos sanitarios.....	77
4.2. Estado de tecnología .....	78
a) Tecnología internacional.....	78
b) Tecnología nacional.....	80
4.2.1. Lista de exigencias.....	82
4.2.2. Plan de trabajo .....	83
4.2.3. Análisis de solución .....	84
a) Caja negra .....	84
b) Caja blanca.....	85
4.2.4. Matriz morfológica.....	91
4.2.5. Evaluación técnica.....	96
4.2.6. Evaluación económica.....	97
4.2.7. Selección del diseño óptimo .....	97
4.3. Análisis de diseño. ....	99
4.3.1. Sistema de Refrigeración .....	100
a) Función Alimentación .....	100
b) Función Refrigeración .....	106
c) Función de Evaporación de fluido refrigerante .....	114
d) Función Compresión de fluido refrigerante.....	127
e) Función condensación de fluido .....	129
4.3.2. Sistema Fotovoltaico.....	132
a) Función Generación de electricidad .....	132
b) Dimensionamiento.....	133
c) Cálculo de consumos medios diarios.....	135
d) Cálculo de consumo de energía .....	135
e) Cálculo de número total de paneles .....	136
Conclusiones: .....	136
f) Función Regulación de carga .....	138
g) Función Acumulación de energía eléctrica.....	140
h) Función Transformación eléctrica.....	145
CAPITULO V.....	148

SIMULACIÓN .....	148
5.1. Simulación cámara frigorífica .....	148
5.1.1. Condiciones iniciales: .....	148
5.1.2. Resultados de la simulación sin jabas .....	155
5.1.3. Modelo de cámara frigorífica con jabas en su interior .....	157
5.1.4. Resultados de la simulación con jabas.....	160
5.2. Presupuesto del proyecto de investigación .....	165
5.3. Presupuesto de cámara frigorífica .....	165
CONCLUSIONES .....	168
RECOMENDACIONES .....	171
BIBLIOGRAFÍA .....	172
ANEXOS .....	174
PLANOS.....	181

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1</b> Radiación y horas solares pico. ....	14
<b>Figura N° 2</b> Tipos de radiación electromagnética. ....	15
<b>Figura N° 3</b> Esquema general de una instalación fotovoltaica aislada.....	22
<b>Figura N° 4</b> Esquema eléctrico interno de una célula fotovoltaica. ....	24
<b>Figura N° 5</b> Circuito equivalente de un dispositivo intrínseco.....	24
<b>Figura N° 6</b> Tipos de células solares. ....	25
<b>Figura N° 7</b> Tipos más utilizados de células solares. ....	26
<b>Figura N° 8</b> Componente de Panel Solar Fotovoltaica.....	26
<b>Figura N° 9</b> Elementos de un panel fotovoltaico.....	28
<b>Figura N° 10</b> Diodos de protección. ....	29
<b>Figura N° 11</b> Curva característica I-V de un panel solar. ....	29
<b>Figura N° 12</b> Potencia máxima vs Voltaje en un sistema fotovoltaico. ....	31
<b>Figura N°13</b> Los Efectos de la temperatura en la potencia en las Instalaciones Fotovoltaicas. Tomada de: “Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica”, Helene Nordahl, 2014.....	32
<b>Figura N° 14</b> Tipos de baterías solares.....	32
<b>Figura N° 15</b> Reguladores en serie y paralelo. ....	34
<b>Figura N° 16</b> Regulador de carga. ....	35
<b>Figura N° 17</b> Inversor solar. ....	36
<b>Figura N° 18</b> Señales senoidal y trapezoidal.....	36
<b>Figura N° 19</b> Descomposición de pescados. ....	37
<b>Figura N° 20</b> Curva de congelación de pescado congelado. ....	40

<b>Figura N° 21</b>	Pescado congelado.....	40
<b>Figura N° 22</b>	Efecto de la posición de la carga en la temperatura de productos congelados en un vehículo sin refrigeración ni aislamiento.....	42
<b>Figura N° 23</b>	Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. ....	45
<b>Figura N° 24</b>	Tipos de Compresores para refrigeración.....	47
<b>Figura N° 25</b>	Condensador de un sistema de refrigeración. ....	48
<b>Figura N° 26</b>	Válvula Termostática.....	49
<b>Figura N° 27</b>	Evaporador.....	50
<b>Figura N° 28</b>	Recibidor de líquido refrigerante.....	51
<b>Figura N° 29</b>	Esquema de sistema de refrigeración. ....	52
<b>Figura N° 30</b>	Fases de diseño. ....	64
<b>Figura N° 31</b>	Plan de trabajo. ....	68
<b>Figura N° 32</b>	Modelo de caja negra.....	68
<b>Figura N° 33</b>	La matriz morfológica, curso de actualización.....	73
<b>Figura N° 34</b>	Evaluación del valor técnico Listado del valor técnico. ....	74
<b>Figura N° 35</b>	Evaluación valor económico Listado del valor económico. ....	74
<b>Figura N° 36</b>	Cámara frigorífica modelo MSF-UG-3086. ....	79
<b>Figura N° 37</b>	Cámara frigorífica modular CM IMPAFRI código CMS08254SE14. ....	79
<b>Figura N° 38</b>	Cámara frigorífica EDENOX modular.....	80
<b>Figura N° 39</b>	Cámaras modulares CATRI Perú. ....	81
<b>Figura N° 40</b>	Cámaras modulares CIMMSA. ....	82
<b>Figura N° 41</b>	Plan de trabajo muestra el tiempo de desarrollo de la tesis. Elaboración propia.....	84
<b>Figura N° 42</b>	Caja negra, señales de entrada y salida. Elaboración propia. ....	84
<b>Figura N° 43</b>	Caja blanca, estructura de funciones. Elaboración propia.....	85
<b>Figura N° 44</b>	Envase rectangular Jaba para Pescado.....	86
<b>Figura N° 45</b>	Recepción de pescado en el puerto. Elaboración propia. ....	86
<b>Figura N° 46</b>	<i>Evaporador</i> .....	87
<b>Figura N° 47</b>	Compresores herméticos .....	88
<b>Figura N° 48</b>	Condensador blue line .....	88
<b>Figura N° 49</b>	Cámara de refrigeración. Elaboración propia.....	89
<b>Figura N° 50</b>	<i>Panel solar policristalino</i> . ....	90
<b>Figura N° 51</b>	Regulador de carga. ....	90
<b>Figura N° 52</b>	Tipos de baterías solares.....	91
<b>Figura N° 53</b>	Inversor de carga. ....	91
<b>Figura N° 54</b>	Propuesta de solución N° 1. Elaboración propia. ....	93
<b>Figura N° 55</b>	Propuesta de solución N°2. Elaboración propia. ....	95
<b>Figura N° 56</b>	Propuesta de solución N°3. Elaboración propia. ....	96
<b>Figura N° 57</b>	<i>Solución óptima N°2. Elaboración propia</i> . ....	99
<b>Figura N° 58</b>	Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. ....	100
<b>Figura N° 59</b>	Envase rectangular Jaba para Pescado.....	101
<b>Figura N° 60</b>	Medidas de la jaba para análisis. Elaboración propia.....	103
<b>Figura N° 61</b>	Diagrama de cuerpo libre. Elaboración propia.....	103
<b>Figura N° 62</b>	Jabas para almacenamiento de pescado. Elaboración propia. .	105
<b>Figura N° 63</b>	Geometría rectangular de cámara frigorífica. Elaboración propia. ....	108
<b>Figura N° 64</b>	<i>Vista frontal y lateral de panel térmico</i> .....	109

<b>Figura N° 65</b> Sección de panel térmico relleno interior de poliuretano expandido .....	109
<b>Figura N° 66</b> Temperatura promedio estadística del puerto de Atico Datos de los últimos 10 años. ....	110
<b>Figura N° 67</b> Cámara frigorífica, revestimiento. Elaboración propia. ....	113
<b>Figura N° 68</b> <i>Detalle paneles térmicos con relleno de poliuretano. Elaboración propia.</i> .....	113
<b>Figura N° 69</b> <i>Espesores de aislamiento en paredes vista de sección lateral. Elaboración propia.</i> .....	115
<b>Figura N° 70</b> Espesores de aislamiento en paredes vista de sección frontal. Elaboración propia.....	115
<b>Figura N° 71</b> <i>Ubicación de evaporador. Elaboración propia.</i> .....	127
<b>Figura N° 72</b> Detalle de evaporador modelo BMS-632. Elaboración propia. ....	127
<b>Figura N° 73</b> <i>Localización de compresor. Elaboración propia.</i> .....	129
<b>Figura N° 74</b> Detalle de compresor modelo YM182E7G-100. Elaboración propia.....	129
<b>Figura N° 75</b> Localización de condensador. Elaboración propia. ....	131
<b>Figura N° 76</b> Condensador modelo CRB-100 A3. Elaboración propia.....	132
<b>Figura N° 77</b> Ubicación del proyecto, latitud y longitud de -16.2302657,-73.6983362 aprox.....	133
<b>Figura N° 78</b> <i>Características ambientales de la zona. Tomada de: Municipalidad distrital de Atico</i> .....	133
<b>Figura N° 79</b> <i>Ubicación de paneles solares fotovoltaicos. Elaboración propia.</i> .....	137
<b>Figura N° 80</b> <i>Detalle panel solar fotovoltaico. Elaboración propia.</i> .....	137
<b>Figura N° 81</b> <i>Ubicación de regulador de carga. Elaboración propia.</i> .....	140
<b>Figura N° 82</b> <i>Detalle de regulador de carga eléctrica. Elaboración propia.</i> .....	140
<b>Figura N° 83</b> Conexión en serie de baterías. Elaboración propia.....	142
<b>Figura N° 84</b> Conexión en paralelo de baterías. Elaboración propia. ....	143
<b>Figura N° 85</b> Conexión en serie-paralelo. Elaboración propia.....	143
<b>Figura N° 86</b> <i>Ubicación de banco de baterías. Elaboración propia.</i> .....	145
<b>Figura N° 87</b> detalle de batería. Elaboración propia.....	145
<b>Figura N° 88</b> <i>Ubicación de inversor de carga. Elaboración propia.</i> .....	147
<b>Figura N° 89</b> detalle inversor de carga .....	147
<b>Figura N° 90</b> condiciones iniciales de ambiente para análisis. Elaboración propia.....	148
<b>Figura N° 91</b> Selección de gas que estará en el interior de la cámara. Elaboración propia.....	149
<b>Figura N° 92</b> Configuración de presión y temperatura al interior de la cámara. Elaboración propia.....	150
<b>Figura N° 93</b> Vista seccionada de cámara de refrigeración. Elaboración propia. ....	150
<b>Figura N° 94</b> Condiciones limite Lids. Elaboración propia. ....	151
<b>Figura N° 95</b> Dominio de análisis. Elaboración propia.....	152
<b>Figura N° 96</b> Subdominio, con refrigerante r-404 A. Elaboración propia. ...	152
<b>Figura N° 97</b> Selección de cara por donde ingresa el refrigerante al evaporador. Elaboración propia.....	153

<b>Figura N° 98</b> Selección de cara de salida de refrigerante. Elaboración propia.	154
<b>Figura N° 99</b> Solver ejecutándose, 538 iteraciones. Elaboración propia. ....	154
<b>Figura N° 100</b> temperatura mínima dentro de cámara de refrigeración. Elaboración propia.....	155
<b>Figura N° 101</b> temperatura interna dentro de evaporador. Elaboración propia.	156
<b>Figura N° 102</b> Recirculacion de fluido dentro de cámara frigorífica. Elaboración propia.....	156
<b>Figura N° 103</b> cut plot , muestra vórtices de temperatura. Elaboración propia.	157
<b>Figura N° 104</b> Condiciones iniciales de cámara frigorífica con jabas en su interior. Elaboración propia.....	158
<b>Figura N° 105</b> dominio de análisis de cámara con jabas en su interior. Elaboración propia.....	158
<b>Figura N° 106</b> subdominio con refrigerante r 404-A. Elaboración propia....	159
<b>Figura N° 107</b> ingreso de refrigerante a evaporador. Elaboración propia.....	159
<b>Figura N° 108</b> Salida de refrigerante de evaporador. Elaboración propia. ...	160
<b>Figura N° 109</b> Solver ejecutándose, 926 iteraciones. Elaboración propia. ...	160
<b>Figura N° 110</b> Trayectoria de la temperatura por el interior de la cámara de refrigeración con jabas. Elaboración propia. ....	161
<b>Figura N° 111</b> Vista lateral de trayectoria de la temperatura por el interior de la cámara de refrigeración con jabas. Elaboración propia.....	161
<b>Figura N° 112</b> Recirculacion del fluido en la cámara frigorífica. Elaboración propia.....	162
<b>Figura N° 113</b> Vista lateral de trayectoria de velocidad dentro de cámara frigorífica. Elaboración propia. ....	162
<b>Figura N° 114</b> Cut plot contornos. Elaboración propia. ....	163
<b>Figura N° 115</b> Vista lateral de cut plot contornos. Elaboración propia. ....	163
<b>Figura N° 116</b> Cut plot isolas de desplazamiento. Elaboración propia. ...	164

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Normas sobre calidad de productos pesqueros congelados</i>	44
<b>Tabla 2</b>	<i>Lista de exigencias</i>	67
<b>Tabla 3</b>	<i>Lista de exigencias</i>	82
<b>Tabla 4</b>	matriz morfológica	92
<b>Tabla 5</b>	evaluación técnica	96
<b>Tabla 6</b>	evaluación económica	97
<b>Tabla 7</b>	resumen de resultados	97
<b>Tabla 8</b>	<i>Características físicas y geométricas</i>	101
<b>Tabla 9</b>	<i>Propiedades termo-físicas de pescado congelado</i>	102
<b>Tabla 10</b>	<i>Espesor de aislante térmico, Poliuretano (PUR)</i>	111
<b>Tabla 11</b>	<i>Espesores en pared, techo y piso</i>	114
<b>Tabla 12</b>	<i>Dimensiones exteriores de la cámara frigorífica</i>	115
<b>Tabla 13</b>	<i>Dimensiones internas de la cámara frigorífica</i>	117
<b>Tabla 14</b>	<i>Factor <math>F_2</math> aproximado</i>	118
<b>Tabla 15</b>	<i>Propiedades físico-térmicas de pescado congelado</i>	119
<b>Tabla 16</b>	<i>Tiempos de enfriamiento y factores de ritmo de enfriamiento</i>	119
<b>Tabla 17</b>	<i>Equivalencia de calor por personas</i>	120
<b>Tabla 18</b>	<i>Carga proveniente de motores eléctricos</i>	121
<b>Tabla 19</b>	<i>Refrigerante R-404A</i>	123
<b>Tabla 20</b>	<i>Parámetros de diseño de cámara frigorífica</i>	124
<b>Tabla 21</b>	Características de evaporador	124
<b>Tabla 22</b>	características de refrigerante r-404A	128
<b>Tabla 23</b>	selección de compresor	128
<b>Tabla 24</b>	Características de refrigerante r-404A	130
<b>Tabla 25</b>	Selección de condensador	130
<b>Tabla 26</b>	Latitud longitud	132
<b>Tabla 27</b>	Consumo de equipos	133
<b>Tabla 28</b>	Consumo de luminarias	134
<b>Tabla 29</b>	Eficiencias para diseño	134
<b>Tabla 31</b>	presupuesto equipos fotovoltaicos	165
<b>Tabla 32</b>	presupuesto de sistema de refrigeración	166

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se muestra que es necesario el diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica, cuya adaptación se podría llevar a cabo en el puerto artesanal de Atico Arequipa. Debido a que en Atico no cuentan con energía eléctrica directa de la red, por ese motivo usan energía de generadores eléctricos el cual no abastece todos los días durante la semana, en la pesca en ocasiones hay escases de compradores y a la vez estos son los que hacen toda la gestión de limpieza, transporte y conservación; el pescado extraído no tiene donde almacenarse, el hielo que necesitan deben traerlo desde Ocoña que se encuentra a 80 km de Atico. El objetivo principal es el diseño de una cámara de refrigeración alimentada por energía solar que usa componentes basados en paneles o módulos como fuente de energía para dar movimiento al flujo másico del refrigerante. El caso de estudio se presenta en el puerto artesanal de Atico perteneciente a la región Arequipa. Para dicho proyecto se utilizó la metodología en la cual se dará a conocer la lista de exigencias, el plan realizado para el trabajo, la estructura de funciones, el concepto de solución, los proyectos preliminares tanto como los definitivos y se agregó la simulación. Los resultados satisfactorios se prevén a una temperatura de 0 °C dentro de la cámara de refrigeración que se encuentra en el rango óptimo de -20 °C a 0 °C, la cual trabaja a una potencia requerida de 8.5 kW que será suministrado por 20 paneles solares. A diferencia de sistemas de enfriamiento solar por absorción, adsorción y otros sistemas propuestos en la literatura, se logra con la presente investigación un dispositivo compacto que utiliza un par de trabajos sostenibles porque no tiene un dispositivo separado.

**Palabras claves: sistema fotovoltaico, refrigeración solar compacta, pesca artesanal, almacenamiento.**

## ABSTRACT

In the present research work, it is shown that it is necessary to design a refrigeration tank with storage capacity for 20 tons of fish powered by solar photovoltaic energy, whose adaptation could be carried out in the artisanal port of Atico Arequipa. Because in Atico they do not have direct electrical energy from the network, for that reason they use energy from electric generators which does not supply every day during the week, in fishing sometimes there is a shortage of buyers and at the same time these are the ones who do all the management of cleaning, transport and conservation; the extracted fish has nowhere to be stored, the ice they need must bring it from Ocoña which is located 80 km from Atico. Our main objective is the design of a solar-powered refrigeration chamber that uses components based on panels or modules as a source of energy to give movement to the mass flow of the refrigerant. The case study is presented in the artisanal port of Atico belonging to the Arequipa region. For such project the methodology was used in which the list of requirements, the plan made for the work, the structure of functions, the solution concept, the preliminary as well as the final projects and the simulation was added. Satisfactory results are expected at a temperature of 0 °C inside the cooling chamber which is in the optimum range of -20 °C to 0 °C, which works at a required power of 8.5 kW to be supplied by 20 solar panels. Unlike solar cooling systems by absorption, adsorption and other systems proposed in the literature, a compact device using a sustainable working torque is achieved with the present research because it does not have a separate device.

**Key words: photovoltaic system, compact solar cooling, artisanal fishing, storage.**

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación realizado que se titula: “Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa”, se enfoca en el diseño de una cámara de refrigeración que funciona por medio de los mecanismos de transmisión de calor: conducción y convección de temperatura, obteniendo los resultados que permiten seleccionar los espesores, materiales y equipos con los que contará la cámara de refrigeración, la elaboración de los sólidos en 3d y los planos, la simulación se realizó mediante el software Solid Works versión 2021.

El objetivo del diseño de una cámara de refrigeración, es contribuir a la conservación del pescado en el puerto artesanal de Atico; mediante el uso de energía renovable que beneficia al medio ambiente y no crea impacto ambiental al no utilizarse combustibles fósiles.

El presente investigación posee 5 capítulos los cuales tienen el siguiente contenido: capítulo I donde se desarrolla el planteamiento del problema, objetivos de investigación, justificación; en el capítulo II marco teórico, antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos; en el capítulo III metodología aplicada para el desarrollo de la solución, desarrollo de la solución; el capítulo IV análisis y diseño de la solución, según la estructura de funciones se calculó cada función y se determinó la selección de materiales y equipos; en el capítulo V se realizó la simulación contrastando los resultados obtenidos en el capítulo IV.

Para finalizar se muestran las conclusiones, que cuantifican las cargas eléctricas y las cargas térmicas que requiere el sistema, definiendo los espesores del aislante térmico que se utilizará, con la simulación se obtuvieron los resultados esperados que hacen cumplir al objetivo principal, que es el: “Diseño de una cámara de

refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa”.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

El distrito de Atico por su ubicación geográfica, posee un amplio litoral con potencial para la pesca artesanal y extracción de mariscos que es aprovechado por los pescadores locales, la población total dependiente de la pesca artesanal marítima son aproximadamente 1200 personas. La categoría de caleta es la denominación formal que tiene el puerto de Atico y dispone de una infraestructura como: muelle marginal, cámara de conservación, productor de hielo y dispone de grupo electrógeno. El número de pescadores artesanales según la clasificación tenemos: pescadores embarcados 40, no embarcados 200 y, jaladores y procesadores primarios 63. El número de embarcaciones pesqueras artesanales según la capacidad tenemos: de 0,5 a 2,0 toneladas hay 10 embarcaciones; de 2,0 a 5,0 toneladas hay 50 embarcaciones y; de 5,0 a más toneladas existen 40 embarcaciones.

La situación de la pesca artesanal contrasta considerablemente con la del subsector industrial, ya que, es muy común que los desembarques artesanales distribuyan una variabilidad de especies en grandes proporciones. En este subsector se explotan alrededor de 300 especies, de las cuales las más destacadas son las pesquerías de calamar, bonito y perico. Cabe señalar que

el subsector artesanal afronta diversas dificultades, como por ejemplo no cuentan con servicio eléctrico ya que no están interconectados a la red eléctrica, diariamente todo el pueblo de Atico está siendo alimentada con energía de generadores eléctricos hay días que padecen de corte de alumbrado. También la sobreexplotación exponencial de los recursos marinos, lo que se traduce como pérdida de ingresos para los pescadores artesanales. La desatención de las autoridades estatales a los problemas estructurales que atraviesa subsector artesanal produce que la situación se repita de forma cíclica. Todo esto ha llevado a una aparente paradoja, donde pescadores artesanales cada vez más empobrecidos explotan de manera desordenada la vasta riqueza de los mares peruanos.

Se sabe desde hace muchos años que existen por lo menos dos tipos de deterioro en el pescado: bacteriano y enzimático.

Cuando mueren los peces, comienza el proceso de descomposición. Este proceso es el resultado de la acción de las enzimas, las bacterias y las reacciones químicas. Los factores posibles que retrasan este proceso se dividen en tres partes: el primer factor es cuidado durante la manipulación que eviten los daños tales como cortes y heridas que den acceso a las bacterias a acelerar el proceso de putrefacción. El segundo factor la limpieza que influye la eliminación de fuentes de bacterias por medio del desviscerado de pescado y supresión de la mucosidad superficial por lavado, y la manipulación de manera higiénica. El tercer factor es el de más importancia ya que afecta la velocidad de desarrollo de las bacterias por influencia directa de la temperatura. Por lo tanto, a una temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  se detiene completamente la aparición de bacterias durante un período de tiempo muy largo y les permite matarlos e inactivarlos. Sin embargo, a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , puede introducirse alguna clase de bacterias donde la preservación efectiva de los peces debe ser tratado con almacenamiento, congelación y refrigeración.

Debido a que en ocasiones hay escasos compradores y a la vez estos son los que hacen toda la gestión de limpieza, transporte y conservación; el pescado extraído no tiene donde almacenarse, tampoco cuentan con energía eléctrica y el hielo que necesitan deben traerlo desde Ocoña que se encuentra a 80 km de Atico.

Es por ello que se plantea la utilización de una cámara frigorífica que pueda ser implementada en una zona de pesca artesanal como es el caso del puerto artesanal de Atico y que tenga una capacidad de suministro energética sostenible; donde se pueda conectar una cámara frigorífica a una fuente fotovoltaica, y donde el espacio interno abarque zonas para el almacenaje del pescado y operaciones de adecuación del producto.

Por otro lado, en Atico no se cuenta con ninguna cámara de refrigeración para el almacenamiento de pescado y tampoco cuentan con suministro eléctrico ya que ellos utilizan generadores teniendo siempre que recurrir al uso de hidrocarburos.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### ***a) Problema general***

¿Cómo diseñar una cámara de refrigeración con capacidad para el almacenamiento de 20 toneladas de pescado, alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa?

#### ***b) Problemas específicos***

- a) ¿De qué manera se determinará el consumo medio diario del sistema fotovoltaico para la cámara de refrigeración?
- b) ¿Cómo seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico para la cámara de refrigeración de 20 toneladas?
- c) ¿Cuál sería el diseño de la cámara de refrigeración de 20 toneladas de capacidad?
- d) ¿Cómo se seleccionará los equipos para el funcionamiento de la cámara de refrigeración de 20 toneladas de capacidad en el puerto artesanal de Atico?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el consumo medio diario del sistema fotovoltaico para la cámara de refrigeración.
- b) Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico para la cámara de refrigeración para 20 toneladas.
- c) Realizar el diseño de la cámara de refrigeración para 20 toneladas de capacidad.
- d) Seleccionar los equipos para el funcionamiento de la cámara de refrigeración de 20 toneladas de capacidad en el puerto artesanal de Atico Arequipa.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

La presente tesis busca aportar conocimientos de diseño de sistemas de conservación de frío solar para aplicarlo a la conservación de productos de la pesca, el cual se conoce como refrigeración solar.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

En el diseño del sistema de refrigeración solar se realizará el análisis térmico del sistema, este análisis nos llevó a la interacción práctica del ingenio humano (tecnología de la refrigeración) y la naturaleza (irradiación solar), en la cual se beneficia la población que vive de la pesca artesanal en el puerto de Atico Arequipa.

#### **1.3.3. Justificación metodológica**

La investigación contribuye en el desarrollo de la tarea fundamental del dimensionado de un sistema fotovoltaico aislado, que consiste de forma principal en la determinación del tamaño óptimo tanto del generador fotovoltaico como el conjunto de baterías que forman el sistema. Para determinar la ubicación de la cámara frigorífica se tuvieron en cuenta los siguientes factores como la producción pesquera, la radiación solar, la temperatura ambiente, presión atmosférica y la velocidad del viento.

#### **1.3.4. Justificación ambiental**

El diseño de una cámara de conservación de frío de aplicación preservativa para conservar el pescado y no generar efectos contaminantes de gran magnitud sino lo mínimo posible, porque la industria de la refrigeración

cuenta con protocolos modernos de prevención y reducción drástica del impacto ambiental. El uso de energías limpias para la refrigeración ha crecido de gran manera en los últimos años. En el tiempo presente, la mayoría de los sistemas de refrigeración en funcionamiento utilizan compresión del fluido refrigerante. En la actualidad, los equipos de refrigeración consumen alrededor del 18% de la electricidad producida en el mundo. Al abordar las preocupaciones ambientales, el futuro de los refrigeradores cambiará a sistemas que no utilicen combustibles fósiles ni gases de efecto invernadero. Los equipos de refrigeración solar son una solución muy prometedora.

#### **1.3.5. Justificación económica**

El diseño de una cámara de conservación de frío que opere con energía solar, cuyo fin sea la contención del proceso de descomposición de productos de origen ictiológico, en base a un refrigerador o cámara frigorífica a un costo accesible en el mercado de sistemas de refrigeración. Es importante mencionar que, para el proyecto actual, algunas máquinas de refrigeración en el mercado están valorizadas en un promedio de S/ 170.000 soles; debido a las dimensiones y características que contienen.

#### **1.3.6. Justificación social**

El diseño de un sistema de conservación de frío basado su funcionamiento en la energía fotovoltaica, el presente proyecto permitirá tener una referencia de factibilidad para la implementación de un sistema similar a favor de la comunidad pesquera artesanal en el Puerto de Atico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

Se pudo recopilar bibliografía de trabajos de investigación referidos al diseño de sistemas de refrigeración y conservación de frío aplicados al sector pesquero, algunos de los cuales se enumeran a continuación:

##### **2.1.1. Antecedentes internacional y nacional**

###### ***a) Antecedentes internacionales:***

Barrera Naranjo Juan, Calvo Martinez Santiago (2018) (1), en su investigación denominada: “Evaluación técnica de la cadena de frío en la producción de carne bovina en Colombia, para Acaire”, que tiene por objetivo evaluar técnicas de cadena de frío en la producción de carne bovina en Colombia, aplicando las recomendaciones de la norma: ASHRAE. La investigación fue experimental y empleó la metodología: refrigeración por aire forzado que circula aire frío sobre un producto y extrae el calor, el resultado principal: Se obtuvo el análisis técnico de la cadena de frío teniendo un resultado de 69.403%, siendo este el valor de la cadena de frío en la producción (1).

Pacheco Lasso Gabriel, Prieto Gutiérrez Andrés, Robles Utria Leonardo (2021) (2), en su investigación denominada: “Diseño de un sistema de climatización para naves industriales del sector farmacéutico para almacenamiento de materia prima en la ciudad de Barranquilla”. La presente investigación tiene por objetivo principal crear un sistema de refrigeración para una nave industrial del sector farmacéutico que cumpla con los requerimientos estipulados para este sector, aplicando las recomendaciones de la norma: OMS del comité de expertos para especificaciones de preparaciones farmacéuticas, ASHRAE, empleando la metodología: VDI 2221 que contempla la elaboración de la caja negra, la caja transparente, la matriz morfológica, necesidades del cliente, obteniendo como resultado principal: Se diseñó un sistema de climatización para naves industriales del sector farmacéutico para almacenamiento de materia prima obteniendo los siguientes resultados: 4 unidades manejadoras de aire, un chiller de agua de 650 kW y añadir una torre de enfriamiento de 700 kW (2).

Palafox Garcia Adolfo (2020) (3) en su investigación denominada:” Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de elote c en la comunidad de San Pedro Peralta, Q.ROO.” La presente investigación tiene por objeto principal: el diseño de una cámara frigorífica para la conservación de elote (Zea Mays) en la comunidad de San Pedro Peralta, utilizando la normativa: ASHRAE, ASTM, el método que se emplea : se basa en la vaporización de fluidos condensables que se recuperan, aplicando las recomendaciones de la norma: ASHRAE, como resultado principal presenta: el diseño de manera detallada una cámara frigorífica para elote, teniendo como dimensiones interiores de la cara: largo=7.34m, ancho= 6.744m, alto=2.5m que cubre las necesidades de refrigeración (3).

**b) Antecedentes nacionales:**

Díaz Castillo Miguel, Zapata Sigueñas Juan (2020) (4), en su investigación denominada: “Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque” La

presente investigación tiene por objetivo principal: 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, el método que se emplea : refrigeración por aire forzado, aplicando las recomendaciones de la norma: ASHRAE, el resultado principal: A través del estudio de mercado se logró determinar las dimensiones de la cámara, las que permiten llegar a un volumen interior de  $V_T = 43.92 m^3$  , en esta cámara pueden almacenarse en total 3360 Kg (4).

Utilizando la fórmula:

Volumen de cámara frigorífica.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Donde:

$\rho$ : Densidad de congelamiento del pescado.

m: Masa de pescado en el contenedor.

V: Volumen de pescado propiamente dicho.

Del Carpio Motta Luis (2019) (5), en su investigación denominada: “Diseño de cámaras de congelamiento para el liofilizado de banano, mango y piña en la procesadora agroindustrial la joya Arequipa –Perú” La presente investigación tiene por objetivo principal: el diseño de cámaras de refrigeración para cubrir demanda de frutas de exportación, el método que se emplea: refrigeración por aire forzado, aplicando las recomendaciones de la norma: ASHRAE, obteniendo el resultado principal: La Cámara de pre-congelado : 395.68 kW, Cámara de corte: 11.14 kW, Túnel de congelado: 14.54 kW, Cámara de conservado: 6.01 kW (5).

Guzmán Ortiz Wilfredo (2018) (6), en su investigación denominada: “Diseño de planta piloto de refrigeración industrial y de estrategia de control” La presente investigación tiene por objetivo principal: Realizar

un análisis exhaustivo de cargas térmicas que toman lugar en una cámara refrigerada contemplando normas internacionales y la realidad industrial de Piura, el método que se emplea: refrigeración por aire forzado, aplicando las recomendaciones de la norma: ASHRAE, obteniendo el resultado principal: La carga del producto 0.5069 kW, carga térmica por presencia de personas 0.3475 kW, carga por iluminación 0.1224 kW, carga por maquinaria 0.7 kW (6).

## **2.2.Bases teóricas.**

### **2.2.1. Orígenes del estudio de la energía fotovoltaica**

La humanidad ha reconocido el poder de la energía solar desde tiempo remotos utilizándola en varias modalidades, para ejemplificar lo mencionado están los mecanismos de concentración solar mediante espejos usados con la finalidad de provocar fuego o calentar objetos. Según la historia estas actividades datan de muchos años de la aparición de Cristo. Otra ejemplificación no tan evidente son las edificaciones con una arquitectura intencionada al aprovechamiento de la energía solar. (21)

Fue recién en la etapa moderna y al desarrollo exponencial del conocimiento científico, cuando la humanidad ha sobrepasado de la comprensión intuitiva del poder de la energía solar a una comprensión un poco más profunda de su naturaleza (21). El modo en que el hombre ha utilizado y utiliza la energía solar es múltiple. En un inicio la energía solar solo se utilizaba en forma de calor, sin embargo, ahora es aprovechada como fuente que proporciona energía eléctrica a los dispositivos electrónicos.

En Francia, en año de 1839, el físico Edmond Becquerel empezó la travesía de la búsqueda por comprender las propiedades de la radiación electromagnética y, por tanto, de la energía solar, y para llevar a cabo esto, construyó la primera célula solar de la historia, demostrando de forma experimental la capacidad de los fotones solares para crear energía eléctrica. (21)

Tres décadas más tarde, el ingeniero inglés Willoughby Smith contribuyó al conocimiento de las propiedades de la energía solar al descubrir la

conductividad de los fotones solares, a la vez, fue el primero en descubrir que el Selenio tenía propiedades fotoconductoras a diferencia de otros elementos. Poco tiempo después, Heinrich Hertz descubrió las causas de los fotones en la electricidad, concluyendo que la fotoelectricidad consistía en la emisión de electrones por parte de los metales al incidir en ellos radiación electromagnética. (21)

No fue hasta el siglo XX que se sentaron las bases del estudio de la energía electromagnética, el reconocido físico Albert Einstein reformuló las bases teóricas sobre los efectos de los rayos solares. Einstein partió de los estudios ya realizados por Planck, de tal forma que redescubrió las propiedades de los fotones para la generación de energía eléctrica. Estos aportes a la humanidad lo hicieron merecedor del premio Nobel en física en el año de 1921. Por otro lado, el científico Robert Andrews Millikan en su afán de demostrar que la teoría de Einstein era incorrecta, experimentó durante años, para finalmente concluir que la teoría de Einstein no era incorrecta, esto lo llevó a que obtenga un premio Nobel en el año de 1923 (21)

#### ***a) Efecto fotovoltaico y célula fotovoltaica***

En un semiconductor que se expone a la luz solar, un fotón de energía elimina un electrón y crea un agujero en el átomo excitado. Usualmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor.

Las células fotovoltaicas tienen la función principal de forzar a los huecos y a los electrones aproximarse hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente recombinarse en él, produciéndose así una diferencia de potencial ocasionando tensión entre las dos partes del material, tal cual como ocurre en las pilas (21)

Para facilitar el movimiento de estos electrones, se crea un campo eléctrico permanente a través de la unión p-n. Una unión p-n consiste en dopar un mismo material con diferentes elementos para producir dos capas diferenciadas:

-Capa n: incluye exceso de electrones libres

-Capa p: incluye exceso de huecos, en otros términos, menor cantidad de electrones que la que tendría el compuesto puro. (21)

Cuando se forma una unión p-n, los electrones libres se mueven de la capa n a la capa p y se recombinan con los huecos libres en esta capa. Cuando los electrones libres salen de esta capa, el área de capa n tiene carga positiva, mientras que en la capa p existirá una carga negativa, formándose así dos polos. (21)

Entre las dos capas, o dos polos, existe una “Zona de barrera” o “Zona de Carga de Espacio” (Z.C.E.), en la que existe una diferencia de potencial y un campo eléctrico, que va desde la capa n hacia la capa p. Este campo eléctrico hace de la zona ZCE un diodo, que solo permite el flujo de portadores eléctricos (electrones y huecos) en una dirección cada uno.

Las fotocélulas o células fotovoltaicas son instrumentos basados en la respuesta de las superficies metálicas a la radiación electromagnética. Utilizan el efecto fotoeléctrico para convertir la energía de la luz solar en electricidad. Las células emiten un flujo de electrones libres luego de haber absorbido un flujo de energía solar, que gracias al efecto de la unión p-n, recorren el material metálico de la célula. Esta corriente de electrones es aprovechada como energía eléctrica. (21)

#### ***b) Aplicación de células fotovoltaicas para generación solar: paneles***

Una característica primordial de los paneles fotovoltaicos es que se encuentran compuestos por un conjunto de células fotovoltaicas, que por lo general en números son de 36, 60 y 72. Se utiliza estos números de células como medida normalizada para fabricar paneles de distintos tamaños que sean adecuados para los diferentes usos comunes. (21)

Hay varios materiales para la producción de unidades de paneles solares y aún estudian una nueva opción para aumentar la eficiencia. Sin embargo, el elemento usado para la creación de los paneles es el Silicio, ya que las empresas toman en cuenta la relación de eficiencia - coste. La abundancia del Silicio en la Tierra hace que se pueda encontrar

fácilmente en cualquiera lado, sin embargo, para que alcance sus propiedades semiconductoras, debe pasar por un previo proceso de purificación y cristalización. Durante el proceso de fabricación de células de Silicio, se utilizan diversos componentes como dopantes para la obtención de semiconductores de tipo N o P necesarios para crear la unión p-n. Entre los elementos usados frecuentemente están el Bismuto, Boro, Fósforo, Arsénico y Antimonio. (21)

En los paneles de silicio, según el grado de cristalización, se puede dividir en tres tipos: amorfa, policristalina y monocristalina. Como veremos más adelante, cada tipo tiene unas características diferentes.

En la actualidad existe una demanda creciente de las energías renovables, por lo que la investigación en cuanto a energías renovables y fotovoltaicas está en auge. Prueba de ello es la mejora continua de la efectividad, adaptación y aplicación de los paneles en diversos casos al día de hoy (21).

### ***c) La energía solar***

Es el tipo de energía ofrecida por los rayos solares y que es aprovechada por el hombre de múltiples formas. El incidente de radiación solar en la tierra se puede usar directa o directamente mediante el uso de la radiación óptica u otra forma de radiación (7). La energía solar tiene la peculiaridad de ser limpia y sobre todo renovable. La fuerza de la radiación depende de la condición atmosférica que describe la latitud (7). Bajo buenas condiciones de irradiación, se puede suponer que el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie del suelo (7).

En la actualidad, se está haciendo frecuente el uso de la energía solar para generar electricidad. (7). Las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a diversas zonas aisladas con deficiencias en el abastecimiento eléctrico convencional (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombeos, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agropecuarios, etc.) (7).

La tecnología y el correspondiente uso más común del uso más común pueden clasificarse de la siguiente manera (7):

- 1) Energía solar pasiva
- 2) Energía solar activa
- 3) Energía solar térmica
- 4) Energía solar termoeléctrica
- 5) Energía solar fotovoltaica
- 6) Energía solar híbrida
  - Renovable: biomasa, energía eólica.
  - No renovable: Combustible fósil.

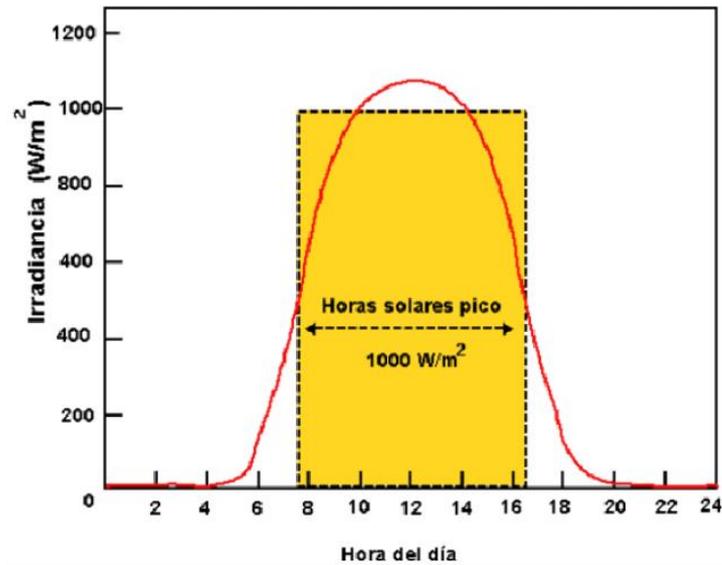
***d) Energía eólico solar***

El sol emite continuamente mucha energía. Al utilizar un panel solar, se puede emitir fotones para capturar la radiación, y así convertirlo en calor o energía eléctrica (7).

Para comprender adecuadamente los procesos que ocurren en la generación de energía solar por el panel fotovoltaico, debe comprender términos específicos (7).

- Radiación solar: energía del sol en forma de ondas electromagnéticas u ondas fotónicas (7).
- Radiación solar directa: es un tiempo unitario y la radiación solar por unidad de área, lo que afecta la superficie sin tener una corrección a su trayectoria (7).
- Radiación difusa: proviene de todas las bóvedas celestes, excepto del disco solar y afectan la superficie (7).
- Radiación solar reflejada: es la radiación procedente de la reflexión de la radiación solar en la superficie corpórea y otros objetos, choca sobre una superficie (7).
- Radiación global: radiación directa, difusa y reflejada (7).
- Horas pico sol: es el número de horas solares por  $1000 \text{ W/m}^2$  de radiación global, se puede ver en la figura N°1 se representa las HPS y proporciona energía equivalente a la radiación global recibida durante un período fijo (7).

En la figura 1 se muestra la radiación y horas solares pico obtenidas para el diseño del proyecto.



**Figura N° 1** Radiación y horas solares pico.

Tomada de: "La hora solar pico equivalente, definición e interpretación.", por Maykop Pérez Martínez, I. C. M. Rodríguez, E. Castro, 2017.

Ya obtenidos los datos de irradiación se puede determinar las horas solares pico (HSP), cuyo valor muestra el índice de irradiación solar, y se trata de la duración (en horas) de una hipotética irradiación solar de 1000  $W/m^2$  de forma constante que es equivalente a la irradiación durante un día (8).

Por ejemplo, si mencionamos que un día tiene 4.5 horas solares pico, quiere decir que la irradiación solar recibida equivale a un día que tuviera 4.5 horas de sol a 1000  $W/m^2$  y en el resto del día no hubiese nada de irradiación (8).

Para calcular este criterio no es muy difícil: se divide el valor de la irradiación solar (en  $Wh/m^2$ ) en un determinado día entre 1000  $W/m^2$ , obteniéndose así el número de HSP (8). Es decir:

$$\text{HSP}_\beta = \frac{G_\beta}{I_{\beta(\text{CEM})}} \quad (2.2)$$

Donde:

$\text{HSP}_\beta$ : Horas solares pico para un ángulo de inclinación  $\beta$ .

$G_\beta$ : Irradiación solar media diaria en  $\text{Wh/m}^2$  por día, con inclinación  $\beta$ .

$I_{\beta(\text{CEM})}$ : Potencia de irradiación incidente, en  $\text{W/m}^2$ , para las condiciones estándar de medida (CEM), siendo su valor de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

La radiación puede ser directa, radiación difusa y radiación reflejada, según la figura 2 se ejemplifica cada tipo.



**Figura N° 2** Tipos de radiación electromagnética.

Tomada de: "Tipos de radiación solar que recibimos en la tierra", por José Alfonso Alonso Lorenzo, 2006.

El tamaño está diseñado para distribuir de manera óptima el producto en la cámara para que la superficie más pequeña quede expuesta con el mayor volumen. Para obtener una mínima ganancia térmica por área, debe ser menor la superficie. El cálculo del número de jabs de acuerdo

a la altura de apilamiento y distribución en el ancho y fondo para determinar una cantidad, según la ecuación 4.9.

Utilizando la fórmula:

Número de jabas de pescado.

$$N_j = \frac{V}{V_b} \quad (2.3)$$

Donde:

$N_j$ : Número total de jabas.

$V_b$ : Volumen bruto

$$N_j = N_a \times N_f \times N_h \quad (2.4)$$

Donde:

$N_a$ : Número de jabas distribuidos a lo ancho.

$N_f$ : Número de jabas distribuidos hacia el fondo.

$N_h$ : Número de jabas apiladas.

Cantidad de pescado contenido en una Jaba

$$m_{pescado} = \rho \times V_n \quad (2.5)$$

Donde:

$m_{pescado}$ : Masa de pescado congelado por jaba en, Kg.

Teniendo en cuenta una configuración de las jabas de 6×8 en lo ancho, fondo y altura respectivamente:

La suma de todas las superficies interiores tales como los muros, el techo y el piso determina la superficie total de la cámara.

Generalmente, recomienda la experiencia que los pescados contenidos en sus jabas a refrigerar tengan entre ellas espacios de libre circulación, las longitudes en el ancho y el fondo de la cámara frigorífica deben ser incrementadas en un 15% respectivamente, tomando las consideraciones adicionales, tenemos:

La superficie interna total en los muros de la zona ancha es:

$$S_{Ma} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_a \times a] \quad (2.6)$$

Donde:

$S_{Ma}$ : Superficie de los muros ubicados en la zona ancha o frontal.

a: Ancho de la jaba (0.41 m).

h: Altura de la jaba (0.236 m).

$N_a$ : Número de jabas distribuidos a lo ancho.

Superficie interna total en los muros de la zona del fondo.

$$S_{Mf} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_f \times f] \quad (2.7)$$

Donde.

$S_{Mf}$ : Superficie interna de los muros ubicados en la zona del fondo.

f: Fondo de la jaba (0.706 m).

h: Altura de la jaba (0.236 m).

El peso de la jaba de pescado incluido el contenido:

$$p_{jp} = W_{jp} * g \quad (2.8)$$

Donde.

$W_{jp}$ : masa de pescado congelado por jaba.

g: gravedad.

La superficie interna total en los muros de la zona ancha es:

$$S_{Ma} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_a \times a] \quad (2.9)$$

Donde:

$S_{Ma}$ : Superficie de muros ubicados en la zona ancha o frontal.

a: Ancho de la jaba

h: Altura de la jaba

La superficie interna total en los muros de la zona del fondo.

$$S_{Mf} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_f \times f] \quad (2.10)$$

Donde.

$S_{Mf}$ : Superficie interna de los muros ubicados en la zona del fondo.

f: Fondo de la jaba

h: Altura de la jaba

La superficie interna total del techo y piso es:

$$S_{TP} = 2 \times [1.15 \times N_a \times a] \times [1.15 \times N_f \times f] \quad (2.11)$$

Donde

$S_{TP}$ : Superficie interna del techo y piso.

a: Ancho o fondo de la jaba (0.41 m).

f: Fondo de la jaba (0.706 m).

### 2.2.2. Energía solar fotovoltaica

Los rayos solares proporcionan energía inagotable, y producto de las reacciones nucleares que se llevan dentro del Sol es que la Tierra recibe flujos de energía a gran escala. La energía llega a nuestro planeta en forma de radiación electromagnética, con un espectro que abarca ondas  $\lambda$  con un rango longitudinal de 0.2  $\mu\text{m}$  a 2.6  $\mu\text{m}$ ; la que comúnmente se le llama luz solar (9).

La generación de energía solar se fracciona en dos grupos (9):

- **Sistemas autónomos o aislados:** Utilizado como una fuente de alimentación alternativa a la red (9).
- **Sistemas conectados a la red eléctrica:** Utilizado con fines de explotación (9).

### 2.2.3. Sistemas aislados de la red eléctrica

También se denominan sistemas fotovoltaicos o sistemas aislados de la red, y son instalaciones solares destinadas al suministro de energía eléctrica a consumidores o viviendas aisladas que no están conectadas a la red de distribución eléctrica (8). Cuando se agregan otras fuentes de energía adicionales al sistema solar, como generadores diésel, turbinas eólicas, etc., el sistema se denomina híbrido (8).

#### *a) Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos aislados*

Las aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica son:

- **Aplicaciones Espaciales:** Desde los albores de las aventuras espaciales, los satélites y las naves espaciales han utilizado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus componentes electrónicos. Las naves espaciales y los satélites puestos en órbita por el ser humano funcionan gracias a los paneles de energía solar, ya que sirven para alimentar los dispositivos electrónicos (8).
- **Sector de gran consumo:** Televisores, refrigeradoras, etc (8).
- **Señalización:** Los signos de mar y tierra son una de las grandes aplicaciones del sistema fotovoltaico (8).
- **Bombeo:** En sistemas de bombeo, la energía solar, es una solución muy apropiada (8).
- **Electrificación de viviendas aisladas:** La distancia desde el punto de consumo a la red eléctrica a menudo es beneficiosa para la calidad de la energía cuando se evita el corte de energía, así como los costos de instalación de líneas eléctricas, y en un lugar donde se evita el corte de energía y se separa muy frecuente (8).

*b) Componentes de sistema fotovoltaico aislado*

Los principales componentes del sistema fotovoltaico aislado son los siguientes:

- **Generador fotovoltaico:** Se encarga de transformar la energía solar en energía eléctrica, logrando cargar las baterías (8).
- **Regulador de carga:** Su función es regular las cargas de la batería con el objeto de prevenir las descargas excesivas o sobrecargas y acortar la vida válida del acumulador (8). Los sistemas de seguimiento se pueden incorporar desde el punto de potencia máximo del panel. Este es un dispositivo que mejora el rendimiento de la instalación (8).
- **Sistema de acumulación:** Almacena la energía suministrada por el panel. Si se consume el consumo, la alimentación se proporciona directamente por las baterías en lugar del panel (8).
- **Inversor:** La corriente que suministra la batería es la mayor parte de la corriente de la electrónica disponible comercialmente (8). Por esta razón, los inversores se utilizan para convertir alternativamente las corrientes (8).

La iluminación influyente cuando se considera cuidadosamente durante la inspección de higiene, debe evitarse la iluminación con una intensidad de 300 Lux donde se realicen actividades de elaboración. En otras áreas, como almacenes de productos secos, se requiere una iluminación adecuada para mantener las instalaciones limpias y ordenadas.

En la sala de refrigeración se han dispuesto 8 lámparas fluorescentes para iluminar el ambiente, las cuales se encenderán una vez al día y 6 horas al día, tiempo que el operador utilizará para verificar posibles daños

$$q_{5B} = P_{\text{focos}} \times F_{\text{conversión}} \quad (2.12)$$

Donde:

$P_{\text{focos}}$ : Potencia de los focos iluminadores en, Watt.

$F_{\text{conversión}}$ : Factor de conversión de BTU/hora a Watt.

#### *Carga térmica por transmisión ( $q_1$ )*

El calor ingresa a la cámara a través de varias partes de la estructura. El valor depende del tipo y espesor del aislamiento y su valor puede ser hallado mediante la ecuación 4.14 y, en la práctica se usa:

$$q_1 = q \times A_e \quad (2.13)$$

Donde:

$q$ : Factor de ganancia por pared en,  $W/m^2$ .

$A_e$ : Área de la superficie exterior de la cámara en,  $m^2$ .

#### *Carga solar ( $q_2$ )*

Para el proyecto se hará el cálculo del sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0.0 \text{ kW}$$

La representación de los componentes que intervienen en un sistema fotovoltaico.

*Carga por cambio de aire ( $q_3$ )*

$$q_3 = F_1 \times F_2 \times V_i \quad (2.14)$$

Donde:

$F_1$  = Factor de cambios de aire en, cambios/día.

$F_2$  = Factor de calor introducido a la cámara en, BTU/pie<sup>3</sup>.

$V_i$  = Volumen interior de la cámara en, pie<sup>3</sup>.

La temperatura de diseño al interior de la cámara de refrigeración es -20 °C (-4°F).

*Carga por producto ( $q_4$ )*

$$q_4 = m \times C_A \times \Delta T / t \times f \quad (2.15)$$

Donde:

$m$ : Masa o peso del producto en libras.

$C_A$ : Calor específico del producto en BTU/libras × °F.

$\Delta T$ : Diferencia de temperaturas interna y externa de la cámara en, °F.

$t$ : factor de ritmo de enfriamiento.

$f$ : Tiempo de enfriamiento en, horas.

*Cargas diversas*

$$q_{5A} = N_p \times F_p \times t \quad (2.16)$$

Donde.

$N_p$ : Número de personas.

$F_p$ : Factor de calor liberado por persona.

$t$ : Horas por día de cada persona.

*Calor liberado por motores eléctricos de inducción*

$$q_{5C} = F_{pme} \times P_{motor} \quad (2.17)$$

Donde:

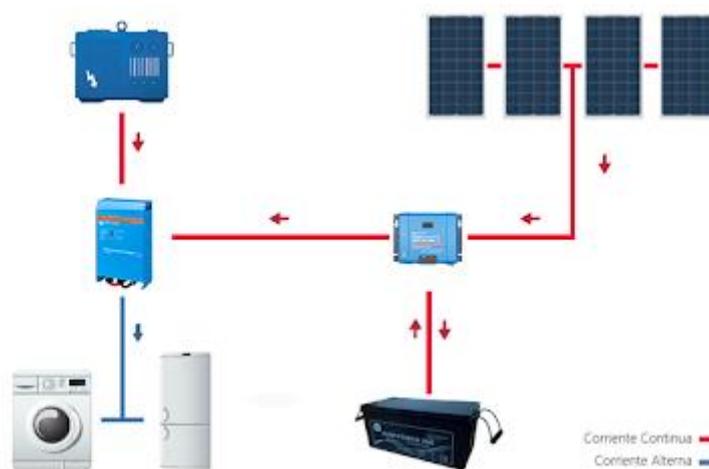
$F_{pme}$ : Factor de potencia de motor eléctrico en, BTU/hora× HP.

$P_{motor}$ : Potencia del motor eléctrico en, HP.

### *Capacidad de refrigeración requerida*

Por lo general, incremente la capacidad de enfriamiento total mediante un factor de seguridad (f.s.). El factor utilizado depende de la fiabilidad de la información utilizada en el cálculo de la carga de refrigeración. Por experiencia, se usa el 15%.

$$Q_{requerido} = Q_{total} \times f.s. \quad (2.18)$$



**Figura N° 3** Esquema general de una instalación fotovoltaica aislada.

Tomada de: "Instalación aislada de red", por Saclima, 2016.

### **Generador fotovoltaico**

El proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica está encargado por el generados fotovoltaico, el cual presenta un subsistema de captación, cuya función primordial es la captación de radiación solar a través de paneles fotovoltaicos. El panel, cuya superficie más habitual se encuentra entre 0,5 m<sup>2</sup> y 0,8 m<sup>2</sup>, se compone por una agrupación de células fotovoltaicas concatenadas en serie y paralelo con el propósito de crear tensión e intensidad eléctrica en base a la cantidad de radiación a la que está expuesta (7). La estructura de los paneles asegura la resistencia mecánica y la hermeticidad de los elementos, ayuda a eliminar el calor de

las células, mejorando así su rendimiento y favoreciendo una radiación solar óptima. (7).

***Principio de funcionamiento de la célula solar:***

De manera muy simple pero no menos rigurosa, es cierto que la composición del átomo, en lo que se refiere a los aspectos eléctricos, consiste en un cierto número de protones cargados positivamente en el núcleo e igual número de electrones cargados negativamente, los cuales giran en diferentes trayectorias en el espacio, llamadas envolturas (7). Cualquier cuerpo simple se diferencia de los demás en el número de protones y electrones que posee (7). Así, el litio contiene tres electrones y tres protones, el hidrógeno un protón y un electrón; el carbono, seis electrones y seis protones; etc. (7). Los electrones giran en órbitas semi elípticas, y cada órbita solo puede contener un número máximo de electrones dependiendo de su proximidad al núcleo (7). Cada orbital puede contener hasta  $2n^2$  electrones, donde  $n$  es el número de orbitales (7).

Y los parámetros más importantes que destacan en la composición de un sistema fotovoltaico, se muestra en la figura 4, son como sigue (7).

Y estos son:

- **Corriente de iluminación  $I_{ph}$ :** Por la aparición de portadores que generan iluminación (7).
- **Corriente de oscuridad  $I_D(V)$ :** Para la recombinación de portadores que generan el voltaje externo requerido para proporcionar energía a la carga (7).

En la figura 4 se muestra un esquema eléctrico interno de una célula fotovoltaica.

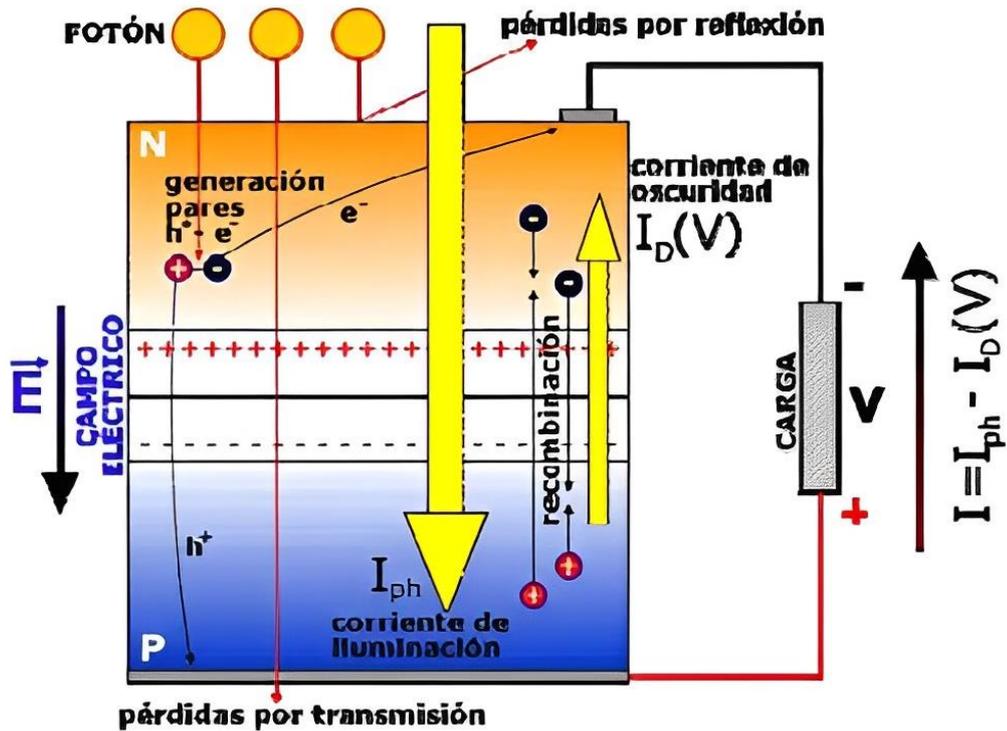


Figura N° 4 Esquema eléctrico interno de una célula fotovoltaica.

Tomada de: “Curso de energía solar”, por E. Lorenzo, Gabino Almonacid, 1994, P. 4

En la figura 5 se muestra un esquema del circuito equivalente

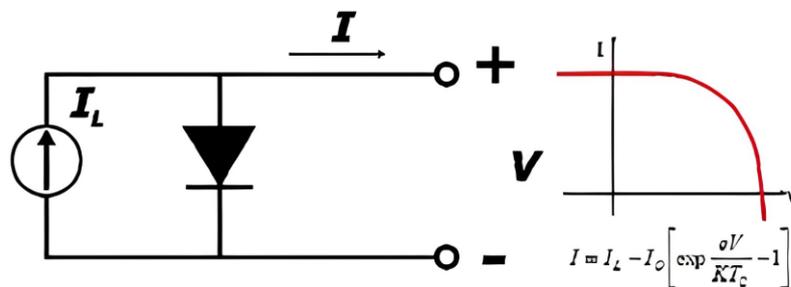
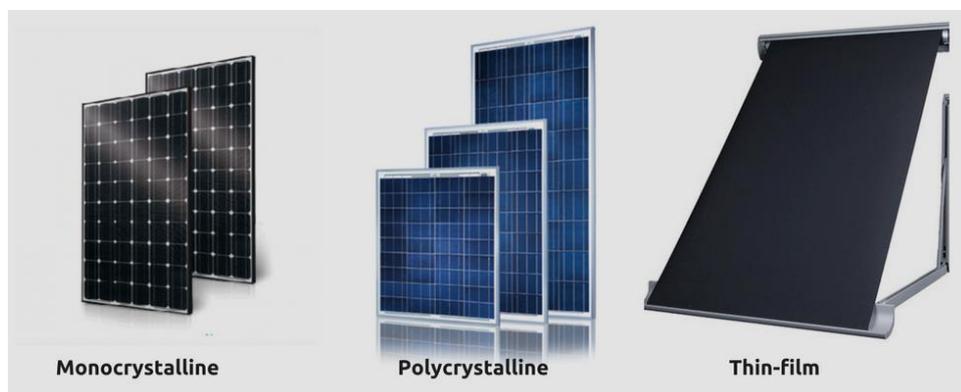


Figura N° 5 Circuito equivalente de un dispositivo intrínseco.

Tomada de: “Curso de energía solar”, por E. Lorenzo, Gabino Almonacid, 1994, P. 4

El elemento principal para la fabricación de la célula solar más utilizada por los usos es de silicio (7). El silicio ocupa el segundo lugar de los elementos más abundantes en la tierra después del oxígeno (7). Dado el hecho de que ambas combinaciones forman la 60 % de la corteza terrestre, el silicio actualmente utilizado en la producción de células que conforman el módulo fotovoltaico se muestra en tres formas diferentes (7):

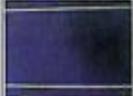
- a) **Silicio policristalino:** La fabricación de una célula policristalina es semejante a la fabricación de una monocristalina (7). La única diferencia es la utilización del silicio a un bajo costo (7). Por lo general se efectúa una reducción en la eficiencia, pero los fabricantes defienden que el precio por kW es menor (7). La superficie de las células policristalinas tiene un patrón aleatorio de cristalización en lugar del color homogéneo de las células monocristalinas (7).
- b) **Silicio monocristalino:** Comúnmente existe una inmensa demanda de las células monocristalinas, por lo que este tipo de células es de la que más abunda en el mercado. La fabricación de este tipo de células sigue el siguiente proceso: El silicio pasa por un proceso de purificación para que sea fundida y cristalizada en lingotes (7). Consecuentemente, se cortan los lingotes para formar obleas refinadas, mismas que serán usadas para formar células individuales. Una singular característica de las células monocristalinas es que su coloración es uniforme, y por lo general son de tonalidad negra y azul (7).
- c) **Silicio Ribbon:** Para la producción de células fotovoltaicas de Ribbon es necesario realizar un proceso de estiramiento del silicio fundido (7). El principio de funcionamiento es el mismo que en el caso de las células monocristalinas y policristalinas (7). El recubrimiento anti reflectivo utilizado en la mayoría de las células Ribbon tiene una apariencia prismática multicolor (7). Como se da a conocer en la figura 6.



**Figura N° 6** Tipos de células solares.

Tomada de: “Energías solar fotovoltaica”, 2021

Los tipos de células solares son tres las células monocristalinas, las policristalinas y las amorfas en la figura 6 se puede ver estos tres tipos El rendimiento actual de varias tecnologías de módulos solares en la fase de comercialización es como se ve en la figura 7 (7):

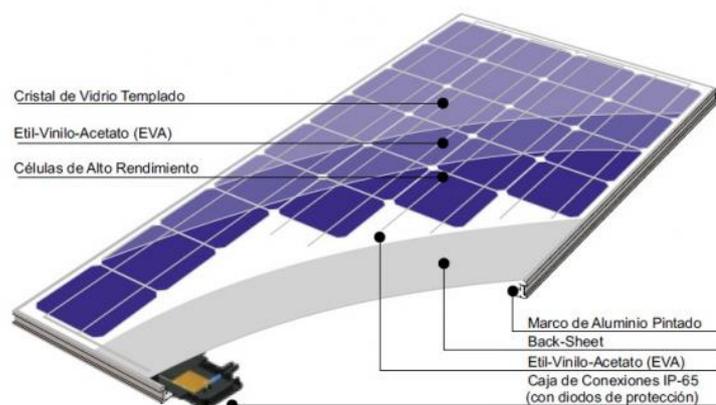
Tipo de célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15...18 %		Estructura cristalina uniforme. Se fabrica en lingotes cilindricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se gasta mucha energía en su construcción. Es el primer material en utilizarse industrialmente.
Silicio policristalino	12...14 %		Estructura cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares. Menor coste que el silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6...9 %		Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. Bajo coste de fabricación.

**Figura N° 7** Tipos más utilizados de células solares,

Tomada de: Castejón y Santamaría, 2010, p. 27.

### ***El panel fotovoltaico:***

Frecuentemente los paneles fotovoltaicos poseen entre 36 y 39 células agrupadas en serie (8). Asimismo, estas células deben estar protegidas ante el riesgo de los cambios atmosféricos, por lo que es adecuado que cuenten con un aislamiento eléctrico y una consistencia mecánica que permita su manipulación práctica (8). Al conjunto de células solares agrupadas en las condiciones descritas se les denomina módulo fotovoltaico como se aprecia en la figura 8 (8).



**Figura N° 8** Componente de Panel Solar Fotovoltaica.

Tomada de: "Celdas, células y paneles fotovoltaicos", Aulafacil, 2022.

Utilizando la fórmula:

$$\theta_{\text{óptimo}} = 3.7 + 0.69 \times \text{Latitud} \quad (2.19)$$

Donde:

$\theta_{\text{óptimo}}$ : Ángulo de inclinación óptima

Utilizamos las fórmulas de cálculo de consumos de medios diarios:

Se calcula la potencia necesaria y la energía demanda para cada módulo, usando la “potencia requerida + 10%” (Tabla 3) como  $L_{md}$  basado en la formula (1):  $L$

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} * \eta_{con}} \quad (2.20)$$

Donde:

$L_{md}$ : consumo medio energetico diario.

$L_{md,DC}$ : Consumo medio energetico diario de las cargas continuas

$L_{md,AC}$ : Consumo medio energetico diario de las cargas alternas

$\eta_{inv}$ : coeficiente de eficiencia de inversor.

$\eta_{bat}$ : Coeficiente de eficiencia de la bateria.

$\eta_{con}$ : Coeficiente de eficiencia de los contenedores electricos

Para el consumo se utilizará como dato el voltaje de la batería:

$$V_{BAT} = 12 \text{ v}$$

$$Q_{AH} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}} \quad (2.21)$$

Corriente generada por el campo de captación fotovoltaico

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{AH}}{HPS} \quad (2.22)$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (cnd )

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} * FCT} \quad (2.23)$$

Capacidad nominal de la batería en función en amperios por hora

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{BAT}} \quad (2.24)$$

Además, el panel comprende otros elementos además de las células solares, como se ilustra en la Figura 9, que aseguran una protección completa del conjunto frente a agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, es posible fijarlo a las estructuras que lo soportan y permitir la conexión eléctrica (8).



*Figura N° 9 Elementos de un panel fotovoltaico.*

*Tomada de: "Paneles solares", Electrotec, 2022.*

- Encapsulante
- Cubierta posterior y frontal
- Marco
- Conexiones
- Células
- Conexión eléctrica
- Junta de estanqueidad
- Taladro de fijación

**Diodo de protección:**

Las placas solares pueden llevar dos tipos de diodo (8):

➤ **Diodos de bloqueo**

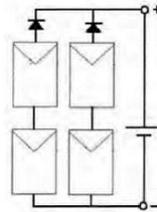
También se le denomina diodo fuera del panel (10). “Se coloca uno en cada fila de módulos (10). Impide que la corriente vaya de la batería hacia los paneles cuando no hay radiación solar; también que una fila de módulos se descargue en otra por una avería” (10).

➤ **Diodos bypass**

Si una parte del panel tiene sombra deja de generar corriente y se convierte en carga, consume en forma de calor la corriente que le llega

de las otras células (10). Se conoce como Hot-Spot o Punto Caliente (10). Se pueden llegar a incendiar los materiales (sobre todo en paneles de 24 V o más) (10).

A continuación en la figura 10, se muestra la esquematización de funcionamiento de diodos de protección.

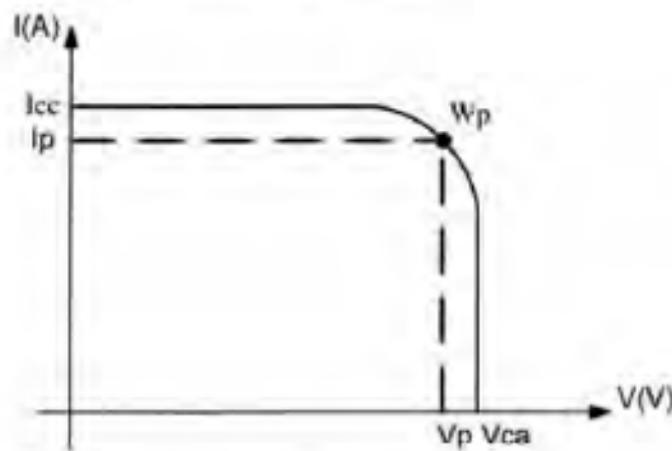


**Figura N° 10** Diodos de protección.

Tomada de: Casa y Barrio, 2012, p. 21.

Los parámetros eléctricos con los que operan los módulos fotovoltaicos, en una posición determinada, varían considerablemente la característica de la tensión de salida directa a lo largo del año (10). La radiación y la temperatura ambiente también sufren otra forma de variación debido a factores diurnos y estáticos (10).

La curva voltaje vs corriente nos muestra la relación existente entre el voltaje y la corriente en un panel solar como se ve en la figura 11, siendo esta relación muy importante, porque para el diseño servirá para definir cálculos que permitirán la selección de los componentes del sistema fotovoltaico



**Figura N° 11** Curva característica I-V de un panel solar.

Tomada de: Casa y Barrio, 2012, p. 27.

### **Intensidad en cortocircuito ( $I_{cc}$ o $I_{sc}$ )**

Se produce una tensión igual a cero productos de medir el amperímetro de forma directa a la salida de la célula o panel (10). Es mayor en función de la superficie y de la radiación luminosa (10). Para células de 10 cm de diámetro, su valor se aproxima a los 2,4 A para una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  (10).

### **Tensión en circuito abierto ( $V_{ca}$ o $V_{oc}$ )**

Para determinar este parámetro es necesario distinguir el mismo como: “Es la tensión que hay cuando no conectamos ninguna carga (10). Es la máxima que puede dar una célula. Su valor se sitúa alrededor de los 0,5 V” (10).

### **Potencia de pico ( $W_p$ o $P_{pmp}$ )**

En lo referente a la potencia de pico debemos indicar que: “Es la máxima potencia que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V en que se consigue un valor máximo, los puntos restantes de la curva generan valores inferiores” (10).

### **Eficacia de conversión ( $\eta$ )**

En cuanto a la eficiencia de un panel solar se determina como: “Relación entre la potencia que suministra la célula o panel por superficie y la irradiancia Estándar” (10).

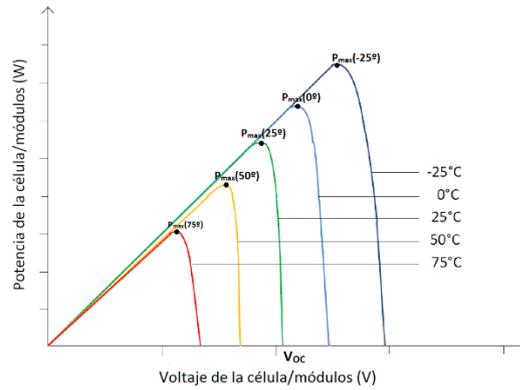
### **Parámetros fotovoltaicos o por la naturaleza del material.**

Los parámetros fotovoltaicos, podemos determinar cómo los otros diferentes factores que afectan el panel fotovoltaico también (10).

### **Intensidad de la radiación**

Es la intensidad que aumenta cuando la radiación, el voltaje permanece más o menos constante (10). Es importante conocer este efecto, porque los valores de irradiancia cambian durante el día, dependiendo del sol y del horizonte, por lo que es importante la correcta colocación de los paneles, con posibilidad de variar su posición en el tiempo, como función del tiempo (10). del día o estación del año (10).

A continuación, en la figura 12, se muestra la potencia máxima vs voltaje en un sistema fotovoltaico.

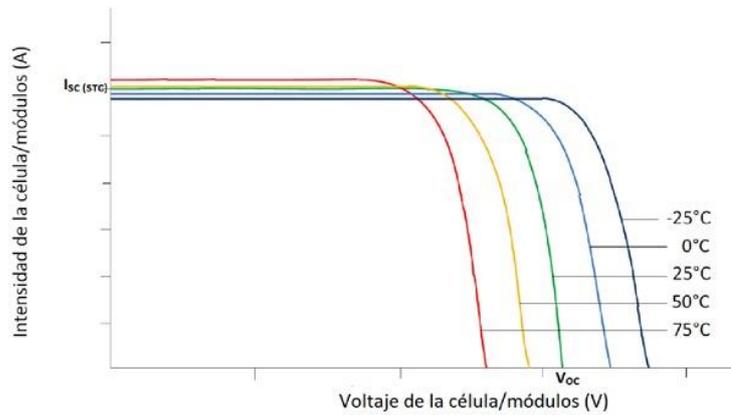


**Figura N° 12** Potencia máxima vs Voltaje en un sistema fotovoltaico.

Tomada de: “Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica”, Helene Nordahl, 2014.

Temperatura de la célula solar: la exposición de la célula solar hace que las células se calienten, creando cambios en la producción de electricidad (10). La radiación de 1000 W / m<sup>2</sup> es capaz de calentar una celda a unos 30 °C por encima de la temperatura del aire circulante (10). A medida que sube la temperatura se genera una menor tensión, por lo que es recomendable instalar los paneles de forma que estén bien ventilados, y si las temperaturas normalmente alcanzan temperaturas muy altas, considerar instalar paneles con un mayor número de células (10).

A continuación en la figura 13, se muestra los efectos de la temperatura en la potencia en las instalaciones fotovoltaicas.



**Figura N° 13** Los Efectos de la temperatura en la potencia en las Instalaciones Fotovoltaicas. Tomada de: “Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica”, Helene Nordahl, 2014.

### **Sistema de acumulación**

La función principal de las baterías es suministrar energía constante, aunque los paneles capten a intervalos (10). Pueden suministrar una potencia más alta, como en el arranque de fluorescentes o motores (10). La capacidad está en función del nivel de radiación solar; por ende, colocar baterías de mayor tamaño ayuda de mejor manera al sistema, ya que no se llenarán y se producirá sulfatación en ellas (10). El uso suele ser constante, con cargas y descargas de duración diarias (10). No suele haber descargas rápidas como en los coches, por eso no se recomiendan de este tipo (10). Las baterías más utilizadas son las estacionarias o de ciclo profundo (10). La mayoría de Plomo - Ácido, ya que las de Níquel o Litio son más caras (10). Como desventajas podemos decir que aumenta el coste, el mantenimiento y hace más compleja la instalación (10).

Los tipos de baterías se muestran en la figura 14.



**Figura N° 14** Tipos de baterías solares.

*Tomada de: “Tipos de baterías solares”, soluciones en batería.*

La funcionabilidad de las baterías se basa en los procesos de acumulación y proporción de energía eléctrica producto de diversas reacciones químicas (10). A lo largo, la energía eléctrica se transforma en química y en la descarga al revés (10). El proceso se produce entre dos placas de metal – electrodos - y un líquido con carga eléctrica – electrolito - que se descompone para producir corriente durante la descarga y la inversa en la carga (10).

Para su uso en instalaciones fotovoltaicas se deben conocer las siguientes expresiones (10):

- Capacidad
- Eficiencia de carga
- Auto descarga
- Profundidad de descarga

Para el consumo de la batería se utilizará dicha fórmula:

$$Q_{AH} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}} \quad (2.25)$$

### ***Regulador de carga***

El concepto fácil de entender un regulador de carga se detalla de la siguiente manera (10). “Se encarga de controlar las cargas y descargas de la batería, protegiéndola y evitando averías. También evita que la corriente no vuelva hacia los paneles, durante la noche, gracias a un diodo que hace esta función” (10).

Existen diferentes tecnologías comercializadas para aplicaciones fotovoltaicas (10). El tablero de control envía energía al regulador y monitorea la corriente que ingresa al acumulador y sale para consumo (10), en la figura 15 se detalla el esquema de reguladores en serie y paralelo.

#### **a) Funciones**

- Cuando detecta que la batería está cargada, la corriente disminuirá o se detendrá (10).

- Se encarga de la detención del escape de corriente a la batería si el voltaje es bajo (10).
- Mostrar información de configuración: valores de voltaje y corriente, estado de carga, etc (10).
- Ajuste la tensión de carga según la temperatura (10).
- Alarma: resplandor o sonido. Advierten sobre sobrecargas o descargas (10).

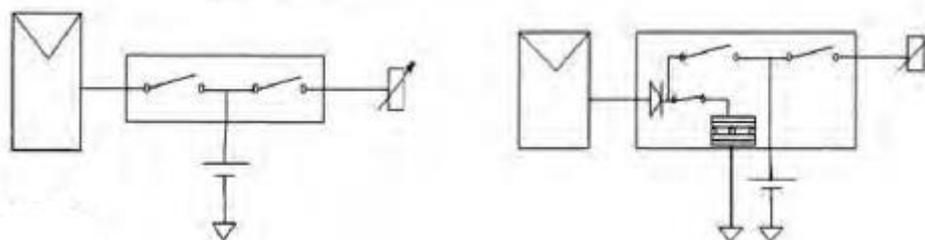
**b) Características**

- Voltaje nominal. Los valores típicos son 12, 24 o 48 V (10).
- Corriente nominal. La magnitud del campo fotovoltaico que puede manejar el regulador es generalmente la misma que la de la línea de consumo (10).

**c) Constitución**

Existen dos tipos de conexiones (10).

- En serie.
- En paralelo.



**Figura N° 15** Reguladores en serie y paralelo.  
Tomada de: Casa y Barrio, 2012, p. 49.

Un regulador se define por sus características, como su voltaje nominal y el amperaje máximo que puede disipar (10). El controlador puede desconectar o interrumpir el servicio de instalación según sea necesario y reiniciarlo automática o manualmente (10).

Físicamente un regulador de voltaje para un sistema fotovoltaico tiene el aspecto que se ve en la figura 16.



**Figura N° 16** Regulador de carga.

*Tomada de: "Catálogo de productos Autosolar"*

El sistema autoajutable es adecuado para pequeñas instalaciones remotas donde el mantenimiento es difícil, en cuyo caso el cucharón debe calcularse y dimensionarse para evitar sobrecargas (10). El regulador debe estar ubicado en un lugar de fácil acceso para facilitar la observación y el funcionamiento, así como para la verificación periódica de la calibración del voltaje de salida (10).

### ***Inversor***

Al inversor se le conoce como: "Si se trabaja en continua a una tensión diferente de la nominal (paneles y baterías) se utiliza un convertidor continua-continua, CC-CC (10). Si el consumo, o parte, trabaja con valores alternos ha de utilizarse un convertidor Continua-Alternativa, CC-CA" (10).

Es el elemento de ajuste que convierte la corriente continua en corriente alterna (10). Se insertan entre el controlador de carga y la unidad de aire acondicionado (10). Es fundamental en sistemas que utilizan dispositivos de almacenamiento, como baterías (10). La característica principal del inversor es que el voltaje de entrada debe ajustarse al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y el voltaje de salida de CA, frecuencia de onda, etc (10). La eficiencia es la relación entre la carga suministrada por el inversor y la carga que recibe del acumulador, el inversor de carga se puede ver en la figura 17 (10).



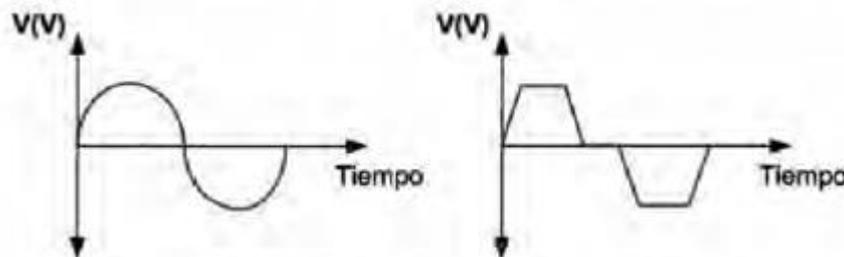
**Figura N° 17 Inversor solar.**

Tomada de: "Catálogo de productos Autosolar"

Dependiendo de la forma de onda, pueden ser:

- Onda de tipo cuadrada
- Onda de tipo modulada
- Onda de tipo sinodal pura
- De onda sinodal modificada o trapezoidal

En la figura 18 se exponen las señales con las que se trabaja en el inversor de carga



**Figura N° 18 Señales senoidal y trapezoidal.**

Tomada de: Casa y Barrio, 2012, p. 55.

## 2.2.4. Refrigeración para aplicaciones en la pesca marítima

### a) Introducción

El mar cubre 70% de la superficie terrestre, unifica los cinco continentes, se convierte en un medio de comunicación, adquiere las riquezas y proyecciones de diferentes pueblos por excelencia (11).

Es relevante afirmar que la composición química incide directamente en las frigorías o la cantidad de hielo necesarias para que el pescado se enfríe; a su vez, también posee una dependencia en cuanto al coeficiente de conductividad térmica y al calor específico (11). Aun así, es la composición química el principal factor para la adopción del método de procesamiento más adecuado con relación al rendimiento y calidad (11).

Los productos pesqueros deben ser enfriados inmediatamente y mantener una cadena gélida hasta llegar a las manos del consumidor final; sin embargo, hay algunos productos que es mejor preferible se conserven vivos como los mariscos (11). Cabe recalcar que la limpieza, el manipuleo adecuado, el uso de materiales apropiados y equipos limpios son importantes para que los productos mantengan su valor nutritivo y de calidad (11).

***b) Causas de la descomposición de los pescados***

En cuanto el tiempo de descomposición de los recursos hidrobiológicos depende del siguiente análisis (11). “El recurso pesquero es altamente perecible, pues posee un alto valor nutritivo, destacando la digeribilidad de su carne, lo que lo hace presa fácil del ataque de los microorganismos” (11).

Los peces se descomponen muy rápidamente, debido a la autólisis (este es un proceso biológico por el cual las células se destruyen a sí mismas) y el posterior ataque bacteriano, que descompone la proteína hasta que se forma trimetilamina, un compuesto orgánico con la fórmula  $N(CH_3)_3$  es una amina terciaria, inflamable e higroscópica y en bajas concentraciones tiene un fuerte olor a "pescado", mientras que en altas concentraciones tiene un olor similar al olor del amoníaco ver la figura 19 (11).



**Figura N° 19** *Descomposición de pescados.*  
Tomada de: “Conservación de pescados y mariscos en casa”, 2017.

**c) *Higiene a bordo***

Los cambios que se producen se perciben subjetivamente, por apariencia; Consistencia; olor y color (11). Como resultado, los ojos se vuelven turbios, las branquias se vuelven marrones, la carne se vuelve tierna y tiene un olor a pescado característico y luego se vuelve maloliente (11). El pescado se lleva a la bodega por rampa, donde se selecciona, se lava, se extraen las vísceras (sin órganos, cabezas y colas), se pela, se enfría, se enfría, se congela y se conserva (11). El uso de agua de mar debe ser abundante; Lo mejor es limpiar profundamente la cavidad con vapor y biocida entre los ya mencionados (11).

**d) *Descarga y subasta***

La descarga de pescado fresco refrigerado debería transportarse directamente a las zonas de subasta, como las terminales de pesca; caja de pez luchador puede ser de 20 o 40 kg; El transporte debe estar congelado en camiones aislados y refrigerado en sistemas como Termo King o similares (11)

**e) *Alteración físico-químico de los pescados***

El frío se aplica a los alimentos en dos modalidades, la refrigeración y la congelación (12). En la refrigeración el alimento debe mantenerse entre  $-1$  °C y  $8$  °C (12). En la congelación, la temperatura del alimento debe descender hasta  $-18$  °C (12). Esta temperatura está aceptada internacionalmente por las siguientes razones (12):

Desde el punto de vista microbiológico, el crecimiento de los microorganismos patógenos se inhibe a  $-4$  °C y el crecimiento de las alteraciones se inhibe a  $-10$  °C (12). Desde el punto de vista de las alteraciones por reacción química, a  $-18$  °C se anula la velocidad de las reacciones posibles en los alimentos, como las Maillard (pardeo químico) (12). Por último, si se sigue bajando la temperatura, a  $-72$  °C se anulan las velocidades de las reacciones enzimáticas (12). Teóricamente,  $-72$  °C sería la temperatura de congelación ideal de los alimentos, pero es tecnológicamente inasequible a precios aceptables, difícil de mantener en las etapas de distribución del alimento (cadena del frío) y sólo necesaria

cuando se esperan reacciones enzimáticas residuales (12). Por todo ello se ha elegido  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  como temperatura de congelación de los alimentos (12).

***f) Refrigeración de recursos pesqueros***

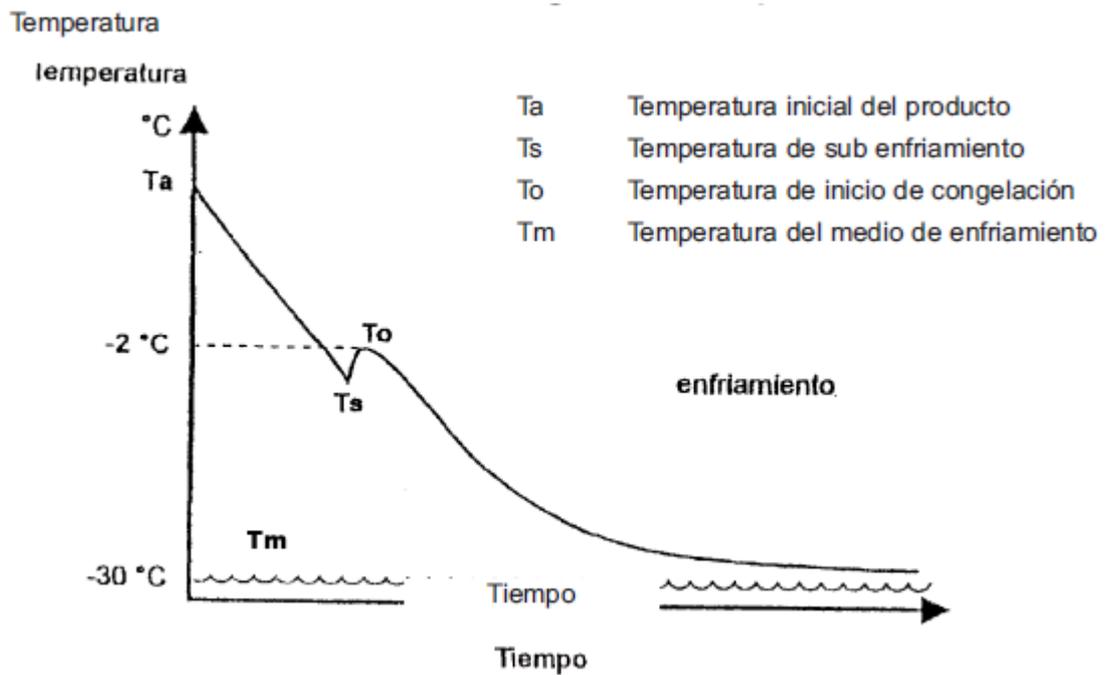
El proceso de refrigeración se basa someter a un producto a temperaturas superiores ligeras al punto de congelación, manteniendo las condiciones de humedad relativa (HR) y temperatura ( $T^{\circ}$ ), las cuales son esenciales para que el producto cumpla con la sanidad y calidad adecuada durante un periodo temporal (11). Es recomendable que la refrigeración sea efectúe instantáneamente después de la captura, y que este se mantenga hasta la entrega al consumidor (11).

El proceso de refrigeración conlleva una menor inversión que la congelación; puesto que la rotación de los productos en stock es mucho más rápida que el de los productos congelados (11). Los equipos de refrigeración diseñados y fabricados con materiales adecuados a las condiciones del país y las necesidades actuales, deberán tener una vida amortizada económicamente aceptable, teniendo en cuenta la confiabilidad de la máquina y su adecuado mantenimiento (11).

***g) Conservación del pescado por congelación***

Cuando el pescado está en un estado adecuado de congelación, este mantiene a la par condiciones naturales por lo que se toma como se hace notar como fresco, (11). El objetivo de congelar pescado entero, fresco o procesado es obtener un producto de consumo que pueda almacenarse durante varios meses y luego obtener un producto que no se modifique prácticamente durante el proceso de procesamiento. (11).

Para congelar hay que retirar el flujo calorífico para que baje la temperatura del pescado, como se muestra en la Figura 20 y 21 (11).



**Figura N° 20** Curva de congelación de pescado congelado.  
 Tomada de: "La industria pesquera en el Perú", 2018, p. 46.



**Figura N° 21** Pescado congelado.  
 Tomada de: "Pescado fresco o pescado congelado comparativa y recomendaciones", Barcelo, 2020.

#### ***h) Tiempo de congelación***

El tiempo de congelación es el transcurrido para reducir la temperatura del producto desde la inicial hasta otra dada en su centro (11). La

temperatura de almacenamiento recomendada es de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y para que el pescado se congele rápidamente. La temperatura de la superficie del pescado se reducirá rápidamente a casi la del congelador (11). Cuando el centro térmico baje a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la media del pescado será de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (11).

***i) Tratamiento del pescado después de la congelación***

El pescado se debe glasear o envasar tan pronto como salga del congelador, a menos que se envase antes de la congelación y se envíe al congelador inmediatamente. (11). Cuando se sabe que el almacenamiento va a ser breve, no hace falta empaquetar o glasear porque puede no ser práctico (11). Aun durante un almacenamiento corto, el pescado desprotegido puede deshidratarse gravemente en un frigorífico mal proyectado o mantenido (11).

***j) Envió al frigorífico***

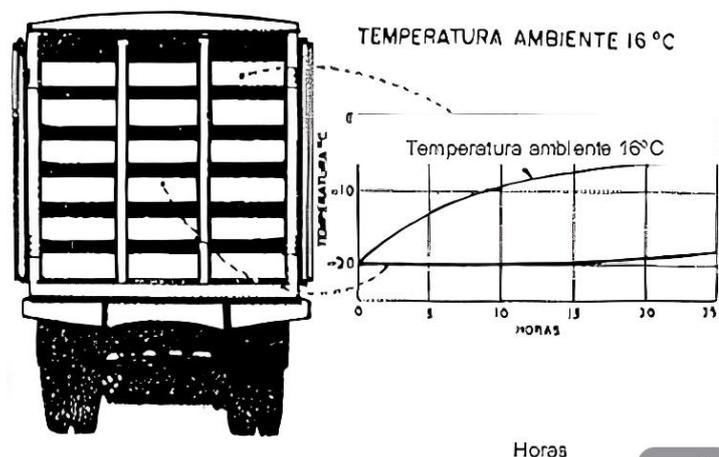
El tiempo que transcurra desde que el producto sale del congelador hasta que llega al frigorífico debe ser el mínimo posible (11). La temperatura de la superficie del producto aumenta rápidamente, por lo cual llega a descongelarse en las condiciones ambientales, particularmente si se trata de productos pequeños, como los filetes (11). Todos los envases que salen del congelador hasta que entran en el frigorífico deben almacenarse en lugares o ambientes donde la temperatura sea lo más baja posible, siempre a la sombra o lejos de radiadores de calor (11). Iguales precauciones deben tenerse durante y después de la elaboración (11). Aunque el producto parezca robusto hay que tratarlo con cuidado, pues una manipulación inadecuada lo estropea fácilmente (11). La mecanización del empaquetado y glaseado contribuye a enviar el producto al frigorífico en buen estado (11).

***k) Transporte de pescado congelado***

No tiene importancia si el pescado congelado está parcialmente descongelado al llegar a su destino o al punto de venta para consumo humano (11). Es más, puede transportarse en vehículos sin aislamiento si el viaje no es largo (11). En el caso de viajes de mayor duración, el pescado congelado que se envía a otro frigorífico se transportará en

vehículos aislados, preferentemente con un enfriador que mantenga la temperatura interior en cerca de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (11).

La Figura 22 muestra las ubicaciones de carga de temperatura de productos congelados en vehículos sin refrigeración ni aislamiento (11).



**Figura N° 22** Efecto de la posición de la carga en la temperatura de productos congelados en un vehículo sin refrigeración ni aislamiento.

Tomada de: "La industria pesquera en el Perú", 2018, p. 61.

### 1) **Condiciones de almacenamiento**

La carne del pescado tiene la característica de conservarse en menor tiempo, a diferencia de la carne de otros animales de sangre caliente, es decir, que, en igualdad de condiciones de depósito, se descompone antes (13). Esto se debe a que los músculos del pescado contienen un 5-10 % más de agua en comparación con la carne de otros animales, la temperatura óptima para la actividad de las enzimas autolíticas es menor y la proporción de tejido conectivo es menor (3-6 %) en los animales endotérmicos. (13). Siendo así, la macroestructura del músculo del pescado es bastante más laxa que en los animales de sangre caliente (13). Los compuestos químicos presentes también son marcadamente más lábiles (13). Esto hace que destaque asimismo el contenido de sustancias extractivas nitrogenadas libres presentes en el músculo, que son productos del metabolismo intermediario, existentes en el pescado en proporción muy superior (13).

La fácil descomposición de la grasa del pescado exige precauciones especiales en la conservación y transformación industrial de esta materia prima, si se quiere conservar la calidad (13). La grasa del pescado es un

importante factor saborizante, v.gr., en la elaboración de pescado ahumado, que influye decisivamente sobre la calidad de los productos obtenidos (13). Además de la contaminación microbiana externa, las bacterias en el intestino, las enzimas digestivas que provocan una rápida descomposición de las proteínas y, sobre todo, la capa mucosa, que es rica en bacterias, juega un papel crucial en la descomposición bacteriana del pescado (13). Esta envoltura contiene muchos microorganismos psicrófilos, que todavía encuentran buenas condiciones de vida a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (13). Se procurará almacenar el pescado en congelación, en un intervalo térmico comprendido entre los  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (13).

#### ***m) Descongelación del pescado***

Una cualidad del pescado al estar en un proceso de descongelación es que este sufre un deterioro acelerado al igual que el pescado en estado fresco, por lo que es recomendable que el pescado se mantenga congelado todo el tiempo; se puede usar hielo para congelar el pescado o se puede remover del descongelador sin mantenerlo demasiado tiempo fuera del estado de descongelación por completo, de tal modo que el producto mantenga una mínima reserva de frío (11). Bajo ningún modo el pescado debe pasar a un estado de sobrecalentamiento dentro del descongelador ya que puede alterar su calidad o textura (11).

#### ***n) Normas técnicas peruanas de calidad de pescado congelado***

Los estándares de calidad del pescado congelado de producción local son quizás la mejor oportunidad para desarrollar una reputación internacional y una amplia gama de calidad. Se han determinado las siguientes normas de calidad locales para el pescado congelado a continuación se muestra en la tabla 1:

**Tabla 1** Normas sobre calidad de productos pesqueros congelados

<b>NTP-CODEX CXS 36:2020</b>	Pescados no eviscerados y eviscerados congelados rápidamente.
<b>NTP 041.001:2019</b>	Establece los requisitos y métodos de ensayo para todas las especies de pescado fresco destinados a consumo humano.
<b>NTP,041.005, 2005</b>	Pescado congelado rápidamente.
<b>NTP-ISO 10005:2020</b>	Directrices para los planes de la calidad.

*Nota:* Lista de normas aplicadas a productos pesqueros congelados. Tomada de: Normas técnicas peruanas, Indecopi, 2021.

### ***o) Refrigeración y el sistema de compresión del vapor***

- ***Sistemas de refrigeración***

El diseño del sistema de refrigeración por compresión de vapor está inspirado en la teoría termodinámica, por lo que se redefine como el dinámico comportamiento de este proceso desde el punto de vista de esta ciencia. Su diseño tiene la funcionabilidad de intercambiar el calor entre el líquido refrigerante en el evaporador y el aire que circula en las cámaras de productos acuáticos, asimismo, tiene rasgos termodinámicos que permite que el calor sea absorbido del aire, liberando el cobre de calor irrecuperable al ambiente.

En las referencias bibliográficas se pueden encontrar diversas clasificaciones, centrándose principalmente en el aspecto industrial; Sin embargo, este proyecto de tesis presenta una descripción categórica de las diferentes aplicaciones de los procesos de enfriamiento de pescado:

- ***Refrigeración:***

Te refieres a los procesos donde tiene lugar un cambio físico. El rango de temperatura de estos procesos es de 0° C a -18 °C. Sus aplicaciones varían entre los sectores comercial, industrial, de investigación y doméstico.

- *Congelamiento:*

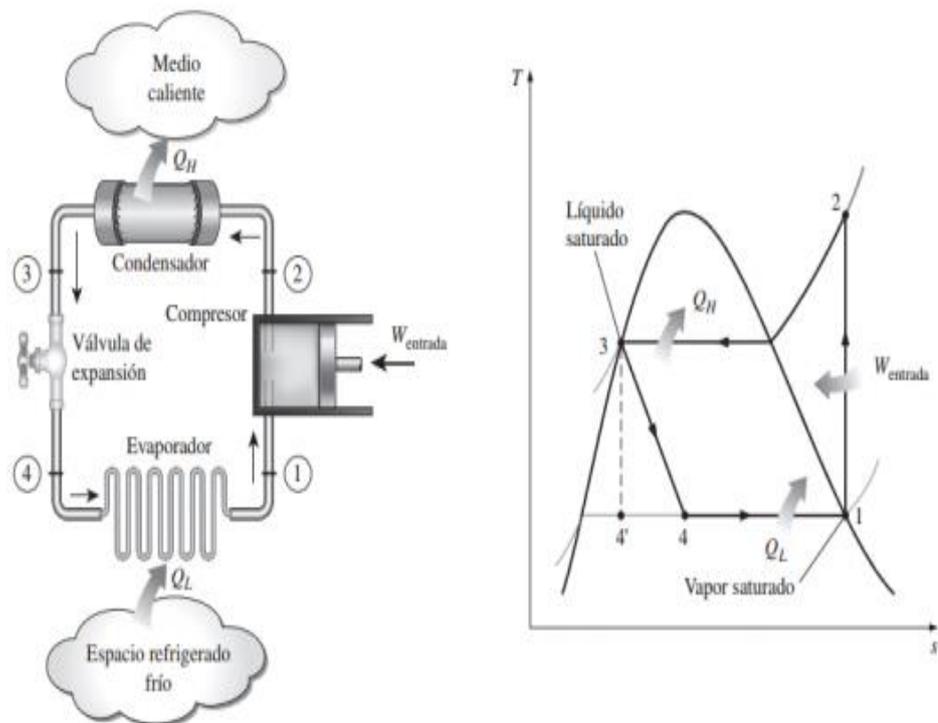
Su rango de temperatura objetivo es de alrededor de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Este es un proceso para lograr una vida útil más larga, de un mes a un año. Sus aplicaciones son para fines industriales y de investigación.

- *Sistemas de refrigeración por compresión de vapor*

“El ciclo de refrigeración que se utiliza con más frecuencia es por compresión de vapor, donde el refrigerante se evapora y se condensa alternadamente, para luego comprimirse en la fase de vapor” (14).

- *Ciclo ideal por compresión de vapor*

“Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes”, como se muestra en la figura 23 (14).



**Figura N° 23** Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.  
Tomada de (Cengel & Boles, 2014)

- 1–2: Compresión isentrópica.
- 2–3: Rechazo de calor a presión constante en el condensador
- 3–4: Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- 4–1: Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

***p) Ciclo real por compresión de vapor***

En el ciclo ideal, el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado (14). Sin embargo, en la praxis, es imposible controlar el estado del refrigerante con tal precisión (14). En cambio, el sistema se puede diseñar fácilmente para que el refrigerante se sobrecaliente en la entrada del compresor (14). Este ligero sobrecalentamiento asegura que el refrigerante se evapore completamente cuando ingresa al compresor (14). Además, las líneas que conectan el evaporador con el compresor suelen ser muy largas; por lo tanto, la caída de presión causada por la fricción del fluido y la transferencia de calor del ambiente al refrigerante puede ser significativa (14). El resultado del sobrecalentamiento, la ganancia de calor en las líneas de conexión, la caída de presión en el evaporador y las líneas de conexión es un aumento del volumen específico y, por lo tanto, un aumento de la demanda de entrada debido a la operación de flujo constante, la capacidad del compresor y la potencia específica (14).

***q) Componentes de un sistema de refrigeración por compresión de vapor***

Los elementos fundamentales de cualquier sistema de refrigeración por compresión de vapor son: compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión, sin embargo, en los sistemas de refrigeración industrial, utilizados por grandes empresas hay más componentes como sistema para el procesamiento a mayor escala, poseen otros componentes como el sistema de control, instrumento de medida (manómetro), recipiente receptor, tanque de separación de líquidos, etc. Aun así, el esquema general que representa a todos los sistemas de refrigeración por compresión de vapor incluye sus cuatro partes principales, que, en esencia, constituyen el sistema analizado en esta tesis.

- **Compresor**

El proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático y, por ende, isentrópico (14). Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá efectos de fricción, los cuales incrementan la entropía y la transferencia de calor, lo que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo de la dirección (14).

Los compresores que se suelen utilizar en la industria de refrigeración son herméticos, como se muestra en la figura 24.



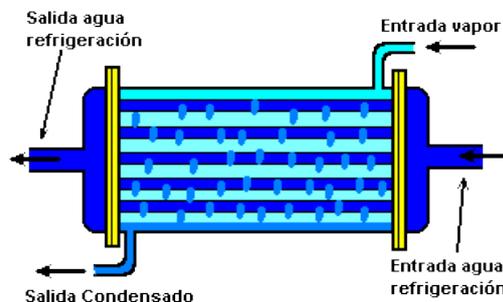
**Figura N° 24** *Tipos de Compresores para refrigeración.*  
Tomada de: “Danfoss”, 2019.

- **Condensador**

El condensador tiene por función principal condensar el fluido refrigerante después de salir del compresor en estado de vapor recalentado (15). Puesto que tiene una funcionalidad de intercambiador de calor, transferirá su “calor” al agente condensante, ya sea aire o agua (de ahí su clasificación, como más adelante veremos), produciendo el enfriamiento del fluido refrigerante hasta llegar a su punto de condensación, a la cual se efectuará el cambio de estado (15). Para que el proceso de intercambio térmico entre el refrigerante y el agente condensante sea efectivo, el intercambiador

deberá ser de material conductor, de superficies metálicas (15). Para ilustrar lo anteriormente expuesto, consideremos el ciclo estándar, con unas temperaturas de evaporación y condensación de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (15). El fluido ingresa al condensador en estado de vapor sobrecalentado a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , calentándolo inmediatamente cuando está pasando, a medida que cede su calor al agente condensante, su temperatura va disminuyendo hasta que llega a los  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que es a la que se produce la condensación, la cual se realiza a presión y temperatura constantes (15). Por último, el fluido sale en estado líquido a la temperatura que se condensó (15).

Los condensadores se pueden clasificar de acuerdo con sus medios de enfriamiento, tales como: refrigerado por agua (tubo doble como se muestra en la Figura 25, serpentín de carcasa, tubo de carcasa), refrigerado por aire (convección natural, convección forzada), evaporador (refrigerado por aire y agua) y refrigerado por refrigerante (sistema de etapas) (15).



**Figura N° 25** Condensador de un sistema de refrigeración.  
Tomada de: "Condensadores enfriados por agua". 2017.

- **Dispositivos de expansión**

Una de las actividades claves que realizan los elementos de expansión son (15):

- Regular la cantidad de fluido refrigerante, que entra en el evaporador (15).
- En unión del compresor, mantienen las presiones de alta y baja (15).
- Producen la expansión del fluido. El fluido pasa de alta a baja presión en el evaporador (15).

Pueden ser de varios tipos, empleados en los sistemas de refrigeración:

- a) Válvulas manuales.
  - b) Válvulas de expansión termostática.
  - c) Válvulas reguladoras de nivel.
  - d) Tubos capilares.
- Válvulas de expansión termostática

La válvula de expansión termostática (Figura 26) es uno de los elementos de una instalación con los que la gran mayoría de las personas que trabajan allí se han ocupado en algún momento (15). Pero también hay que decir que, en muchos casos, no es necesario hacer una justificación de la siguiente forma (15):

Si es que la cámara frigorífica no llega a conseguir la temperatura adecuada entonces no enfriará, puesto que carece de la cantidad adecuada de fluido refrigerante, sin embargo, esto se soluciona si es que se abre la válvula para que pase más fluido.

En primer lugar, antes de ocuparnos de la válvula, debemos determinar si la "falla" es realmente de la válvula y no de otros componentes, como, por ejemplo, mala condensación o fugas (15).

Al actuar sobre la válvula, no sólo modificamos la cantidad de fluido que pasa a través de ella, sino que también hay otras repercusiones, como estudiaremos posteriormente (15).



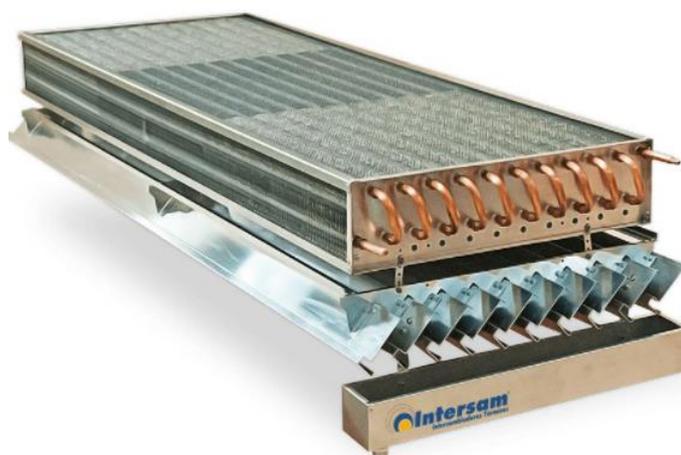
**Figura N° 26** Válvula Termostática.

Tomada de: "Manual de Refrigeración" de Juan Franco Lijó, 2012, p. 130.

- **Evaporador**

Es un elemento de montaje que proporciona un efecto refrescante. (15). Es un intercambiador de calor, en el cual el calor de la cámara o local pasa al interior del evaporador por efecto de la ebullición del fluido refrigerante en su interior (15). El fluido refrigerante, ya expansionado, entra en el evaporador a la presión y temperatura necesarias para que efectúe el enfriamiento del medio que lo rodea (15). La estructura tiene que estar hecha de un material con propiedades de conducción térmica, para que se realice el mejor intercambio posible, y no tienen que estar instalados necesariamente dentro de los recintos o locales a refrigerar (15).

Los criterios de configuración clasifican el evaporador en: tubular, placa desnuda, tubo estático y / o tipo aleta como se puede ver en la Figura 27 y entrada de aire forzado (15).



**Figura N° 27** Evaporador.

Tomada de: "Catalogo de productos INTERZAM".

- **Botellas de refrigerante o recibidor**

Las que son de pequeña capacidad suelen llevar una sola válvula en la parte superior (Figura 28) (15). Si se abre la válvula, estando la botella en posición normal, sale fluido en estado de gas (15). Si se le da la vuelta a la botella, entonces al abrir la válvula sale el fluido en estado líquido (15). Las de grandes capacidades llevan dos válvulas en su parte superior, y en ellas está indicado si corresponde a gas o a líquido (15). Una característica relevante que poseen las botellas es que en su

exterior poseen una etiqueta que muestra las capacidades (kg) que pueden almacenar, según el tipo de fluido refrigerante (15). Este es un dato esencial, por ejemplo, para la carga de la misma o para casos de vaciado de instalaciones (15). Es inconveniente almacenarlos a alta temperatura porque afectará la presión del líquido (aumentarla), y no debe vaciarlos completamente, porque cuando la presión sea igual a la atmosférica, entrará aire (15).

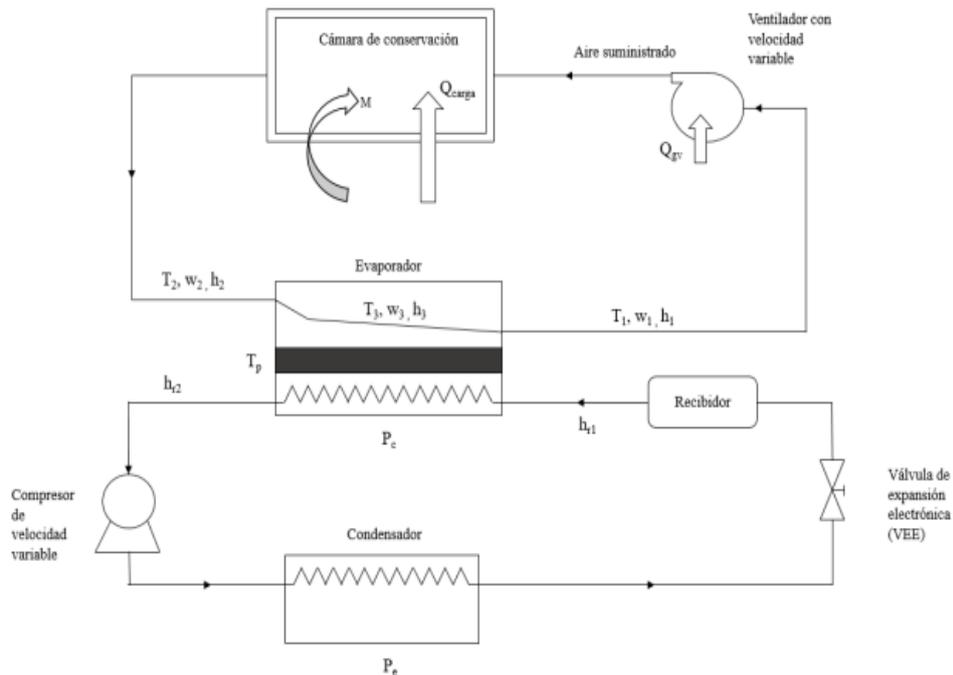


**Figura N° 28** Recibidor de líquido refrigerante.

Tomada de: "Equipos y accesorios de la cadena de frío", 2017.

- **Esquema de sistema de refrigeración**

Cuando hablamos de congelamiento en la industria alimentaria, tenemos que pretender alcanzar temperaturas de almacenamiento bajas por debajo de cero grados centígrados (15). Estos productos se configuran como orgánicos y pueden dañarse por los efectos del medio ambiente y pueden producir grandes pérdidas económicas para este tipo de contención, y para evitar esto hay que mantener sus diferentes temperaturas que necesitan mantenerlas, como se muestra en la Figura 29 (15).



**Figura N° 29** Esquema de sistema de refrigeración.  
Tomada de: Cengel & Boles, 2014.

- **Cámara de refrigeración**
- **Aislamiento de la cámara frigorífica**

Para que los productos se conserven en buenas condiciones es necesario que se encuentren en un ambiente de frío, sin embargo, este proceso tiene un coste económico pero a su vez necesario, ya que, sin la refrigeración de productos, podrían perder sus propiedades naturales y pasar en estado de descomposición (16). Es necesario realizar numerosas prácticas para obtener el nivel de humedad, temperatura y composición gaseosa ambiental adecuadas, ya que estos criterios son determinantes en las industrias que se dedican a producción o a la comercialización de productos perecederos. Esto a su vez ha traído consigo que las empresas dedicadas a venta de frigoríficos se desarrolle exponencialmente dentro de la industria agroalimentaria (16). El control de estas condiciones de temperatura, humedad y composición gaseosa no se comprende sin el uso de las instalaciones frigoríficas ni del material aislante más adecuado (16).

En la industria frigorífica, es muy común el uso de materiales aislantes, cuyo nombre se debe a que su capacidad para conducir el calor es tenue. Tienen la peculiaridad de presentar grupos de celdillas o células que reprimen gases o aire interiormente (16). Algunos materiales, como el corcho o las células de algodón, contienen aire de forma natural, mientras que otros, como la fibra de vidrio, lo atrapan durante el proceso de fabricación; se añaden otros gases como R-11, R-113 o CO<sub>2</sub>, durante la expansión (16). Las propiedades de absorción de humedad del material aislante es una de sus características importantes ya que el agua tiene un coeficiente de conductividad muy superior al del aire seco y otros gases inertes utilizados en la fabricación de aislantes, por lo que el vapor de agua, si es capaz de penetrar en las celdillas del aislante provocará una disminución del poder aislante del material, al tiempo que aumentará su peso específico (16).

- **Fabricación de aislantes**

A continuación, se muestra un breve resumen del proceso de fabricación de los aisladores más utilizados en cámaras frigoríficas.

- ***Corcho***

Es uno de los aislantes más antiguos que fueron utilizados por el hombre, su origen es vegetal y a pesar que es un aislante común, ha quedado en desuso en países como España actualmente, excepción de su utilización en bancadas de compresores y de otras máquinas para reducir la transmisión de vibraciones (16).

- ***Poliestireno expandido***

A través de un proceso de polimerización mediante moldeamiento en bloque en vía seca y húmeda es que se obtiene el poliestireno expandido en forma de perlas blancas (16).

- ***Espuma de poliuretano***

La espuma de poliuretano se adquiere después de que componentes químicos como el poliol e isocianato reaccionen en presencia de un catalizador (16). La espuma inflexible posee una densidad con una variabilidad en función del agente en su hinchado. Este aislante puede

fabricarse en moldes abiertos, obteniéndose bloques que después pueden ser cortados con las medidas deseadas y también pueden obtenerse en máquinas “continuas” que permiten obtener placas de gran espesor (50 cm) que se cortan seguidamente, o bien en placas de espesores comerciales revestidas o no con soportes formando barreras anti-vapor (16).

La metodología propuesta a continuación es de gran utilidad, debido a su sencillez y eficacia (16). Se parte de una ecuación que muestra la tasa de transferencia de calor a través de una pared plana:

$$Q = A \times K \times [T_i - T_c] \quad (2.26)$$

Donde:

Q: Transferencia de calor en, Watt.

A: Área de cerramiento en, m<sup>2</sup>.

K: Coeficiente de transmisión superficial global en, W/m<sup>2</sup>×°K.

R: Resistencia térmica en, m<sup>2</sup> × °K/W.

T<sub>i</sub>: Temperatura en la intemperie en, °C.

T<sub>c</sub>: Temperatura de la cámara en, °C.

El flujo de calor a través de la pared será:

$$q = K \times [T_i - T_c] \quad (2.27)$$

Donde:

q: Pérdidas térmicas en, W/m<sup>2</sup>.

El coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e} \quad (2.28)$$

e<sub>i</sub>: Espesor de las distintas capas de pared en, m.

k<sub>i</sub>: Conductividad de cada capa en, W/m × °K.

h<sub>i</sub>: Coeficiente de convección interior en, W/m<sup>2</sup>×°K.

h<sub>e</sub>: Coeficiente de convección externa en, W/m<sup>2</sup>×°K.

En la práctica se desprecia la convección y solo se tiene en cuenta que la resistencia ofrecida por el aislante. En nuestro caso, como solo existe un material que forma el aislamiento térmico, el coeficiente de transferencia será:

$$\frac{1}{K} = \frac{e}{k} \quad (2.29)$$

De la unión de expresiones anteriores, obtenemos que el espesor del aislante sera:

$$e = \frac{k}{K} \quad (2.30)$$

Luego tenemos la relación de las ecuaciones 2.5 y 2.6.

$$e = k \times \left[ \frac{T_i - T_c}{q} \right] \quad (2.31)$$

***r) Carga térmica del sistema de refrigeración***

El propósito del cálculo del balance térmico en un sistema de enfriamiento es determinar la capacidad de enfriamiento requerida para satisfacer las necesidades del sistema y, como resultado, elegir el equipo de enfriamiento acorde con el presente cálculo: compresor(es) con capacidad de abastecimiento de las necesidades calculadas, condensadores, evaporadores, etc (16).

El balance de calor se consigue a través de un conjunto de pasos, en primer lugar se debe calcular la pérdida de frío de la cámara a través del calor de las paredes, puertas, lámparas y motores y, por lo tanto, se debe determinar la pérdida de frío manteniendo los productos biológicos del agua para los que se realizan los cálculos siguientes (16).

- Cálculo de cargas por paredes, techo y piso.
- Cálculo del aislamiento térmico.
- Carga por radiación solar.
- Cargas por cambio de aire.

- Cargas por producto.
- Cargas diversas.
- Calor proporcionado por las personas.
- Calor proporcionado por iluminación.
- Calor por respiración del producto.
- Cargas por envase.
- Carga por motores.
- Carga total.

## 2.2.5. Definición de términos básicos

### a) *Sistemas fotovoltaicos*

- *Radiación solar:*

La radiación solar es aquella energía que es emitida por los rayos solares, las cuales se propagan en todas direcciones por medio de ondas electromagnéticas.

- *Corriente continua y alterna:*

La corriente continua es la que se mueve de forma unidireccional, es decir, una línea directa, mientras que la corriente alterna se mueve en dirección a intervalos regulares.

- *Efecto fotovoltaico:*

La palabra compuesta fotovoltaica se deriva de la combinación de la palabra Foto, que significa luz, y la palabra voltaica que significa electricidad. Esto quiere decir que, el efecto consiste en el aprovechamiento de las emanaciones electromagnéticas que se reciben del sol para transformarla en energía eléctrica.

- *Sistema solar fotovoltaico:*

Es un sistema completo que está conformado por diversos componentes, la función primordial es captar energía solar. Son todos los elementos que acompañan a las células solares para convertir la luz solar en energía eléctrica, partes como cableados, conexiones, inversores solares, montajes mecánicos, etc.

- *Paneles solares:*

Es un instrumento compuesto por obleas refinadas de silicio y grupos de células solares. El silicio como elemento químico es el que recibe la radiación solar. ¿Cómo funciona?, a través de los electrones del átomo de silicio, la parte que se encarga de rodear el núcleo procede a convertir y generar la energía solar en energía de corriente continua.

- *Captación de energía:*

Es la función principal de los paneles solares, son los medios para captar la energía solar para convertir esa energía calórica en energía eléctrica.

- *Inversor solar:*

Los inversores solares son los elementos esenciales para el funcionamiento de los paneles solares, debido a que es el componente que transforma la energía producida por las celdas solares a energía alterna, es decir la electricidad que utilizamos en nuestros electrónicos día a día.

- *Potencia de energía:*

En honor a su nombre, es la energía generada a una escala estándar, cuya medición es en kilovatios-hora (kWh), en vatios hora (Wh), entre otras.

- *Consumo eléctrico o consumo de electricidad:*

Se refiere a la cantidad de energía consumida durante un tiempo predeterminado según el uso que se le dé, que se mide en vatios-hora (Wh), o en kilovatios-hora (kWh).

- *Hora Solar Pico (HSP):*

Es una conceptualización que se escucha comúnmente, se refiere al procedimiento para realizar el cálculo solar fotovoltaico. Es decir, es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. La HSP funciona para determinar la capacidad que puede generar un panel solar al día.

- *Geometría Solar:*

Los ángulos de la geometría solar también juegan un rol elemental en el proceso de instalación de paneles solares, debido a que la esfera imaginaria tiene un radio arbitrario y su centro depende de los diferentes sistemas de coordenadas.

- *Irradiancia e irradiación:*

La irradiancia es la magnitud solar que permitirá conocer cuánta energía incide sobre un área en la superficie de la tierra, se suele medir en watts entre metros cuadrados.

***b) Sistemas de refrigeración***

- *Calor:*

Es la forma de energía generada por el movimiento de las moléculas de un cuerpo. A menor movimiento hay menor cantidad de calor, lo que se traduce en una menor temperatura. Por consiguiente, a mayor movimiento hay mayor calor en el cuerpo, provocando una mayor temperatura.

- *Tonelada de refrigeración:*

La tonelada de refrigeración es la capacidad de extracción de carga térmica de un equipo de refrigeración. Se define como la cantidad de calor necesaria para convertir una tonelada de hielo en agua en una hora. Una tonelada de refrigeración equivale a 12,000 BTU/h.

- *BTU (British Thermal Unit):*

Son una unidad inglesa que utilizamos para medir una cantidad de calor. Un BTU se define como las cantidades de calor necesaria para aumentar (o disminuir) en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

- *Calor Sensible:*

Es el calor que hace que una sustancia aumente su temperatura, el calor sensible provoca un aumento o disminución de la temperatura mientras que el calor latente produce un cambio de estado (Líquido, vapor o sólido).

- *Condensación:*  
Es un cambio de estado producido por la extracción de calor (enfriamiento) donde los gases pasan a estado líquido.
- *Evaporación:*  
Cambio de estado causado por la aplicación de calor (calentamiento) a un líquido para que se convierta en vapor.
- *Conducción:*  
Es la transferencia de calor a través de sólidos. Esto ocurre cuando dos objetos de diferentes temperaturas están en contacto directo, lo que hace que el objeto más caliente transfiera calor al objeto más frío hasta que estén a la misma temperatura.
- *Calor latente:*  
Es el calor necesario para producir un cambio de estado en una sustancia sin que exista un cambio de temperatura. El ejemplo por excelencia es el cambio de agua líquida a vapor de agua. Cuando el agua llega a 100 °C empieza a convertirse en vapor sin aumentar su temperatura hasta que se termina de evaporar toda el agua.
- *Convección:*  
Es la transferencia de calor a través de fluidos y sólidos. Por ejemplo, al usar un horno calentamos el aire que está en la cabina del horno, y el aire caliente se encarga de calentar la comida dentro del horno. La convección es la transferencia entre el aire y la comida.
- *Convección Forzada:*  
Es igual a la convección, pero con aceleramos la transferencia de calor con medios externos. Por ejemplo, al utilizar un abanico estamos forzando a que el aire fluya más rápido y absorba el calor de nuestro cuerpo a mayor velocidad.
- *Radiación:*  
Es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas. Por ejemplo, los rayos solares poseen ondas electromagnéticas que calientan los objetos que se interponen en su camino. El pavimento en las carreteras es bombardeado por los rayos solares, provocando

un aumento en su temperatura por la absorción del calor de las ondas de los rayos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.**

Para lograr los objetivos planteados, se estructuró, analizó y monitoreó el proceso de solución del método de investigación para facilitar el diseño de mecanismos formadores de sistemas fotovoltaicos aislados en una cámara frigorífica con capacidad de almacenamiento de pescado de 20 toneladas.

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

Este sistema tiene como objetivo bajar la temperatura del medio a enfriar, llegando por muy debajo de 0 °C se aplica para la fabricación de hielo, el cual es el principal insumo para la conservación del pescado.

La investigación planteada es del tipo tecnológico debido a que se realizó el diseño de una cámara de refrigeración alimentada por energía solar fotovoltaica.

##### **3.1.2. Metodología**

###### ***a) Método aplicado a la solución***

Hay una serie de métodos para construir un sistema o máquina que incluyen no solo los cálculos y la construcción de la máquina, sino también los detalles de fabricación, requisitos y planos, etc. La mayoría de los métodos de diseño son análisis de producto, por lo que la estandarización es necesaria para que el desarrollo produzca un diseño óptimo basado en las normas y estándares que podamos tener.

###### ***b) Método general o teórico de la investigación***

El método es sistemático y de estrategia para elaborar de mejor manera el diseño de un sistema fotovoltaico aislado aplicado a una cámara de

refrigeración con capacidad de almacenamiento de 20 toneladas de pescado en el puerto artesanal de Atico, debido a ser una investigación tecnológica.

**c) Método específico de la investigación**

La metodología a desarrollada fue la de Benjamín Barriga.

**d) Planificación:**

Este paso permitió la definición de los objetivos a desarrollar en la creación de un sistema fotovoltaico aislado aplicable a una cámara fría con capacidad de almacenamiento, así como ¿qué es? Declaración del problema, ¿cómo funciona? Procedimientos detallados con el fin de satisfacer a los clientes o sus usuarios con la información privilegiada recopilada.

**e) Concepción (elaborar las funciones)**

En este punto, las funciones de diseño se definen específicamente de acuerdo con los requisitos detallados, de modo que se pueda lograr una solución de diversas formas, detalles técnicos y económicos y una buena aplicación de la tecnología, por lo que es menos complicado crear mejores soluciones parciales (18).

**f) Elaboración del proyecto**

Este paso se encarga de cribar la solución óptima con el objetivo de dimensionar, teniendo en cuenta las especificaciones de diseño, cálculos y parámetros requeridos por las necesidades.

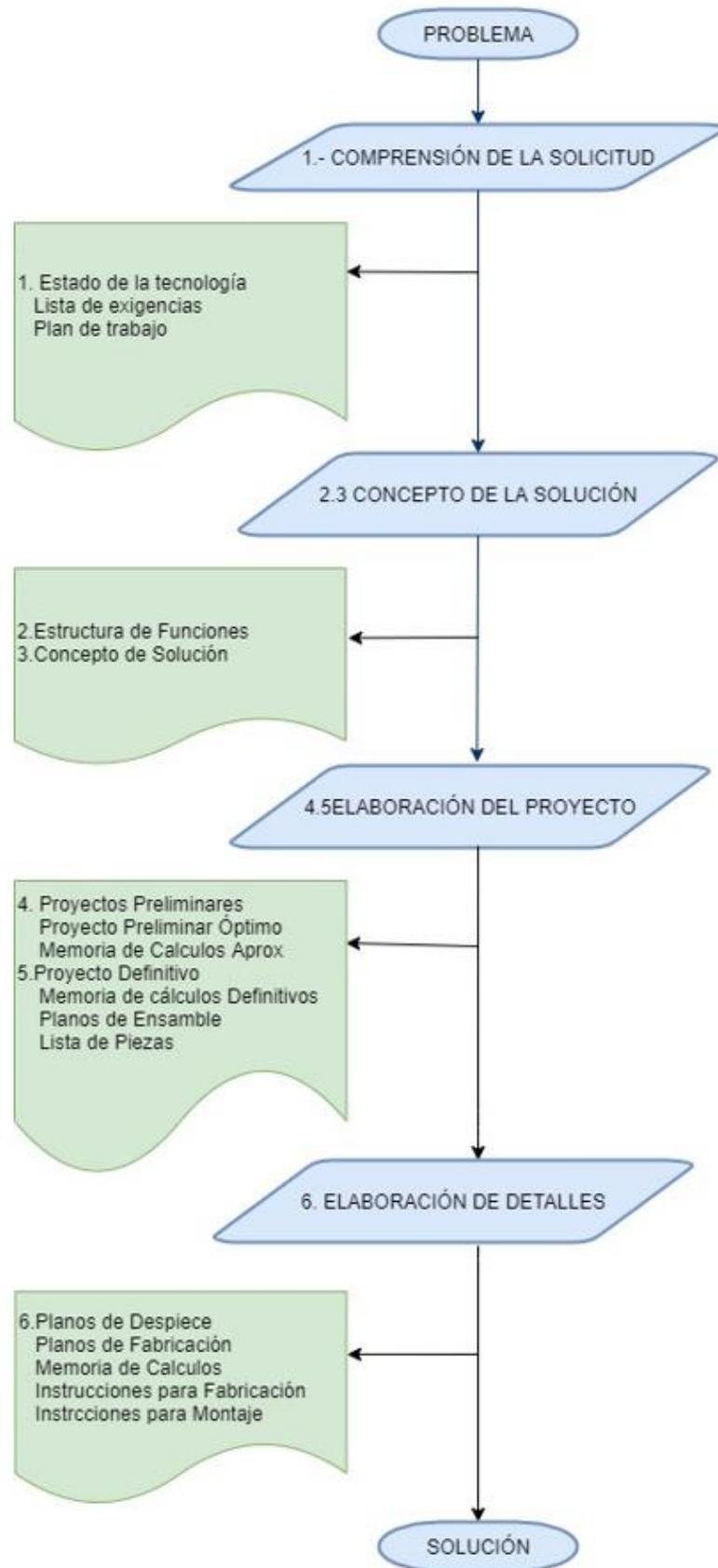
**g) Desarrollo detallado**

En esta fase, encontramos el beneficio neto al desarrollar el diseño del proyecto, se realizan pruebas de simulación para obtener el control deseado y obtener tecnología eficiente y viable, así como confirmar la justificación de costos.

**h) Secuencia de desarrollo de la metodología**

Como diseñador, se debe tomar en cuenta diversos criterios para obtener óptimos resultados del diseño de acuerdo a las condiciones, necesidades, prioridades, etc. Es el resultado de los conocimientos, habilidades y experiencia que el diseñador ha llevado a cabo en su actividad, desde las fases de diseño según la metodología de Benjamín Barriga (18).

En cada fase, hay pasos requeridos para el mejor diseño de desarrollo asociado a ella, se desarrollan varias alternativas y enfoques para definir los requisitos, como elegir el mejor diseño, etc. La Figura 30 muestra los diagramas de flujo realizados en cada etapa (18).



**Figura N° 30 Fases de diseño.**  
 Tomada de: Barriga, 2016, p. 12.

### **3.2.Desarrollo de la solución**

El presente proyecto posee un diseño en el que se identifican frases elementales: comprensión de la solicitud, concepto de solución, elaboración del proyecto y elaboración de detalles. Siendo estas fases los lineamientos generales del proyecto y, los aspectos específicos se ven en sus actividades y las documentaciones para alcanzar el logro en cada fase.

#### **3.2.1. Comprensión de la solicitud**

##### *a) Estado de la tecnología*

Una fuente importante de referencias es cuando tiene exposición directa a tecnología asequible para usar. Esto se formó descubriendo de qué se trataba la competencia y también buscando en:

- Literatura especializada.
- Catálogos de fabricante.
- Manuales.
- Información técnica del rubro.
- Revistas técnicas.
- Tesis (Pregrado, Maestría y Doctorado)
- Información en la Red.
- Patentes.

##### *- Lista de exigencias*

Para el diseño, los datos se obtienen de una situación concreta la problemática o de un conjunto de exigencias. En esta primera parte elaboramos: la solicitud y construcción de un sistema técnico clasificada y cuantificada.

##### *a) Visión crítica del problema*

A menudo, la información proporcionada en un pedido es falsa, incompleta, inexacta, contradictoria, falsa e incomprensible. Para abordar todos estos puntos, el asunto debe ser considerado seriamente y sobre la base de los detalles necesarios se debe ver la necesidad sin lugar a dudas. En esta fase, errores, duplicaciones, incumplimiento del plazo de entrega son para evitar errores en este

período; y así evitar también los malos costes económicos y legales que pueden surgir por problemas de información.

*b) Situación del problema*

La experiencia del solicitante de diseño proporciona al diseñador la capacidad de completar el diseño. Estas posibilidades necesitan ser discutidas, y aquí es donde se definirán las propiedades del diseño de una forma u otra.

*c) Comprobar las posibilidades de realización*

La manifestación de la posibilidad de realizar por un lado se basa en el punto de vista técnico, por otro lado, se basa en el punto de vista económico. El primero se describe como gestión y conocimiento de la ingeniería, la tecnología y la ciencia; El segundo punto de vista habla del uso de recursos humanos (expertos) y materiales que se deben aplicar para lograr resultados positivos.

*d) Completar las exigencias, ordenarlas y cuantificarlas, colocar prioridades*

En esta etapa del diseño (indique el problema), la información recopilada del cliente debe ser ordenada y finalizada con respecto a las condiciones que debe cumplir el diseño.

Esto se realiza principalmente en 2 etapas:

**Deseo:** cuando es solo una aspiración o aspiración sin consecuencias que no se corresponde con el propósito del diseño. Si es necesario, las expectativas se pueden clasificar como altas, moderadas e insignificantes. Para evitar omisiones, debe seguir varios métodos; por ejemplo, cuestionario, lista de verificación, análisis de mercado o guía para redactar la lista de requisitos.

**Exigencia:** son los requisitos que deben cumplirse en todos los casos, es decir, si no se cumple una característica marcada como E, el producto está diseñado para ser inaceptable.

**Ordenar las exigencias:**

Primero, está la función principal, donde se ubican los requisitos principales y sus características para el objeto de diseño. Dividir

solo si es necesario en subsistemas, grupos funcionales, conjuntos reconocibles y clasificar los subsistemas de acuerdo con sus características principales. Entonces el resto de las necesidades están en su lugar; Podemos utilizar las pautas para componer la lista de requisitos que se presenta en la Tabla 2.

de requisitos que se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2** *Lista de exigencias*

<b>LISTA DE EXIGENCIAS</b>		<b>EDICIÓN:</b>	<b>Página de_</b>
<b>PROYECTO</b>		<b>CLIENTES</b>	Fecha:
			Autor:
<b>Características</b>	<b>Deseo o Exigencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>

*Nota:* Modelo de lista de exigencias. Tomada de Barriga Gamarra, 1985.

*e) Detallar la lista de exigencias*

Después de esta fase del diseño, el producto debe tener todos sus requisitos ordenados y clasificados. La lista de requisitos debe estar escrita en hojas de papel, las partes de la empresa involucradas en el proyecto también deben participar en la redacción, así como en la gestión (técnica); Si es necesario, se pueden incluir bocetos.

*f) Plan de trabajo.*

El propósito de este paso es realizar un plan de trabajo en principio para la metodología de diseño y escenarios tanto de la parte de diseño (desarrollo) como de la complejidad del problema y sus requerimientos. Se trata de destinar y destinar recursos humanos y materiales para llevar a cabo el diseño. Generalmente es suficiente crear un diagrama de barras (diagrama de Gantt) como se muestra en la figura 31. También es necesario evaluar el costo del diseño según las actividades a realizar, incluso en ocasiones es necesario anticipar hasta la producción, diseño de prototipos y pruebas

asociadas para iniciar la producción en serie; en todos los casos, el costo se refiere únicamente al costo principal.

Actividad	Tiempo / Hombre (Horas, Días, Semanas, Meses)						Tiempo (Hr, Día, Sem)
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	.....	Semana n	
1 Lista de Exigencias	■	■					"a" horas
2 Plan de Trabajo		■					"b" horas
3 Estado de la Tecnología	■	■	■				"c" horas
4 Estructura de Funciones			■	■			...
...							...
...							...
...							...
Entrega Final							...
						<b>Total</b>	...

**Figura 31** Plan de trabajo.

Tomada de: Barriga Gamarra, 1985.

### 3.2.2. Concepción de la solución

#### a) Estructura de funciones

El objetivo de esta etapa es formar una estructura funcional (tarea) óptima para el campo de los sistemas de ingeniería.

#### b) Determinar las clases de los portadores de la función (caja negra).

Este proyecto puede estar representado por una caja negra, también conocida como Black-Box, de esta manera puede visualizarse fácilmente todo lo que entra en la máquina (energía, señales y entradas) y todo lo que entra en la máquina como sea posible. se puede ver en la Figura 32.



**Figura N° 32** Modelo de caja negra.

Tomada de: Barriga Gamarra, 1985.

**c) *Determinar los principios tecnológicos.***

Secuencia de operaciones:

Definir principios tecnológicos que son la fuente para la constitución de los procesos de ingeniería, sus flujos de trabajo y secuencias. Por ejemplo, para establecer la transformación de forma de una pieza se opta por fresar, limar o torneear, y como resultado de esta medición, la forma en que se obtiene el flujo de trabajo y en gran parte la secuencia básica su copia.

**d) *La determinación del proceso técnico.***

Para la conversión de objetos (su orden de prioridad) en la caja negra, es necesario establecer un proceso técnico; diagrama de flujo de principios tecnológicos seleccionados (tecnología) y sus combinaciones, así como la secuencia de operaciones. Para definir completamente el proceso, es imperativo conocer sus tres fases: preparación, ejecución, control y etapa final.

**e) *Aplicación de los sistemas técnicos y sus limitaciones.***

La división de las tareas de ejecución o producción, ya sean realizadas por humanos o por un sistema de ingeniería, se gestiona es muy diferente. Esta distribución depende de diferentes factores o perspectivas; independientemente de la distribución derivada de la mecanización o automatización.

**f) *Determinar la agrupación de las funciones.***

Al considerar una función de un sistema de ingeniería como una tarea que el sistema debe satisfacer, podemos analizar cada función. También puede pensar en el paso anterior. Las funciones se pueden agrupar de diferentes formas y se pueden dividir o fusionar.

**g) *Determinar y representar las estructuras de las funciones.***

En la estructura funcional, las funciones principales se combinan, pero también se pueden agregar funciones secundarias que se pueden encontrar en la "reparación del proceso empresarial". Las variaciones en la estructura funcional surgen con características de diseño cambiantes (aplicaciones y limitaciones de los sistemas de ingeniería), así como con

la agrupación de funciones, inevitablemente de uno o más procesos técnicos.

***h) Determinar la estructura de función óptima, mejorar y verificar.***

A partir de la forma en que se han desarrollado los constructos funcionales, pueden estimarse para ciertos casos e identificarse como alternativas óptimas. Sin embargo, las alternativas óptimas (debido a las circunstancias del tiempo) deben ser mínimas.

En la mayoría de los casos, la estimación se basa en un número muy pequeño de criterios, porque el proceso en este paso abstracto no puede encontrar muchos. Aquí también influye el tamaño de la solución representativa total. En este sentido, se debe evaluar el conjunto compartido de estructuras funcionales parciales.

**3.2.3. Concepto de solución**

Los datos de entrada en esta etapa de diseño son:

Durante el desarrollo de la estructura funcional, las personas dividen el proceso técnico (función general) en funciones parciales; Por esta razón, el propósito de este paso de diseño es transformar la estructura de funciones, por principios de solución para cada función (parcial), en una estructura constructiva (compuesta).

***a) Determinar los operandos de ingreso y salidas adicionales y modos de acción.***

Esto describe los operandos que entran (o salen) de la caja negra, el proceso técnico. Para cumplir con el proceso de ingeniería, muchos insumos como energía, materiales auxiliares, etc. debe ser tomado en cuenta.

Para cambiar las entradas en el proceso de ingeniería, se requiere cierto equipo para ejecutar el proceso. Durante la ingeniería, se generan varios materiales, como reacción (astillas, humo, etc.), así como otras cantidades de salida, como calor, ruido, vibración. Estas cantidades se eligen generalmente en la entrada o en la salida como entrada o salida adicional.

***b) Determinar las clases de los portadores de la función (matriz morfológica)***

En general, una función de suma se puede dividir en funciones parciales. (Como regla general, puede crear a partir de estas funciones parciales nuevas funciones subtotaes y volver a dividir las en funciones parciales). El método de la matriz morfométrica se aplica cuando la función de suma se divide en funciones propias.

La aplicación es muy sencilla, en la primera columna se grafican las funciones parciales y para cada función parcial en su zona respectiva se buscan todas las "portadoras de funciones" y en conclusión se completan los principios con los efectos deseados y con la portadora de designación de clase de función. La investigación debe tener un propósito específico. Un profesional o diseñador capacitado se dedicará a resolver posibles soluciones que, desde el principio, contrarresten las siguientes reglas básicas.

Descarte los principios de solución o bloques funcionales no conformes. No se puede cumplir una obligación de alianza entre principios de solución incompatibles o bloques funcionales.

Se recomienda desde el principio tener en cuenta solo la primera regla (cuando hay suficiente práctica); luego evalúe la matriz morfológica.

***c) Combinación de los portadores de funciones***

*Probar sus relaciones*

Es recomendable centrarse en las combinaciones "reales", de tal modo que se comprima el campo de la solución y con ello además se reduce el trabajo de evaluación. Se debe hacer hincapié en las coincidencias "reales", de modo que el campo de solución se comprima y, por lo tanto, se reduzca el trabajo de evaluación.

Las combinaciones resultantes deben entonces probarse cuidadosamente, y no solo en términos de su efecto, es decir, su operatividad, sino también en términos de la compatibilidad de cada elemento y la idoneidad de las propiedades. Otros, principalmente parámetros de función, como capacidad, velocidad, tamaño, etc.

***d) Determinar la disposición básica, concepto de solución.***

Los componentes de la estructura del edificio solo aparecen en este nivel en las relaciones funcionales, porque no es necesario medir nada. La presentación de los conceptos debe propagar una idea cercana a la disposición, y principalmente la relación entre los elementos. La declaración de concepto no debe transmitir una idea fija de una idea (con elementos fijos) resaltada en los siguientes pasos.

***e) Determinar el concepto óptimo, mejorar y verificar***

La fase final del desarrollo del concepto también requiere evaluación; es también una mejora y modificación de sus puntos débiles. Es necesario evaluar muchas alternativas conceptuales, aunque el grado de especificidad de cada alternativa sigue siendo bajo. La evaluación completa es difícil porque las características de diseño del sistema proporcionan pocos criterios para cuantificar la mayoría de los requisitos (si se utilizan como criterios de evaluación).

Ideas para evaluar conceptos de solución

➤ **Económico**

- Facilidad de montaje
- Número de piezas
- Productividad
- Pocos desperdicios
- Casos diversos

➤ **Técnico**

- Seguridad
- Complejidad
- Rapidez
- Transportabilidad
- Estabilidad
- Buen uso de la fuerza o energía
- Rigidez
- Facilidad de manejo
- Manipulación
- Calidad de trabajo

El modelo de la matriz morfológica se muestra a continuación en la figura 33 y la secuencia se seguirá como se muestra en la figura se inicia en la parte superior y se procede a bajar de una función a otra tomando el camino de la solución, el camino estará representado por una flecha como se ve en la figura 33

Funciones Parciales (o elementales)		Alternativas de efectos, de portadores, de principios de solución, de formas, de grupos funcionales, de bloques funcionales					
		1	2	3	4	.....	n
1		S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>		S <sub>1n</sub>
2		S <sub>21</sub>	S <sub>22</sub>	S <sub>23</sub>	S <sub>24</sub>		S <sub>2n</sub>
3		S <sub>31</sub>	S <sub>32</sub>	S <sub>33</sub>	S <sub>34</sub>		S <sub>3n</sub>
4		S <sub>41</sub>	S <sub>42</sub>	S <sub>43</sub>	S <sub>44</sub>		S <sub>4n</sub>
⋮							
n							

solución 2
solución 1
solución 3

**Figura N° 33** La matriz morfológica, curso de actualización.

*Tomada de: Método de diseño de Ingeniería Mecánica.*

En la evaluación técnica se procede tomando como base los criterios de evaluación, asignando los valores a “g” y a ”p” en base a estos valores se obtiene la solución más óptima en función a los criterios técnicos, en la figura 34 se muestra el modelo de evaluación técnica.

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1			Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1			S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	Gp	
1									4		
2									4		
3									4		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n									4		
Puntaje $\sum gp$											
Valor técnico											

**Figura N° 34** Evaluación del valor técnico Listado del valor técnico.

Tomada de: Método de diseño de Ingeniería Mecánica.

Para realizar la evaluación económica se procede tomando como base los criterios de evaluación, asignando los valores a “g” y a ”p” en base a estos valores se obtiene la solución más óptima en función a los criterios técnicos, en la figura 35 se muestra el modelo de evaluación económica.

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1			Solución 2		Solución 3		Sol. ideal	
			S1			S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1									4		
2									4		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n									4		
Puntaje $\sum gp$											
Valor económico $x_i$											

**Figura N° 35** Evaluación valor económico Listado del valor económico.

Tomada de: Método de diseño de Ingeniería Mecánica.

### 3.2.4. Elaboración del proyecto

#### a) Proyectos preliminares

En esta sección se definen los puntos de orientación para la construcción del encofrado, se ordena y asume la construcción aproximada del

encofrado y se dimensiona parcialmente. El tipo de material, proceso de fabricación, tolerancias y calidad de acabado superficial se determinan caso por caso, se examinan las áreas de baja configuración, el diseño preliminar del proyecto y la optimización preliminar de la identificación del proyecto (Mejorar, Evaluar, Decidir, Verificar).

***b) Proyectos definitivos***

En esta sección, se proporcionarán los antecedentes de algunas propiedades de diseño, se dará el diseño final, se construirán las formas y se les ajustará el tamaño. Se determinarán materiales, tolerancias, acabados superficiales y procesos de fabricación, se optimizarán las áreas débiles de la configuración, se presentarán proyectos de construcción, se identificarán proyectos de diseño óptimo y se prepararán planos de montaje y listados de piezas.

***c) Planos de ensamblaje***

Se dan planos de montaje para todas las piezas diseñadas, que deben corresponder a las dimensiones del diseño final y tener un mejor desempeño en el trabajo diseñado.

***d) Lista de piezas***

Las diferentes secciones se denominan subtítulos o con un formato para que se pueda considerar cada ubicación y utilidad.

***e) Elaboración de detalles***

Para desarrollar este paso, se aplican los siguientes pasos:

***f) Simulación del diseño***

La simulación del diseño suele estar dada por elementos finitos, este método permite hacer referencia a todas las consideraciones de diseño por materiales y proceso de montaje, etc. También permite ver cómo se comporta cada parte del diseño en términos de condiciones de trabajo que se lograrán con un factor de seguridad.

***g) Planos de montaje***

Los dibujos de ensamblaje son una guía para el diseñador, ya que cada pieza se muestra en términos de dimensiones y forma, debe ensamblarse en función de la ubicación de cada pieza o pieza. Estos planos se trazan a una determinada escala con el formato de presentación estándar utilizado,

se pueden visualizar en proyección isométrica o frontal, etc. Esto nos ayudará a posicionarnos para que cualquier mecanismo que necesitemos instalar funcione correctamente.

***h) Costos de montaje***

El costo de ensamblaje es la parte económica que se agrega en una tabla o cuadro de lista teniendo en cuenta el tipo de material, precio unitario, cantidad y costo total de cada tipo de material utilizado, que también se divide en consecuencia, mano de obra principal, producción. costo, costo de montaje, etc. A partir de ahí, los costos se evalúan contra los diversos componentes existentes, para ver si la implementación de este proyecto es rentable.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

Este capítulo presenta la metodología de diseño que debe utilizarse como guía para calcular la carga térmica de una cámara frigorífica, el cual, servirá para dimensionar los elementos de un sistema fotovoltaico desconectado de la red.

#### **4.1.Aspectos sanitarios**

Norma sanitaria para el almacenamiento de alimentos terminados destinados al consumo humano - NTS N° 114 - MINSA/DIGESA-V.01 (19).

Establece los principios generales de higiene que deben cumplir los almacenes y las operaciones de almacenamiento de alimentos elaborados industrialmente, en su condición de productos terminados destinados al consumo humano (19).

Este código de higiene es válido a nivel nacional, incluidas las personas naturales y jurídicas, las personas públicas y privadas que operen depósitos internos y externos: Producción, fraccionamiento y distribución de alimentos procesados industrialmente (19).

##### **a) Base Legal**

- Ley N° 26842, Ley General de Salud. Decreto Legislativo N° 1062, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Inocuidad de los Alimentos.
- Decreto Supremo N° 007-98-SA, que aprueba el Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas y sus modificatorias.
- Decreto Supremo N° 034-2008-AG, que aprueba el Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos.

Sobre el almacenamiento de alimentos perecibles (19).

Condiciones sanitarias de las cámaras frigoríficas para refrigeración y congelación (19).

La cantidad de cámaras frigoríficas y la capacidad de las mismas, deben estar acordes al volumen de alimentos a almacenar, propiciando que la disposición de los productos permita la circulación del aire para una refrigeración o congelación uniforme (19).

El sistema de congelación y refrigeración garantiza que la temperatura de conservación se mantenga, con ello, evita la contaminación de los alimentos almacenados (19). Las cámaras deben tener dispositivos para controlar y registrar la temperatura, los que deben estar calibrados y en buen estado de funcionamiento (19).

Por lo general, las cámaras de refrigeración deben mantener los alimentos a temperaturas no mayores de 5 °C y las cámaras de congelación mantenerlos a una temperatura de – 18 °C o a un nivel más frío. Los alimentos que cuenten con Normas Codex (normas alimentarias adoptadas internacionalmente) específicas pueden considerar las temperaturas en ellas establecidas (19).

#### **4.2.Estado de tecnología**

##### **a) Tecnología internacional**

- *Cámara frigorífica con equipos INTARCON serie/modelo MSF-UG-3 086.*

INTARCON, organización de origen española que se dedica a la fabricación, diseño y comercialización de equipos compactos de refrigeración comercial e industrial, y cuenta con una gran red de instaladores de confianza que trabajan asiduamente con INTARCON. El equipo mencionado acompaña a destacados fabricantes europeos de cámaras frigoríficas modulares como se ve en la figura 36.



**Figura N° 36** Cámara frigorífica modelo MSF-UG-3086.

Tomada de: “Equipos de refrigeración” por INTARCON.

El modelo mostrado en la figura 36 es muy representativo, cuenta con una capacidad de refrigeración desde 10 °C a -5 °C, el cual es considerado un sistema de temperatura media, el modelo presentado es una cámara frigorífica tipo modular utiliza una variante de refrigerantes R-134a y el R-449A, y alcanza una potencia de refrigeración de 6027 Watt a -5 °C. Hay aplicaciones de muy baja temperatura como túneles de ultracongelación hasta -40 °C.

- Cámara frigorífica modular CM IMPAFRI código CMS08254SE14.

IMPAFRI es una empresa española líder en la fabricación de recintos alimentarios a partir de panel isotérmico desmontable y equipos frigoríficos. Con paneles modulares prefabricados tipo sándwich con espesores al requerimiento del cliente.

Con anchos de paneles (modularidad): 400, 800, 1000 y 1200 mm. y paneles con alturas de cámaras (altura interior: 1960, 2160 y 2400 mm) como se muestra en la figura 37.



**Figura N° 37** Cámara frigorífica modular CM IMPAFRI código CMS08254SE14.

Tomada de: “Cámaras frigoríficas modulares CM”. IMPAFRI.

El modelo CM IMPAFRI cuenta con una capacidad de refrigeración a temperatura baja desde  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la cámara frigorífica tipo modular CM utiliza refrigerante R-404a y es característico en este tipo de refrigerantes ya que alcanzan bajas temperaturas de congelación ver la figura 37.

- *Cámara frigorífica EDENOX modular modelo CMC-3462/210.*

En EDENOX, la fabricación es la piedra fundamental de la empresa con una planta ubicada en la ciudad y en el municipio español de Lucena de la provincia de Córdoba. Las cámaras frigoríficas de EDENOX han sido estudiadas y diseñadas para ofrecer las máximas prestaciones y garantizar la satisfacción de cualquier necesidad bajo las más altas exigencias como se puede ver en la figura 38, de forma rápida y sencilla.



**Figura N° 38** Cámara frigorífica EDENOX modular.

Tomada de: “Cámaras frigoríficas” EDENOX

Para diferentes aplicaciones de almacenamiento en el interior de la cámara, se presentan 4 alturas interiores característicos de EDENOX, 2000 mm, 2200 mm, 2280, 2400 mm. Los espesores de los paneles son de 60 mm, 100 mm y 150 mm. La capacidad volumétrica de la cámara frigorífica para el caso llega a  $38.4\text{ m}^3$ , temperatura de congelación de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y usa refrigerante R-404a.

#### **b) Tecnología nacional**

- *Cámara frigorífica Matrix modelo L6.*

En CATRI Perú, ofrece soluciones prácticas de refrigeración para la conservación y congelación de alimentos, la gama Matrix es un concepto de cámara completamente modular ver figura 39, constituida por diferentes paneles aislantes tipo sándwich y permite realizar la construcción de cámaras frigoríficas de volúmenes muy variados.



**Figura N° 39** Cámaras modulares CATRI Perú.

*Tomada de: "Cámaras modulares". CATRI.*

La cámara modular CATRI Perú del modelo L6 puede adaptarse modularmente en sus tres dimensiones creando una infinidad de combinaciones posibles, capacidad de volumen de  $37.46 \text{ m}^3$ , paneles verticales y de techo fabricados en poliuretano inyectado de alta presión, temperatura baja de  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  y utiliza refrigerantes R-404a y R-507 según sea el caso aplicativo.

- *Cámaras frigoríficas CIMMSA modelo CFM-01.*

Las cámaras frigoríficas CIMMSA, sirven para congelar y conservar mercadería tales como: carnes, pollos, pescado, etc. Y tienen acabado en acero inoxidable.

Utiliza paneles de poliestireno expandido para una cámara frigorífica de temperaturas que oscilan de  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  con refrigerante R-134<sup>a</sup> como se muestra en la figura 40.

Las características técnicas de las cámaras frigoríficas varían según la necesidad del cliente.

Con control de temperatura digital programable (microprocesador). Y usa batería de recarga automática con paso de  $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tiene alarma audiovisual que se dispare ante la falla en el suministro eléctrico y temperaturas, mayores o menores a las programadas.



**Figura N° 40** Cámaras modulares CIMMSA.

Tomada de: “Cámaras frigoríficas” CIMMSA.

#### 4.2.1. Lista de exigencias

La lista de exigencias se efectuó base al objetivo general que persigue el presente estudio, las necesidades solicitadas en las cámaras de refrigeración, deben mantener los alimentos perecibles a una temperatura que no sobrepase el margen permisible de 5 °C y las cámaras de congelación a – 18 °C o niveles de frío mayores, y como es el caso del presente proyecto la temperatura de diseño es de -20 °C.

La lista de exigencias determinará el diseño de una solución óptima como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3** Lista de exigencias.

Lista de exigencias		Universidad Continental	Página...
<b>Proyecto de investigación:</b> Diseño de un sistema fotovoltaico aislado aplicado a una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento de 20 toneladas de pescado.		Facultad de Ingeniería	Fecha: 20/10/2021
		Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica	Autores: Cornejo Chambi, Mamani Obregon y Supho Rodríguez. (C, M y S)
		Departamento de diseño	
Características	Deseo o exigencia	Descripción	Responsables
Función	E	Congelar pescado a -20 °C.	C, M y S
Geometría	E	Volumen interno de cámara frigorífica, 36 m <sup>3</sup> .	C, M y S
Material	E	Revestimiento estándar de chapa de acero inoxidable de 0.6 mm y poliuretano.	C, M y S

Señalización	E	indicadores de temperatura y luz interna.	C, M y S
Uso	E	Alta incidencia de irradiación solar y necesidad de reducir la temperatura de trabajo a condiciones bajas.	C, M y S
Mantenimiento	E	Lo hacen los usuarios de la cámara frigorífica y los organizadores específicos de las faenas cotidianas, y en lo que corresponde a la unidad fotovoltaica es mínima.	C, M y S
Costos	D	El costo de diseño de la cámara frigorífica alcanzará los 50000 mil soles.	C, M Y S
Plazos	D	El tiempo de entrega del diseño será de un mes, a partir de la entrega del expediente técnico.	C, M Y S
Energía	E	Para que se lleve a cabo el funcionamiento de la cámara frigorífica se necesita 8.5 kW, el suministro estará a cargo de una unidad fotovoltaica independiente.	C, M Y S
Componentes energéticos	E	El sistema fotovoltaico estará constituido por: Módulos solares, marca Jetion de 24 voltios. Baterías solares, marca Electrona de 12 voltios. Regulador de carga, MPPT-1000W de 48 voltios.	C, M Y S
Ergonomía	E	Las condiciones de trabajo de los operarios será el adecuado.	C, M Y S

*Nota:* Lista de exigencias determinara el diseño de una solución óptima. *Elaboración propia.*

#### **4.2.2. Plan de trabajo**

En este apartado se muestra el plan utilizado, la figura 41 muestra el plan de trabajo para la realización de este proyecto de tesis.

Actividad	Tiempo / Hombre																Tiempo
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	
1 Lista de exigencias	x	x															70 horas
2 Plan de trabajo			x	x													70 horas
3 Estado de tecnología					x												35 horas
4 Estructura de funciones						x	x										70 horas
5 Concepto de solución								x									35 horas
6 Proyectos preliminares									x	x	x						105 horas
7 Proyecto preliminar optimo											x						35 horas
8 Memoria de calculo aprox.											x						35 horas
9 Proyecto definitivo												x					35 horas
10 Memoria de calculo definitiva												x					35 horas
11 Planos de ensamble													x				35 horas
12 Lista de piezas													x				35 horas
13 Planos de despiece													x				35 horas
14 Planos de fabricacion														x	x		70 horas
15 Memoria de calculo															x		35 horas
16 Instrucciones para fabricacion																x	35 horas
17 Instrucciones de montaje.																x	35 horas
18 Finalizacion del proyecto																x	35 horas
																Total	840 horas

Figura N° 41 Plan de trabajo muestra el tiempo de desarrollo de la tesis. Elaboración propia.

### 4.2.3. Análisis de solución

En este apartado se implementará la metodología de solución implementada por la VDI 2221 y 2225.

#### a) Caja negra

La caja negra “BLACK-BOX”, en la que se solicitan las señales de entrada específicas que se procesan en la caja negra y arrojan salidas como se muestra en la figura 42.

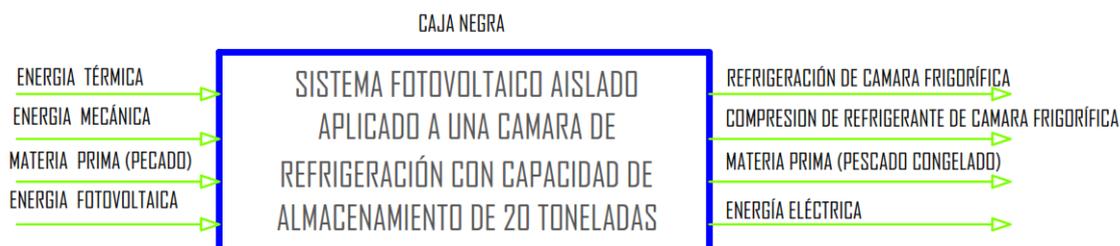


Figura N° 42 Caja negra, señales de entrada y salida. Elaboración propia.

#### Entradas:

- Energía Térmica: Transmitida por el evaporador a la cámara de refrigeración
- Energía Mecánica: Generada por el compresor del refrigerante R 404 a.
- Materia Prima: Pescado extraído de alta mar, a temperatura de conservación.
- Energía Fotovoltaica: Carga eléctrica continua del sistema fotovoltaico.

### Salidas:

- Refrigeración de cámara frigorífica: Temperaturas de operación de  $-20$  °C al interior de la cámara.
- Compresión de refrigerante de cámara frigorífica: Aumento de presión para el refrigerante que va hacia la cámara de refrigeración.
- Materia: Pescado congelado en el interior de la cámara frigorífica a  $-20$  °C.
- Energía eléctrica: Carga eléctrica alterna para el accionamiento de la cámara frigorífica.

### b) Caja blanca

Se presenta la estructura de funciones como se ve en la figura 43, definiendo las funciones del sistema y presentando sus características.

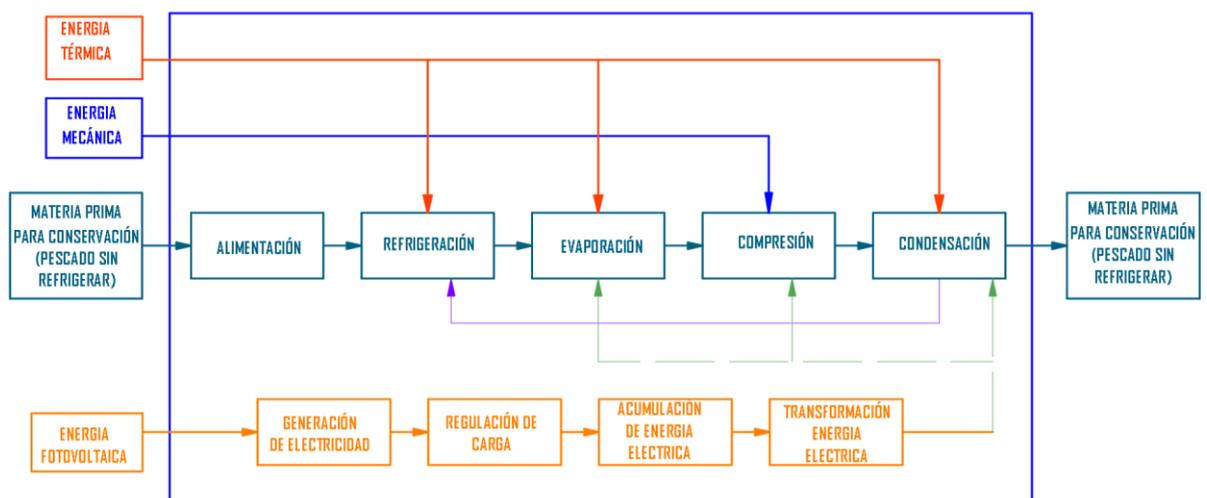


Figura N° 43 Caja blanca, estructura de funciones. Elaboración propia.

- *Definición de procesos*

#### A. Sistema de refrigeración

Secuencia de operaciones:

- Función alimentación.
- Función evaporación de fluido refrigerante.
- Función compresión de fluido refrigerante.
- Función condensación de fluido refrigerante.
- Función refrigeración.

*1) Función alimentación.*

La alimentación es manual, se llenará la cámara de refrigeración con jabas llenas de pescado que tendrán un peso máximo de 40 kg como se muestra en la figura 44, para ingresar estas jabas se realizara de forma manual dos trabajadores se encargarán de llevar 1 jaba.



**Figura N° 44** *Envase rectangular Jaba para Pescado.*  
*Tomada de: "Catalogo de productos BASA", BASA.*



**Figura N° 45** *Recepción de pescado en el puerto. Elaboración propia.*

Las jabas tienen la forma y dimensiones como se puede ver en la figura 45

Esta función suministra la materia prima al sistema de refrigeración para su posterior congelamiento.

## 2) *Función evaporación de fluido refrigerante*

El fluido refrigerante requiere aumentar su temperatura y cuando ocurre este aumento se genera gas en la figura 46 se muestra un evaporador.



**Evaporadores comerciales BBS**

**Figura N° 46** Evaporador

Tomada de: "Catálogo de productos BBS".

El evaporador, realiza la Función de intercambiar calor y extraer el calor del fluido refrigerante y este cambia de estado a gas.

## 3) *Función compresión de fluido refrigerante*

La compresión del fluido refrigerante permite que el refrigerante circule por el sistema de refrigeración.

El compresor sellado efectúa la Función de comprimir y bombear el refrigerante al sistema de refrigeración, como se muestra en la figura 47.



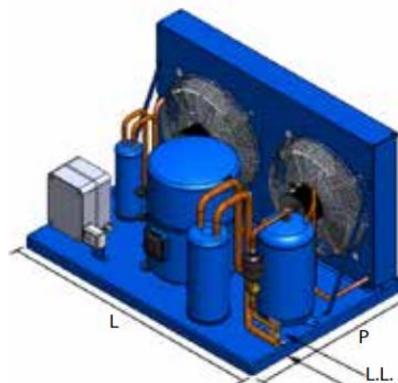
**Figura N° 47** *Compresores herméticos*

Tomada de: "Catálogo de productos BBS".

#### 4) *Función condensación de fluido refrigerante*

Convierte el refrigerante que se encuentra en estado gaseoso a estado líquido.

La función del condensador es realizar la condensación del refrigerante con la finalidad de extraer calor negativo del refrigerante y a su vez transmitir el calor negativo a la cámara de refrigeración por medio de los ventiladores como se muestra en la figura 48.



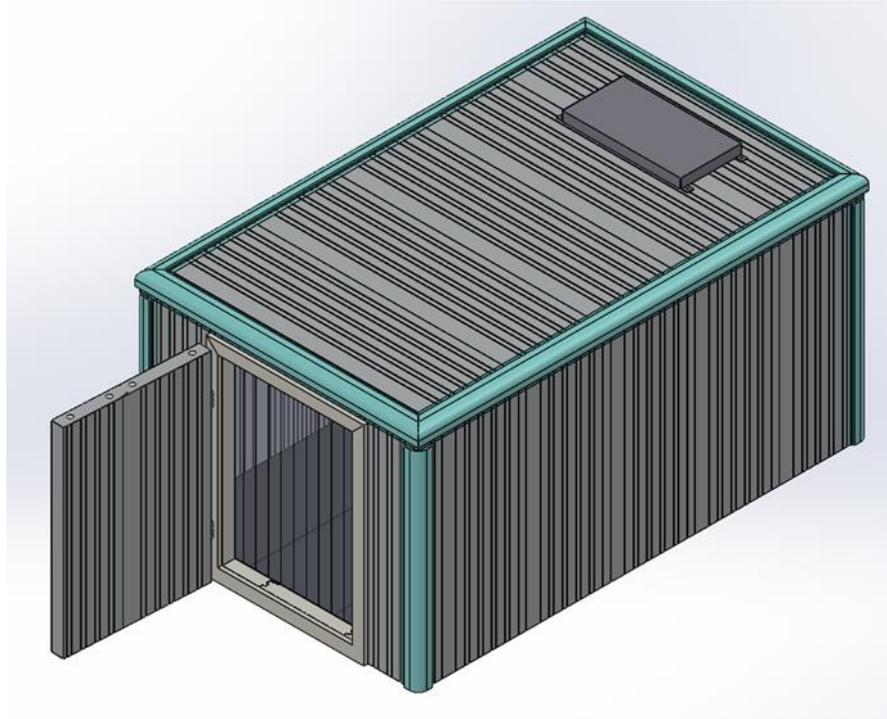
**Figura N° 48** *Condensador blue line*

Tomada de: "Catálogo de productos BBS".

#### 5) *Función refrigeración*

Preservar la temperatura para determinado producto y así obtener una buena conservación en el tiempo.

La cámara de refrigeración, tiene como función mantener la temperatura a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para conservar congelado al pescado la cámara que se propone en el presente diseño se muestra en la figura 49.



**Figura N° 49** Cámara de refrigeración. *Elaboración propia.*

### *B. Sistema fotovoltaico*

Secuencia de operaciones

- Función generación de electricidad.
- Función Regulación o estabilización de carga eléctrica.
- Función Acumulación de energía eléctrica.
- Función Transformación de energía continua a alterna.

#### *1) Paneles fotovoltaicos:*

Paneles de silicio policristalinos, se encargan que la energía solar se convierta a eléctrica a través del efecto fotoeléctrico, en la figura 50 se aprecia la forma del panel.

Los paneles fotovoltaicos tienen la función de generar energía eléctrica que será suministrada para el funcionamiento de la cámara de refrigeración.



**Figura N° 50** Panel solar policristalino.  
Tomada de: “Energías solar fotovoltaica”, 2021

### 2) Función Regulación o estabilización de carga eléctrica.

La regulación de carga es necesaria para los sistemas fotovoltaicos, estos sistemas de regulación estabilizan la carga eléctrica y evitan sobrecargas en el sistema, para tener una carga constante y que también se pueda regular en la figura 51 se muestra un regulador de carga.

Cumple la función de estabilizar la carga eléctrica y evitar sobrecargas que puedan dañar los demás dispositivos del sistema fotovoltaico.



**Figura N° 51** Regulador de carga.  
Tomada de: “Catálogo de productos TEKNOSOLAR”.

### 3) Función Acumulación de energía eléctrica

En un sistema fotovoltaico la acumulación de energía es necesaria siendo esta energía la que se utilizara para su consumo. Tiene como función almacenar la energía eléctrica que viene de los paneles fotovoltaicos, existen diferentes tipos como se ve en la figura 52, para ser suministrada al sistema de refrigeración.



**Figura N° 52** Tipos de baterías solares.

Tomada de: “Tipos de baterías solares”, soluciones en batería.

#### 4) Función Transformación de energía continua a alterna

La energía eléctrica que se genera en un sistema fotovoltaico es energía eléctrica continua, se requiere un dispositivo que convierta esta energía continua a energía alterna como el que se muestra en la figura 53, la energía continua es transformada por el inversor de carga.

Su función del inversor de carga; es la de transformar la energía eléctrica continua a energía eléctrica alterna, que es la energía que se utilizara en los equipos del sistema de refrigeración.



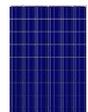
**Figura N° 53** Inversor de carga.

Tomada de: “Catálogo de productos AUTOSOLAR”.

#### 4.2.4. Matriz morfológica

Es una tabla comparativa que plantea opciones y soluciones para las diversas funciones como se realiza en la tabla 4. El análisis morfológico, también conocido como modelo de “Caja de Transformación”, desarrollado por el astrónomo y físico Fritz Zwicky a mediados de la década de 1940 mientras trabajaba en el análisis estructural de la tecnología de motores a reacción.

**Tabla 4** matriz morfológica

Funciones	Alternativas de solución		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alimentación	 manual		
Evaporación fluido refrigerante	 Evaporador cúbico	 Evaporador centrífugo	 Evaporador techo
Compresión de fluido refrigerante	 Compresor para refrigeración	 Compresor semi-hermético	
Condensación del fluido	 Condensador	 Condensador placa de tubo	
Refrigeración	 Cámara de refrigeración estacionaria	 Cámara de refrigeración móvil	
Generación de electricidad	 Panel fotovoltaico (monocristalino)	 Panel fotovoltaico (policristalino)	 Panel solar curvo (mono cristalino)
Regulación de carga		 Regulador de carga	
Acumulación de energía eléctrica	 Baterías carga eléctrica plomo-acido	 Batería de gel	
Transformación de energía continua	 Inversor solar de alta capacidad de carga eléctrica	 Inversor de baja capacidad	
	S 01	S 02	S 03

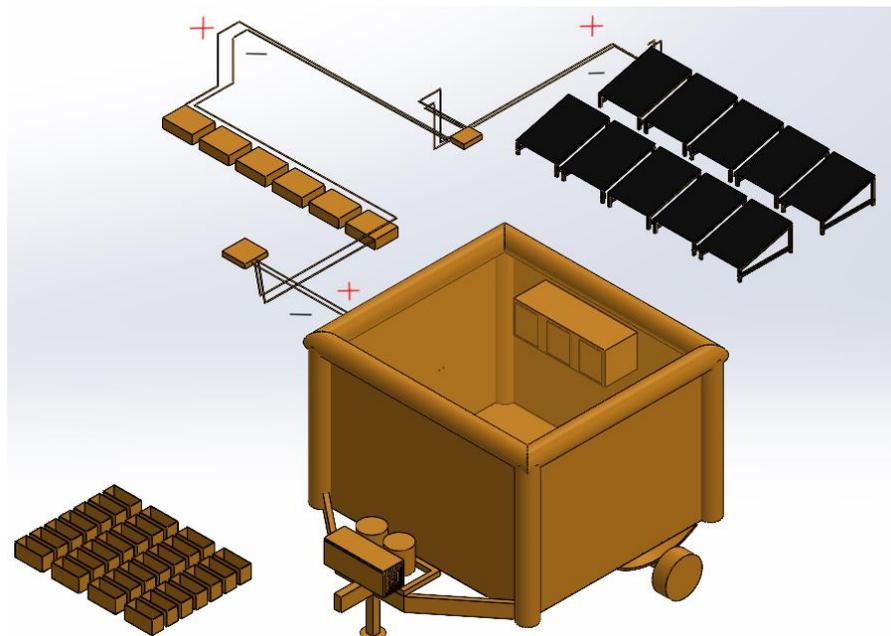
*Nota:* matriz morfológica conceptos de solución. Elaboración propia.

### *Solución 01*

La alimentación de pescado hacia la cámara de refrigeración se realiza manualmente en jabas, evaporador centrifugo se utiliza para las instalaciones donde sea necesaria una mayor presión de aire para la conducción del mismo en nuestro caso se aplica dentro de la cámara de refrigeración; el compresor de refrigeración su función es la de hacer circular el refrigerante por todo el sistema y añadir presión a la parte calefactada del circuito para calentar el refrigerante. Condensador placa de tubo hace que el refrigerante cambie su estado físico, pero también lo ayuda a perder el calor acumulado durante su momento en el evaporador; todos los componentes nombrados es que conforman la cámara de refrigeración móvil.

Se instala los módulos de paneles fotovoltaicos monocristalinos, estos módulos captan la energía solar y genera electricidad, el regulador de carga estabiliza la electricidad que es generada por los paneles fotovoltaicos, la carga llega a las baterías de plomo-acido que nos sirve para almacenar energía; después esta energía llega al inversor solar de carga eléctrica este dispositivo su función es de cambiar su voltaje de corriente continua a corriente alterna.

La alternativa de solución 01 se representa en la figura 54

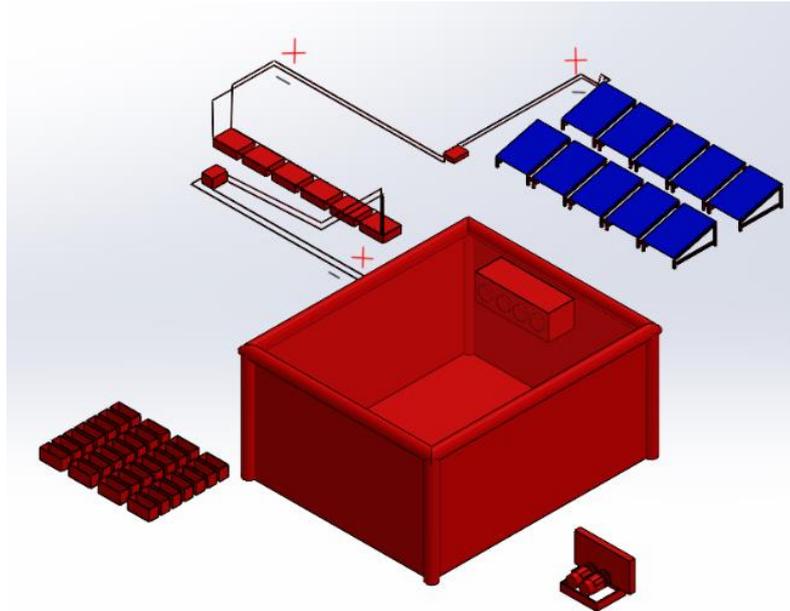


**Figura N° 54** Propuesta de solución N° 1. Elaboración propia.

### *Solución 02*

El pescado es alimentado manualmente transportado en jabas dentro de la cámara de refrigeración, evaporador cubico, los cuales poseen un diseño para almacenar productor en estado fresco y perecedero por encima de los 5 °C, la conservación de congelados, envasado, salas de trabajo, túneles de congelación, su uso puede ser comercial o industrial y normalmente se colocan en los techos de las cámaras, el compresor semi hermético especialmente diseñado y concebido para ofrecer los más altos rendimientos reduciendo el espacio muerto de compresión a valores mínimos, el condensador tiene por objetivo la disipación del calor absorbido en el evaporador y de la energía del compresor todos los elementos mencionados son implementados en la cámara de refrigeración estacionaria Se instala el panel fotovoltaico policristalino este tipo de paneles tienen una mayor resistencia al sobrecalentamiento y su funcionamiento es óptimo en climas habitualmente cálidos, nos sirve para captar energía solar y producir energía eléctrica, la carga es recibida por el regulador de carga la cual estabiliza la electricidad que fue generada por los paneles policristalinos, luego la energía para su mejor almacenamiento es recibida por las baterías de gel ya que son ideales para usar en instalaciones de energía solar, ofrecen una vida útil de 12 años, nulo mantenimiento y un alto número de ciclos de descarga profunda. Gracias a su electrolito gelidificado son más resistentes a bajas temperaturas y tienen un mejor funcionamiento a lo largo de los años, la energía que se recepciona por las baterías pasan a un inversor solar de carga eléctrica este dispositivo su función es de cambiar su voltaje de corriente continua a corriente alterna.

La alternativa 02 de solución se representa en la figura 55



**Figura N° 55** Propuesta de solución N°2. Elaboración propia.

### *Solución 03*

La alimentación de pescado hacia la cámara de refrigeración se realiza manualmente en jabas, evaporador de techo es el encargado de realizar el intercambio de calor entre los fluidos refrigerantes, compresor semi hermético especialmente diseñado y concebido para ofrecer los más altos rendimientos reduciendo el espacio muerto de compresión a valores mínimos, condensador tiene por objetivo la disipación del calor absorbido en el evaporador y de la energía del compresor todos los elementos mencionados son implementados en la cámara de refrigeración estacionaria. Se instala el panel solar curvo (monocristalino), el regulador de carga estabiliza la electricidad que es generada por los paneles fotovoltaicos, la carga llega a las baterías de plomo-acido que nos sirve para almacenar energía; después esta energía llega al inversor solar de carga eléctrica este dispositivo su función es de cambiar su voltaje de corriente continua a corriente alterna.

La alternativa 03 de solución se representa en la figura 56

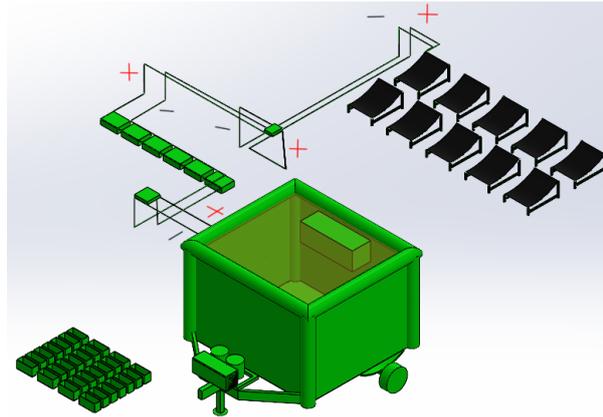


Figura N° 56 Propuesta de solución N°3. Elaboración propia.

Se toma como opción de solución la solución 02

#### 4.2.5. Evaluación técnica

La evaluación técnica se desarrolla en la tabla 5 tomando en cuenta los criterios de evaluación.

Tabla 5 evaluación técnica

Evaluación de conceptos de solución- Valor Técnico $Y_i$										
Proyecto: Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa.										
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0=no satisface, 1=aceptable a las justas, 2=suficiente, 3=bien, 4=muy bien										
g: el peso ponderado está en función a los criterios de evaluación										
criterios de evaluación para diseño en base de conceptos o proyectos										
Variantes del concepto de solución			S1		S2		S3		Solución ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	5	2	10	3	15	2	10	4	20
2	Geometría	6	3	18	3	18	2	12	4	24
3	Mecánica	9	2	18	3	27	3	27	4	36
4	Fuerza	4	2	8	2	8	2	8	4	16
5	Energía	9	2	18	2	18	3	27	4	36
6	Materia	8	3	24	4	32	2	16	4	32
7	Señales	1	3	3	3	3	2	2	4	4
8	Seguridad	8	3	24	3	24	3	24	4	32
9	Ergonomía	6	3	18	3	18	2	12	4	24
10	Fabricación	6	2	12	2	12	2	12	4	24
11	Montaje	6	3	18	3	18	3	18	4	24
12	Transporte	8	2	16	2	16	2	16	4	32
13	Estabilidad	8	2	16	3	24	2	16	4	32
14	Facilidad de manejo	8	3	24	3	24	2	16	4	32
15	Complejidad	3	2	6	3	9	2	6	4	12
puntaje total		95		233		266		222		380
Valor Técnico $Y_i$				0.6		0.7		0.6		1

$$X_i = \frac{gp_1 + gp_2 + \dots + gp_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \times p_{m\acute{a}x.}} \leq 1$$

*Nota: análisis técnico de los conceptos de diseño. Elaboración propia.*

#### 4.2.6. Evaluación económica

La evaluación económica se desarrolla en la tabla 6.

**Tabla 6** evaluación económica

Evaluación económica de conceptos de solución										
Valor Técnico ( $x_i$ )										
Proyecto: : Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa.										
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0=no satisface, 1=aceptable a las justas, 2=suficiente, 3=bien, 4=muy bien										
g: el peso ponderado está en función a los criterios de evaluación										
criterios de evaluación para diseño en base de conceptos o proyectos										
Variantes del concepto de solución			S1		S2		S3		Solución ideal	
Nº	Criterios técnicos de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costos de materiales	10	2	20	3	30	2	20	4	40
2	Costo de fabricación	8	1	8	3	24	1	8	4	32
3	Costo de montaje	8	3	24	3	24	2	16	4	32
4	Costo de mantenimiento	7	2	14	3	21	2	14	4	28
5	Costo de operación	6	1	6	3	18	2	12	4	24
6	Costo adquisición material	8	3	24	3	24	2	16	4	32
puntaje total		47		96		141		86		188
Valor económico $Y_i$				0.5		0.8		0.46		1
$Y_i = \frac{gp_1+gp_2+\dots+gp_n}{(g_1+g_2+\dots+g_n)\times p_{m\acute{a}x.}} \leq 1$										

*Nota: análisis económico de los conceptos de diseño. Elaboración propia.*

#### 4.2.7. Selección del diseño óptimo

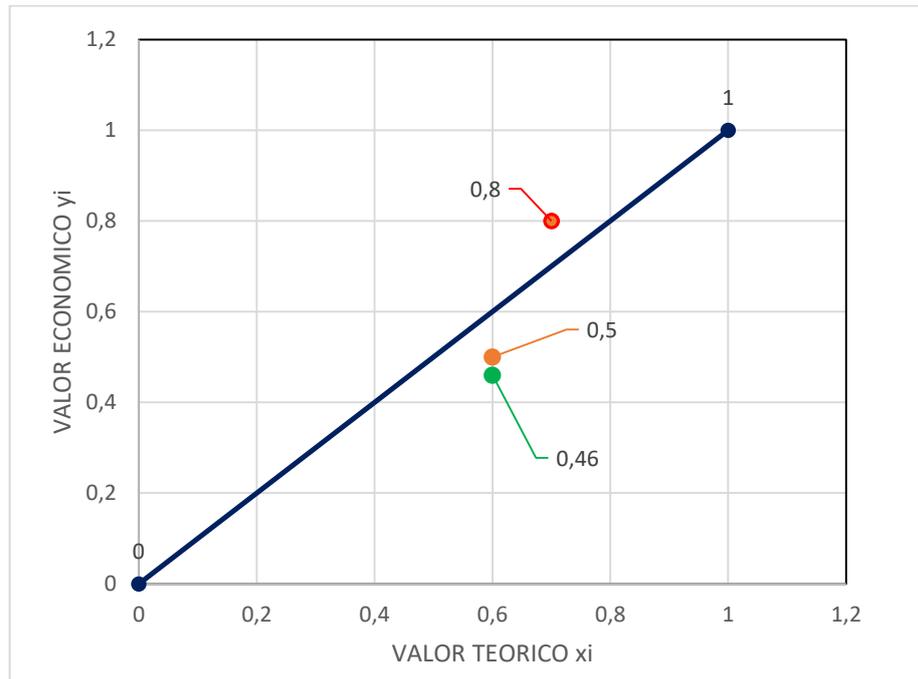
Luego de haber obtenido los datos de la evaluación tanto técnica ( $X_i$ ) y económica ( $Y_i$ ), el valor más destacado es la solución 02 o la que más se acerca al punto (1,1) en la tabla 7 se muestra el resumen de resultados, luego se graficará el diagrama de evaluación técnico-económica según la norma VDI 2225, en la gráfica 1 se muestra las soluciones planteadas, donde se verá representada como idea que la solución susodicha es la más óptima.

**Tabla 7** resumen de resultados

Leyenda	Valor técnico	Valor económico
	$X_i$	$Y_i$
<b>solución 01</b>	0.6	0.5
<b>solución 02</b>	0.7	0.8
<b>solución 03</b>	0.6	0.46
<b>solución ideal</b>	1	1

*Nota: análisis de solución ideal de diseño. Elaboración propia.*

**Grafica 1** representación gráfica de soluciones



*Tomado de: elaboración propia*

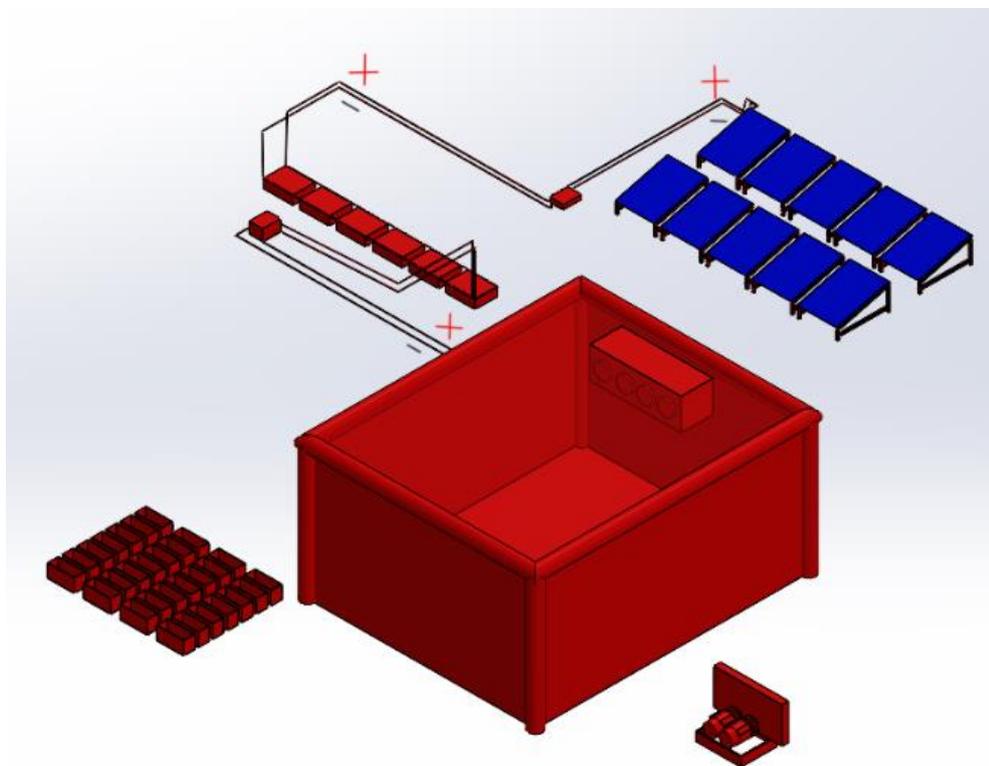
### *Solución 02*

El pescado es alimentado manualmente transportado en jabas dentro de la cámara de refrigeración, evaporador cubico están diseñados sobre todo para cámaras frigoríficas de productos frescos y percederos por encima de los 5 °C, la conservación de congelados, envasado, salas de trabajo, túneles de congelación, su uso puede ser comercial o industrial y normalmente se colocan en los techos de las cámaras, el compresor semi hermético especialmente diseñado y concebido para ofrecer los más altos rendimientos reduciendo el espacio muerto de compresión a valores mínimos, el condensador tiene por objetivo la disipación del calor absorbido en el evaporador y de la energía del compresor todos los elementos mencionados son implementados en la cámara de refrigeración estacionaria

Se instala el panel fotovoltaico policristalino este tipo de paneles tienen una mayor resistencia al sobrecalentamiento y su funcionamiento es óptimo en climas habitualmente cálidos, nos sirve para captar energía solar y producir energía eléctrica, la carga es recibida por el regulador de carga la cual estabiliza la electricidad que fue generada por los paneles policristalinos, luego la energía

para su mejor almacenamiento es recibida por las baterías de gel ya que son ideales para usar en instalaciones de energía solar, ofrecen una vida útil de 12 años, nulo mantenimiento y un alto número de ciclos de descarga profunda. Gracias a su electrolito gelificado son más resistentes a bajas temperaturas y tienen un mejor funcionamiento a lo largo de los años, la energía que se recibe por las baterías pasan a un inversor solar de carga eléctrica este dispositivo su función es de cambiar su voltaje de corriente continua a corriente alterna.

En la figura 57 se representa la solución óptima del diseño



**Figura N° 57** Solución óptima N°2. Elaboración propia.

### 4.3. Análisis de diseño.

Para determinar la potencia eléctrica del sistema solar fotovoltaico, que suministrará energía eléctrica a una instalación frigorífica con capacidad de almacenamiento de 20 toneladas de pescado; es preciso, en primera instancia, calcular el balance térmico de la cámara frigorífica.

El cálculo se realiza para las situaciones más desfavorables y, para obtener los datos en el cálculo de las necesidades frigoríficas, se expresan en unidades

tradicionales y por ello se utilizan el sistema internacional, teniendo en consideración las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ TR} = 12000 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ TR} = 3516.85 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ TR} = 4.7162 \text{ HP}$$

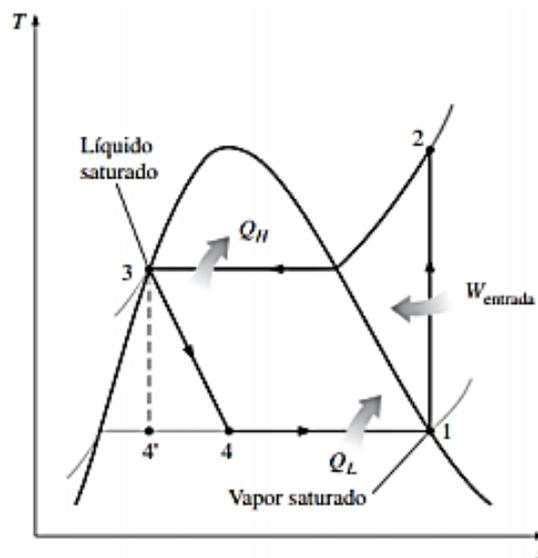
Donde:

TR: es la potencia frigorífica capaz de congelar una tonelada de agua de 0 °C hasta hielo a 0 °C, en un intervalo de tiempo de 24 horas.

#### 4.3.1. Sistema de Refrigeración

##### a) Función Alimentación

El sistema de refrigeración tendrá un funcionamiento de ciclo cerrado como se muestra en la figura 58, donde el fluido circula desde el compresor al evaporador, del evaporador pasa el condensador y luego pasa nuevamente al compresor, en la siguiente figura se muestra el sistema



**Figura N° 58** Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

Tomada de "Termodinámica" Cengel & Boles, 2014

### *Cantidad de jabas de pescado en el interior de la cámara frigorífica*

Para realizar el correcto dimensionamiento de la cámara de refrigeración se debe de tomar en cuenta múltiples criterios dentro de los cuales los más importantes son:

- El volumen ocupado por el producto.
- Tipo de almacenamiento.
- Tiempo de almacenamiento de pescado, 5 días.
- Tipo de Jaba para pescado a utilizar.

En la figura 59 se muestra la jaba con pescado en su interior



**Figura N° 59** *Envase rectangular Jaba para Pescado.*

*Tomada de Catálogo de productos BASA.*

Las características físicas y geométricas se muestran en la tabla 8, las propiedades termo físicas del pescado se encuentran en la tabla 9

**Tabla 8** *Características físicas y geométricas*

<b>CARACTERISTICAS FISICAS Y GEOMETRICAS</b>	
<b>JABA DE PESCADO MARCA BASA</b>	
Ancho	41.0 cm
Fondo	70.5 cm
Altura	23.60 cm
Peso	2712 gramos $\pm$ 3%
Volumen neto	40 litros (0.04 m <sup>3</sup> )
Volumen bruto	0.0682 m <sup>3</sup>
Material	PEAD
Código de producto	6279

*Nota:* Lista de datos de jaba de pescado marca BASA. Tomado de Catálogo de productos Basa.

**Tabla 9** Propiedades termo-físicas de pescado congelado

<b>PROPIEDADES TERMO-FÍSICAS</b>	
<b>PESCADO CONGELADO</b>	
Calor específico	1.759 kJ/kg×°K.
Densidad	1016 kg/m <sup>3</sup>

*Nota:* Lista básica de propiedades intrínsecas de pescado congelado. Tomado de “Prácticas de manufactura de pescado fresco y congelado”, Marcelina Leyton Gordillo.

Utilizando la fórmula 2.1

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{(20000 \text{ Kg})}{(1016 \text{ Kg}/\text{m}^3)}$$

$$V = 19.685 \text{ m}^3$$

Utilizando la fórmula 2.3

$$N_j = \frac{V}{V_b}$$

$$N_j = \frac{(19.685 \text{ m}^3)}{(0.0682 \text{ m}^3)}$$

$$N_j = 288.64 \text{ jabas}$$

$$N_j \approx 289 \text{ jabas}$$

Cantidad de pescado contenido en una Jaba

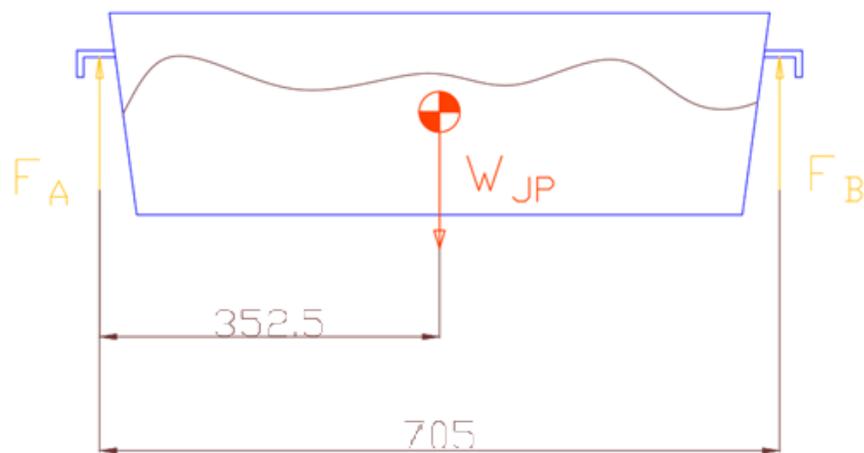
Utilizando la fórmula 2.4

$$m_{\text{pescado}} = \rho \times V_n$$

$$m_{\text{pescado}} = (1016 \text{ kg/m}^3) \times (0.04 \text{ m}^3)$$

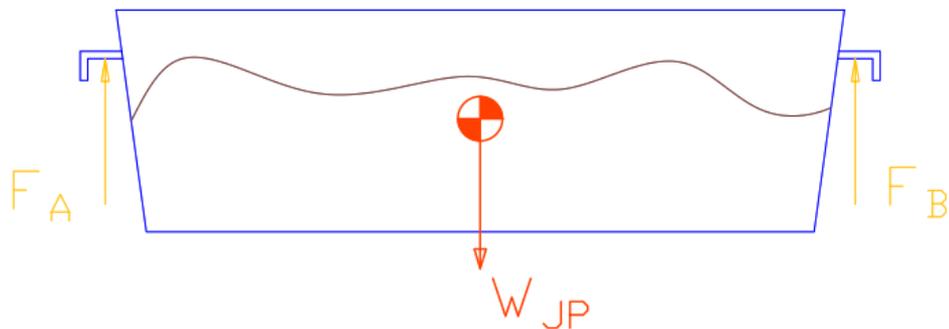
$$m_{\text{pescado}} = 40.64 \text{ kg/jaba}$$

Análisis de carga por jaba:



**Figura N° 60** Medidas de la jaba para análisis. *Elaboración propia.*

En la figura 60 se exponen medidas de la jaba para el almacenamiento de pescado, con estos datos se procede a realizar el análisis, el diagrama de cuerpo libre se muestran las cargas presentes en la jaba, en la figura 61 se muestra las cargas para el cálculo.



**Figura N° 61** Diagrama de cuerpo libre. *Elaboración propia.*

De los datos que se muestran en las figuras 60 y 61 se tiene:

$$L_{jp} = 705\text{mm}$$

$$W_{jp} = m_{\text{pescado}} = 40.64 \text{ kg/jaba}$$

El peso de la jaba de pescado incluido el contenido:

Utilizando la fórmula 2.8

$$p_{jp} = W_{jp} * g = 398.542 \text{ N}$$

$$p_{jp} = 398.542 \text{ N}$$

$$-p_{jp} * \frac{L_{jp}}{2} + F_B * L_{jp} = 0$$

$$F_B = \frac{p_{jp} * \frac{L_{jp}}{2}}{L_{jp}} = 199.271 \text{ N}$$

$$F_B = 199.271 \text{ N}$$

$$F_B \cong m_B = 20.32 \text{ kg}$$

$$F_A = p_{jp} - F_B = 199.271 \text{ N}$$

$$F_A = 199.271 \text{ N}$$

$$F_A \cong m_B = 20.32 \text{ kg}$$

La fuerza necesaria para poder levantar una jaba es de:

$$p_{jp} = 398.542 \text{ N}$$

*Conclusiones:*

➤ Las medidas de la jaba que se utilizara para pescado:

Ancho	41.0 cm
Fondo	70.5 cm
Altura	23.60 cm

➤ Las propiedades termo físicas que tiene el pescado:

Calor específico	1.759 kJ/kg×°K.
Densidad	1016 kg/m <sup>3</sup>

➤ El volumen que el pescado ocupa dentro de la jaba:

$$V = 19.685 \text{ m}^3$$

- El número de jabas que se requerirán para congelar 20 toneladas de pescado:

$$N_j = 289 \text{ jabas}$$

- La masa de pescado por cada jaba es:

$$m_{\text{pescado}} = 40.64 \frac{\text{kg}}{\text{jaba}}$$

- El peso de la jaba incluido el pescado:

$$p_{jp} = 398.542 \text{ N}$$

- Fuerza en los extremos de la jaba:

$$F_B = 199.271 \text{ N}$$

$$F_A = 199.271 \text{ N}$$

- Se necesitará 2 personas para poder levantar cada jaba, como se ve en los cálculos se requiere las siguientes cargas:

$$F_B \cong m_B = 20.32 \text{ kg}$$

$$F_A \cong m_B = 20.32 \text{ kg}$$

En la figura 62 se muestra la ubicación de las jabas.

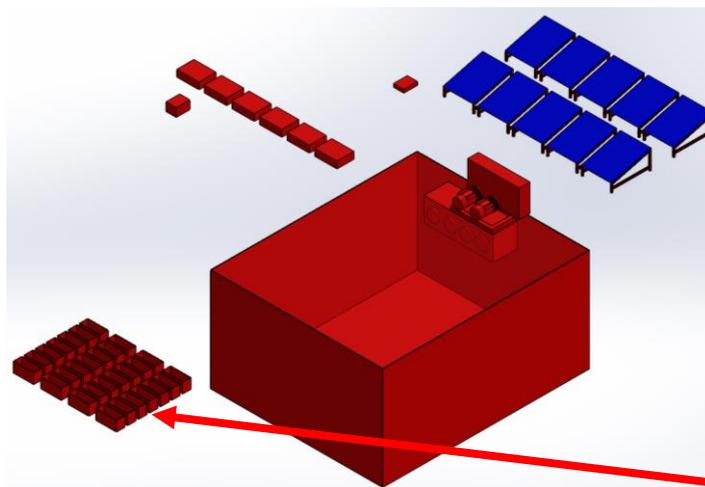


Figura N° 62 Jabas para almacenamiento de pescado. Elaboración propia.

Jabas

## **b) Función Refrigeración**

### *Dimensionamiento de la capacidad volumétrica de la cámara frigorífica*

Para el dimensionamiento se busca la mejor distribución de los productos en la cámara, de tal manera que se exponga la menor superficie con el máximo de volumen. Para obtener una mínima ganancia térmica por área, debe ser menor la superficie. El cálculo del número de jabas de acuerdo a la altura de apilamiento y distribución en el ancho y fondo para determinar una cantidad, según la ecuación 4.9.

Utilizando la fórmula 2.4

$$N_j = N_a \times N_f \times N_h$$

Donde:

$N_a$ : Número de jabas distribuidos a lo ancho.

$N_f$ : Número de jabas distribuidos hacia el fondo.

$N_h$ : Número de jabas apiladas.

Teniendo en cuenta una configuración de las jabas de 6×6×8 en lo ancho, fondo y altura respectivamente:

La superficie total de la cámara es la suma total de las superficies interiores tales como el piso, techo y muros.

Generalmente, recomienda la experiencia que los pescados contenidos en sus jabas a refrigerar tengan entre ellas espacios de libre circulación, las longitudes en el ancho y el fondo de la cámara frigorífica deben ser incrementadas en un 15% respectivamente, tomando las consideraciones adicionales, tenemos:

La superficie interna total en los muros de la zona ancha es:

Utilizando la fórmula 2.6

$$S_{Ma} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_a \times a]$$

$$S_{Ma} = 2 \times [8 \times (0.236 \text{ m})] \times [1.15 \times 6 \times (0.41 \text{ m})]$$

$$S_{Ma} = 10.68 \text{ m}^2$$

Utilizando la fórmula 2.7

Superficie interna total en los muros de la zona del fondo.

$$S_{Mf} = 2 \times [N_h \times h] \times [1.15 \times N_f \times f]$$

$$S_{Mf} = 2 \times [8 \times (0.236 \text{ m})] \times [1.15 \times 6 \times (0.706 \text{ m})]$$

$$S_{Mf} = 18.39 \text{ m}^2$$

La superficie interna total del techo y piso es:

$$S_{TP} = 2 \times [1.15 \times N_a \times a] \times [1.15 \times N_f \times f]$$

Donde

$S_{TP}$ : Superficie interna del techo y piso.

a: Ancho o fondo de la jaba (0.41 m).

f: Fondo de la jaba (0.706 m).

$$S_{TP} = 2 \times [1.15 \times 6 \times (0.41 \text{ m})] \times [1.15 \times 6 \times (0.706 \text{ m})]$$

$$S_{TP} = 27.56 \text{ m}^2$$

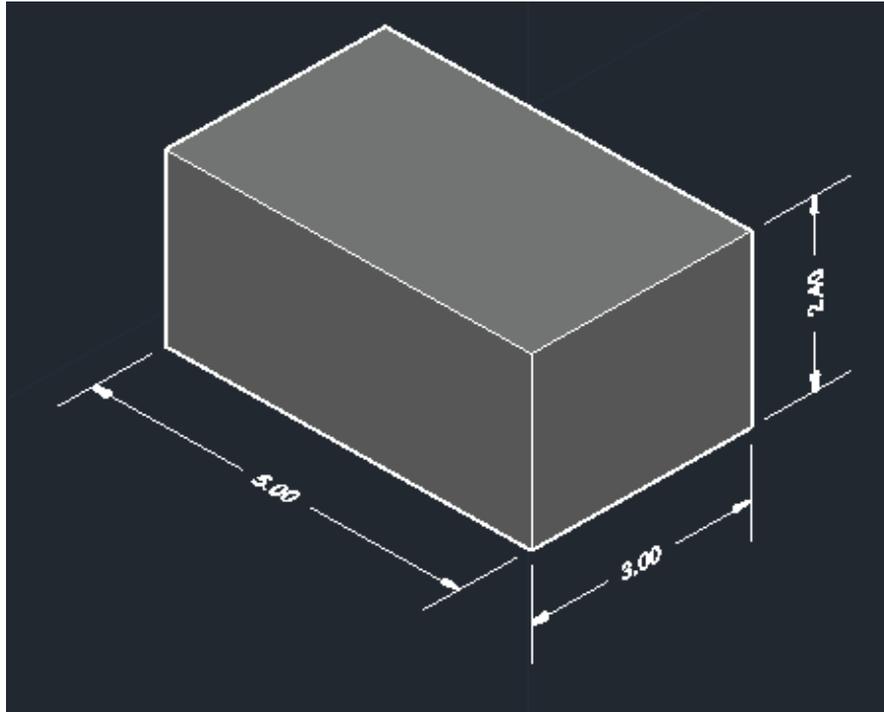
Las longitudes internas: ancho, fondo y altura de la cámara frigorífica.

$$L_a = 1.15 \times 6 \times 0.41 \text{ m} = 2.829 \text{ m} \approx 3.0 \text{ m}.$$

$$L_f = 1.15 \times 6 \times 0.706 \text{ m} = 4.8714 \text{ m} \approx 5.0 \text{ m}.$$

$$L_h = 8 \times 0.236 = 1.888 \text{ m} \approx 2.4 \text{ m}.$$

El volumen de la cámara frigorífica se muestra en la figura 63 con sus respectivas medidas.



**Figura N° 63** Geometría rectangular de cámara frigorífica. *Elaboración propia.*

Estas longitudes son satisfactorias para contener 289 Jabas, pero también debemos considerar que son condiciones volumétricas mínimas del presente proyecto.

Según como avance el análisis este volumen puede crecer, como se presenten las condiciones concretas.

#### *Cálculo de aislamiento de cámara frigorífica*

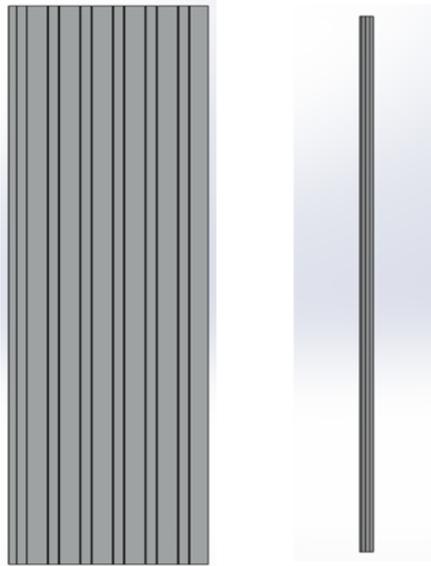
Existen diferentes métodos para determinar el espesor de la capa de aislamiento. Se puede calcular a partir del flujo de calor máximo, directamente del espesor recomendado por el fabricante, en función de la diferencia de calor. En este caso, al calcular el grosor del panel, se tendrá en cuenta el flujo de calor máximo permitido en la cámara frigorífica. Este es el caso más simple y el valor asignado al flujo de calor suele determinarse empíricamente.

Un caso práctico es asignar un valor de pérdidas en paredes de cámaras frigoríficas en función de la temperatura interior de la misma (entre 6 y 7  $W/m^2$  para cámaras de congelación y entre 8 y 9  $W/m^2$  para cámaras de refrigeración). La diferencia viene establecida fundamentalmente por el distinto coste de producción de frío en función del nivel térmico requerido.

El método propuesto a continuación es de gran utilidad. Se parte de la ecuación 2.7 que expresa la tasa de transferencia de calor a través de una pared plana:

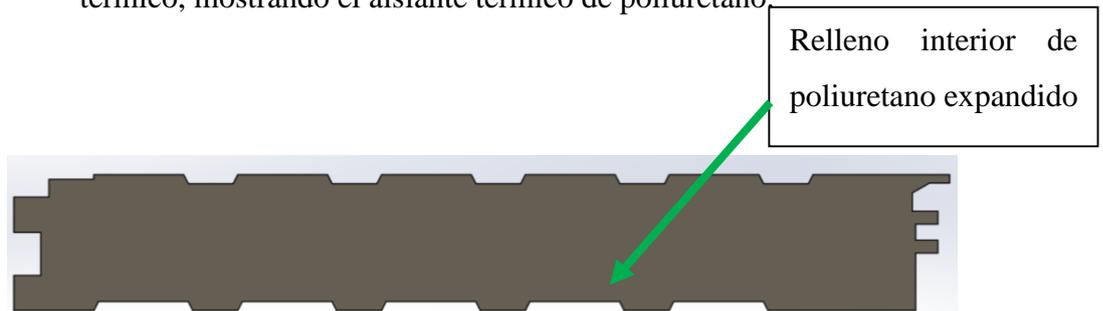
Utilizando la formula 2.31

$$e = k \times \left[ \frac{T_i - T_c}{q} \right]$$



**Figura N° 64** Vista frontal y lateral de panel térmico

En la figura 64 se muestra el detalle de los paneles térmicos, la parte exterior del panel térmico, en la figura 65 se muestra el corte de un panel térmico, mostrando el aislante térmico de poliuretano.



**Figura N° 65** Sección de panel térmico relleno interior de poliuretano expandido

Los datos necesarios para el cálculo del espesor del aislante son:

Temperatura en el interior de la cámara : -20 °C.

Temperatura de la intemperie : 22 °C.

La pérdida térmica en el panel : 7 W/m<sup>2</sup>.

Conductividad térmica del poliuretano : 0.022 a 0.028 W/m × °K a 10° C.

El valor numérico de la conductividad térmica se basa en la Norma UNE 92202; después de 9 meses de envejecimiento, se considera que el valor de la conductividad térmica se mantiene constante a 0,028 W/m × °K a 10° C.

Para condiciones mínimas y de aplicación general, tenemos lo siguiente:

$$e = 0.022 \frac{W}{m * ^\circ K} \left[ \frac{22^\circ C - (-20^\circ C)}{(6\sim 7) \frac{W}{m^2}} \right]$$

$$e_{\text{mínimo}} = 5.2 \text{ pulgadas}$$

$$e_{\text{máximo}} = 6.1 \text{ pulgadas}$$

#### *Cálculo del espesor del panel SUPERWALL® FRIGO*

Características físicas del poliuretano Superwall Frigo.

Para determinar el espesor del aislamiento térmico se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones.

Temperatura promedio estadística climática en el puerto artesanal de Atico por mes se muestra en la figura 66, los cuales están basados en los datos de los últimos 10 años (2011 - 2020).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22 °C	21 °C	22 °C	22 °C	21 °C	21 °C	20 °C	21 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C

**Figura N° 66** Temperatura promedio estadística del puerto de Atico Datos de los últimos 10 años.

*Tomada de: Municipalidad distrital de Atico.*

Temperatura de la cámara : -20 °C

Temperatura en la intemperie : 22 °C

Para la selección se utilizó el Abaco del catálogo del fabricante de revestimientos para refrigeración SUPER WALL FRIGO.

Utilizando el ábaco representado se puede determinar el espesor mínimo del panel en función de la diferencia de la temperatura ( $\Delta t$ ) entre los ambientes interior y exterior del almacén frigorífico y las pérdidas térmicas (Q).

Donde:

$$\Delta t: 22^{\circ}\text{C} - (-20^{\circ}\text{C}) = 42^{\circ}\text{C}.$$

$$Q: 7 \text{ W/m}^2.$$

Para temperaturas negativas las pérdidas usuales son de  $7 \text{ W/m}^2$ .

Haciendo el ajuste pertinente en el ábaco, el espesor del panel de poliuretano se encuentra entre 5 y 6 pulgadas y con una pérdida térmica de  $7 \text{ W/m}^2$ .

$$e = 5\sim 6 \text{ pulgadas}$$

#### *Cálculo por método experimental*

El espesor del aislamiento que se utilizará se basa en un análisis económico, pero en base a este análisis, las tablas son útiles que muestran el espesor del aislamiento que se puede utilizar dependiendo de la temperatura del ambiente enfriado, los datos son expuestos en la tabla 10.

**Tabla 10** *Espesor de aislante térmico, Poliuretano (PUR)*

<b>ESPESORES HABITUALES EN CÁMARAS FRIGORIFICAS</b>	
Cámara o cuartos fríos a $12^{\circ}\text{C}$	60 mm
Cámaras de conservación a $0^{\circ}\text{C}$	
Cámaras de congelados a $-20^{\circ}\text{C}$	150 mm
Túneles de congelación a $-30^{\circ}\text{C}$	200 mm

*Nota:* Lista de espesores según la temperatura, Tomada de: Danfoss. Elaboración propia.

De la Tabla 10 seleccionamos para las condiciones que más se ajustan a nuestro proyecto.

$$e = 150 \text{ milímetros}$$

$$e \approx 6 \text{ pulgadas}$$

Los tres métodos de cálculo determinaron espesores de aislamiento mínimos, por lo tanto, para el diseño establecido tomaremos como espesor de diseño, 6 pulgadas.

$$e_{\text{diseño}} = 6 \text{ pulgadas}$$

#### **Conclusiones:**

- Superficie de los muros ubicados en la zona ancha o frontal

$$S_{Ma} = 10.68 \text{ m}^2$$

- Superficie interna de los muros ubicados en la zona del fondo

$$S_{Mf} = 18.39 \text{ m}^2$$

- Superficie interna del techo y piso

$$S_{TP} = 27.56 \text{ m}^2$$

- Las longitudes:

$$L_a = 3.0 \text{ m}$$

$$L_f = 5.0 \text{ m}$$

$$L_h = 2.4 \text{ m}$$

- Temperatura en el interior de la cámara.

$$-20 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Temperatura de la intemperie

$$22 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Conductividad térmica del poliuretano

$$0.022 \text{ a } 0.028 \text{ W/m} \times \text{ }^\circ\text{K a } 10^\circ\text{C}$$

- Espesor mínimo de pared de poliuretano calculado con el primer método de calculo

$$e_{\text{mínimo}} = 5.2 \text{ pulgadas}$$

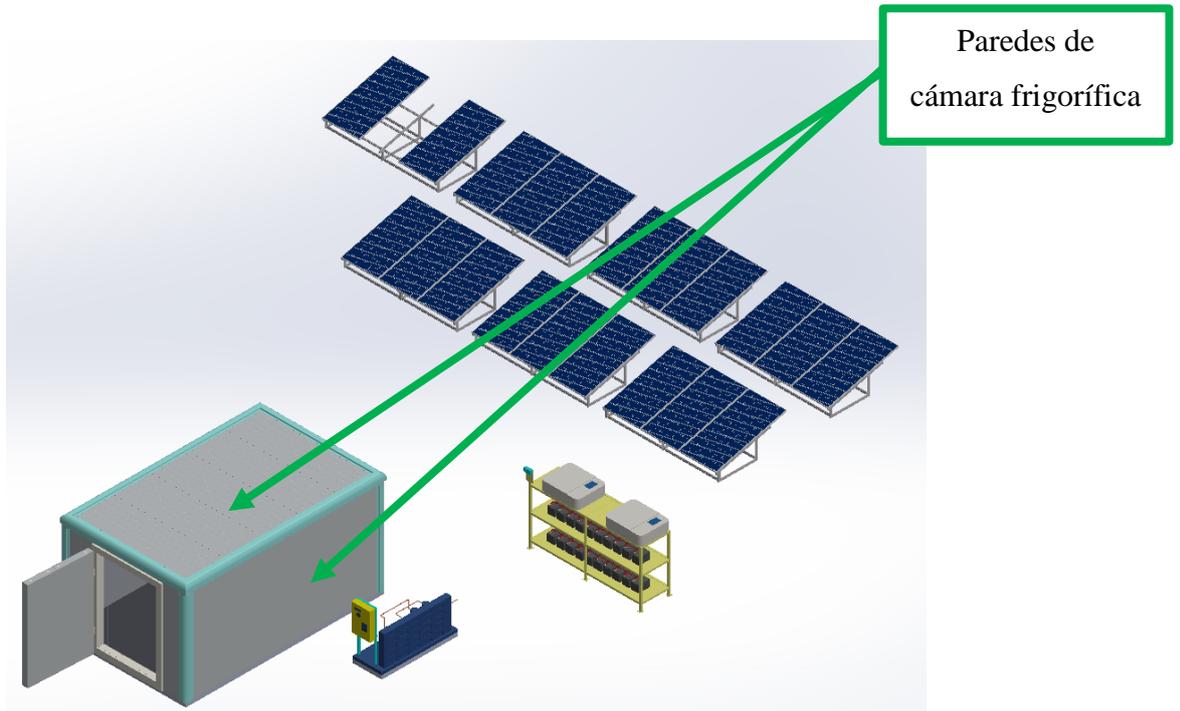
- Espesor máximo de pared de poliuretano calculado con el primer método de calculo

$$e_{\text{máximo}} = 6.1 \text{ pulgadas}$$

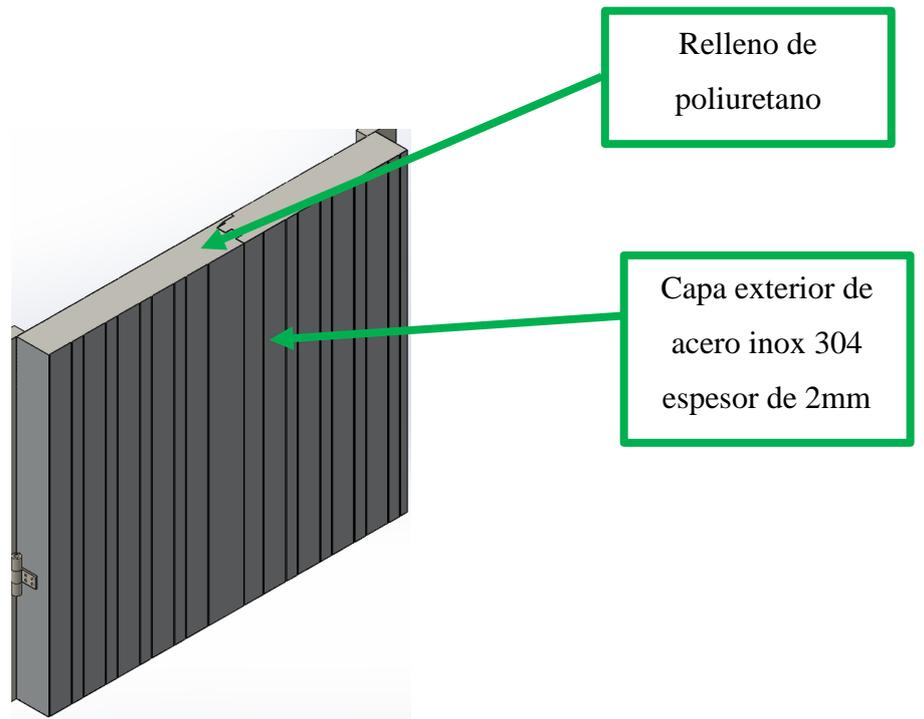
- El espesor con el que se diseñara la cámara frigorífica es:

$e_{diseño} = 6$  pulgadas

En la figura 67 se muestra las paredes de la cámara frigorífica.



**Figura N° 67** Cámara frigorífica, revestimiento. *Elaboración propia.*



**Figura N° 68** Detalle paneles térmicos con relleno de poliuretano. *Elaboración propia.*

**c) Función de Evaporación de fluido refrigerante**

*Cálculo de las cargas térmicas*

Para calcular la capacidad frigorífica se debe tomar en cuenta que la adecuada selección de un equipo depende de manera considerable del cálculo correcto de la carga térmica en función al espacio por refrigerar; por ello se plantean las siguientes definiciones de cargas:

*Carga térmica por transmisión ( $q_1$ )*

Es la actividad térmica que ingresa a la cámara por sus distintas partes de la construcción. El valor depende del tipo y espesor del aislamiento y su valor puede ser hallado mediante la ecuación 4.14 y, en la práctica se usa:

Utilizando la fórmula 2.13

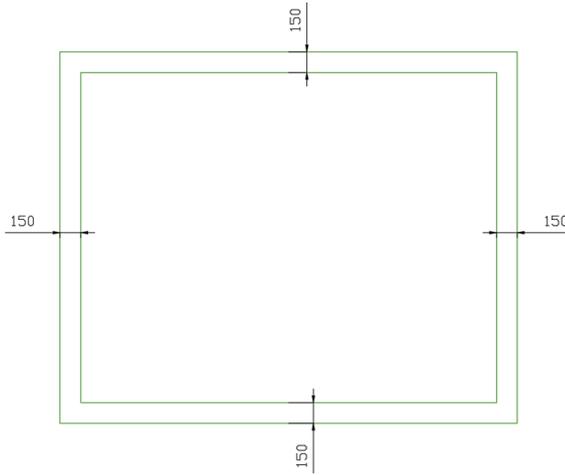
$$q_1 = q \times A_e$$

En la tabla 11 se muestran los espesores de paredes y piso, en las figuras 69 y 70 se muestra el detalle de los espesores de las paredes térmicas de la cámara frigorífica.

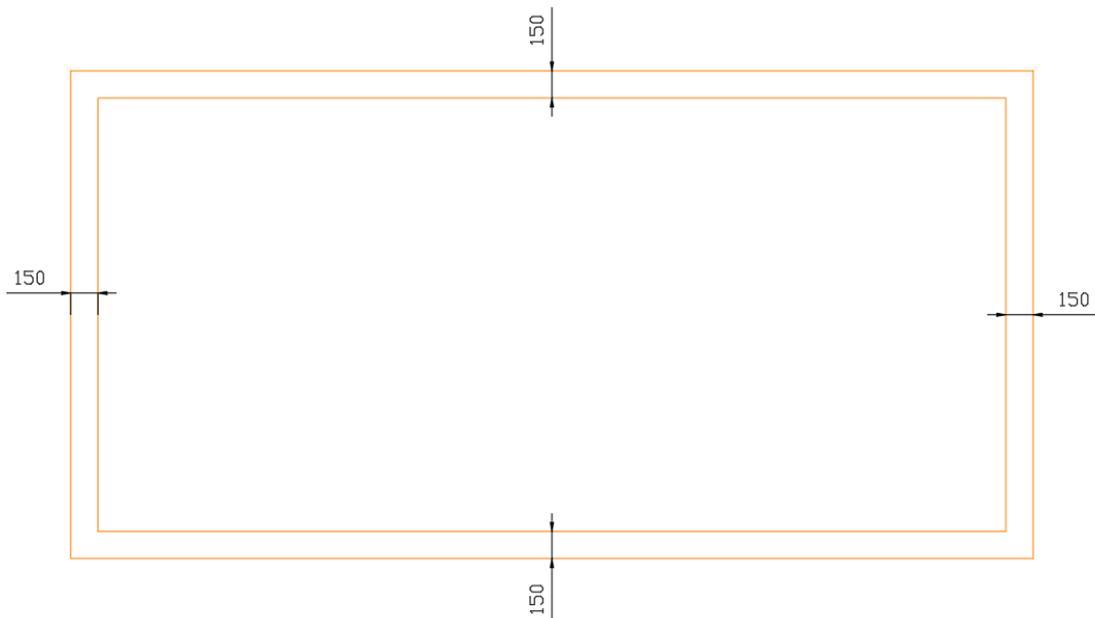
**Tabla 11** *Espesores en pared, techo y piso*

Item	<b>ESPEORES DE AISLAMIENTO EN PAREDES, TECHO Y PISO</b>
a	150 mm
b	150 mm
c	150 mm

*Nota:* Espesor de pared(a), techo (b), piso (c). *Elaboración propia.*



**Figura N° 69** *Espesores de aislamiento en paredes vista de sección lateral. Elaboración propia.*



**Figura N° 70** *Espesores de aislamiento en paredes vista de sección frontal. Elaboración propia.*

Las dimensiones exteriores de la cámara de conservación de pescado congelado, se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12** *Dimensiones exteriores de la cámara frigorífica*

<b>DIMENSIONES</b>	<b>METROS</b>
Ancho ( $L_a + 2a$ )	3.300
Fondo ( $L_f + 2a$ )	5.300
Altura ( $L_h + b + c$ )	2.700

*Nota: En la tabla se muestran las dimensiones de la cámara. Elaboración propia.*

Según la guía técnica de diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. (Atecyr, 2007, p. 23) es recomendable utilizar los siguientes datos:

$q = 8 \text{ W/m}^2$  para cámaras de conservación.

$q = 6 \text{ W/m}^2$  para cámaras de congelación.

$$A_e = 2 \times (3.3048 + 5.3048) \times 9.82 + 2 \times (3.3048 \times 5.3048)$$

$$A_e = 52.282 \text{ m}^2$$

De esta manera se puede encontrar fácilmente el calor de transferencia en las paredes:

$$q_1 = q \times A_e$$

$$q_1 = (6 \text{ W/m}^2) \times (52.282 \text{ m}^2)$$

$$q_1 = 0.314 \text{ kW}$$

*Carga solar ( $q_2$ )*

Para el proyecto se hará el cálculo del sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0.0 \text{ kW}$$

*Carga por cambio de aire ( $q_3$ )*

Cada vez que se abren las puertas de la cámara frigorífica, tiene lugar la filtración de aire desde el exterior. La entalpía de este aire, en el verano, es mayor que la del espacio refrigerado. La diferencia entre la entalpía del aire que se infiltra y la del espacio representa una carga de calor que es preciso remover mediante el equipo de refrigeración. El número probable de cambios de aire por día y el calor que debe ser removido por cada pie cúbico de aire infiltrado se basan en la experiencia. La carga térmica por cambio de aire se calcula por la siguiente ecuación.

Utilizando la fórmula 2.14

$$q_3 = F_1 \times F_2 \times V_i$$

La temperatura de diseño al interior de la cámara de refrigeración es -20 °C (-4°F).

Recurrimos a la tabla que determina el factor de cambios/día en función al volumen interno de la cámara de refrigeración.

Las dimensiones internas de la cámara de refrigeración se establecen en la tabla 13.

**Tabla 13** Dimensiones internas de la cámara frigorífica

DIMENSIONES	METROS
Ancho ( $L_a$ )	3
Fondo ( $L_f$ )	5
Altura ( $L_h$ )	2.4

*Nota:* Dimensiones internas de la cámara. Elaboración propia.

$$V_i = 36 \text{ m}^3$$

Determinación del Factor  $F_1$ , (ver anexo 7).

Convertimos  $36\text{m}^3$  a  $1271.33\text{pie}^3$

Interpolando hallamos  $F_1$ .

$$F_1 = 12.14 \text{ cambios/día.}$$

Luego hallamos  $F_2$ .

$$F_2 = \text{Factor de calor en la cámara en, BTU/pie}^3.$$

En este punto se requiere determinar el parámetro humedad relativa (Ver anexo 6)

La humedad relativa a 22 °C (71.6°F) : 64.48%.

La temperatura en la cámara : -20 °C (-4°F).

Altitud : 20 msnm.

Latitud : -16° 13' 42" Sur.

Longitud : -73° 36' 47" Oeste.

Para determinar el factor  $F_2$  (ver anexo 8)

*Modo de cálculo excepcional:*

Al no tener en la tabla anterior la temperatura de aire de entrada de 71.6 °F, utilizaremos el dato inmediato superior, el cual es 80 °F. De igual

manera recurrimos al mismo método de aproximación de la humedad relativa, el cual es 64.48%.

Con esta información adquirida de tabla hallamos el factor de calor en la cámara, en la tabla 14 se muestran los valores de  $F_2$ .

**Tabla 14** Factor  $F_2$  aproximado.

Temperatura cámara frigorífica °F	Temperatura de aire en la entrada 80 °F		
	Humedad relativa de aire en la entrada %		
	50	60	64.48
0	2.68	2.86	2.94
-4	2.768	2.956	3.04
-5	2.79	2.98	3.07

*Nota:* Lista  $F_2$  aproximado. . "Principios de Refrigeracion" Tomada de Roy J. Dossat, 1980.

$$F_2 = 3.04 \text{ BTU/pie}^3$$

$$q_3 = 12.14 \frac{\text{cambios}}{\text{día}} \times 3.04 \text{ BTU/pie}^3 \times 1271.33 \text{ pies}^3$$

$$q_3 = 1954.96 \text{ BTU/hora}$$

$$q_3 = 0.573 \text{ kW}$$

*Carga por producto ( $q_4$ )*

La carga debida al producto formador de calor sensible y latente, o ambos, debe eliminarse del refrigerante para que la temperatura del refrigerante descienda al nivel deseado. El término "producto" se utiliza en relación con cualquier material o pescado, en nuestro caso, cuya temperatura es bajada por el enfriador.

Una vez que el producto se haya enfriado a la temperatura de almacenamiento, ya no será una fuente de calor y la carga del producto ya no será parte de la carga del equipo.

Utilizando la fórmula 2.15

$$q_4 = m \times C_A \times \Delta T / t \times f$$

Propiedades físico-térmicas del pescado congelado se muestran en la tabla 15

**Tabla 15** Propiedades físico-térmicas de pescado congelado

Producto	Calor específico (BTU/Libras × °F)	Calor latente (BTU/Libras)	Punto de fusión (°F)
Pescado congelado	0.41	101	30

*Nota:* Lista. . “Principios de Refrigeracion” Tomada de Roy J. Dossat, 1980.

En la tabla 16 se muestran los tiempos de enfriamiento y factores de ritmo de enfriamiento del pescado congelado.

**Tabla 16** Tiempos de enfriamiento y factores de ritmo de enfriamiento

Producto	t(horas)	f
Pescado congelado	24	1

*Nota:* Lista. . “Principios de Refrigeración” Tomada de Roy J. Dossat, 1980.

Considerando el tiempo de conservación de 5 días.

$$q_4 = \frac{(44092.45 \text{ Lib.}) \times (0.41 \text{ BTU/Libras} \times \text{°F}) \times (42 \text{ °F})}{(24 \text{ horas}) \times (1) \times (5)}$$

$$q_4 = 6327.27 \text{ BTU/horas}$$

$$q_4 = 1.85 \text{ kW}$$

### *Cargas diversas*

#### **Carga por personas**

Se recomienda que dos operadores designados realicen la inspección y limpieza de la cámara del enfriador una vez al día, que permanecerá en la instalación durante aproximadamente 3 horas.

Según Roy J. Dossat (1997) página 216:

Utilizando la fórmula 2.16

$$q_{5A} = N_p \times F_p \times t$$

De la tabla 17 las equivalencias de calor por personas dentro del espacio refrigerado, se utiliza para los cálculos respectivos.

**Tabla 17** *Equivalencia de calor por personas*

<b>Temperatura del enfriador</b> °F	<b>Calor equivalente por persona</b> BTU/hora
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

*Nota:* Lista. .“Principios de Refrigeración” Tomada de Roy J. Dossat, 1980

Interpolando a -4 °F, tenemos lo siguiente.

$$F_p = 1340 \text{ BTU/hora, y}$$

$$t = 2 \text{ horas/día.}$$

Calculando tenemos:

$$q_{5A} = (2 \text{ personas}) \times (1340 \text{ BTU/hora} \times \text{persona}) \times (2 \text{ horas/día})$$

$$q_{5A} = 5360 \text{ BTU/día}$$

$$q_{5A} = 1.57 \text{ kW}$$

### *Carga por iluminación*

La iluminación influyente cuando se considera cuidadosamente durante la inspección de higiene debe evitarse la iluminación con una intensidad de 300 Lux donde se realicen actividades de elaboración. En otras áreas, como almacenes de productos secos, se requiere una iluminación adecuada para mantener las instalaciones limpias y ordenadas.

En la sala de refrigeración se han dispuesto 3 lámparas fluorescentes de 50 vatios para iluminar el ambiente, las cuales se encenderán una vez al día y 3 horas al día, tiempo que el operador utilizará para verificar posibles daños.

Utilizando la fórmula 2.12

$$q_{5B} = P_{\text{focos}} \times F_{\text{conversión}}$$

$$q_{5B} = (150 \text{ W}) \times 3.41 \frac{\text{BTU/hora}}{\text{W}}$$

$$q_{5B} = 511.5 \text{ BTU/hora}$$

$$q_{5B} = 0.15 \text{ kW}$$

### *Calor liberado por motores eléctricos de inducción*

El motor eléctrico de inducción se utilizará para impulsar el ventilador de 2 HP para una capacidad volumétrica de 30 m<sup>3</sup>, esto sucede en el espacio de refrigeración.

Utilizando la fórmula 2.17

$$q_{5C} = F_{pme} \times P_{\text{motor}}$$

Calor equivalente de motores eléctricos los valores se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18** *Carga proveniente de motores eléctricos*

$\frac{\text{BTU}}{\text{hora} \times \text{HP}}$
---

<b>Motor (HP)</b>	<b>Carga conectada espacio refrigerado</b>	<b>Pérdidas exteriores por motor espacio refrigerado</b>
$\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{2}$	4250	2545
$\frac{1}{2}$ a 3	3700	2545
3 a 20	2950	2545

*Nota: Lista. . "Principios de Refrigeracion" Tomada de Roy J. Dossat, 1980.*

$$q_{5C} = \left( 2950 \frac{\text{BTU}}{\text{hora} \times \text{HP}} \right) \times (3 \text{ HP})$$

$$q_{5C} = 8850 \frac{\text{BTU}}{\text{hora}}$$

$$q_{5C} = 2.59 \text{ kW}$$

#### *Capacidad total de refrigeración*

Obtenemos la capacidad de refrigeración total de todas las cargas parciales calculadas:

$$q_{\text{total}} = (0.49 + 0.00 + 0.52 + 1.85 + 1.57 + 0.15 + 2.59) \text{ kW}$$

$$q_{\text{total}} = 7.17 \text{ kW}$$

#### *Capacidad de refrigeración requerida*

Por lo general, incremente la capacidad de enfriamiento total mediante un factor de seguridad (f.s.). El factor utilizado depende de la fiabilidad de la información utilizada en el cálculo de la carga de refrigeración. Por experiencia, se usa el 10%.

Utilizando la fórmula 2.18

$$q_{\text{requerido}} = q_{\text{total}} \times \text{f. s.}$$

$$q_{\text{requerido}} = (7.2 \text{ kW}) \times 1.08$$

$$Q_{\text{requerido}} = 7.8 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{requerido}} \approx 8.0 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{requerido}} = 2.2744 \text{ TR}$$

$$Q_{\text{requerido}} = 27.2928 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

### *Selección del refrigerante*

El fluido solo puede ser usado como refrigerante si es que reúne algunas propiedades, tanto físicas como termodinámicas. Un refrigerante ideal sería uno capaz de liberar todo el calor que absorbe del evaporador, la línea de succión y el compresor al condensador. Sin embargo, desafortunadamente todos los refrigerantes regresan al evaporador arrastrando una cierta porción de calor, reduciendo la capacidad del refrigerante para absorber calor en el lado de baja.

Cada refrigerante tiene propiedades que difieren de otros, tales como: puntos de ebullición, calor específico, calor latente, densidad y otros factores que afectan la habilidad del refrigerante para transferir el calor.

Las primeras condiciones impuestas para la selección del refrigerante son:

Existen tres temperaturas que son importantes para un refrigerante y que deben ser consideradas al hacer la selección, ya que, las mismas son puntos extremos a considerar. En la tabla 19 se muestran dichos valores, tenemos: la de ebullición, la crítica y la de congelación.

**Tabla 19** Refrigerante R-404A

Refrigerante	Temperaturas (°C)		
	Ebullición	Crítica	Congelación
R-404A	-46.45	72.07	-

*Nota:* Características de refrigerante R-404<sup>a</sup>. Tomada de Danfoss.

El R-404A es una mezcla ternaria compuesta por R-125, R-143A y R-134a. Sus características termodinámicas lo constituyen como el sustituto ideal del R-502 para el sector de la refrigeración en nuevas instalaciones

para bajas y medias temperaturas. El R-404A se caracteriza por su notable estabilidad química y un pequeño deslizamiento de temperatura, de 0,7 °C.

Para nuestro caso las condiciones de trabajo de la cámara frigorífica se muestran en la tabla 20.

**Tabla 20** *Parámetros de diseño de cámara frigorífica*

	<b>T<sub>Ambiente</sub></b>	<b>T<sub>Cámara</sub></b>	<b>T<sub>Condensación</sub></b>	<b>T<sub>Evaporación</sub></b>	<b>P<sub>Requerida</sub></b>
<b>Refrigerante</b>	22 °C	-20 °C	27.56 °C	-25.56 °C	8.5 kW
<b>R-404A</b>	(71.6 °F)	(-4 °F)	(81.6 °F)	(-14 °F)	(29003.09 BTU/h)

*Nota:* Temperaturas y presión del sistema. "Principios de Refrigeración" Tomada de Roy J. Dossat, 1980

#### *Selección de Evaporador*

Para poder realizar la selección de evaporador se requiere definir los siguientes parámetros de diseño que a continuación se determinaran:

Se muestra en la tabla 21 las características del evaporador.

**Tabla 21** *Características de evaporador*

1	tipo de evaporador	BMS-632
2	fluido frigorífico	R404-A
3	potencia frigorífica	8.5 kW
4	temperatura de evaporación	-25.56 °C
5	temperatura de entrada del aire	22 °C
6	humedad relativa de entrada de aire	64.48%
7	sistema de desescarche	Eléctrico

*Nota:* Requerimiento para selección de evaporador. Elaboración propia.

Los datos técnicos del evaporador se encuentran en el anexo 1

#### **Conclusiones:**

➤ Se definieron las medidas de los factores a,b,c:

$$a = 150 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$c = 150 \text{ mm}$$

➤ Las medidas para el cálculo de la cámara:

$$\text{Ancho} = 3300 \text{ mm}$$

$$\text{Fondo} = 5300 \text{ mm}$$

$$\text{Altura} = 2700 \text{ mm}$$

- El 125rea de la superficie exterior de la cámara:

$$A_e = 52.282 \text{ m}^2$$

- La transferencia de calor en las paredes:

$$q_1 = 0.314 \text{ Kw}$$

- Cálculo de carga solar sobre el techo:

$$q_2 = 0.0 \text{ kW}$$

- Carga por cambio de aire:

$$q_3 = 0.573 \text{ kW}$$

- Carga de producto:

$$q_4 = 1.85 \text{ kW}$$

- Cargas diversas:

$$q_{5A} = 1.57 \text{ kW}$$

- Carga por iluminación:

$$q_{5A} = 1.57 \text{ kW}$$

- Calor liberado por motores:

$$q_{5C} = 2.59 \text{ kW}$$

- Capacidad total de refrigeración:

$$q_{\text{total}} = 7.2 \text{ kW}$$

- Capacidad de refrigeración requerida expresada en kW:

$$q_{\text{requerido}} = 8 \text{ kW}$$

- Capacidad de refrigeración requerida expresada en tonelada de refrigeración:

$$q_{\text{requerido}} = 2.2744 \text{ TR}$$

- Capacidad de refrigeración requerida expresada en btu/hora:

$$q_{\text{requerido}} = 27.2928 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

- Refrigerante:

R-404 A

- Tipo de evaporador

BMS-632

- Temperatura de evaporación

-25.56 °C

- Temperatura de entrada de aire:

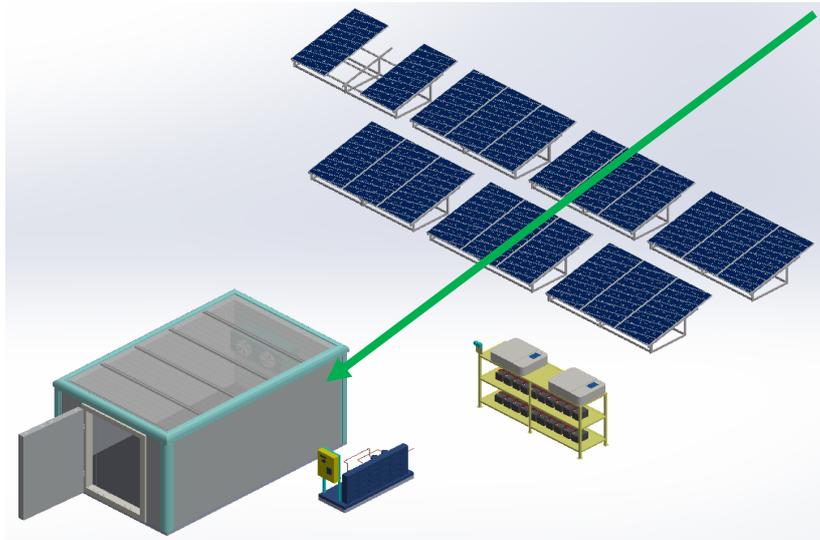
22 °C

- Humedad relativa de entrada de aire:

64.48%

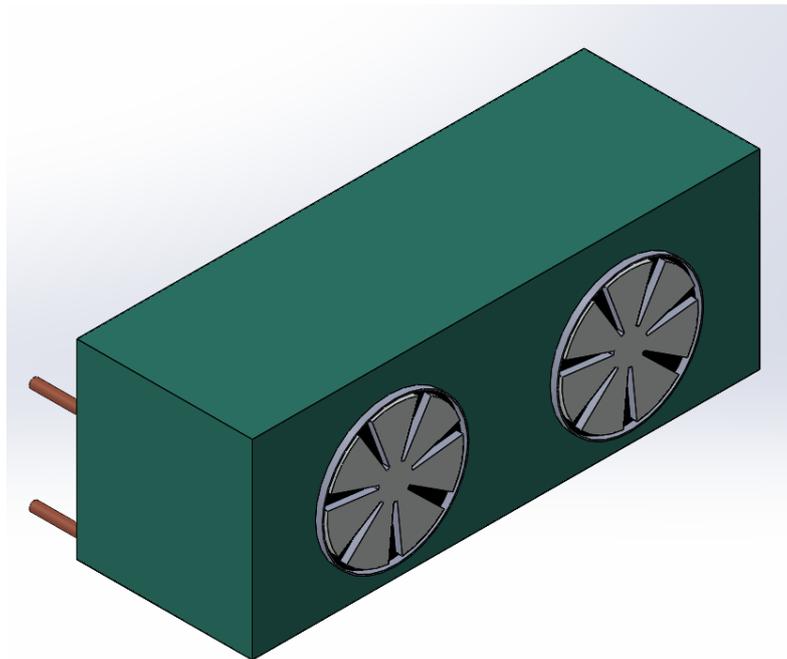
En la figura 71 se muestra la ubicación del evaporador.

EVAPORADOR



**Figura N° 71** Ubicación de evaporador. *Elaboración propia.*

En la figura 72 se muestra el evaporador.



**Figura N° 72** Detalle de evaporador modelo BMS-632. *Elaboración propia.*

#### ***d) Función Compresión de fluido refrigerante***

En la compresión de fluido refrigerante es necesario que el compresor bombee el refrigerante hacia el evaporador, el refrigerante que se utilizara es el R-404 A y sus propiedades se muestran en la tabla 22:

**Tabla 22** características de refrigerante r-404A

	<b>T<sub>Ambiente</sub></b>	<b>T<sub>Cámara</sub></b>	<b>T<sub>Condensación</sub></b>	<b>T<sub>Evaporación</sub></b>	<b>P<sub>Requerida</sub></b>
<b>Refrigerante</b> <b>R-404A</b>	22 °C (71.6 °F)	-20 °C (-4 °F)	27.56 °C (81.6 °F)	-25.56 °C (-14 °F)	8.5 kW  (29003.09 BTU/h)

*Nota:* Temperaturas y presión del sistema. "Principios de Refrigeración" Tomada de Roy J. Dossat, 1980

Para la selección del compresor se utilizará el anexo 2 y a continuación en la tabla 23 se presentan los datos de la selección del compresor tomando en cuenta los siguientes parámetros de funcionamiento:

**Tabla 23** selección de compresor

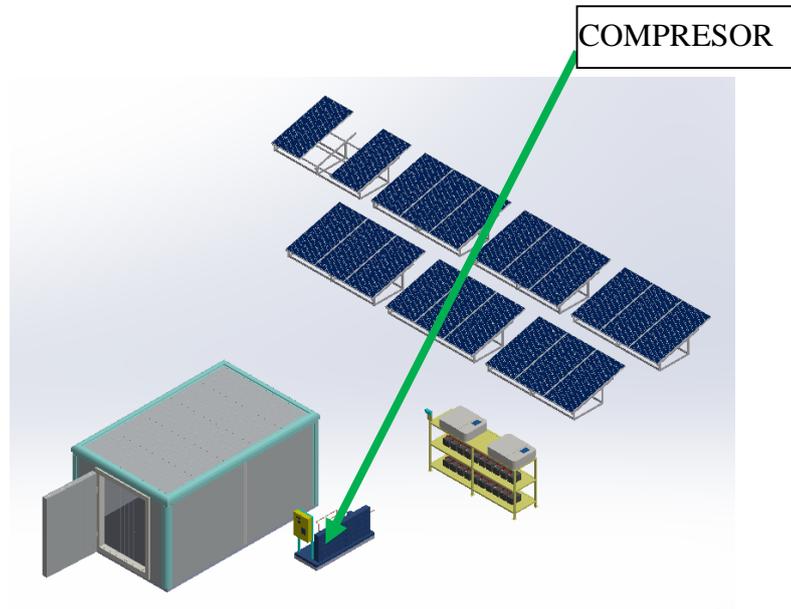
Características de selección de compresor	
Modelo	YM182E7G-100
Fluido frigorífico	R 404 A
temperatura de evaporación	25.56 °C
temperatura de condensación	27.56 °C
potencia de accionamiento	10 Hp
Voltaje de funcionamiento	220 v/60 Hz

*Nota:* Características técnicas de compresor. Elaboración propia.

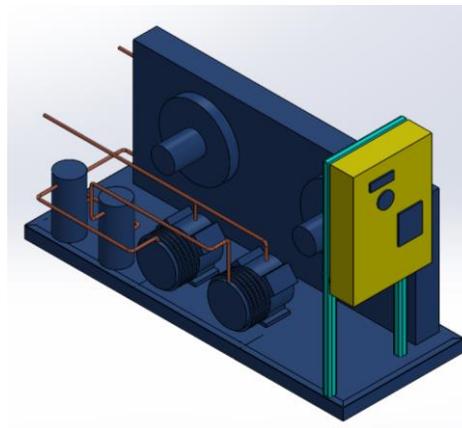
**Conclusiones:**

- El refrigerante que se utilizara en el compresor es:  
R-404 A
- El modelo del compresor es:  
YM182E7G-100
- La potencia del compresor:  
10 Hp
- La temperatura de evaporación:  
-25.56 °C
- Temperatura de condensación:  
27.56 °C
- Voltaje de funcionamiento:  
220 V/60Hz

La figura 73 muestra la ubicación del compresor.



**Figura N° 73** Localización de compresor. *Elaboración propia.*



**Figura N° 74** Detalle de compresor modelo YM182E7G-100. *Elaboración propia.*

***e) Función condensación de fluido***

El fluido refrigerante ingresa en forma de vapor al condensador, el condensador se encarga de condensar el gas en fluido, las propiedades del refrigerante se muestran en la tabla 24.

**Tabla 24** Características de refrigerante r-404A

	<b>T<sub>Ambiente</sub></b>	<b>T<sub>Cámara</sub></b>	<b>T<sub>Condensación</sub></b>	<b>T<sub>Evaporación</sub></b>	<b>P<sub>Requerida</sub></b>
<b>Refrigerante</b>	22 °C	-20 °C	27.56 °C	-25.56 °C	8.5 kW
<b>R-404A</b>	(71.6 °F)	(-4 °F)	(81.6 °F)	(-14 °F)	(29003.09 BTU/h)

*Nota:* Temperaturas y presión del sistema. "Principios de Refrigeración" Tomada de Roy J. Dossat, 1980

Los datos de selección se muestran en la tabla 25 se empleó la información que se obtuvo del catálogo de blueline (ver anexo 3)

**Tabla 25** Selección de condensador

Características para selección de condensador	
Modelo de condensador	CRB-100 A3
fluido frigorífico	R-404 A
Capacidad de refrigeración	10.009 kW
temperatura de evaporación	-25 °C
temperatura de entrada de aire	22 °C
humedad relativa del aire de entrada	64.48%

*Nota:* Características técnicas de condensador. Elaboración propia.

#### *Selección de válvula de expansión termostática*

Seleccionamos la válvula de expansión termostática tipo TUBE código 068U2110 ó 068U2111 con orificios 8 y 9 respectivamente (ver anexo 4). Con conexión de entrada y salida de 3/8" y 1/2" respectivamente (ver anexo 4).

#### *Selección de tuberías*

El cobre de la compañía NACOBRE, es un cobre puro electrolíticamente refinado, desoxidado con fósforo. Los tubos de cobre desoxidados con fósforo, durante años han sido amplia y satisfactoriamente usados en intercambiadores de calor, condensadores y evaporadores, instalaciones hidráulicas, gas, refrigeración y tubería OXI-MED (ver anexo 5).

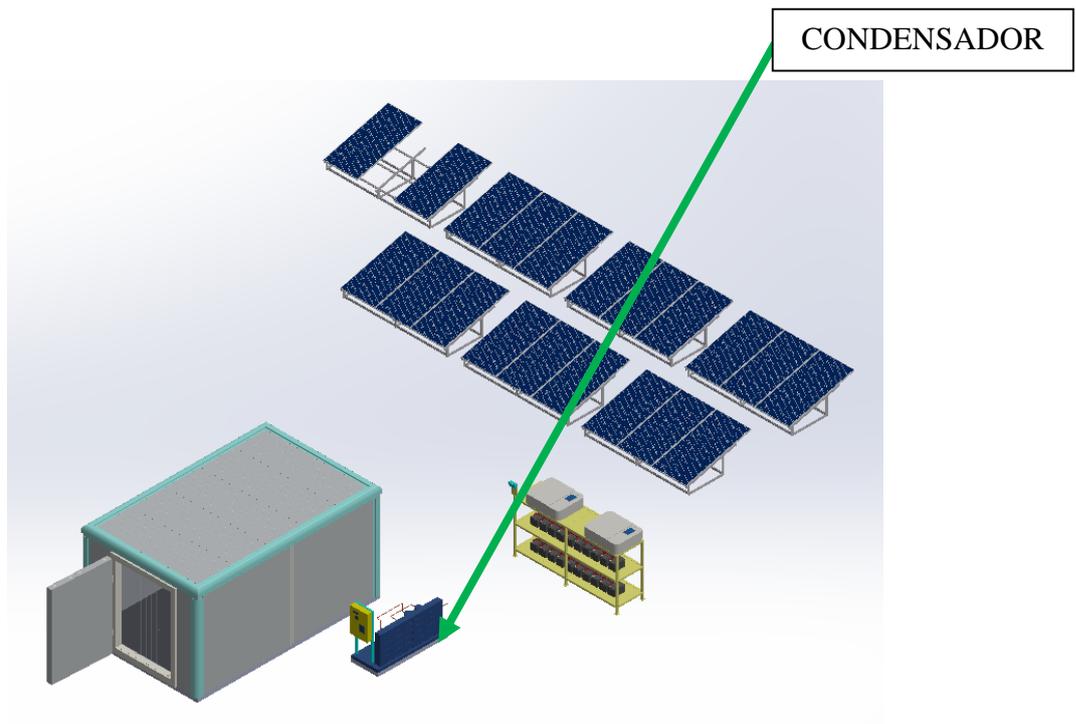
- Utilizaremos tubería de cobre tipo L.
- Línea de succión:
- Diámetro de tubería 1 3/8 pulgada.
- Línea de descarga:

- Diámetro de tubería  $\frac{5}{8}$  pulgada.
- Línea de líquido:
- Diámetro de tubería 1 ó  $1\frac{1}{8}$  pulgada.

**Conclusiones:**

- El refrigerante que se utilizará en el condensador: R-404 A
- Modelo de condensador: CRB-100 A3
- Capacidad de refrigeración: 10.009 kW
- Temperatura de evaporación:  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de entrada de aire:  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- humedad relativa del aire de entrada:  
64.48%

La localización del condensador se muestra en la figura 75



**Figura N° 75** Localización de condensador. Elaboración propia.

El condensador se encuentra incorporado junto al compresor, el fluido refrigerante que regresa del evaporador se condensa en el condensador e inmediatamente es descargado al compresor, por tal motivo el condensador viene instalado al lado del compresor como se ve en la figura.

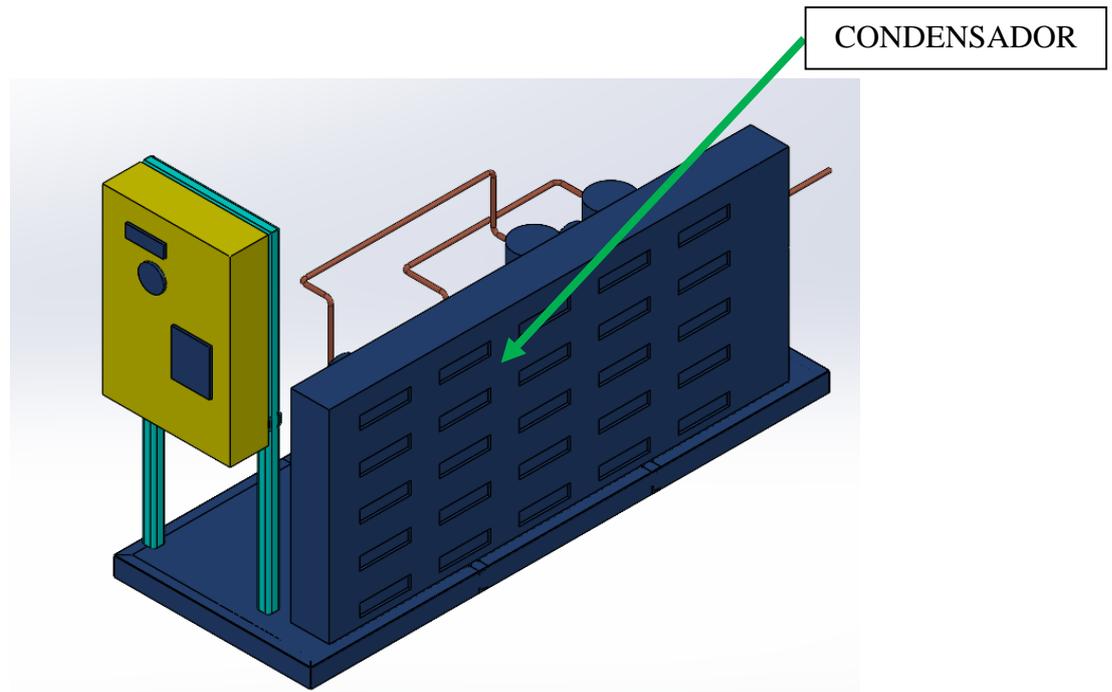


Figura N° 76 Condensador modelo CRB-100 A3. Elaboración propia.

#### 4.3.2. Sistema Fotovoltaico

##### a) Función Generación de electricidad

El sistema se instalará en la siguiente ubicación que está muy próxima a la ubicación de la cámara frigorífica y presentará sombras transitorias, al encontrarse en la parte urbana del distrito de Atico en la tabla 26 se muestran los datos de latitud y longitud y en la figura 77 se muestra la ubicación del proyecto.

Tabla 26 Latitud longitud

DATOS DE LA ZONA				
PAÍS	CIUDAD	DISTRITO	LATITUD (L)	LONGUITUD ( $\Phi$ )
Perú	Arequipa	Atico	-16.2286	-73.6131

*Nota:* Coordenadas geográficas del Mercado Modelo de Atico. Tomada de PVGIS TMY.



**Figura N° 77** Ubicación del proyecto, latitud y longitud de  $-16.2302657, -73.6983362$  aprox.

Tomada de: google maps

En la figura 78 se muestra la temperatura promedio estadística del puerto de Atico Datos de los últimos 10 años.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22 °C	21 °C	22 °C	22 °C	21 °C	21 °C	20 °C	21 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C

**Figura N° 78** Características ambientales de la zona. Tomada de: Municipalidad distrital de Atico

### **b) Dimensionamiento**

Se tomará en cuenta las cargas eléctricas que se requiera para el funcionamiento de la cámara frigorífica, a continuación, se muestra en las tablas 27 y 28:

**Tabla 27** Consumo de equipos

LISTA DE CONSUMO					
Descripción	Marca	Modelo	Consumo(W)	horas de uso/día(h)	total (Wh/día)
evaporador	blue-line	BMS-632	1192	5	5960
compresor	blue-line	YM182E7G-100	1490	8	11920
condensador	blue-line	CRB-100A3	1192	5	5960
					23840

*Nota: elaboración propia*

**Tabla 28** Consumo de luminarias

Consumo de luces					
descripción	Marca	consumo (w)	horas de uso/día (h)	cantidad	total (Wh/día)
Fluorescentes iluminaciones	philips	32	6	8	1536

*Nota: elaboración propia*

Los valores recomendados del manual para instalaciones fotovoltaicas **SUN-FIELDS**, muestran los valores para el diseño del sistema fotovoltaico, los datos se muestran en la tabla 29:

**Tabla 29** Eficiencias para diseño

DESCRIPCIÓN	EFICIENCIA
Rendimiento de batería	95%
Rendimiento de inversor	90%
Rendimiento de conductor	100%
Valor de sobredimensionamiento	20%

*Nota: Catalogo de diseño de instalaciones fotovoltaicas "Material Solar Fotovoltaica SunFields Europe", Lope Gómez de Marzoa, 2011.*

Determinación del ángulo de inclinación óptima del módulo fotovoltaico  
La mayoría de los propietarios de sitios con sistemas solares montan sus paneles en una ubicación permanente donde los paneles se pueden inclinar manualmente según sea necesario. Si queremos maximizar la captación solar, la superficie del módulo tendrá que estar orientada al norte ya que nos encontramos en el hemisferio sur, para determinar la inclinación óptima de una superficie fija una fórmula basada en el análisis estadístico de la radiación solar anual sobre las superficies utilizadas con diferentes inclinaciones ubicadas en lugares de diferentes latitudes, proporcionando una inclinación óptima según la latitud del lugar.

Esta fórmula es válida para aplicaciones de uso anual para maximizar la recolección de energía solar durante todo el año.

Para tal efecto tenemos:

Utilizando la fórmula 2.19

$$\theta_{\text{óptimo}} = 3.7 + 0.69 \times \text{Latitud}$$

Donde:

$\theta_{\text{óptimo}}$ : Ángulo de inclinación óptima.

Latitud: Distancia angular desde la superficie de la Tierra hasta el paralelo del Ecuador.

$$\theta_{\text{óptimo}} = 3.7^\circ + 0.69 \times (16.23^\circ)$$

$$\theta_{\text{óptimo}} = 14.90^\circ$$

**c) Cálculo de consumos medios diarios**

Tomando el valor de la tabla lista de consumo para la carga media diaria.

Utilizando la fórmula 2.20

$$L_{md,AC} = 23840 \frac{Wh}{dia}$$

$$L_{md,DC} = 1536 \frac{Wh}{dia}$$

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} * \eta_{con}}$$

$$L_{md} = \frac{1536 + \frac{23840}{0.9}}{0.95 * 1}$$

$$L_{md} = 26891.22807 \frac{Wh}{dia}$$

**d) Cálculo de consumo de energía**

Para el consumo se utilizará como dato el voltaje de la batería:

Utilizando la fórmula 2.21

$$V_{BAT} = 24 v$$

$$Q_{AH} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

$$Q_{AH} = \frac{26891.22807 \frac{Wh}{dia}}{24v}$$

Consumo de energía media

$$Q_{AH} = 1120.467836 \frac{Ah}{\text{día}}$$

**e) Cálculo de número total de paneles**

$$L_{md} = 26891.22807 \frac{Wh}{\text{día}}$$

$P_{MPP} = 340 \text{ W}$  la potencia pico del panel (ver anexo 10)

$HPS = 4.49$  la hora pico solar en la zona de análisis

$PR = 0.9$  Factor global de funcionamiento

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} * HPS * PR}$$

$$N_T = \frac{26891.22807}{340 * 4.49 * 0.9}$$

$$N_T = 19.53$$

$$N_T = 19.53 \cong 20 \text{ unidades}$$

**Conclusiones:**

➤ La carga media alterna diaria:

$$L_{md,AC} = 23840 \frac{Wh}{\text{día}}$$

➤ La carga media continua diaria:

$$L_{md,DC} = 1536 \frac{Wh}{\text{día}}$$

➤ El consumo medio diario

$$L_{md} = 26891.22807 \frac{Wh}{\text{día}}$$

➤ La potencia pico del panel

$$P_{MPP} = 340 \text{ W}$$

➤ La hora pico solar en la zona de análisis

$$HPS = 4.49$$

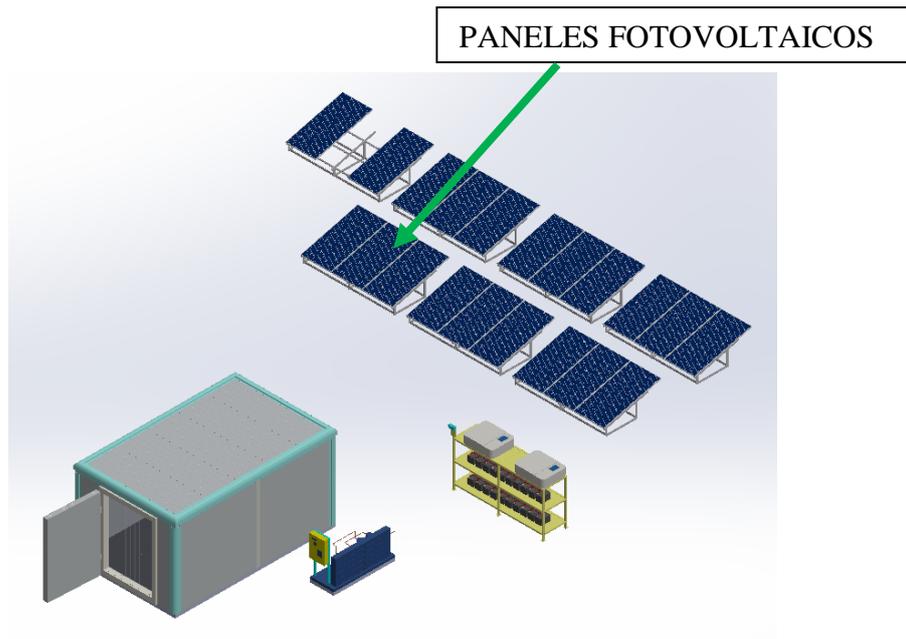
➤ El factor global de funcionamiento

$$PR = 0.9$$

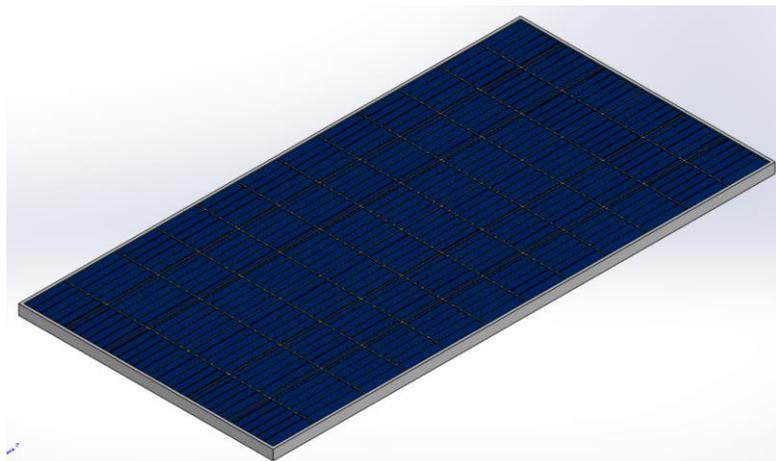
➤ El número total de paneles solares que se utilizara son:

$$N_T = 20 \text{ unidades}$$

En la figura 79 se muestra la ubicación de los paneles solares fotovoltaicos



**Figura N° 79** Ubicación de paneles solares fotovoltaicos. *Elaboración propia.*



**Figura N° 80** Detalle panel solar fotovoltaico. *Elaboración propia.*

**f) Función Regulación de carga**

La energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos se almacena en las baterías, para poder almacenar esta electricidad es necesario regular la corriente con la finalidad de evitar daños en los equipos del sistema fotovoltaico.

Cálculo de regulador de voltaje

$$I_{MOD,SC} = 9.45 A$$

Corriente de corto circuito de panel fotovoltaico (ver anexo 10)

El consumo de energía media

$$Q_{AH} = 1120.467836 \frac{Ah}{día}$$

$$HPS = 4.49$$

Corriente generada por el campo de captación fotovoltaico

Utilizando la formula 2.22

$$I_{GFV,MPP} = \frac{Q_{AH}}{HPS}$$

$$I_{GFV,MPP} = 249.5474023 A$$

$$I_{max} = 8.84 A$$

Total, de módulos en paralelo

$$N_{paralelo} = \frac{I_{GFV,MPP}}{I_{max}}$$

$$N_{paralelo} = 28.22934$$

$$N_p = 28.22934$$

Corriente generada por el campo de captación fotovoltaico

$F_s = 1.25$  Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

$N_p = 28.22934$  Número de ramas

$I_{MOD,SC} = 9.45 A$  Corriente de corto circuito de panel fotovoltaico (ver anexo 10)

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{MOD,SC} * N_p$$

$$I_{entrada} = 333.459127 A$$

**Conclusiones:**

- Corriente de corto circuito de panel fotovoltaico

$$I_{MOD,SC} = 9.45 A$$

- El consumo de energía media

$$Q_{AH} = 1120.467836 \frac{Ah}{día}$$

- Corriente generada por el campo de captación fotovoltaico

$$I_{GFV,MPP} = 249.5474023 A$$

- Corriente máxima de panel fotovoltaico

$$I_{max} = 8.84 A$$

- Número de conexión en paralelo

$$N_p = 28.22934$$

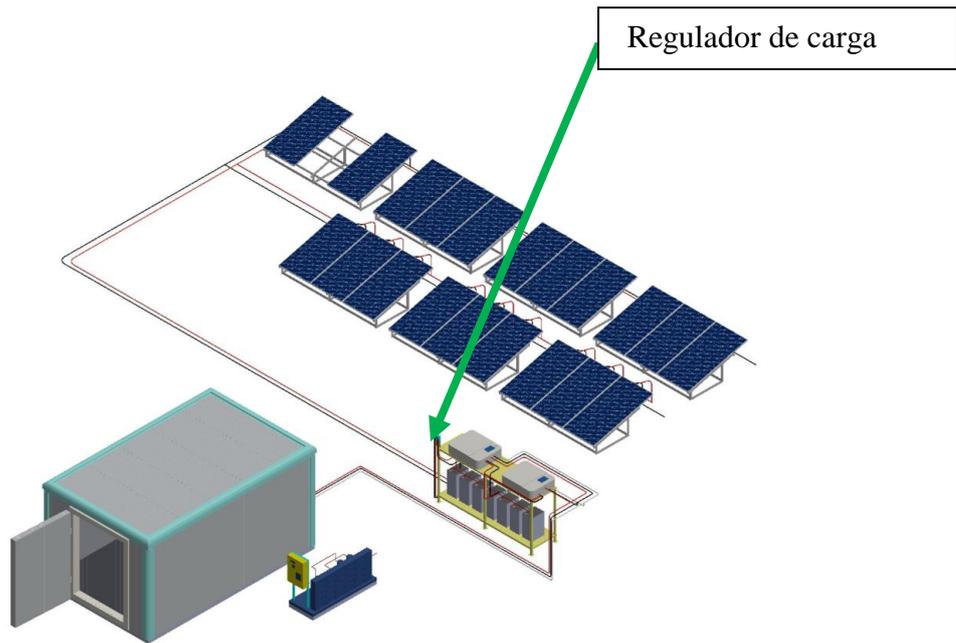
- Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

$$F_s = 1.25$$

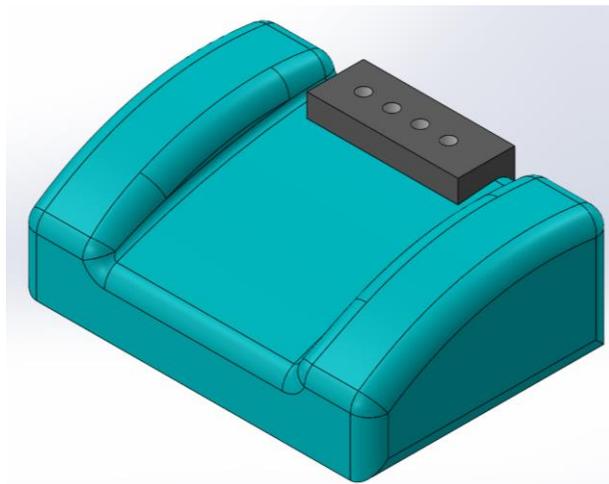
- La corriente de entrada en el regulador de carga del sistema fotovoltaico

$$I_{entrada} = 333.459127 A$$

En la figura 81 se muestra la ubicación del regulador de carga



**Figura N° 81** Ubicación de regulador de carga. *Elaboración propia.*



**Figura N° 82** Detalle de regulador de carga eléctrica. *Elaboración propia.*

**g) Función Acumulación de energía eléctrica**

La energía eléctrica que es regulada en la función de regulación ya está en condiciones de ser almacenada en las baterías, se calcula el número de baterías según sus datos técnicos.

$$A_{BAT} = 350 \text{ Ah Amperaje batería}$$

$$P_{DMAX,E} = 0.7 \text{ Profundidad máxima de descarga estacional}$$

$$P_{Dmax,d} = 0.2 \text{ Profundidad máxima de descarga diaria del 20\%}$$

$N = 3$  *dias* Número de días de autonomía

$F_{CT} = 2.3$  Factor de corrección de temperatura

$V_n = 220$  *v* Voltaje nominal instalación

$V_{BAT} = 24$  *v* Voltaje de funcionamiento de batería

$$L_{md} = 26891.22807 \frac{Wh}{dia}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (cnd )

Utilizando la fórmula 2.23

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} * F_{CT}}$$

$$C_{nd}(Wh) = 58459.19146 Wh$$

Capacidad nominal de la batería en función en amperios por hora

Utilizando la formula 2.24

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{BAT}}$$

$$C_{nd}(Ah) = 2435.79964 Ah$$

El número de baterías que se utilizaran en el sistema fotovoltaico

$$N_{BAT} = \frac{C_{nd}(Ah)}{A_{BAT}}$$

$$N_{BAT} = 6.959427$$

$$N_{BAT} = 6.959427 \cong 7 \text{ unidades}$$

Una opción de selección de batería es la batería de 12 voltios, esta es una buena opción porque es la batería más comercial para instalaciones solares los proveedores cuentan con este tipo de batería, pero tiene sus desventajas, la mayor de las desventajas es la cantidad de baterías que se necesitan para la instalación, también la limitación que se produce por el voltaje de funcionamiento de la batería limita la capacidad del panel fotovoltaico , el voltaje del panel debe de ser mayor al voltaje de funcionamiento de la batería, por los motivos mencionados se seleccionó baterías de 24 voltios que está por debajo del voltaje que genera el panel y también ayuda a reducir la cantidad de baterías de la instalación. En el anexo 00 se muestra la selección de batería, cada uno de los módulos de la batería es de 2v , y está conectado en serie 12 módulos,

cada batería de 24 voltios tiene 12 módulos conectados en serie con un amperaje de la batería de 350 Ah.

Se utilizarán 7 baterías de gel, por ser adecuadas para aplicaciones con energías renovables, el mantenimiento comparado con las baterías de ácido-plomo las baterías de gel no requieren mantenimiento. Análisis de conexión de baterías

Conexión en serie:

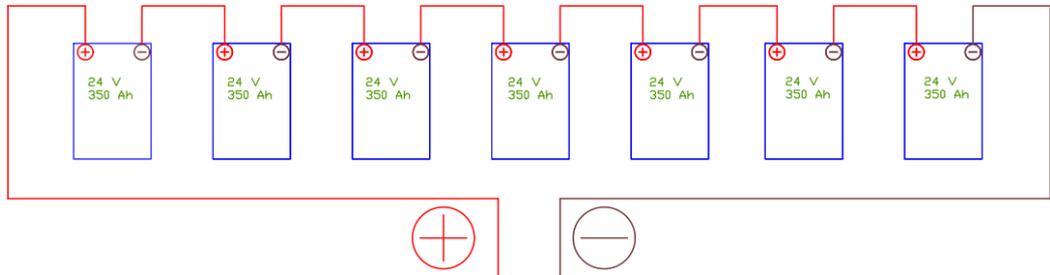
Con una conexión en serie se obtiene el siguiente voltaje:

$$V_{BAT} = 24 \text{ v}$$
$$A_{BAT} = 350 \text{ Ah}$$

Se suman los voltajes y se mantiene el amperaje del circuito

$$V_{circuito} = V_{BAT1} + V_{BAT2} + V_{BAT3} + V_{BAT4} + V_{BAT5} + V_{BAT6} + V_{BAT7} = 168V$$

En la figura 83 se muestra la conexión en serie de las baterías.



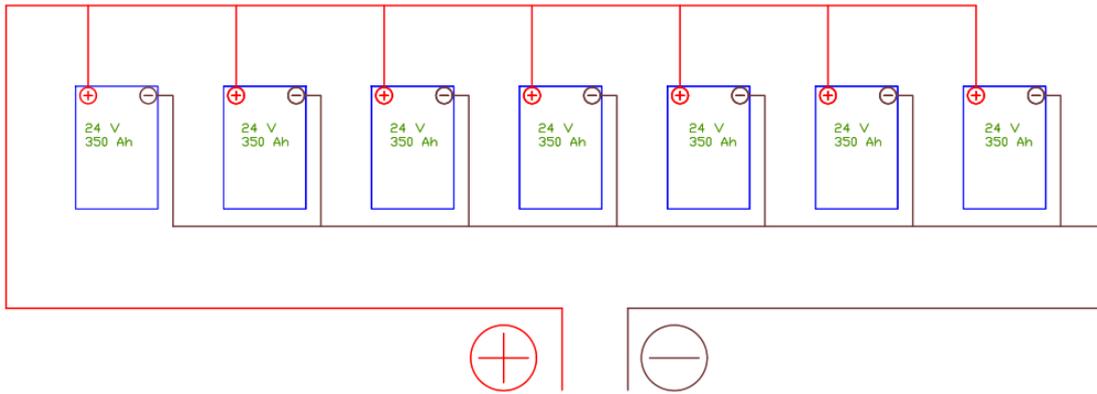
**Figura N° 83** Conexión en serie de baterías. Elaboración propia.

Con una conexión en paralelo se obtiene:

$$V_{BAT} = 24 \text{ v}$$
$$A_{BAT} = 350 \text{ Ah}$$

$$A_{circuito} = A_{BAT1} + A_{BAT2} + A_{BAT3} + A_{BAT4} + A_{BAT5} + A_{BAT6} + A_{BAT7} = 2450 \text{ Ah}$$

En la figura 84 se muestra la conexión en paralelo de las baterías.

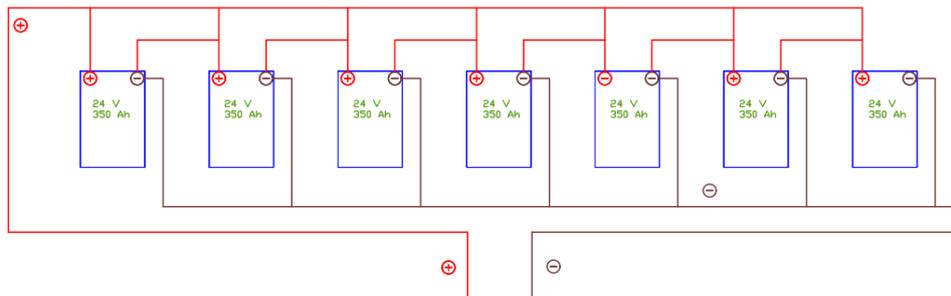


**Figura N° 84** Conexión en paralelo de baterías. Elaboración propia.

Conexión serie-paralelo

Conexión serie-paralelo

Según este tipo de instalación en la figura 85 nos brinda los siguientes datos que se muestra:



**Figura N° 85** Conexión en serie-paralelo. Elaboración propia.

Del análisis se obtuvo los siguientes resultados:

El voltaje del circuito es:

$$V_{circuito} = 24 + 24 + 24 + 24 + 24 + 24 + 24 = 168v$$

La capacidad del circuito es:

$$P_{circuito} = 350 + 350 + 350 + 350 + 350 + 350 + 350 = 2450 Ah$$

**Conclusiones:**

➤ Amperaje batería

$$A_{BAT} = 350 Ah$$

➤ Profundidad máxima de descarga estacional

$$P_{D_{MAX,E}} = 0.7$$

- Profundidad máxima de descarga diaria del 20%

$$P_{Dmax,d} = 0.2$$

- Número de días de autonomía

$$N = 3 \text{ dias}$$

- Factor de corrección de temperatura

$$F_{CT} = 2.3$$

- Voltaje nominal instalación

$$V_n = 168 \text{ v}$$

- voltaje de funcionamiento de batería

$$V_{BAT} = 24 \text{ v}$$

- Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria

$$C_{nd}(Wh) = 58459.19146 \text{ Wh}$$

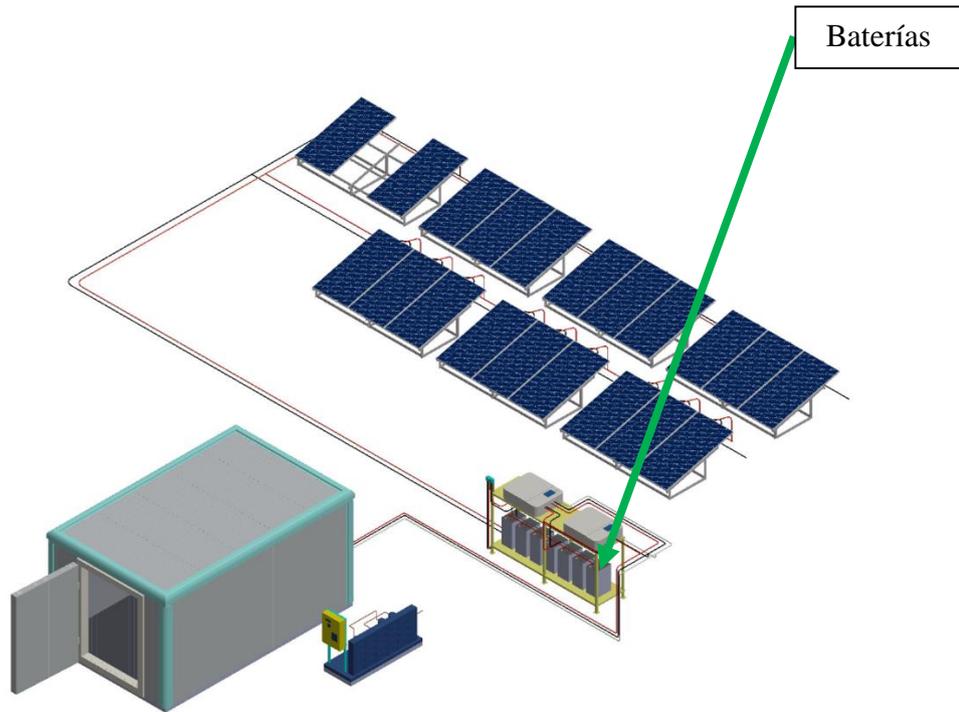
- Capacidad nominal de la batería en función en amperios por hora

$$C_{nd}(Ah) = 2435.799644 \text{ Ah}$$

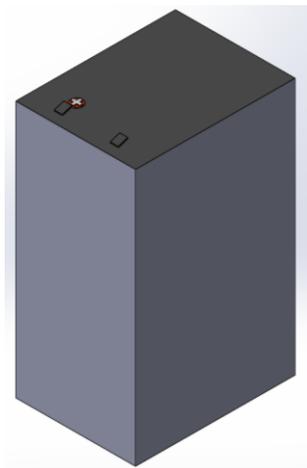
- El número de baterías que se utilizarán en el sistema fotovoltaico

$$N_{BAT} = 7 \text{ unidades}$$

En la figura 86 se muestra la ubicación del banco de baterías.



**Figura N° 86** Ubicación de banco de baterías. *Elaboración propia.*



**Figura N° 87** detalle de batería. *Elaboración propia.*

#### ***h) Función Transformación eléctrica***

La energía eléctrica que es almacenada en las baterías se rectifica, esta energía es continua, la función de transformación eléctrica se encarga de rectificar la electricidad que alimentara el sistema de refrigeración.

De la tabla 27 y 28 se obtienen los siguientes datos:

$$P_{AC} = 5960W + 11920W + 5960 W + 1536W = 25376 W$$

$$P_{AC} = 25376 W$$

$F_s = 1.25$  Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

$$P_{inv} = P_{AC} * F_s$$

$$P_{inv} = 31720 W$$

La potencia que se necesita para el inversor es 31720 kW.

Diseño y selección de inversor de carga

La carga de diseño está en función a los elementos que consumirán la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, los cálculos son:

$$P_{inv} = 31.720KW$$

Para la selección del inversor de carga se trabaja con 18 kW como mínimo

$$P_{inv} = 32 KW$$

El amperaje calculado para la instalación fotovoltaica, con el que el banco de baterías trabaja es:

$$C_{nd}(Ah) = 2435.799644 Ah$$

En el análisis del circuito de baterías se determinó una conexión en serie-paralelo, con una disposición en paralelo se obtiene un valor nominal de 2500 Ah que proporciona el banco de baterías a la salida, con una conexión en serie se obtiene un voltaje de 168 v , estos valores cubren las necesidades del sistema porque el sistema fotovoltaico requiere 2435.799644 Ah y 160 v

Con una configuración de 160 v de entrada para el inversor, a la salida del inversor necesitamos una capacidad de 18 kW según el anexo 12:

$$P_{out} = 10kW$$

Para determinar la cantidad de inversores que se requieren:

$$N_{inv} = P_{out} + P_{out} = 20kW$$

El inversor SPH 10000 TL3 BH cumple con los requerimientos que se necesitan en el circuito fotovoltaico

### **Conclusiones:**

➤ La carga que del sistema fotovoltaico

$$P_{AC} = 25376 W$$

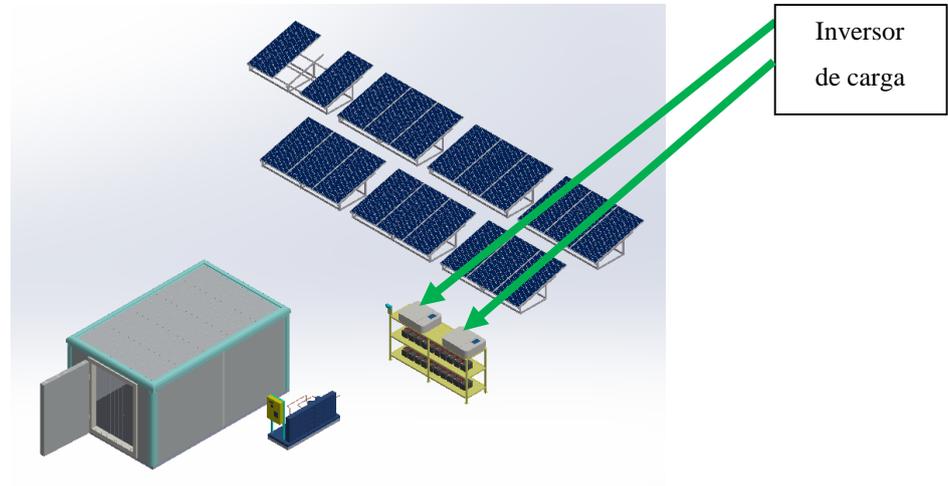
- Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

$$F_s = 1.25$$

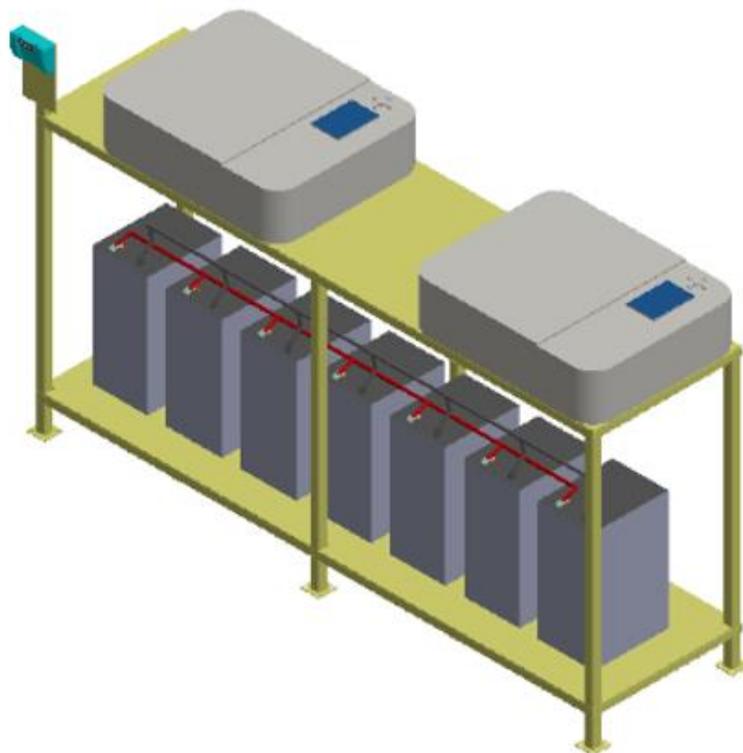
- La potencia para el inversor

$$P_{inv} = 31720 W$$

En la figura 88 se muestra la ubicación del inversor de carga



**Figura N° 88** Ubicación de inversor de carga. *Elaboración propia.*



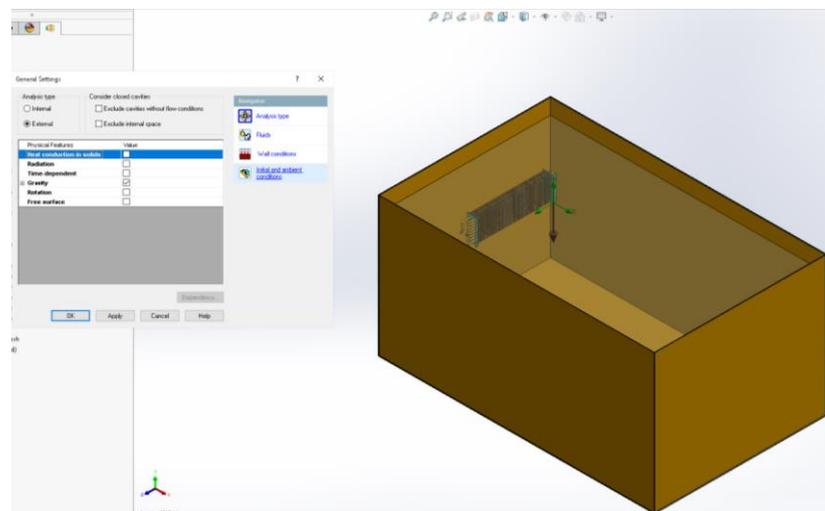
**Figura N° 89** detalle inversor de carga

## CAPITULO V SIMULACIÓN

### 5.1.Simulación cámara frigorífica

#### 5.1.1. Condiciones iniciales:

Se simulará la cámara y el efecto que tiene el refrigerante R-404 A, tomando en cuenta la gravedad se muestra en la figura 90 la configuración:



**Figura N° 90** condiciones iniciales de ambiente para análisis. *Elaboración propia.*

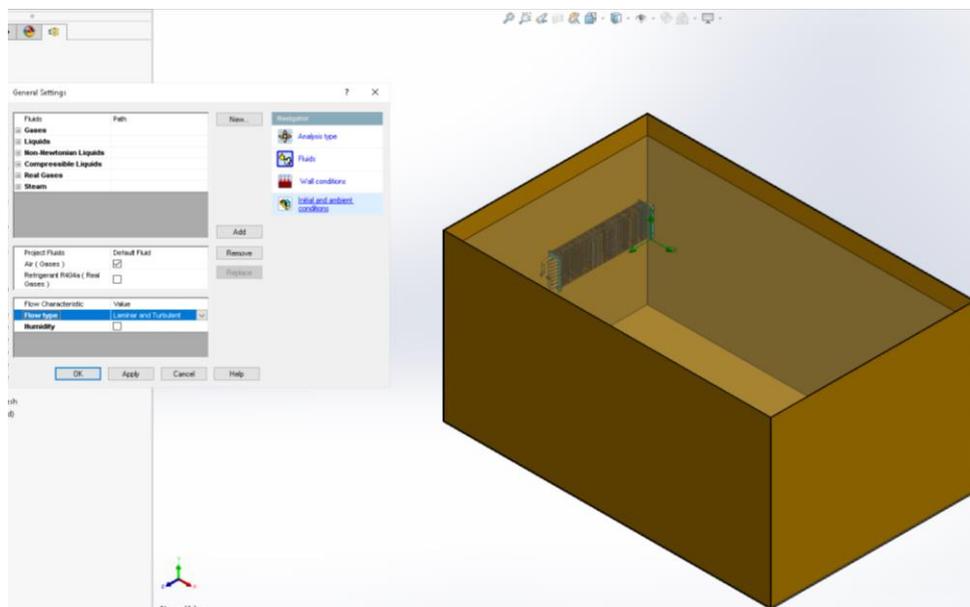
Tomado de: software solid Works ver. 2021

Para iniciar el análisis se establece las condiciones iniciales de la cámara esto se configura en el software, como se muestra en la figura 90

Se configura los gases que estarán presentes en la cámara como se muestra en la figura 91:

El primer gas es el aire que estará en el interior de la cámara de refrigeración. El segundo gas es el refrigerante R-404 A, el refrigerante se encuentra en el interior del evaporador, no tiene contacto directo con el aire de la cámara de refrigeración. Se configura en el programa el gas que trabajara en el interior de la cámara de refrigeración para la presente tesis se trabajara con aire, en la figura 91 se muestra la selección del gas.

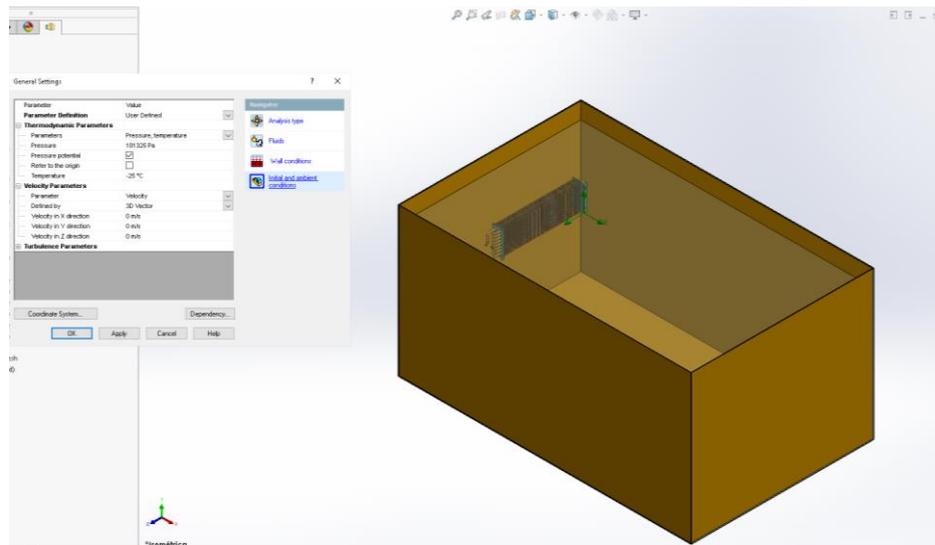
Se procede a configurar en el programa el gas y se selecciona el gas en el interior de la cámara que este gas es el aire, como se muestra en la figura 91 este aire se enfriara hasta obtener la temperatura adecuada ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura N° 91** Selección de gas que estará en el interior de la cámara. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

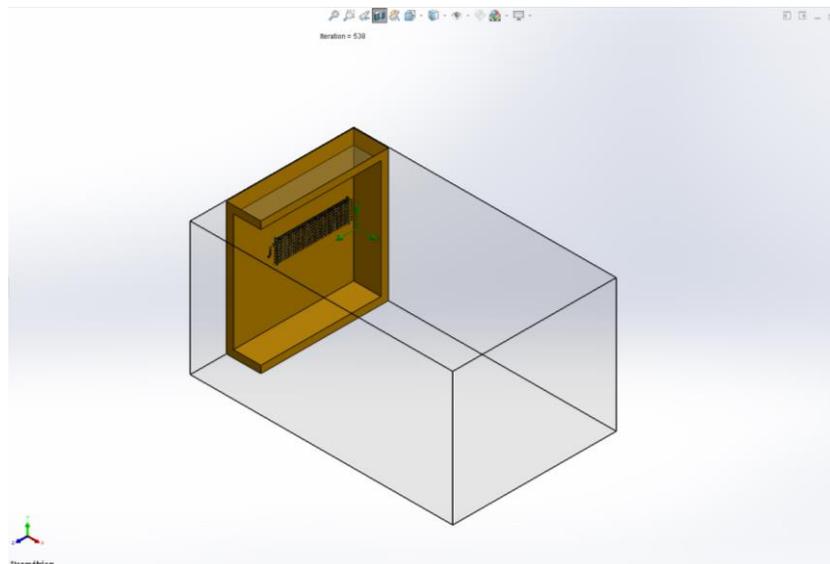
Se define la temperatura de ingreso del refrigerante al evaporador es  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con este valor se configura la simulación, se ingresa al programa y se configura el valor de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  que es la temperatura con la que el refrigerante ingresa al evaporador como se muestra en la figura 92.



**Figura N° 92** Configuración de presión y temperatura al interior de la cámara. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

En la figura 93 se muestra una vista seccionada del modelo para poder ver lo que ocurre al interior de la cámara de refrigeración, se selecciona la herramienta vista de sección en el programa y se secciona el sólido de la cámara de refrigeración, se hace esto para poder visualizar el interior de la cámara de refrigeración.



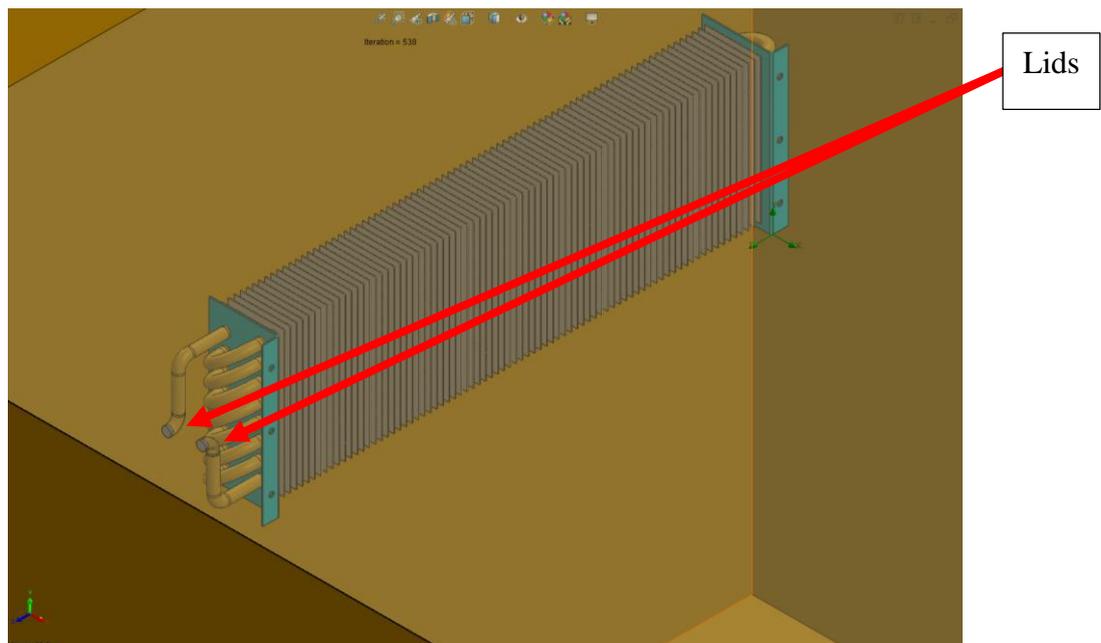
**Figura N° 93** Vista seccionada de cámara de refrigeración. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El refrigerante para poder realizar su trabajo requiere de un equipo que transfiera el calor de la cámara hacia el refrigerante, para lograr este

intercambio se utiliza un evaporador como el que se ve en la figura 94, a este evaporador debe de trabajar el refrigerante en su interior, a continuación, se configura el programa para que se tome en cuenta lo expuesto en presente párrafo.

Se establece los lids para el análisis, los lids establecen los límites a los que el fluido de análisis será sometido, para el presente caso representa el ingreso del fluido y la salida del fluido refrigerante, indicamos el ingreso y salida por tal motivo hay dos como se muestra en la figura 94.

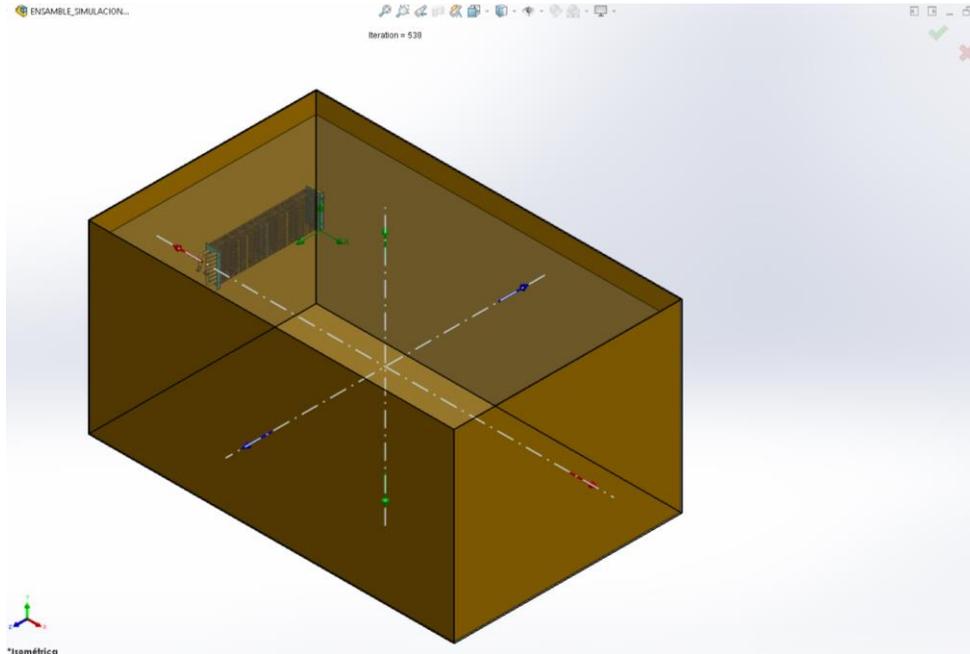


**Figura N° 94** Condiciones limite Lids. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El dominio es espacio de análisis, en este caso sería la cámara de refrigeración, el programa analizara hasta los limites que se establezcan en el dominio, tomando en cuenta todas las configuraciones mostradas anteriormente.

El dominio del análisis se establece en la figura 95, en función a las medidas exteriores de la cámara frigorífica, el programa al realizar el análisis toma en cuenta los cuerpos solidos que se encuentran en su dominio, si no se considera las paredes el programa no tomara la interacción del aire frío con las paredes por ese motivo el dominio debe de considerar las medidas exteriores de la cámara de refrigeración.

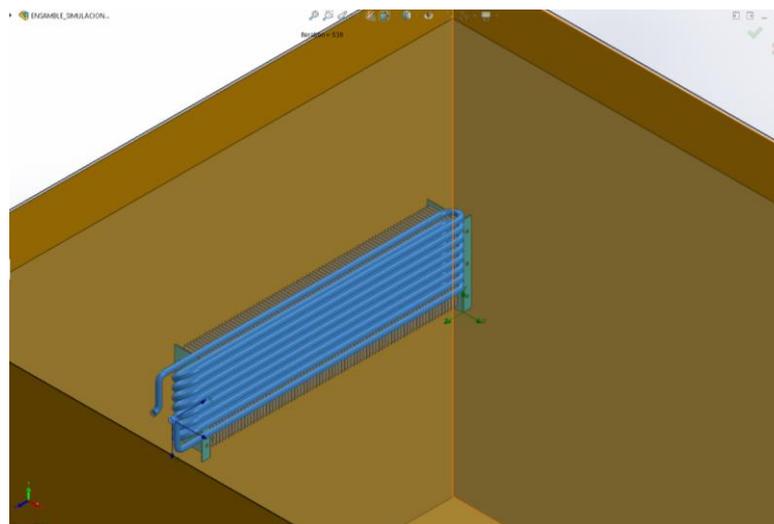


**Figura N° 95** Dominio de análisis. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El subdominio está ubicado en el evaporador que se encarga de generar el frío en la cámara.

El subdominio se configura la temperatura del refrigerante R 404 A  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , como se muestra el subdominio está ubicado en el interior del evaporador como se muestra en la figura 96.

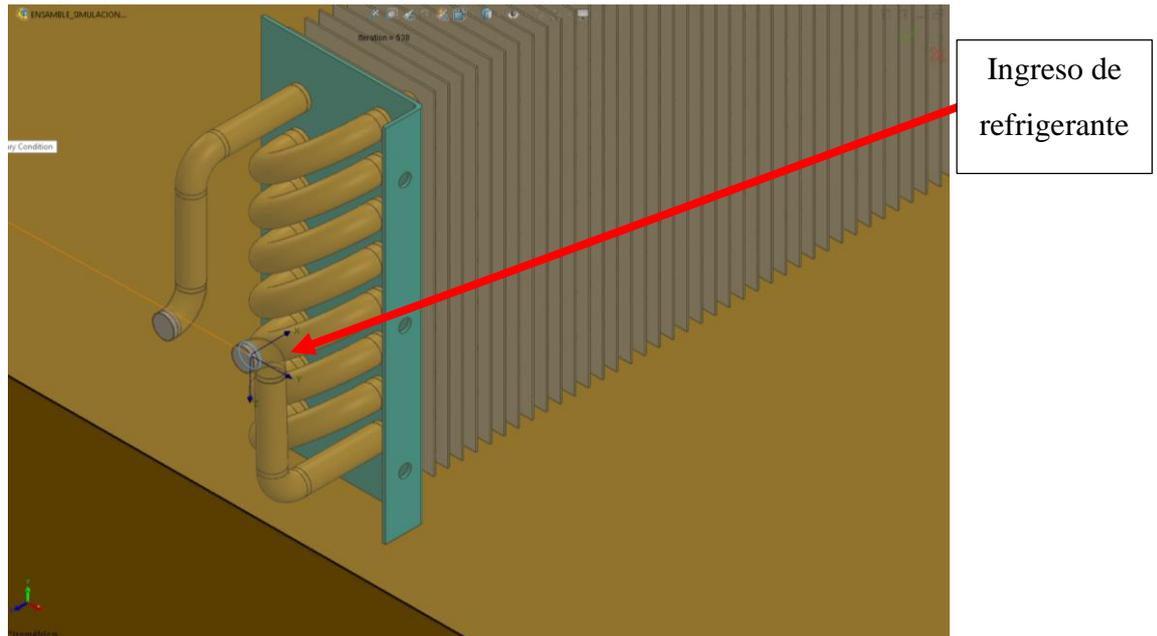


**Figura N° 96** Subdominio, con refrigerante r-404 A. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El fluido refrigerante ingresara al evaporador y circulara por el serpentín al establecer las condiciones de frontera se define el ingreso del fluido, para poder seleccionar el ingreso es necesario que ya exista una lid para poder seleccionar una de las caras de esta lid.

En las condiciones de frontera se selecciona el ingreso del refrigerante tomando como referencia la cara interna de la lid, como se muestra en la figura 97.



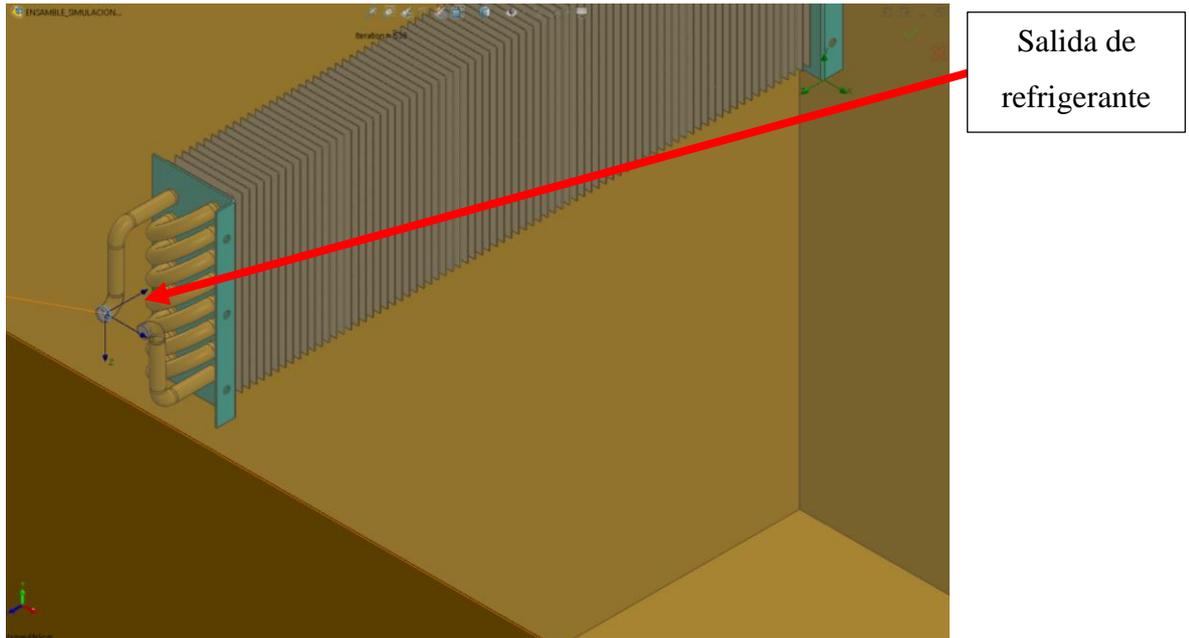
**Figura N° 97** Selección de cara por donde ingresa el refrigerante al evaporador. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El fluido refrigerante saldrá del evaporador para establecer las condiciones de frontera se define la salida del fluido, para poder seleccionar a la salida es necesario que ya exista una lid para poder seleccionar una de las caras de esta lid.

El fluido recorrerá el interior del evaporador y el programa debe de analizar tal recorrido, por eso es necesario establecer las condiciones de frontera ya que el programa analizara estas condiciones, entrada y salida.

Se configura la condición de salida en la lid de salida seleccionando la cara interna de la lid, como se muestra en la figura 98.

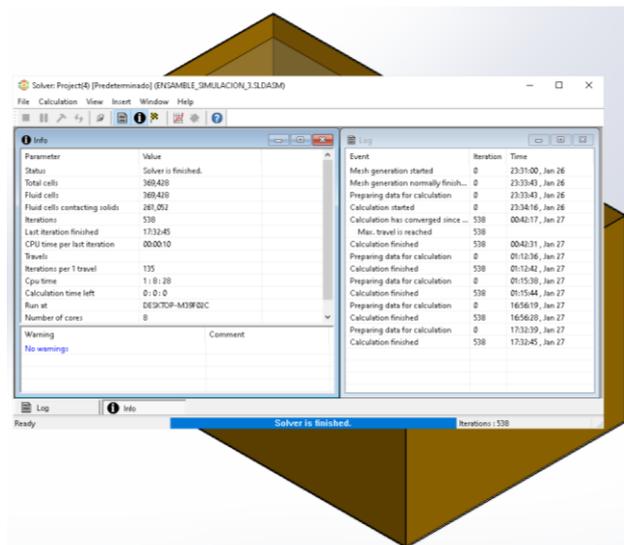


**Figura N° 98** Selección de cara de salida de refrigerante. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El programa establece el modelo analítico según las configuraciones previas para poder obtener una solución confiable el programa por aproximación realiza el calculo iterando para obtener los resultados más óptimos.

Se selecciona la herramienta “run” y se ejecuta la simulación, el programa realiza 538 iteraciones con un tiempo de 1 hora, 8 minutos y 28 segundos, como se muestra en la figura 99.



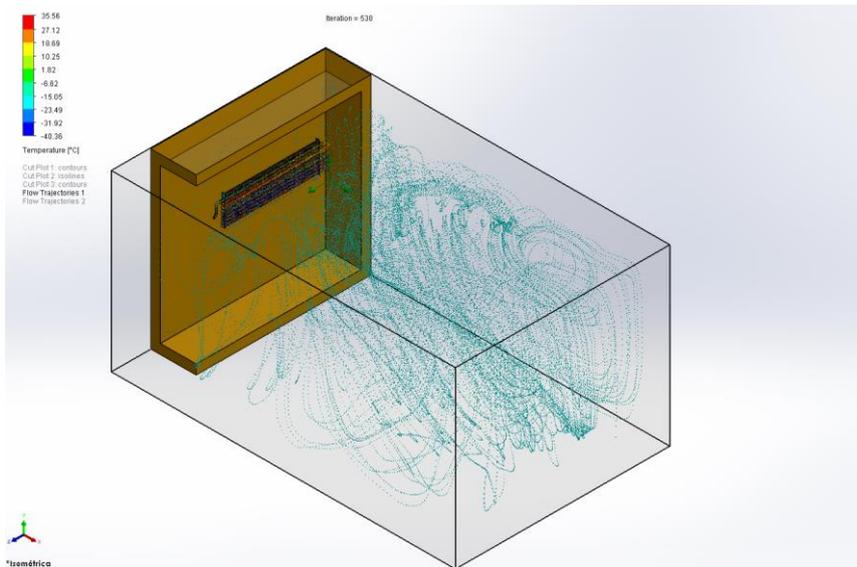
**Figura N° 99** Solver ejecutándose, 538 iteraciones. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

### 5.1.2. Resultados de la simulación sin jabas

Se obtubieron los siguientes resultados:

La trayectoria de la temperatura del fluido dentro de la camara de refrigeración (aire) como se puede ver en la figura la temperatura de la camara alcanza un valor de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , como se muestra en la figura 100.



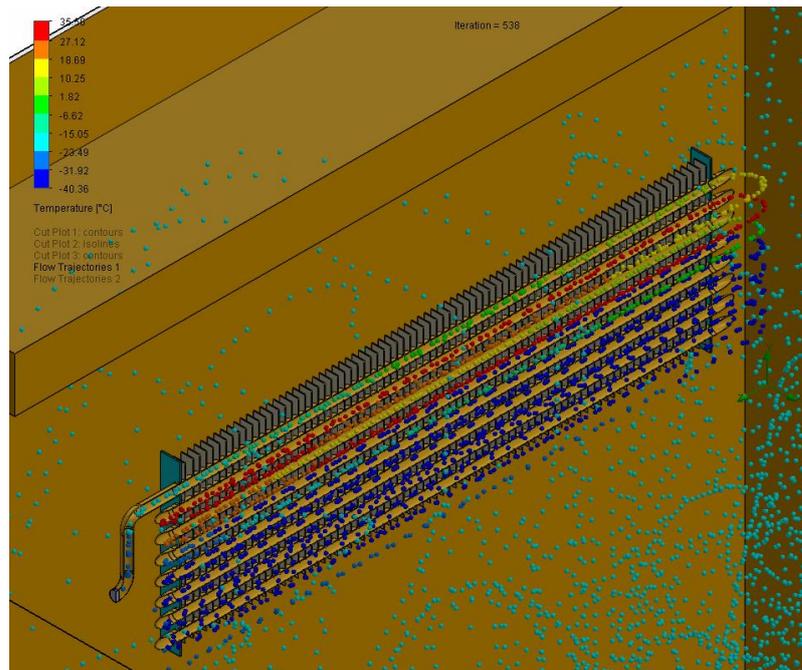
**Figura N° 100** temperatura mínima dentro de cámara de refrigeración. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

Podemos ver el primer resultado que es la trayectoria del fluido refrigerado dentro de la cámara de refrigeración (aire), también se muestra la temperatura del fluido podemos observar en la barra de colores que esta a la izquierda el valor de la temperatura el código de colores representa el valor que toma el fluido según el color que muestra las esferas que representa al fluido.

La temperatura del interior de la cámara de refrigeración es  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  que cumple con la temperatura que es requerida para esta cámara.

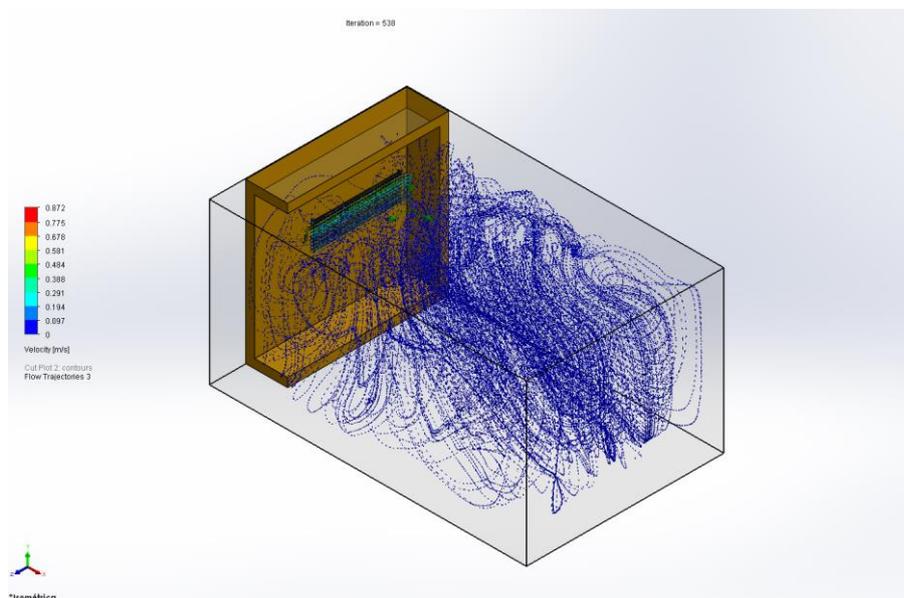
Continuando con el análisis del primer resultado la temperatura del refrigerante en el interior del evaporador alcanza un valor mínimo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un valor máximo de  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se puede observar el cambio de temperatura al interior del evaporador, según la imagen 101.



**Figura N° 101** temperatura interna dentro de evaporador. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

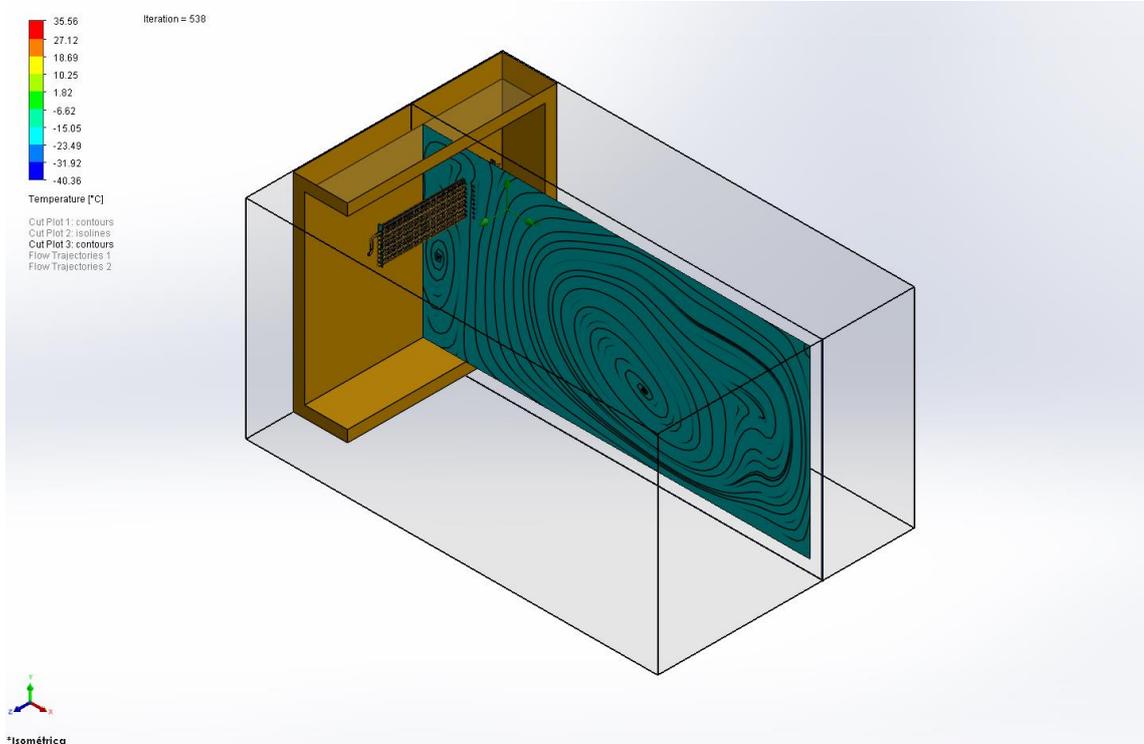
En el siguiente resultado se muestra la recirculación del fluido (aire) dentro de la cámara de refrigeración, en la figura 102 se muestra el comportamiento de la recirculación dentro de la cámara frigorífica.



**Figura N°102** Recirculacion de fluido dentro de cámara frigorífica. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

El cut plot muestra la temperatura y las líneas de aerodinámica que se forman dentro de la cámara frigorífica, como se muestra en la figura 103, los vórtices indican que hay una distribución adecuada por la cámara llevando frío a todos los rincones de esta.



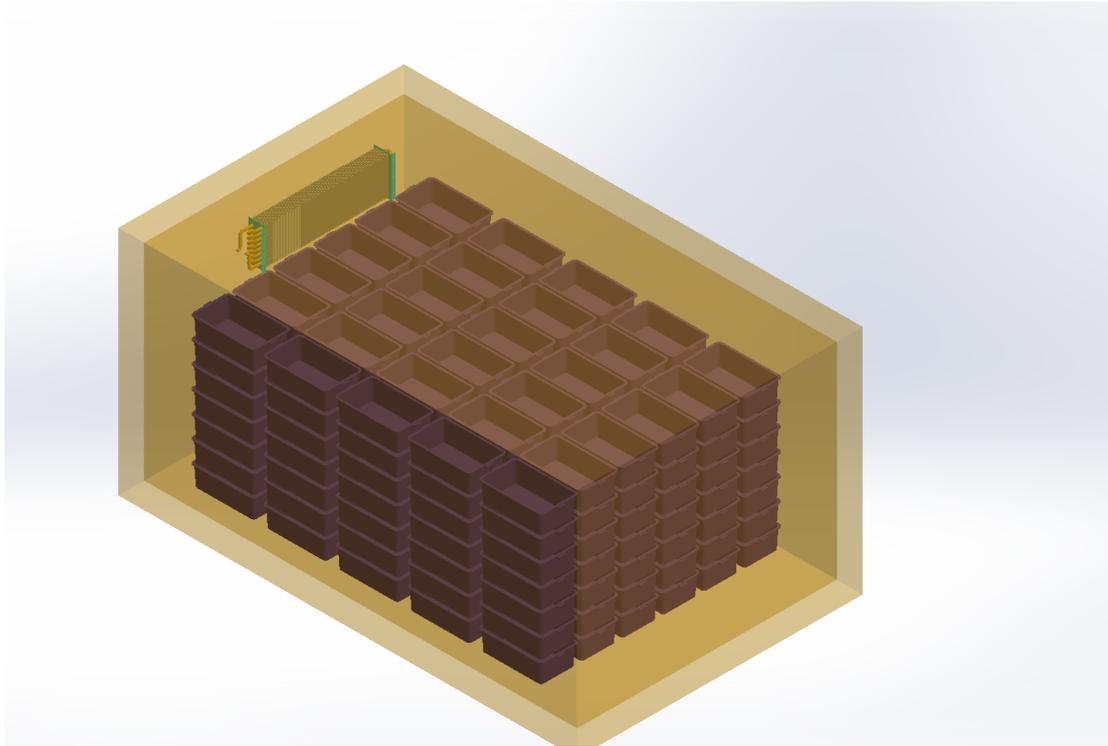
**Figura N° 103** cut plot , muestra vórtices de temperatura. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

### 5.1.3. Modelo de cámara frigorífica con jabas en su interior

Para las condiciones iniciales se toma en cuenta las jabas que estarán al interior de la cámara de refrigeración, se analizara la distribución de la temperatura por la cámara cuando esta se encuentra con carga , también se vera la velocidad del aire refrigerado dentro de la cámara, como hipótesis inicial se plantea que la velocidad del aire dentro de la cámara será más rápida que cuando la cámara esta sin jabas, por los pequeños espacios que se generan dentro de la cámara, los pequeños campos que hay entre una jaba y otra , generan pequeños callejones que permite que el aire refrigerado se desplace más rápido.

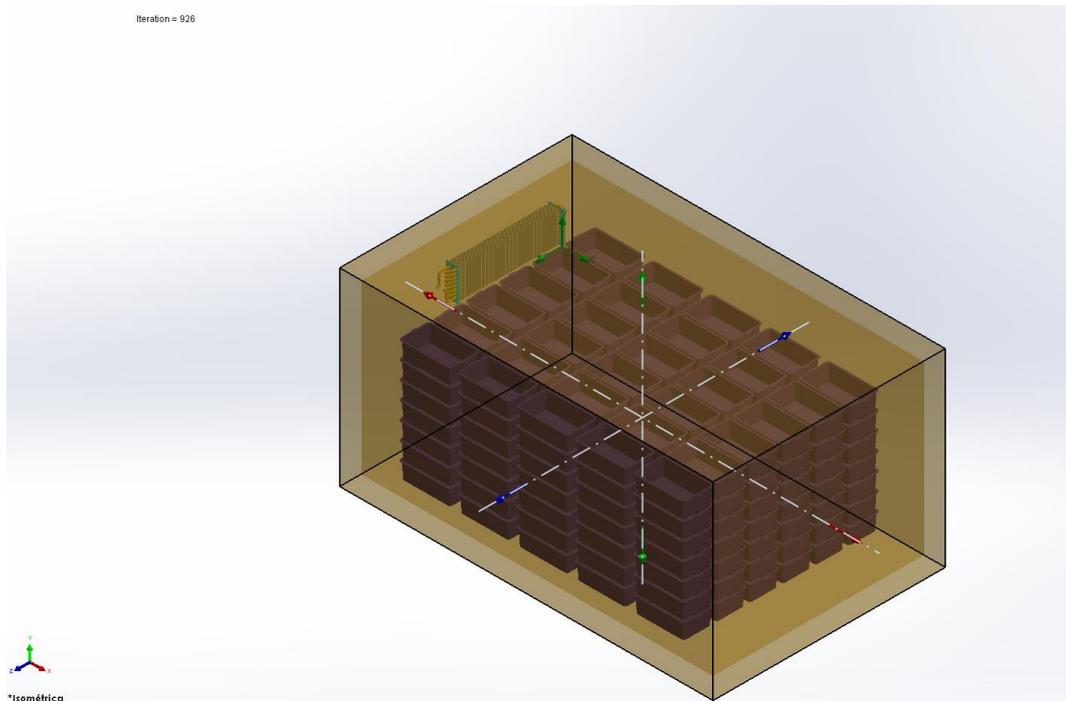
En la figura 104 se muestra las condiciones iniciales de la cámara frigorífica con jabas en su interior.



**Figura N° 104** Condiciones iniciales de cámara frigorífica con jabs en su interior. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

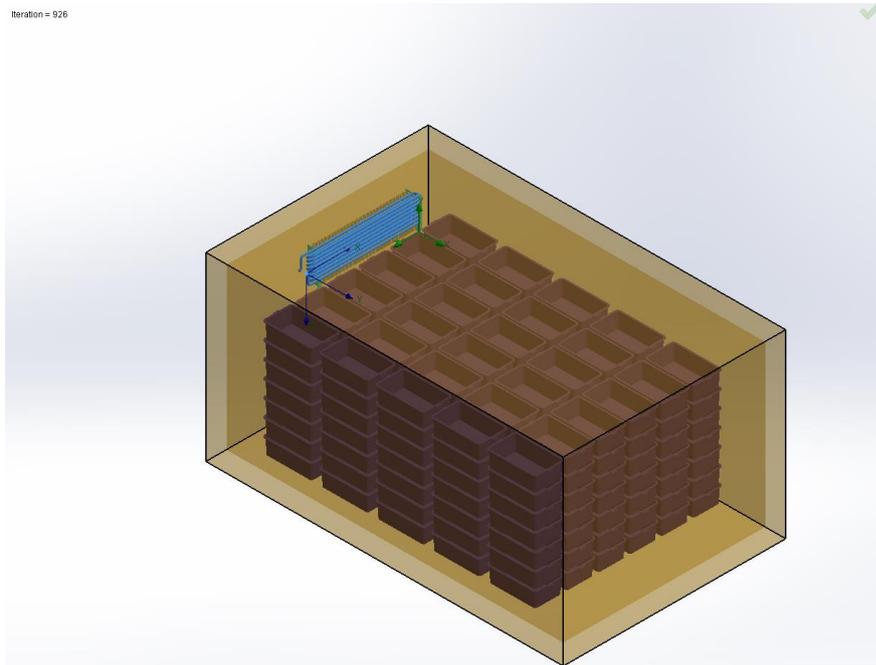
En la figura 105 se define el dominio para análisis.



**Figura N° 105** dominio de análisis de cámara con jabs en su interior. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

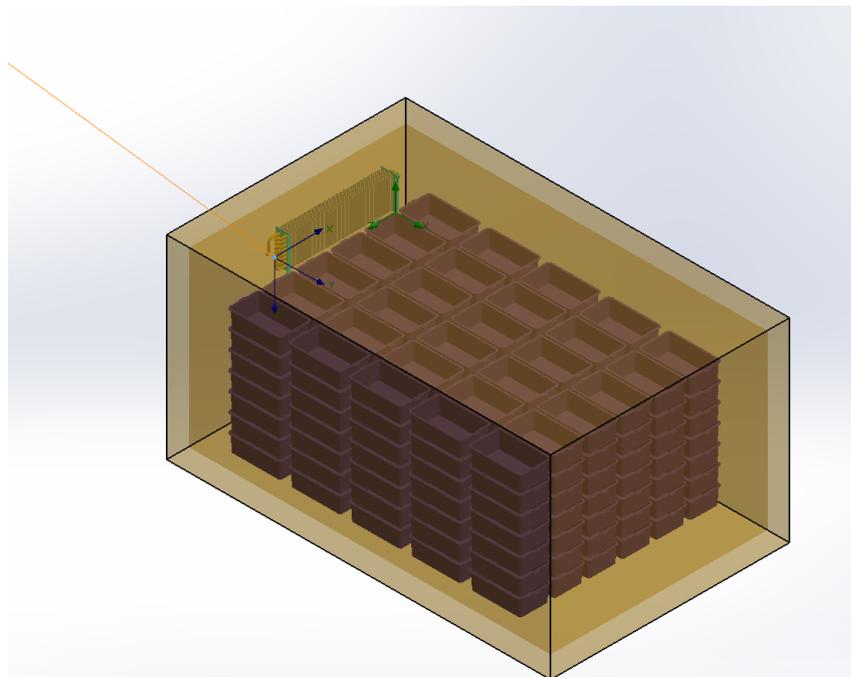
La definición de subdominio por donde fluirá el refrigerante r 404-A, como se muestra en la figura 106.



**Figura N° 106** subdominio con refrigerante r 404-A. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

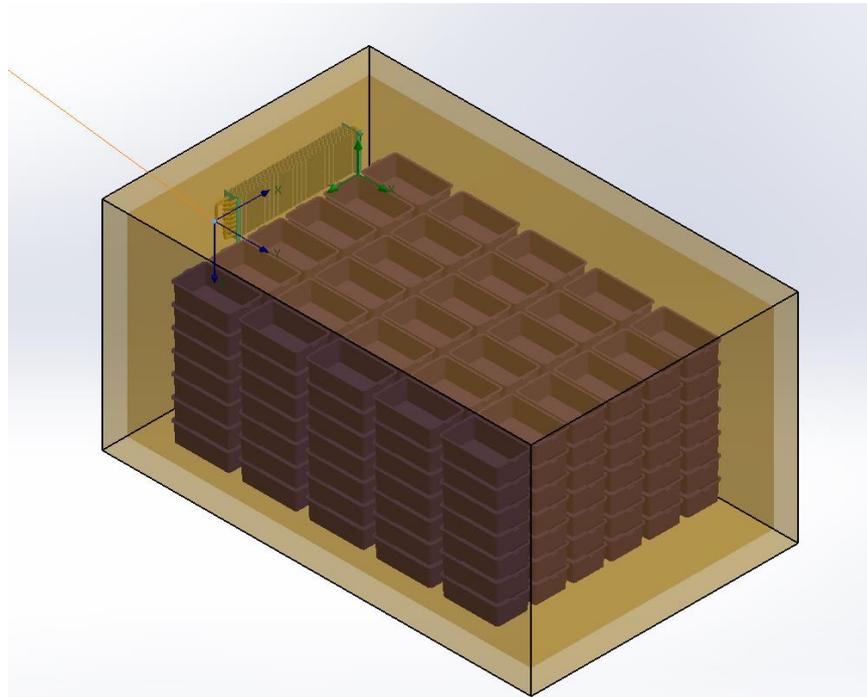
Condiciones límite de entrada, se selecciona el lid de ingreso del evaporador, como se muestra en la figura 107.



**Figura N° 107** ingreso de refrigerante a evaporador. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

Condiciones límite de salida se selecciona el lid por su cara interior, como se muestra en la figura 108.



**Figura N° 108** Salida de refrigerante de evaporador. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

### 5.1.4. Resultados de la simulación con jabas

Parameter	Value
Total cells	1,813,756
Fluid cells	1,813,756
Fluid cells contacting solids	1,046,928
Iterations	926
Last iteration finished	15:20:54
CPU time per last iteration	00:00:44
Travels	4.00034
Iterations per 1 travel	232
Cpu time	10 : 41 : 7
Calculation time left	0 : 0 : 0
Run at	DESKTOP-M39F02C
Number of cores	8

Event	Iteration	Time
Mesh generation started	0	04:32:58 , Feb 06
Mesh generation normally finish...	0	04:39:25 , Feb 06
Preparing data for calculation	0	04:39:26 , Feb 06
Calculation started	0	04:42:00 , Feb 06
Calculation has converged since ...	926	15:20:54 , Feb 06
Max. travel is reached	926	
Calculation finished	926	15:21:46 , Feb 06

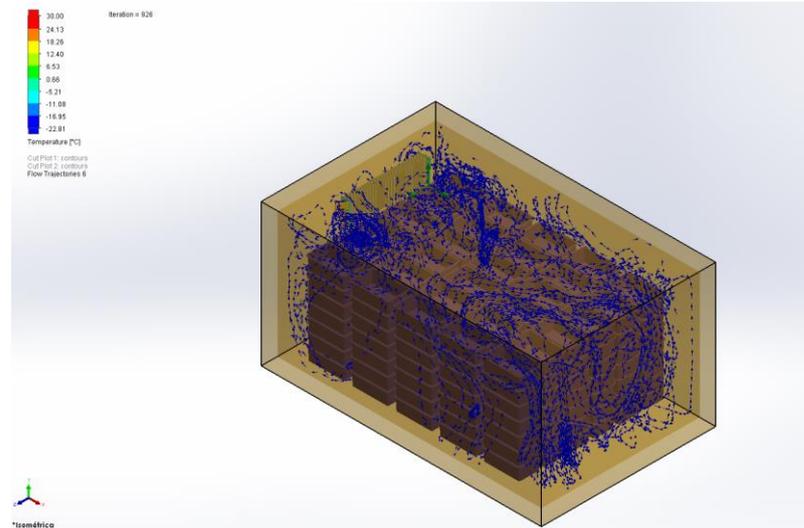
Ready Solver is finished. Iterations : 926

**Figura N° 109** Solver ejecutándose, 926 iteraciones. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

Se realiza la simulación teniendo 926 iteraciones y un tiempo de 10 horas, 41 minutos y 7 segundos, como se muestra en la figura 110.

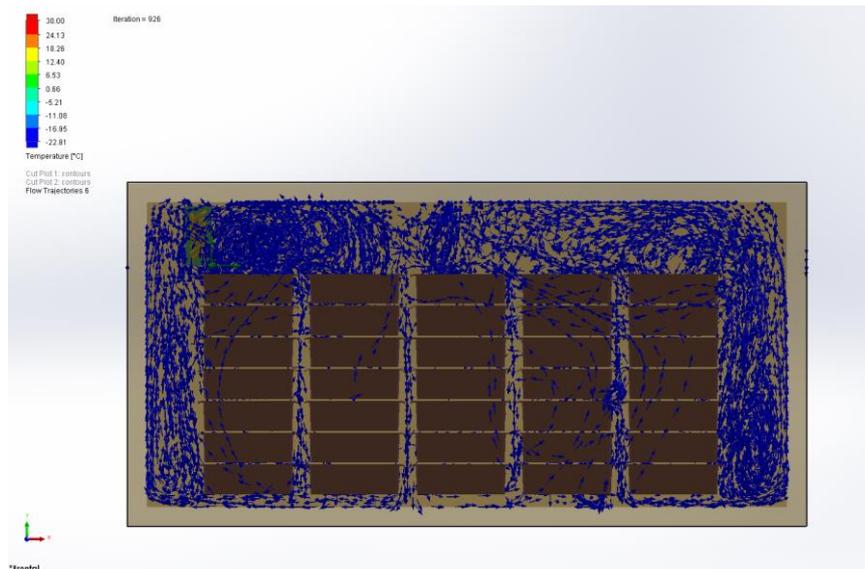
El análisis térmico, la temperatura se distribuirá por la cámara como se ve en la figura 94, teniendo un valor mínimo de -22.1 °C



**Figura N° 110** Trayectoria de la temperatura por el interior de la cámara de refrigeración con jabas. Elaboración propia.

Tomado de: software solid Works ver. 2021

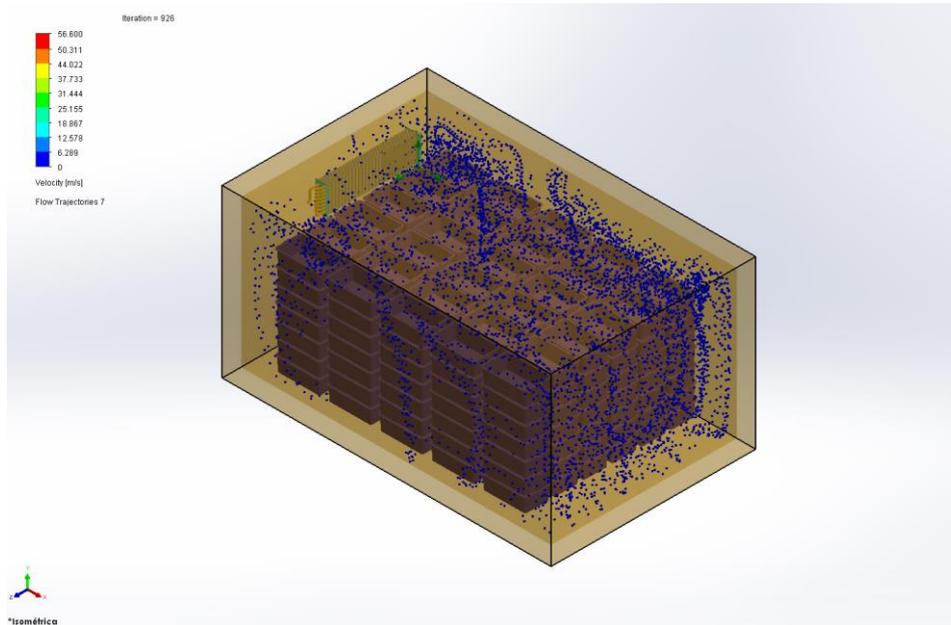
Desde una vista lateral se puede visualizar la distribución de la temperatura dentro de la cámara frigorífica con carga, en la figura 111 se muestra la trayectoria de la temperatura.



**Figura N° 111** Vista lateral de trayectoria de la temperatura por el interior de la cámara de refrigeración con jabas. Elaboración propia.

Tomado de: software solid Works ver. 2021

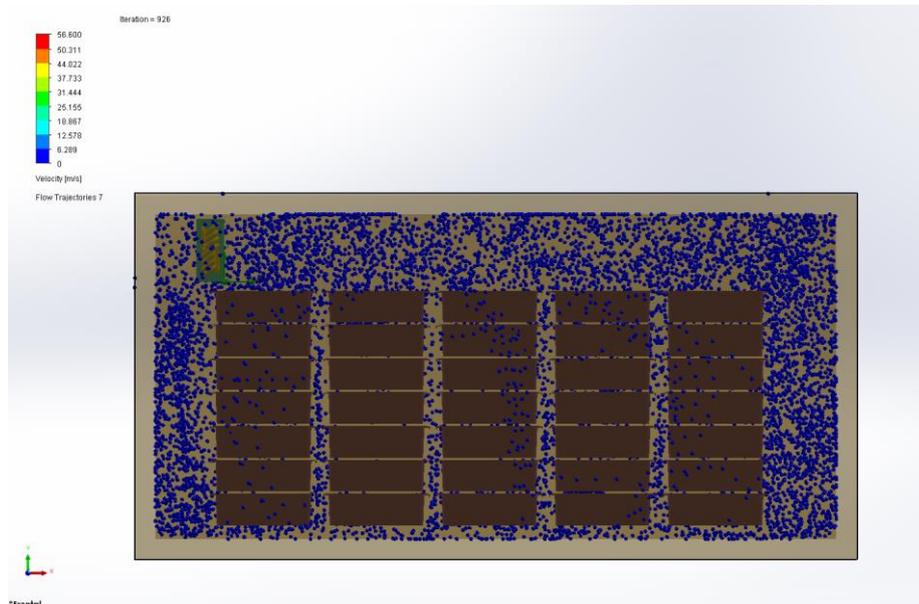
La recirculación del aire refrigerado dentro de la cámara de refrigeración, en la figura 112 se muestra la recirculación del aire refrigerado.



**Figura N° 112** Recirculación del fluido en la cámara frigorífica. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

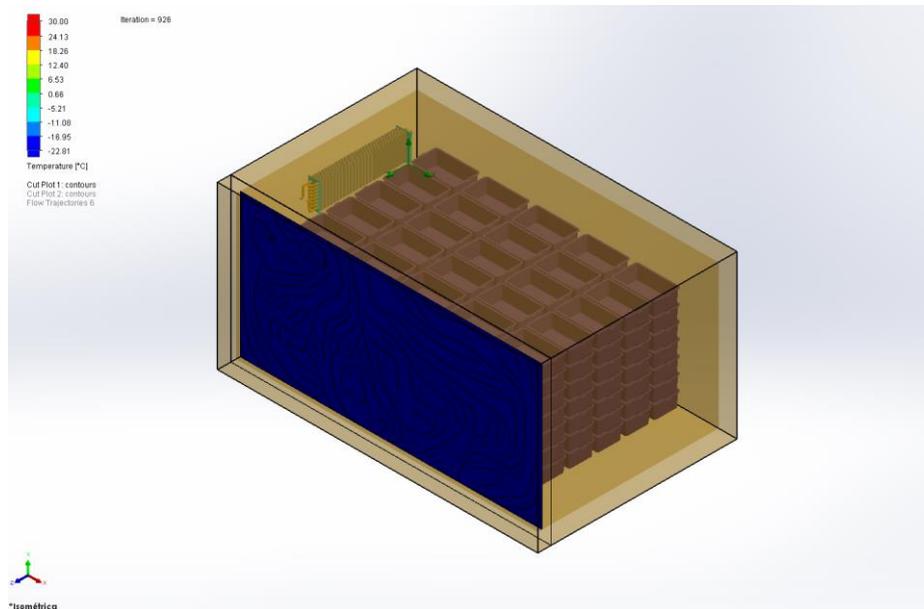
El comportamiento del fluido y su respectivo desplazamiento del fluido, se ve que se distribuye por los pequeños espacios de la cámara de refrigeración, como se muestra en la figura 113.



**Figura N° 113** Vista lateral de trayectoria de velocidad dentro de cámara frigorífica. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

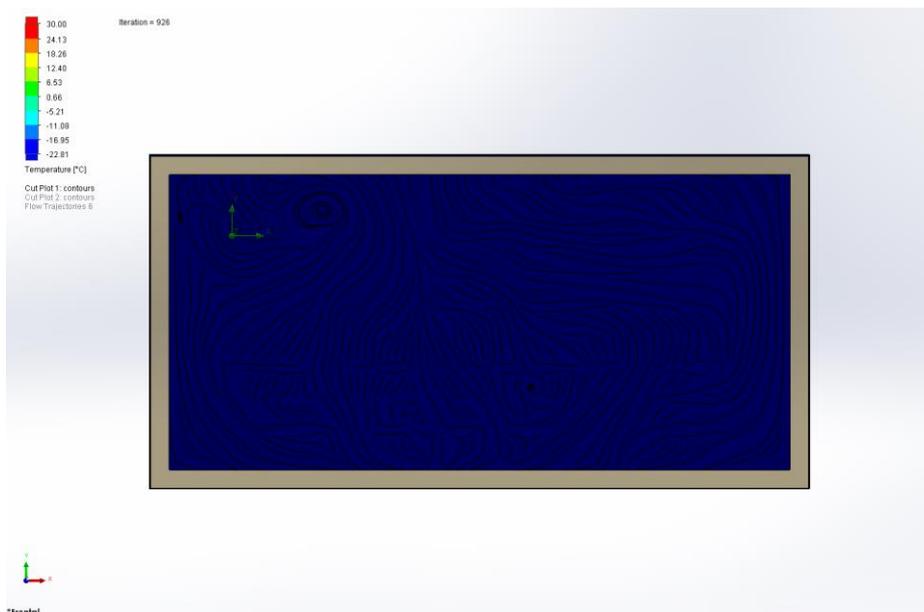
El cut plot muestra los vórtices de temperatura que se producen en la cámara de refrigeración, como se muestra en la figura 114.



**Figura N° 114** Cut plot contornos. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

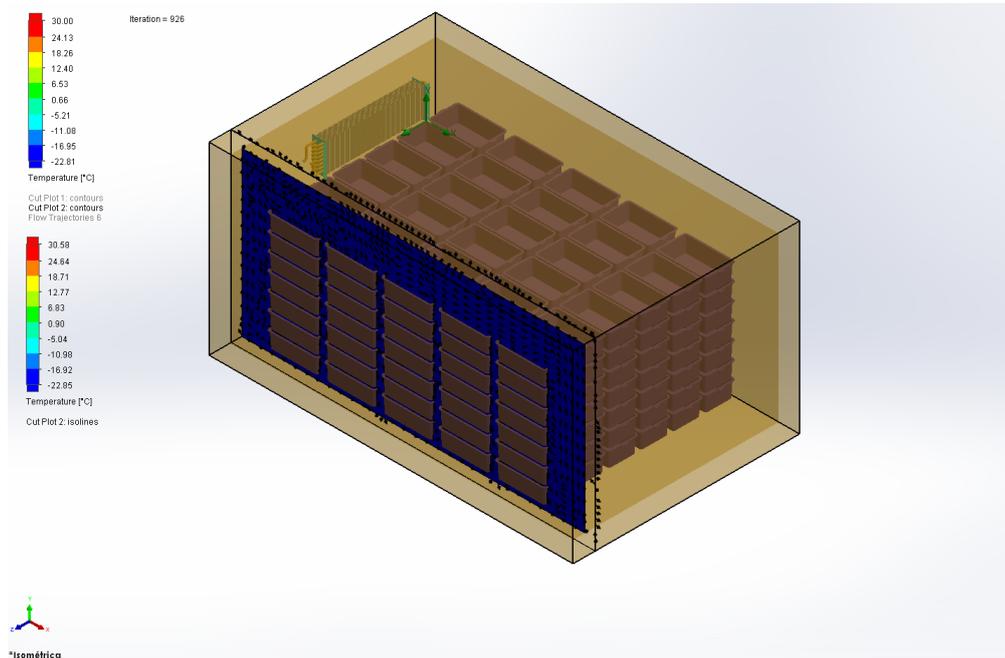
En la vista lateral se muestra el trazado de contorno que muestra los vórtices que se producen dentro de la cámara frigorífica, como se muestra en la figura 115.



**Figura N° 115** Vista lateral de cut plot contornos. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

Las isóneas describen el desplazamiento de la temperatura del aire refrigerado en la cámara frigorífica, como se muestra en la figura 116.



**Figura N° 116** Cut plot isóneas de desplazamiento. *Elaboración propia.*

Tomado de: software solid Works ver. 2021

### **Conclusiones:**

- Se definieron las condiciones iniciales del análisis de la cámara de refrigeración vacía sin jabas, estableciendo:

Presión de trabajo=101.325 Pa

Temperatura interior de la cámara=-25 °C

- Se definió las condiciones límites por donde fluiría el refrigerante r 404-A
- Se estableció el dominio del análisis, tomando en cuenta las dimensiones de la cámara de refrigeración.
- El subdominio se determinó para el refrigerante r 404-A
- Se determinaron las condiciones límite tanto de entrada como las de salida.
- Se ejecuto la simulación obteniendo 538 iteraciones con un tiempo de ejecución de 1 hora, 8 minutos y 28 segundos
- La temperatura se distribuirá de forma pareja dentro de la cámara obteniendo -20 °C.

- La temperatura interna del evaporador es de -40 °C.
- Se definió el subdominio por donde fluiría el refrigerante r 404-A
- Se establecieron los límites de entrada y de salida, del refrigerante r 404-A en el evaporador.
- Se realizo la simulación obteniendo 926 iteraciones con un tiempo de 10 horas, 41 minutos y 7 segundos.
- La temperatura mínima dentro de la cámara de refrigeración con jabas en su interior es de -22.81 °C.

## 5.2. Presupuesto del proyecto de investigación

Finalmente se realizó la tabla de presupuesto que se ve en la tabla 30, de los componentes del sistema fotovoltaico autónomo.

Presupuesto para adquisición de equipos.

**Tabla 30** presupuesto equipos fotovoltaicos

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
20	Módulo Jetion JT255Wp/24V	600.00	12000.00
7	Batería Electrona 24V/350Ah	1300.00	9100.00
1	Controlador MPPT1000W/48V	100.00	200.00
2	Growatt-inversor Solar 11000, 11KW, 12KW, 15KW, TL3-S, cuadrícula trifásica	2000	4000
1	Conjunto eléctrico (cable, conector, interruptor, etc.)	450.00	450.00
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>25750.00</b>
<b>IGV (18%)</b>			<b>4635.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>30385.00</b>

Tomado de: Elaboración propia.

## 5.3. Presupuesto de cámara frigorífica junto con la alimentación fotovoltaica

Los costos se muestran en la tabla 31, para el presente proyecto denominado “Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento de 20

toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa”, para ello se recurrió a proveedores de componentes de refrigeración, con el cual se escogió lo siguiente:

**Tabla 31** presupuesto de sistema de refrigeración

<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES DE PROYECTO: DISEÑO DE UNA CAMARA DE REFRIGERACION CON CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 20 TONELADAS DE PESCADO ALIMENTADA POR ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA</b>			
Material adquirido		Precios	
Cantidad	Descripción de componente	Precio Unitario (S/)	Precio total (S/)
3.5 kg	Refrigerante R-404A	200	800
289 unidades	Jaba de pescado marca “BASA”	40	11560
68.4 m <sup>2</sup>	Aislante “Espuma de Poliuretano” (1×2.4 m <sup>2</sup> )	50	1425
1	Condensador CRB-100A3/10009 Watt	9050	9050
1	Compresor YM182E7G-100/10 HP	4300	4300
1	Evaporador BBS-386/29283 BTU/h	8100	8100
1	Válvula de expansión termostática tipo TUBE	1050	1050
3	Lámpara fluorescente (50 W)	20	60
4 m	Tubería de línea de succión ( $\varnothing 1\frac{3}{8}$ ")	160	640
3 m	Tubería de línea de descarga ( $\varnothing 1\frac{5}{8}$ ")	150	450
3.5 m	Tubería de línea de líquido ( $\varnothing 1\frac{1}{8}$ ")	160	560
1	Ventilador 2 HP	1502	1502
1	Accesorios y elementos de montaje	420	420
20	Módulo JETION JT255Wp/24V	2300	46000
7	Batería Electrona 24V/350Ah	5000	35000
2	Growatt-inversor Solar 11000	7678	15355
1	Controlador MPPT1000W/48V	383	383
1	Conjunto eléctrico (cable, conector, interruptor, etc.)	1725	1725
Costo Total		138380	

Tomado de: Elaboración propia.

El presupuesto de la cámara de refrigeración propia es de 138380 soles a comparación de otras cámaras del extranjero que tienen un valor aproximado entre 43000 a 47000 y solo tienen la capacidad de 10 TN de almacenamiento. Por lo cual nuestra cámara de refrigeración es de doble de capacidad que las extranjeras.

**Tabla 32** *Tabla comparativa de costos*

Cámara frigorífica con equipos INTARCON serie/modelo MSF-UG-3 086	
Camara de 10 toneladas	Costo
	<p>43000\$</p> 

**Tabla 33** *Tabla comparativa de costos*

Cámara frigorífica modular CM IMPAFRI código CMS08254SE14	
Camara de 10 toneladas	Costo
	<p>45000\$</p> 

**Tabla 34** *Tabla comparativa de costos*

Cámara frigorífica EDENOX modular modelo CMC-3462/210	
Camara de 10 toneladas	Costo
	<p>47000\$</p> 

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar una cámara de refrigeración con una capacidad para almacenar 20 toneladas de pescado para el puerto artesanal de Atico Arequipa, ya que no se cuenta con ninguna cámara en la localidad y tampoco cuentan con suministro eléctrico ya que lo que utilizan son generadores, por otra parte, en el mercado nacional como internacional no cuentan con cámaras de esta capacidad.
- Se determinó el consumo medio de energía diario de  $L_{md} = 26891.22 \frac{Wh}{dia}$  del sistema fotovoltaico, mediante el dimensionamiento de las cargas que se necesitaran para cada equipo de la cámara de refrigeración, siguiendo el primer objetivo específico, obteniendo para el evaporador las medidas generales de  $L=1.488$  m,  $A=0.555$  m,  $H=0.565$  m, con un consumo de 2.98 kW, el compresor tiene las siguientes medidas:  $L=2.030$  m,  $A=0.77$  m,  $H=1.333$  m, tendrá un consumo de 7.45 kW, el condensador tiene las siguientes medidas:  $L=2.030$  m,  $A=0.77$  m,  $H=1.333$  m (el condensador está integrado con el compresor), el consumo es de 2.98 kW y el consumo de luces será de 1.536 kW.
- Se seleccionó los componentes del sistema fotovoltaico para la cámara de refrigeración en el puerto artesanal de Atico, en el cual se obtuvo el segundo objetivo específico; obteniendo un consumo de energía media  $Q_{AH} = 1120.467836 \frac{Ah}{día}$  obteniendo; en la generación de carga eléctrica, el número de paneles solares fotovoltaicos de  $N_T = 20$  unidades, con una potencia pico de panel de  $P_{MPP} = 340$  W, con un factor global de funcionamiento de  $PR = 0.9$ ; en la regulación de carga se obtuvieron los siguientes resultados: Corriente de corto circuito de panel fotovoltaico  $I_{MOD,SC} = 9.45$  A, Corriente generada por el campo de captación fotovoltaico  $I_{GFV,MPP} = 249.5474023$  A, la corriente máxima del panel  $I_{max} = 8.84$  A, la cantidad de módulos en paralelo que se puede conectar  $N_{paralelo} = 28.22934$ , la corriente de corto circuito de panel fotovoltaico  $I_{MOD,SC} = 9.45$  A, la corriente que ingresara al regulador de voltaje es  $I_{entrada} = 333.459127$  A; en la acumulación de energía eléctrica se obtuvieron los siguientes resultados: el amperaje de la batería  $A_{BAT} = 350$  Ah, para la profundidad máxima de descarga estacional se

toma un 70 %  $P_{D_{MAX,E}} = 0.7$  , Profundidad máxima de descarga diaria del 20%  $P_{D_{max,d}} = 0.2$ , con una autonomía de  $N = 3$  días, con un factor de corrección de temperatura  $F_{CT} = 2.3$ , el voltaje de funcionamiento de batería  $V_{BAT} = 24$  v, con una Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria  $C_{nd}(Wh) = 2435.79964$  Wh, obteniendo el número de baterías que se utilizaran en el sistema fotovoltaico  $N_{BAT} = 7$  unidades; en la transformación de carga continua a carga alterna, La carga que del sistema fotovoltaico  $P_{AC} = 25376$  W, tomando un factor de seguridad de  $F_s = 1.25$ , obteniendo la potencia para el inversor de  $P_{inv} = 31720$  W.

- Se realizó el diseño de la cámara de refrigeración de 20 toneladas de capacidad; hallando el tercer objetivo específico, la alimentación de la cámara frigorífica se realizara de con jabas y las jabas tendrán las siguientes medidas:  $L=0.705$  m,  $A=0.410$  m,  $H=0.236$  m, las propiedades físicas del pescado congelado Calor específico= $1.759 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ K}$ , con una densidad de  $1016 \frac{kg}{m^3}$ , con un volumen de pescado de  $V = 19.685 m^3$  con un número de jabas que se requerirán para congelar 20 toneladas de pescado  $N_j = 289$  jabas, la masa de pescado por cada jaba  $m_{pescado} = 40.64 \frac{kg}{jaba}$ , el peso de la jaba incluido el pescado  $p_{jp} = 398.542$  N, la fuerza en los extremos de la jaba  $F_B = 199.271$  N,  $F_A = 199.271$  N, Superficie de los muros ubicados en la zona ancha o frontal  $S_{Ma} = 10.68 m^2$ , Superficie interna de los muros ubicados en la zona del fondo  $S_{Mf} = 18.39 m^2$ , Superficie interna del techo y piso  $S_{TP} = 27.56 m^2$ , las medidas de la cámara frigorífica  $L_a = 3.0$  m,  $L_f = 5.0$  m,  $L_h = 2.4$  m, con una Temperatura en el interior de la cámara de  $-20$  °C , la temperatura de la intemperie es  $22$  °C , el espesor mínimo de pared de poliuretano calculado  $e_{mínimo} = 5.2$  pulgadas , el espesor con el que se diseñara la cámara frigorífica  $e_{diseño} = 6$  pulgadas.
- Se seleccionó los equipos para el funcionamiento de la cámara de refrigeración de 20 toneladas de capacidad en el puerto artesanal de Atico Arequipa, el evaporador, compresor y condensador, tomando en cuenta los siguientes criterios de selección, buscando el cuarto objetivo específico; En la evaporación del fluido

refrigerante se obtuvieron los siguientes resultados: Los factores a,b,c para el dimensionamiento de la cámara  $a = 150 \text{ mm}$ ,  $b = 150 \text{ mm}$ ,  $c = 150 \text{ mm}$ , las medidas finales de la cámara frigorífica son *Ancho* = 3300 mm , *Fondo* = 5300 mm , *Altura* = 2700 mm, El area de la superficie exterior de la cámara  $A_e = 52.282 \text{ m}^2$ , La transferencia de calor en las paredes  $q_1 = 0.314 \text{ kW}$ , la carga solar sobre el techo Cálculo de carga solar sobre el techo  $q_2 = 0.0 \text{ kW}$ , la carga por cambio de aire  $q_3 = 0.573 \text{ kW}$ , la carga de producto  $q_4 = 1.85 \text{ kW}$ , las cargas diversas  $q_{5A} = 1.57 \text{ kW}$ , la carga por iluminación  $q_{5A} = 1.57 \text{ kW}$ , el calor liberado por motores  $q_{5C} = 2.59 \text{ kW}$ , la capacidad de refrigeración  $q_{\text{total}} = 7.17 \text{ kW}$ , El refrigerante será R-404 A, el tipo de evaporador BMS-632, la temperatura de evaporación  $-25.56 \text{ }^\circ\text{C}$ , la temperatura de entrada de aire:  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ , la Humedad relativa de entrada de aire: 64.48%; En la Compresión de fluido refrigerante se calculó: El modelo del compresor YM182E7G-100, la potencia del compresor 10 Hp, la temperatura de evaporación  $-25.56 \text{ }^\circ\text{C}$ ; En la condensación de fluido se usara el fluido refrigerante R-404 A, el modelo de condensador CRB-100 A3, con una capacidad de refrigeración de 10.009 kW.

- Se concluyó que la cámara de refrigeración con capacidad de 20 toneladas que es alimentada por energía solar fotovoltaica es eficiente en Atico Arequipa ya que en el pueblo no cuentan con energía eléctrica y solo utilizan generadores lo cual en el recibo de luz el valor promedio que cuesta 1 kWh es de 1.82 soles. Por lo cual al revisar nuestros cálculos económicos valorizados en 140 mil soles convertidos a dólares serían 36 470 dólares y compararlos con una cámara de refrigeración del extranjero que cuesta hasta 45 mil dólares sin contar con los gastos de envío podemos apreciar que es factible la construcción de la misma en Perú.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar el diseño del control del sistema de refrigeración.
2. Se recomienda mejorar la función de alimentación por un sistema de alimentación por fajas transportadoras.
3. Se recomienda para trabajos futuros se pueda utilizar una batería de 48V, en este caso también se tendría que tomar en cuenta los paneles solares a escoger.
4. Se recomienda para trabajos futuros un análisis con paneles solares de nueva tecnología y baterías de litio.
5. Se recomienda realizar un estudio con generadores de bolla utilizando la energía generada por el oleaje.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **J, Barrera y S, Calvo.** *Evaluación técnica de la cadena de frío en la producción de carne bovina en Colombia para acaire.* tesis (título de ingeniero mecánico). Bogotá, Fundación Universidad de América : s.n., 2018. pág. 203 [fecha de consulta 07 de enero 2021]. Disponible en:<https://hdl.handle.net/20.500.11839/6904>.
2. **Pacheco G., Prieto A. , Robles L.** *Diseño de un sistema de climatización para naves industriales del sector farmacéutico para almacenamiento de materia prima en la ciudad de Barranquilla.* 2021. págs. 148 [fecha de consulta 04 febrero 2021]. Disponible en:<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9573/Proyecto%20Final%20%28Pacheco%20-%20Prieto%20-%20Robles%29.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. **Adolfo, Palafox G.** *Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de elote (Zea Mays) en la comunidad de San Pedro Peralta, Q. ROO.* tesis (título de ingeniero en sistemas de energía). Chetumal Universidad de Quintana Roo : s.n., 2020. pág. 139 [fecha de consulta 10 de febrero 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12249/2668>.
4. **M. Díaz, J. Zapata.** *Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque.* tesis (título de ingeniero mecánico). Pimentel Universidad Señor de Sipán : s.n., 2020. pág. 81 [fecha de consulta 23 de enero 2021]. Disponible en :<https://hdl.handle.net/20.500.12802/6792>.
5. **Luis, Del carpio.** *Diseño de cámaras de congelamiento para la liofilizado de banano, mango y oña en la procesadora agroindustrial la joya Arequipa-Perú.* tesis (título de ingeniero mecánico). Arequipa Universidad Nacional de San Agustín : s.n., 2019. pág. 117 [fecha de consulta 10 enero 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12730>.
6. **Wilfredo, Guzmán.** *Diseño de planta piloto de refrigeración industrial y de estrategia de control.* tesis (título de ingeniero mecánico eléctrico). 2018. pág. 107 [fecha de consulta 11 de febrero 2021]. Disponible en : <https://hdl.handle.net/11042/3308>.
7. **CARTA, José, y otros.** *Centrales de energías renovables.* Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2009. 9788436258783.
8. **CASTEJÓN, Agustín y SANTAMARÍA, Germán.** *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Madrid : S.A. EDITEX, 2010. ISBN 9788497716550.
9. **SÁNCHEZ, Aarón, y otros.** *Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar.* Ciudad de México : UNAM, 2017. ISBN: 9785230417323.
10. **CASA, Miguel y BARRIO, Mónica.** *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Barcelona : Marcombo, S.A., 2012. ISBN 9788426718136.

11. **KLEEBERG, Fernando y NIETO, Manuel.** *La industria pesquera en el Perú.* Lima : Fondo Editorial de la Universidad de Lima, 2018. ISBN digital: 9789972454363.
12. **SOMOLINOS, Francisco, y otros.** *Ingeniería de la Industria Alimentaria Volumen III.* Madrid : Editorial Sintesis S.A. , 2002. ISBN: 9788477389392.
13. **GOLDHAHN, Horst, LIEBERS, Hiltrud y LINKE, Lothar.** *Fundamentos de tecnología de los alimentos.* Zaragoza : Editorial ACRIBIA, S.A., 2001. ISBN: 8420009520.
14. **CENGEL, Yunes y BOLES, Michael.** *Termodinámica Séptima Edición.* Ciudad de México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2012. ISBN: 9786071507433.
15. **FRANCO, Juan.** *Manual de Refrigeración.* Barcelona : EDITORIAL REVERTÉ, S. A., 2012. ISBN: 9788429192117.
16. **Pablo, MELGAREJO.** *Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas.* Madrid : A. MADRID VICENTE, EDICIONES, 1995. ISBN: 8487440673.
17. **BARRIGA, B.** es.scribd.com. [En línea] Metodos de diseño en ingeniería mecánica PUPC, 2016. [Citado el: 15 de Abril de 2021.] disponible en: <https://es.scribd.com/document/359452509/Metodos-de-Diseno-en-Ing-Mecanica-Introduccion-Benjamin-Barriga-PUCP>. MEC288 2017-1.
18. **Barriga, Benjamín.** *Métodos de Diseño en Ingeniería Mecánica.* s.l. : PUCP, 2016. pág. 11.
19. **Ministerio de Salud.** NTS N° 114 - MINSA/DIGESA-V.01. *Norma Sanitaria para el Almacenamiento de Alimentos Terminados destinados al Consumo Humano.* Resolución Ministerial N° 066-2015-MINSA 2015. Lima:Ministerio de Salud, 2015. : s.n.
20. **CEGARRA, J.** *Metodología de la investigación científica y tecnológica.* Madrid : Diaz de Santos, 2004. pág. 353 pp. ISBN: 84-7978-624-8.
- 21 **J. ALVARADO LADRON DE GUEVARA** *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,* Universidad politécnica de Madrid. 2018. pág. 9-12.  
[https://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_GUEVARA.pdf](https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf)

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Selección de evaporador

Modelo	CAPACIDAD /BTU/H									VENTILADOR				DESHIELO (KW)		CONEXIONES			DIMENSIONES DEL EQUIPO			Peso (kg)	
	Temperatura de evaporación									Cantidad	Helice (mm)	Caudal (m3/h)	Tiro Aire (m)	Entrada	Serpentin	Bandeja	Líquido	Succión	Desagüe	Tamaño general mm			
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30											Larg (A)	Profundidad		Alt (C)
BMS-302	31.039	30.434	29.829	29.206	28.656	27.996	27.281	26.602	25.915	2	40	8118	13	360	4.8	1.2	5/8"	7/8"	1"	1.488	555	565	70
BMS-362	37.316	36.589	35.862	35.112	34.451	33.657	32.798	31.982	31.156	2	40	8118	13	360	6	1.2	5/8"	1 1/8"	1"	1.488	555	565	79.5
BMS-442	45.557	44.669	43.781	42.867	42.059	41.091	40.041	39.045	38.036	2	40	8118	13	360	6	1.2	5/8"	1 1/8"	1"	1.488	555	565	77

Tomada de: blue line catalogo pág. 4

## Anexo 2

### Selección de compresor

Modelo	Refrigerante	Compresor			Condensador	Motor de ventilador axial (4 polos)				Dimensiones		Tubería	
		Modelo	Voltaje	H.P.	Área (m2)	N°xØ	m3/h	Ruido dist-10m	Voltaje	LXWXH(mm)	Descarga	Succión	
CRM/CRB - 020A	R-404A	YM34E3G-100	220V/60HZ	2	24	1X450	5850	50	220V/60HZ	1120*530*633	3/8"	3/4"	
CRM/CRB - 030A	R-404A	YM49E3G-100	220V/60HZ	3	32	1X450	5850	52	220V/60HZ	1120*530*633	3/8"	3/4"	
CRM/CRB - 040A	R-404A	YM70E7G-100	220V/60HZ	4	50	1X500	8420	53	220V/60HZ	1270*570*832	1/2"	3/4"	
CRM/CRB - 050A	R-404A	YM86E7G-100	220V/60HZ	5	60	1X500	8420	55	220V/60HZ	1270*570*832	1/2"	7/8"	
CRM/CRB - 060A3	R-404A	YM102E7G-100	220V/60HZ/3PH	6	65	1X500	8420	55	220V/60HZ	1270*570*832	1/2"	7/8"	
CRM/CRB - 080A3	R-404A	YM132E7G-100	220V/60HZ/3PH	8	88	2X500	16840	58	220V/60HZ	1370*580*1233	5/8"	1-1/8"	
CRM/CRB - 100A3	R-404A	YM182E7G-100	220V/60HZ/3PH	10	128	4X500	33680	58	220V/60HZ	2030*770*1333	5/8"	1-3/8"	

Tomada de: blue line catalogo pág. 1

## Anexo 3

### Selección de condensador

Modelo	Modelo Compresor	Capacidad de refrigeración (W)							
		Temperatura de evaporación (°C)							
		+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C
CRB-020A	YM34E3G-100	6308	5292	4426	3679	2997	2473	1908	1342
CRB-030A	YM49E3G-100	9128	7658	6405	5324	4337	3579	2760	1942
CRB-040A	YM70E7G-100	13342	11192	9361	7782	6339	5232	4035	2839
CRB-050A	YM86E7G-100	16354	13719	11474	9539	7770	6413	4947	3479
CRB-060A3	YM102E7G-100	19396	16270	13609	11313	9215	7605	5866	4128
CRB-080A3	YM132E7G-100	26529	21421	16937	13163	10189	8099	6985	6539
CRB-100A3	YM182E7G-100	33093	27760	23220	19302	15724	12976	10009	7042

Tomada de: blue line catalogo pág. 1

## Anexo 4

### Listado de válvulas de expansión termostática

Refrigerante	Tipo	Capacidad nominal $Q_{nom}$		Orificio no.	Igualación de presión	Conexión Entrada x Salida			
		kW	TR			pulg.	Código	mm	Código
R 404A R 507	TUB	0.7	0.19	1	int.	1/4 x 1/2	068U2094	6 x 12	068U2076
	TUB	1.0	0.28	2	int.	1/4 x 1/2	068U2095	6 x 12	068U2077
	TUB	1.4	0.39	3	int.	1/4 x 1/2	068U2096	6 x 12	068U2078
	TUB	2.1	0.60	4	int.	1/4 x 1/2	068U2097	6 x 12	068U2079
	TUB	2.8	0.79	5	int.	1/4 x 1/2	068U2098	6 x 12	068U2080
	TUB	4.2	1.20	6	int.	1/4 x 1/2	068U2099		
	TUBE	0.7	0.19	1	ext.	1/4 x 1/2	068U2103	6 x 12	068U2085
	TUBE	1.0	0.28	2	ext.	1/4 x 1/2	068U2104	6 x 12	068U2086
	TUBE	1.4	0.39	3	ext.	1/4 x 1/2	068U2105	6 x 12	068U2087
	TUBE	2.1	0.60	4	ext.	1/4 x 1/2	068U2106	6 x 12	068U2088
	TUBE	2.8	0.79	5	ext.	1/4 x 1/2	068U2107	6 x 12	068U2089
	TUBE	4.2	1.20	6	ext.	1/4 x 1/2	068U2108	6 x 12	068U2090
	TUBE	5.6	1.60	7	ext.	3/8 x 1/2	068U2109	10 x 12	068U2091
	TUBE	8.4	2.40	8	ext.	1/2 x 1/2	068U2110	10 x 12	068U2092
	TUBE	12.0	3.50	9	ext.	3/4 x 1/2	068U2111	10 x 12	068U2093

Tomada de: Danfoss Catalogo de válvulas de expansión.

## Anexo 5

### Tuberías de cobre para sistemas de refrigeración y cámaras frigoríficas

Referencia	Marca	Presentación
Tubería Capilar		0,31 x 30 mts
		0,36 x 30 mts
Tubería cobre		1/4" x 0.030" (Rollo 15 m)
		3/8" x 0.032" (Rollo 15 m)
		1/2" x 0.032" (Rollo 15 m)
		5/8" x 0.035" (Rollo 15 m)
		3/4" x 0.042" (Rollo 15 m)
		7/8" x 0.045" (Rollo 15 m)
Tubería cobre rígida	NACOBRE	3/8" x 0.030" Tipo L (Tubo 3 m)
		1/2" x 0.035" Tipo L (Tubo 3 m)
		5/8" x 0.040" Tipo L (Tubo 3 m)
		7/8" x 0.045" Tipo L (Tubo 3 m)
		1-1/8" x 0.050" Tipo L (Tubo 3 m)
		1-3/8" x 0.055" Tipo L (Tubo 3 m)
		1-5/8" x 0.060" Tipo L (Tubo 3 m)
		3/8" x 0.035" Tipo K (Tubo 3 m)
		1/2" x 0.049" Tipo K (Tubo 3 m)
		5/8" x 0.049" Tipo K (Tubo 3 m)
		7/8" x 0.065" Tipo K (Tubo 3 m)
		1-1/8" x 0.065" Tipo K (Tubo 3 m)
		1-3/8" x 0.065" Tipo K (Tubo 3 m)
1-5/8" x 0.072" Tipo K (Tubo 3 m)		

Tomada de: Nacobre catalogo: Características geométricas de tuberías.

## Anexo 6

Psicometría del puerto de Atico Cálculos basados en ASHRAE

Psicometría			
<b>Datos</b>			
Unidades:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> Ing.	
Parámetros	Valor	Unidad	
Temperatura:	22	°C	
Temp. b. húmedo:	17.44769287109	°C	
Humedad relativa:	64.48419509761	%	
Punto de rocío:	15	°C	
Altitud SNM	20	m	
<input type="button" value="Calcular"/>			
<b>Resultados</b>			
Presión Atmosférica	1.010216704514	bar	
Pv sat	17.05443464844	mbar	
Pv	20.59985458850	mbar	
Humedad absoluta	0.010680891404	kg/kg	
Entalpia	49.26032966165	kJ/kg	
Volumen específico	0.826316661140	m3/kg	

Tomado de: <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/CartaPsy.htm>

## Anexo 7

Factor de cambio /día (F<sub>1</sub>) factor F<sub>1</sub>.

*Promedio de cambios de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento a temperaturas menores de 32°F, debidos a la abertura de la puerta y a la infiltración<sup>b</sup>.*

Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h
200	33.5	800	15.3	5000	5.6	25,000	2.3
250	29.0	1000	13.5	6000	5.0	30,000	2.1
300	26.2	1500	11.0	8000	4.3	40,000	1.8
400	22.5	2000	9.3	10,000	3.8	50,000	1.6
500	20.0	3000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
600	18.0	4000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1
						150,000	0.88 <sup>a,c</sup>
						200,000	.77

Tomada de: Roy J. Dossat.

## Anexo 8

Capacidad térmica para condiciones de almacenaje; *Factor F<sub>2</sub>*

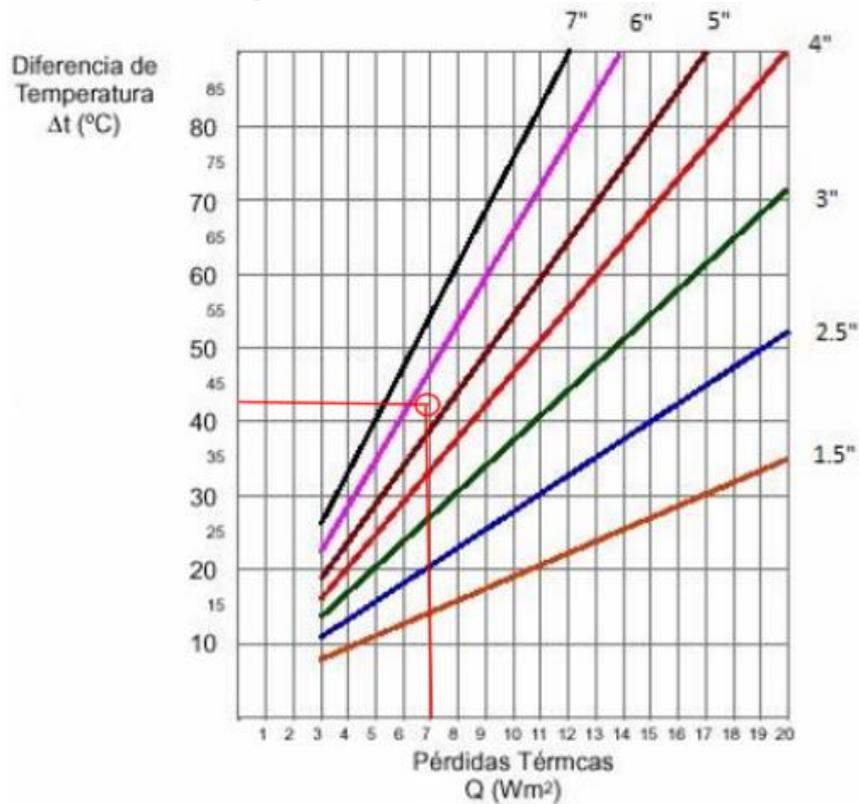
Btu por pie cúbico eliminado en enfriamiento para condiciones de almacenaje abajo de 30.

Temp. cuarto almacén °F	Temperatura aire de entrada °F									
	40		50		80		90		100	
	Humedad Relativa aire de entrada. %									
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
30	0.24	0.39	0.58	0.66	1.69	1.87	2.26	2.53	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	1.86	2.05	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.04	2.22	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.20	2.39	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.38	2.52	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	2.51	2.71	3.12	3.40	3.84	4.27
0	1.12	1.17	1.48	1.56	2.68	2.86	3.28	3.56	4.01	4.43
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	2.79	2.98	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	2.93	3.13	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.93	3.05	3.25	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.24	3.44	3.88	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	3.38	3.56	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.90	1.95	2.29	2.38	3.55	3.76	4.21	4.51	5.00	5.44

Tomada de: Roy J. Dossat

## Anexo 9

Selección de Espesor de Panel Poliuretano SUPERWALL FRIGO



Tomada de: Metecno

## Anexo 10

### Selección de paneles fotovoltaicos



#### POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE	
Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(Imp)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M <sup>2</sup> ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE, ROHS,PID Resistant,INMETRO
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001

Tomada de: ESPMC polycrystalline solar module catalogo: Características panel solar policristalino

## Anexo 11

### Selección de baterías

TIPO	VOLTAJE NOMINAL	CAPACIDAD NOMINAL	MAXIMA DIMENSION (MM)				PESO DE BATERIA	TERMINAL
	(V)	(AH)	L	W	Ranura de la altura	Altura total	± 0.5 KG	
GFMJ(OPzV)-200	2	200	103	206	354	386	20	HOYO PARA PERNO M10
GFMJ(OPzV)-250	2	250	124	206	354	386	24	
GFMJ(OPzV)-300	2	300	145	206	354	386	29	
<b>GFMJ(OPzV)-350</b>	<b>2</b>	<b>350</b>	<b>124</b>	<b>206</b>	<b>470</b>	<b>502</b>	<b>31</b>	
GFMJ(OPzV)-420	2	420	145	206	470	502	36	
GFMJ(OPzV)-500	2	500	166	206	470	502	42	
GFMJ(OPzV)-600	2	600	145	206	645	677	50	
GFMJ(OPzV)-630	2	630	225	206	470	502	53.5	
GFMJ(OPzV)-700	2	700	225	206	470	502	59.5	
GFMJ(OPzV)-770	2	770	225	206	470	502	65.5	
GFMJ(OPzV)-800	2	800	191	210	645	677	68	
GFMJ(OPzV)-1000	2	1000	233	210	645	677	82	
GFMJ(OPzV)-1200	2	1200	275	210	645	677	97	
GFMJ(OPzV)-1500	2	1500	275	210	795	827	120	
GFMJ(OPzV)-2000	2	2000	340	210	645	677	160	
GFMJ(OPzV)-2500	2	2500	399	212	772	809	200	
GFMJ(OPzV)-3000	2	3000	468	212	645	677	240	
			487	212	772	809	200	
			576	212	772	809	240	
			680	212	645	677	240	

Tomado de: Catalogo de soluciones solares intelligenio pag 26

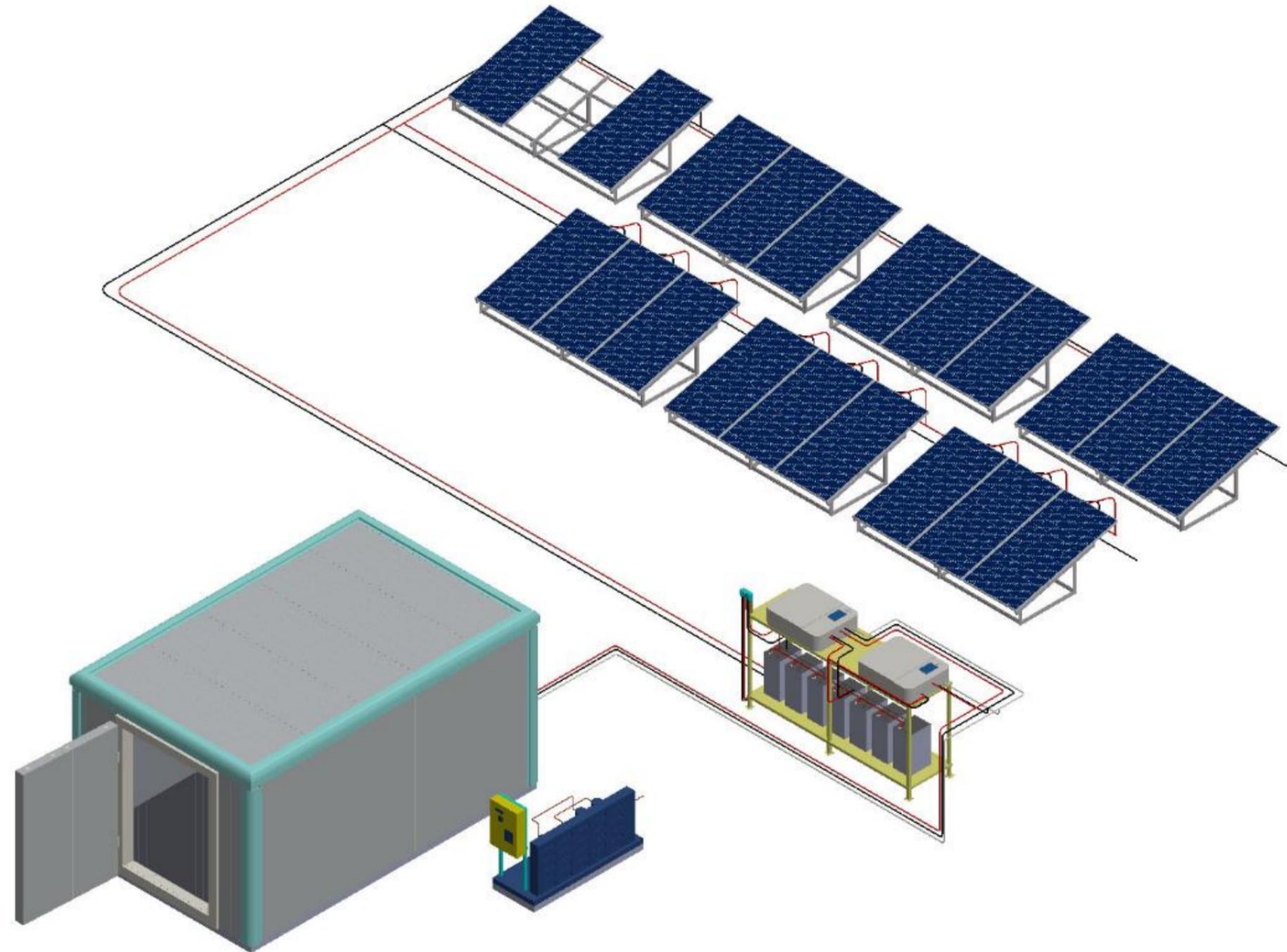
## Anexo 12

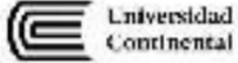
### Selección de inversor de carga

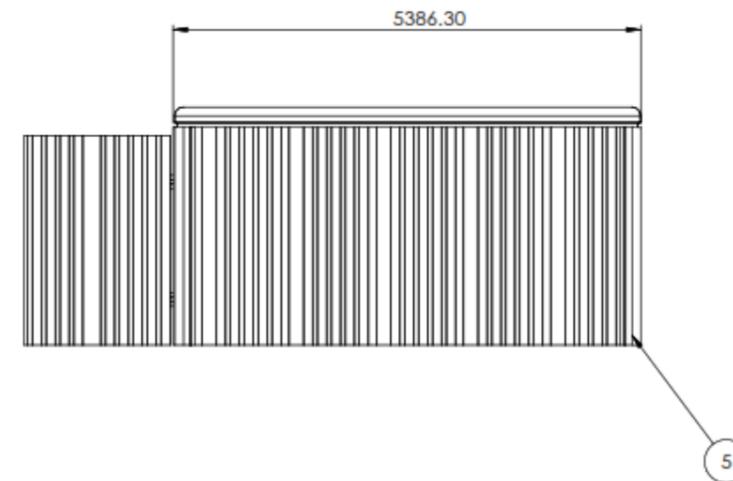
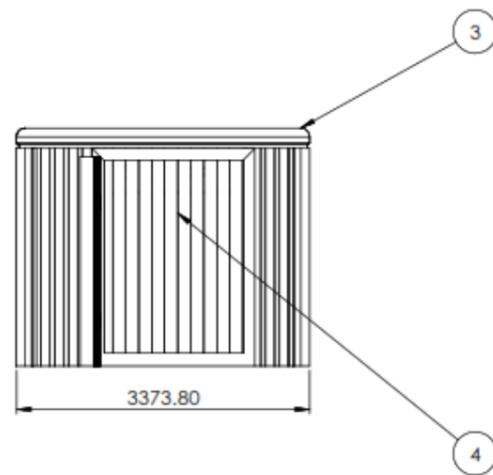
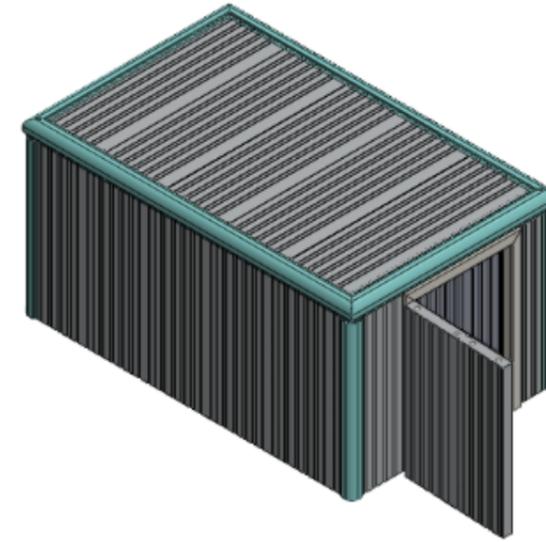
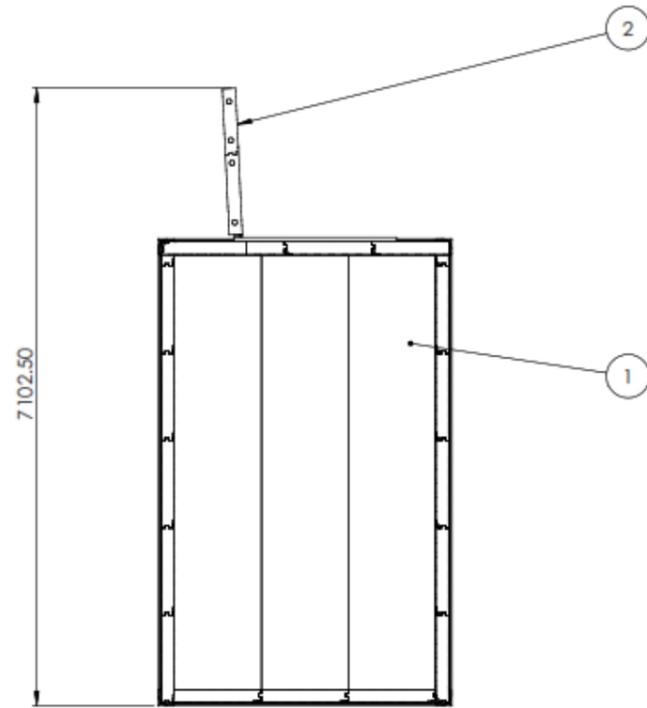
Datasheet	SPH 4000TL3 BH	SPH 5000TL3 BH	SPH 6000TL3 BH	SPH 7000TL3 BH	SPH 8000TL3 BH	SPH 10000TL3 BH
<b>DC input data</b>						
Max. recommended PV power (for module STC)	5200W	6500W	7800W	9100W	10400W	13000W
Max. DC voltage	1000V	1000V	1000V	1000V	1000V	1000V
Start Voltage	160V	160V	160V	160V	160V	160V
MPP voltage range / normal voltage	160V-1000V / 600V					
Max. input current per string	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A
Number of MPP trackers/ strings per MPP tracker	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
<b>AC output data (On-grid)</b>						
Rated AC output power	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	10000W
Max. AC apparent power	4000VA	5000VA	6000VA	7000VA	8000VA	10000VA
Max. current	6.1A	7.6A	9.1A	10.6A	12.1A	15.2A
AC nominal voltage	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V
AC grid frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Power factor	0.8leading-0.8lagging	0.8leading-0.8lagging	0.8leading-0.8lagging	0.8leading-0.8lagging	0.8leading-0.8lagging	0.8leading-0.8lagging
THDi	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
AC grid connection type	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE
<b>AC output data (Backup)</b>						
Max. AC output power	4000W	5000W	6000W	6000W	6000W	6000W
Rated AC output voltage	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V	230V/400V
Rated AC output frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
THDv	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Switch time	0.5s	0.5s	0.5s	0.5s	0.5s	0.5s
<b>Battery data</b>						
Battery voltage range	160-550V	160-550V	160-550V	160-550V	160-550V	160-550V
Max charging voltage	550V	550V	550V	550V	550V	550V
Max charging current	21A	21A	21A	21A	21A	21A
Max charging and discharging power	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	10000W
Type of battery	Lithium	Lithium	Lithium	Lithium	Lithium	Lithium
Deep of discharging	80%DOD	80%DOD	80%DOD	80%DOD	80%DOD	80%DOD
Capacity of battery	5-50kWh	5-50kWh	5-50kWh	5-50kWh	5-50kWh	5-50kWh
<b>Efficiency</b>						
Max. efficiency	97.6%	97.8%	98.0%	98.2%	98.2%	98.2%
Euro European efficiency	97.0%	97.2%	97.3%	97.4%	97.4%	97.5%
MPPT efficiency	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%
Battery charge/discharge efficiency	94.0%	94.0%	96.2%	96.2%	97.4%	97.4%
<b>Protection devices</b>						
DC switch	yes	yes	yes	yes	yes	yes
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
PV overvoltage protection	Type II					
Battery reverse protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Output over current protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Output AC overvoltage Protection-Varistor	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Ground fault monitoring	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Grid monitoring	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Integrated all-pole sensitive leakage current monitoring unit	yes	yes	yes	yes	yes	yes

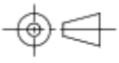
Tomada de: Growatt SPH-4000 -10000 TL3 BH catalogo: Características inversores solares

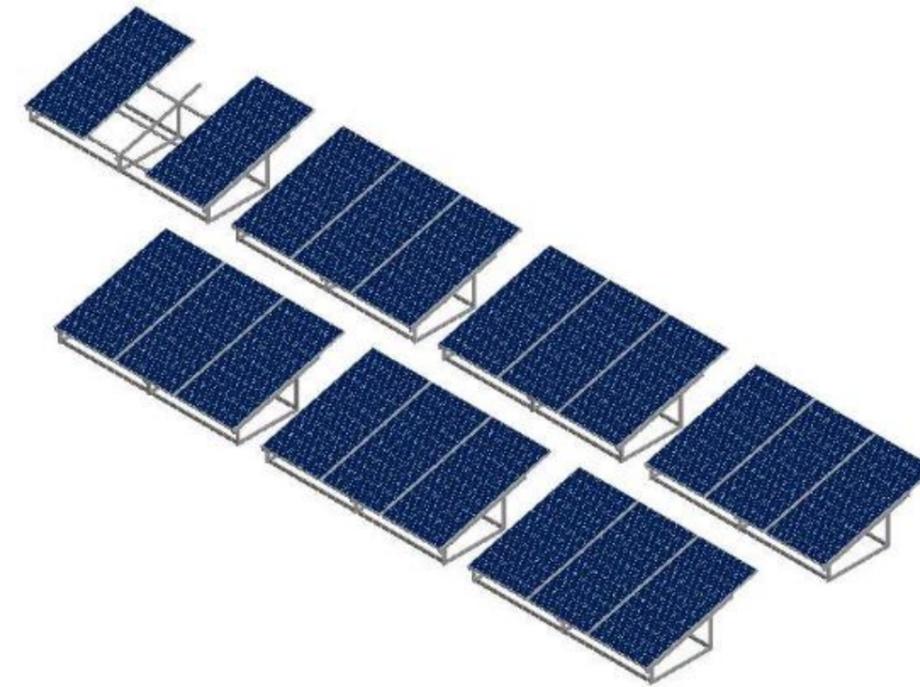
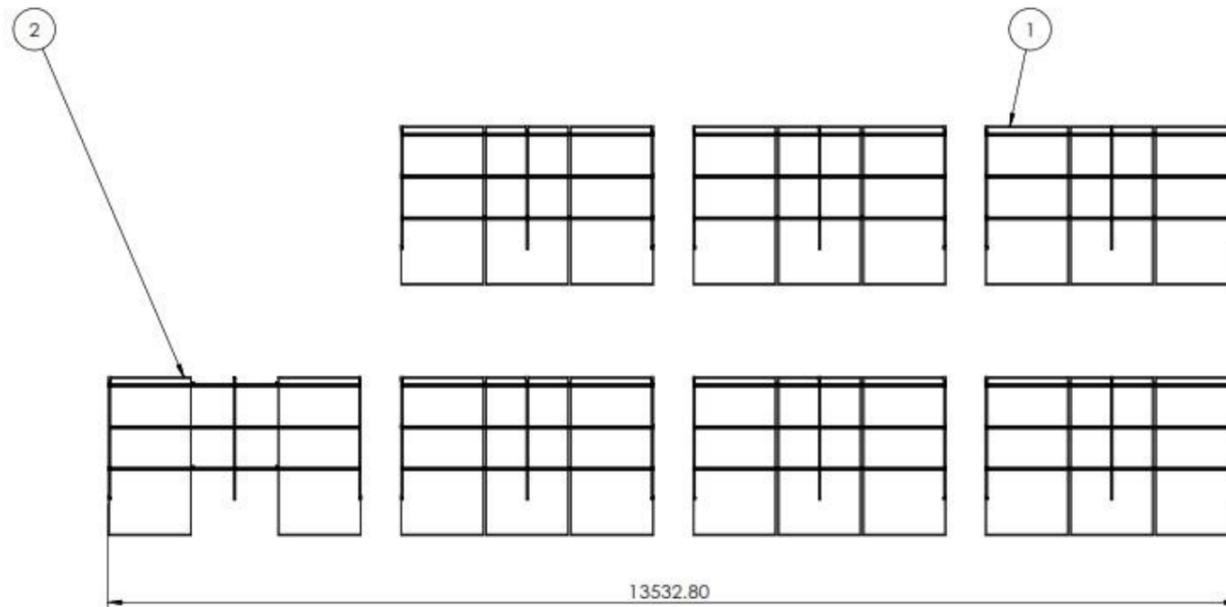
## **PLANOS**



<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b>				
	Titulo: PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO			
	Plano: PLANO ENSAMBLE DE CONJUNTO			LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A0</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:20
				E-EC-01



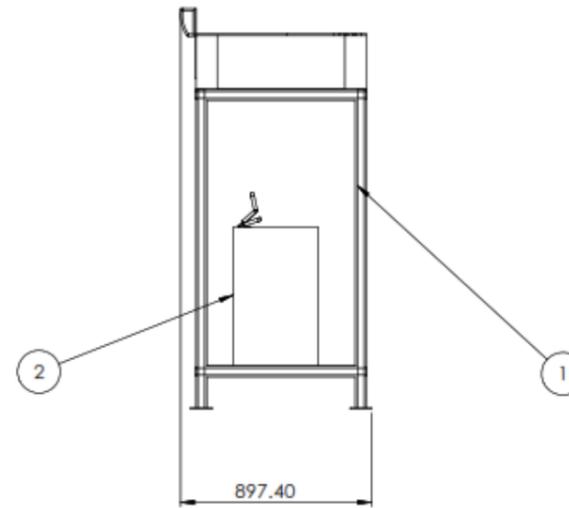
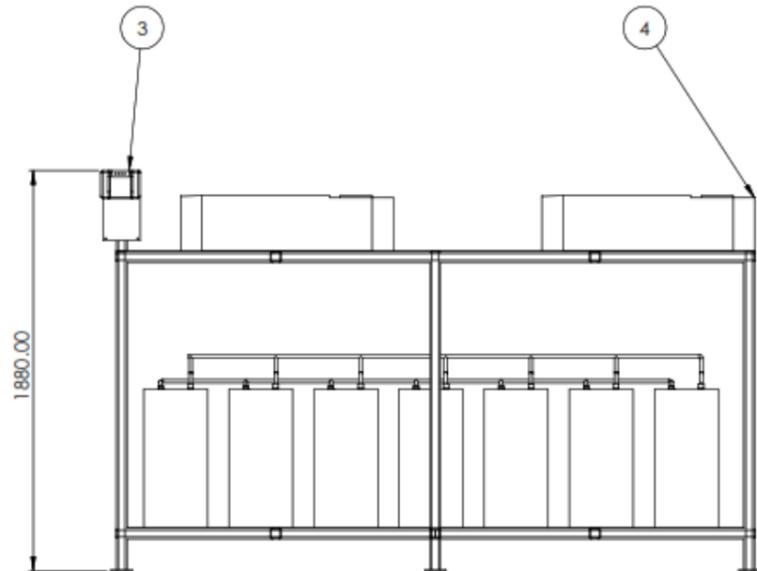
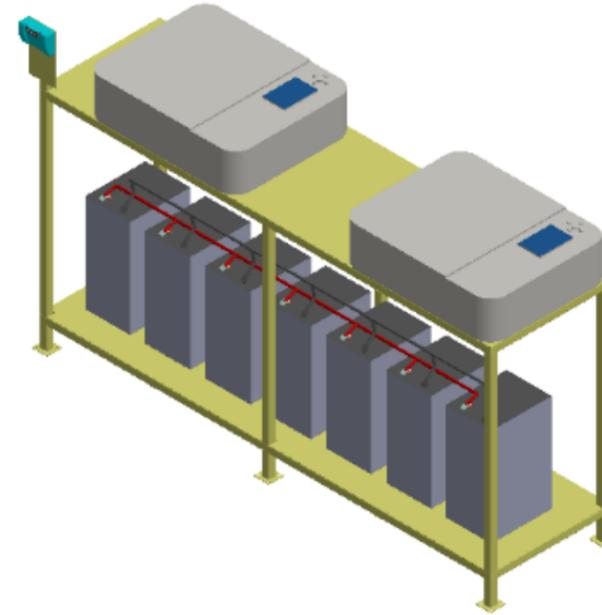
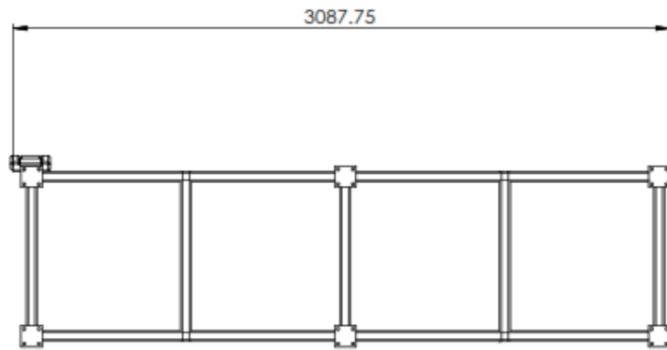
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIVERSIDAD CONTINENTAL				
1	Panel de piso inferior de camara	inox 304-poliuretano expandido	2	 Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Titulo: PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO		LAMINA:	
2	Puerta de camara frigorifica	inox 304-poliuretano expandido	1		Plano: PLANO GENERAL DE CAMARA FRIGORIFICA			G-CF-01
3	Cubre junta	inox 304	4		Formato: A2	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	
4	Cortina plastica	PVC	1		Escala: 1:50			
5	Cubre junta	inox 304	2					



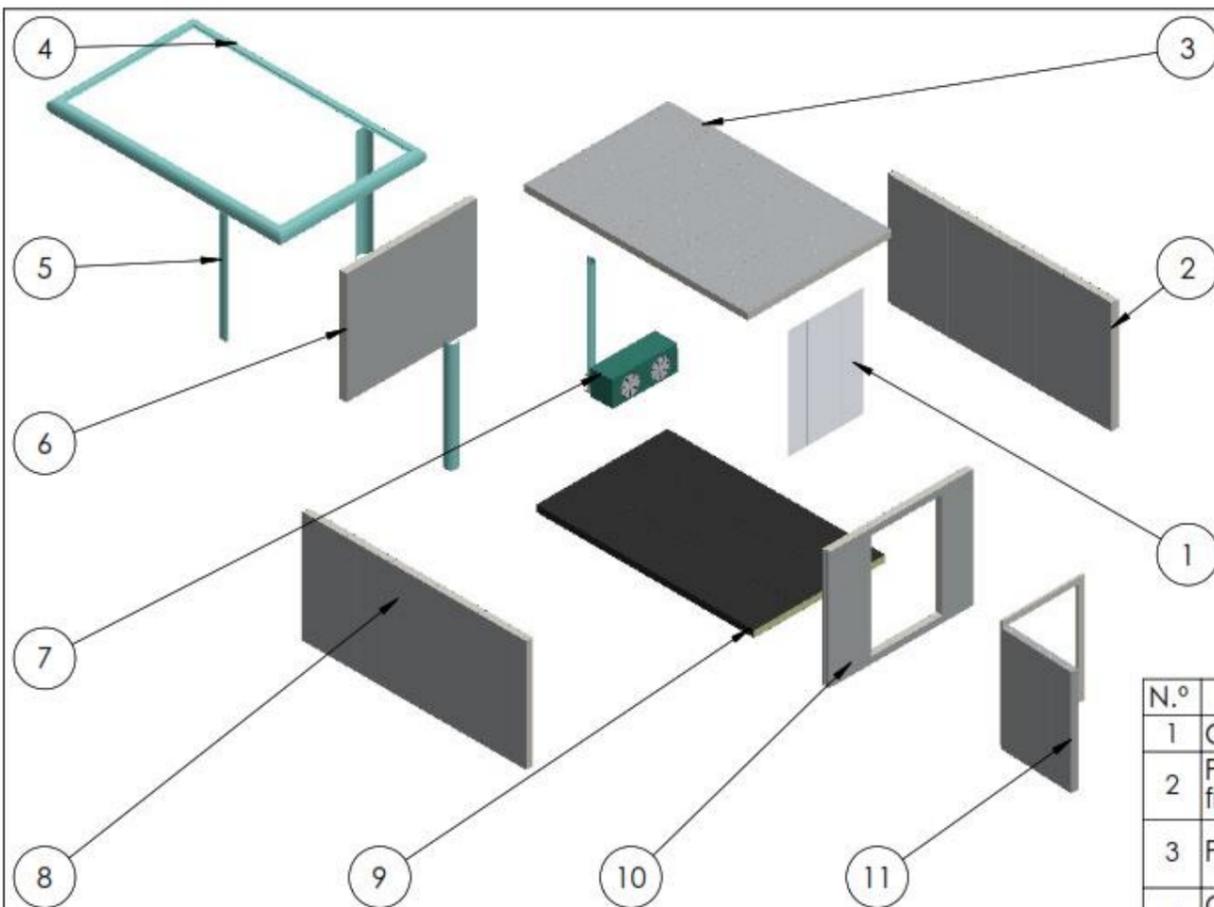
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Modulo de 3 paneles fotovoltaicos	panel Policristalino	6
2	Modulo de 2 paneles fotovoltaicos	panel Policristalino	1

<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b>				
	Título: PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO			
	Plano: PLANO GENERAL DE PANELES FOTOVOLTAICOS			LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A2</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:50
				G-PF-02

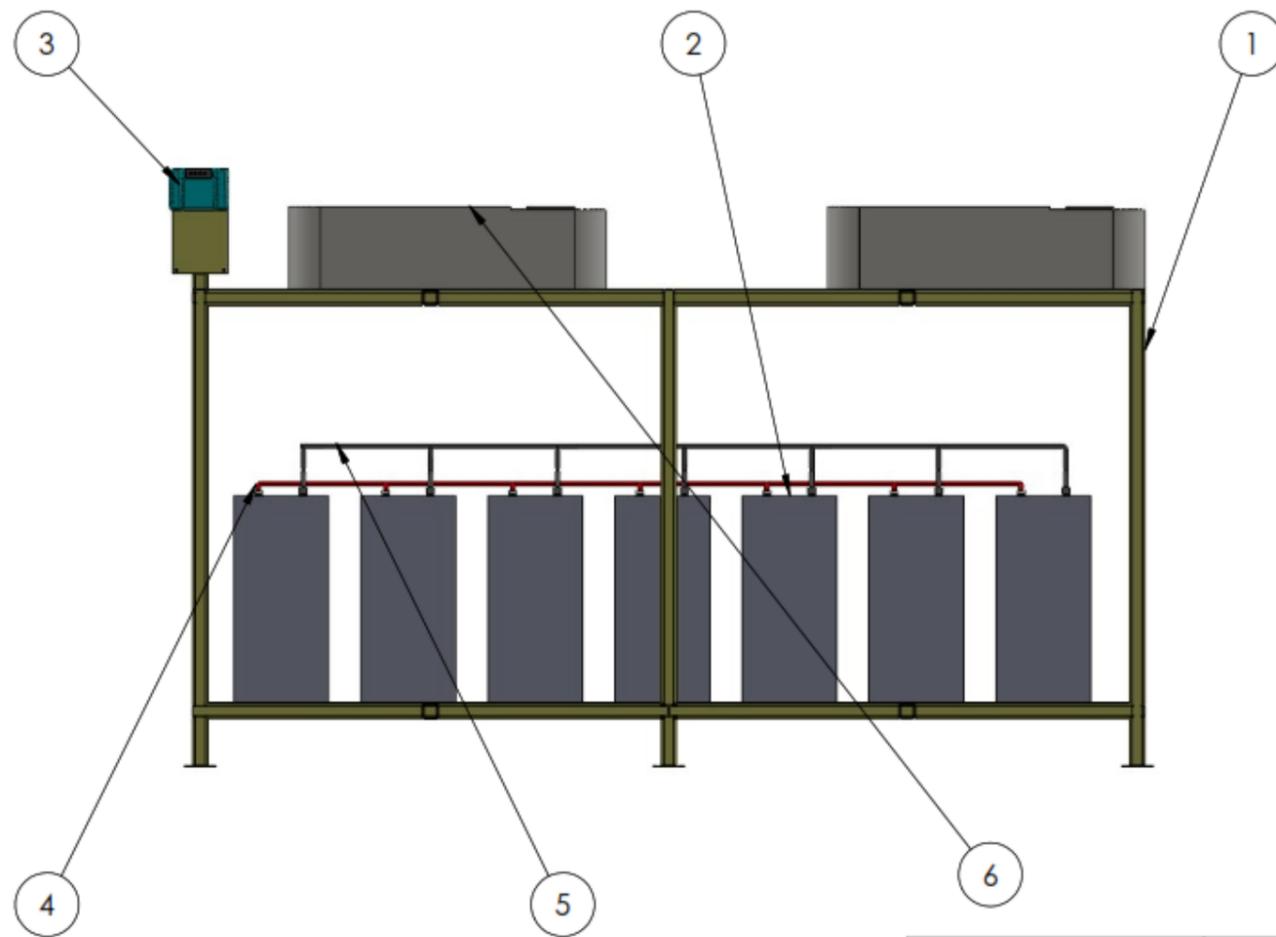


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIVERSIDAD CONTINENTAL				
1	Estructura portabaterías	acero ASTM A-36	1	 Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Título: PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO Plano: PLANO GENERAL DE BANCO DE BATERIAS		LAMINA:	
2	Baterías	Comercial- 24V	7		Formato: A2	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:20
3	Regulador de carga	Comercial-24v	1		G-BB-03			
4	Inversor de carga	Comercial-220v-380v	2					



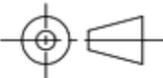
N.º	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cortina de PVC	PVC	1
2	Paneles termicos de pared derecha de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1
3	Paneles termicos de techo de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1
4	Cubrejuntas esquinas techo de camara frigorifica	acero inox 304	1
5	Cubrejuntas esquinas paredes de camara frigorifica	acero inox 304	1
6	Paneles termicos de pared de fondo	acero inox 304 poliuretano expandido	1
7	Evaporador		1
8	Paneles termicos de pared izquierda de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	2
9	Paneles de piso termico de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	2
10	Paneles termicos de pared frontal de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	4
11	Puerta de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1

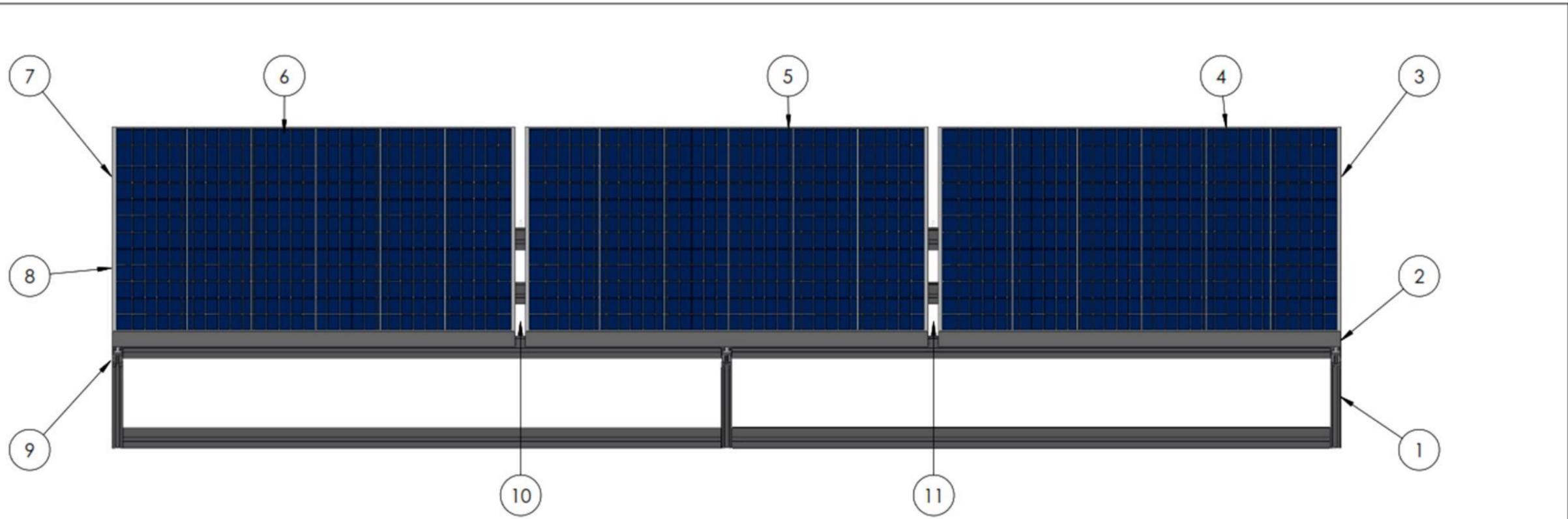
UNIVERSIDAD CONTINENTAL					
 <b>Universidad Continental</b>	Titulo: PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO				
	Plano: EXPLOSIONADO CAMARA FRIGORIFICA				LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato:	Proyección:	Fecha:	Escala:	EX-CF-01
	<b>A3</b>		21-12-2021	1:100	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura portabaterias	Acero ASTM A-36	1
2	Baterias	Comercial- 24V	7
3	Regulador de carga	Comercial-24v	1
4	cable positivo baterias		2
5	Cable negativo baterias		1
6	Inversor de carga		2

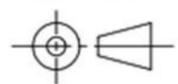
## UNIVERSIDAD CONTINENTAL

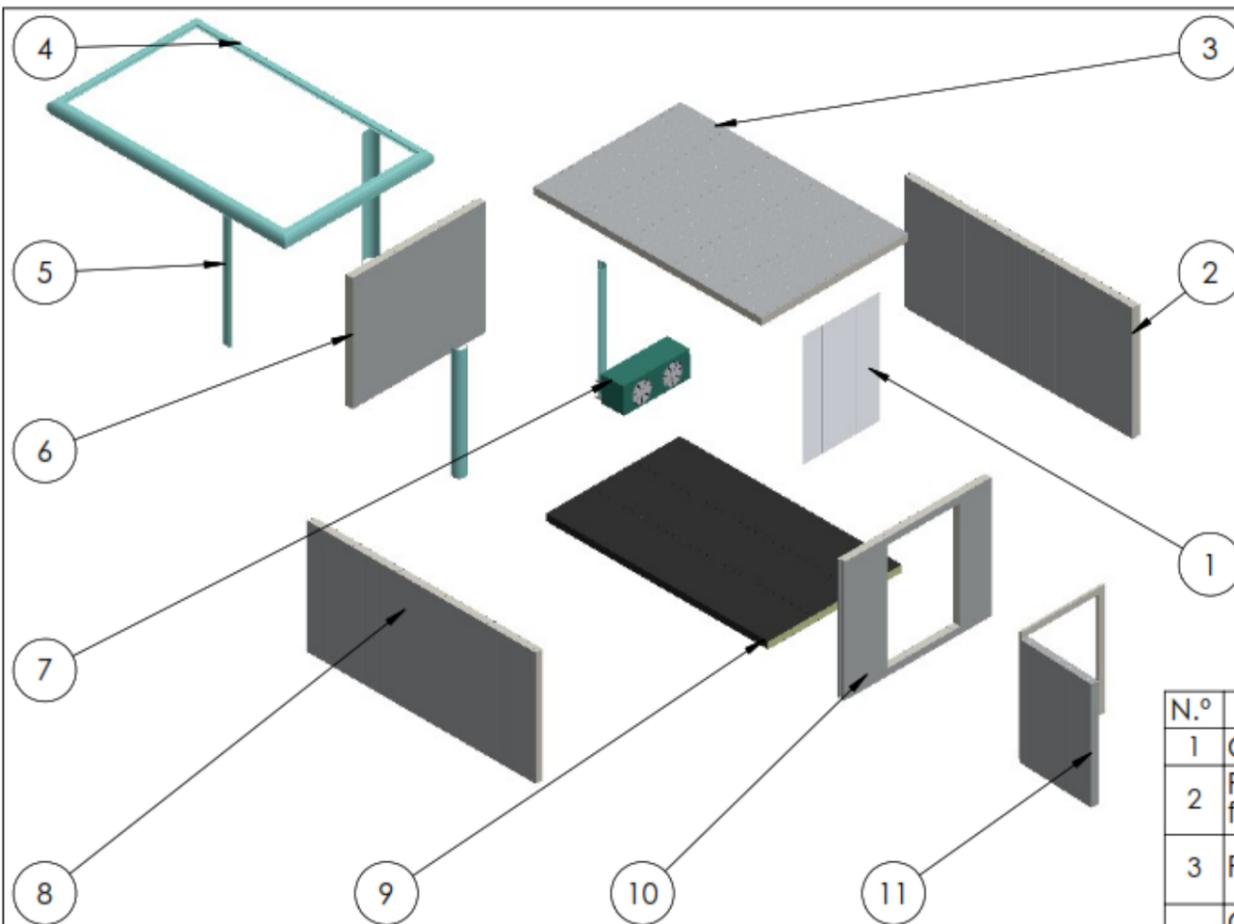
 <b>Universidad Continental</b>	Título: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>				LAMINA:  E-BB-02
	Plano: <b>ENSAMBLE DE BANCO DE BATERIAS</b>				
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:20	



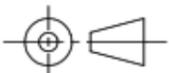
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura paneles fotovoltaico	ALUMINIO 6063	1
2	Grapa de fijacion de panel fotovoltaico	ALUMINIO 6063	3
3	Grapa de fijacion de panel fotovoltaico	ALUMINIO 6063	1
4	Panel fotovoltaico	SILICIO	1
5	Panel fotovoltaico	SILICIO	1
6	Panel fotovoltaico	SILICIO	1
7	Grapa de fijacion de panel fotovoltaico	ALUMINIO 6063	1
8	Grapa de fijacion de panel fotovoltaico	ALUMINIO 6063	1
9	Grapa de fijacion de panel fotovoltaico	ALUMINIO 6063	1
10	Grapa doble	ALUMINIO 6063	2
11	Grapa doble	ALUMINIO 6063	2

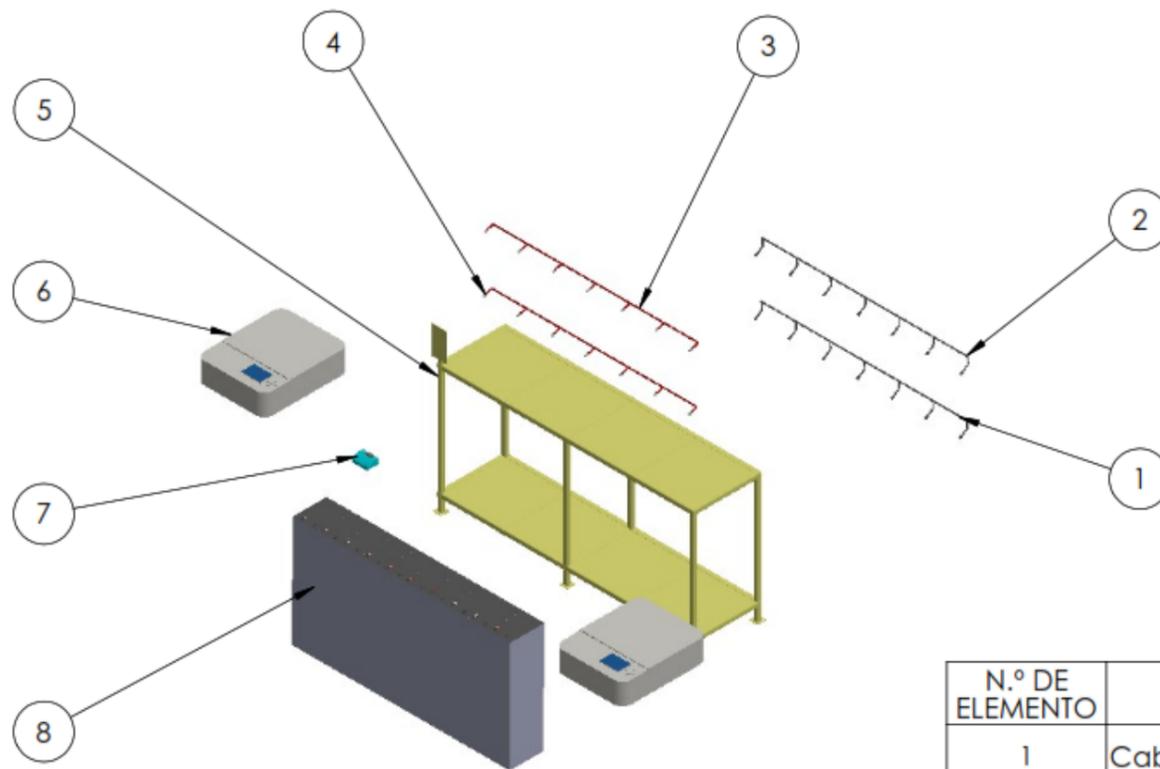
## UNIVERSIDAD CONTINENTAL

 <b>Universidad Continental</b>	Título: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>				LAMINA:  E-PF-03
	Plano: <b>ENSAMBLE MODULO PANELES FOTOVOLTAICO</b>				
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:10	



N.º	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cortina de PVC	PVC	1
2	Paneles termicos de pared derecha de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1
3	Paneles termicos de techo de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1
4	Cubrejuntas esquinas techo de camara frigorifica	acero inox 304	1
5	Cubrejuntas esquinas paredes de camara frigorifica	acero inox 304	1
6	Paneles termicos de pared de fondo	acero inox 304 poliuretano expandido	1
7	Evaporador		1
8	Paneles termicos de pared izquierda de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	2
9	Paneles de piso termico de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	2
10	Paneles termicos de pared frontal de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	4
11	Puerta de camara frigorifica	acero inox 304 poliuretano expandido	1

UNIVERSIDAD CONTINENTAL					
 <b>Universidad Continental</b>	Titulo: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>				
	Plano: <b>EXPLOSIONADO CAMARA FRIGORIFICA</b>				LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:100	<b>EX-CF-01</b>



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cable negativo de baterias	cobre	1
2	Cable negativo de baterias	Cobre	1
3	Cable positivo de baterias	Cobre	1
4	Cable positivo de baterias	acero ASTM A-36	1
5	Estructura portabaterias		1
6	Inversor de carga		2
7	regulador de carga		1
8	Baterias	24 v	7

## UNIVERSIDAD CONTINENTAL



**Universidad  
Continental**

Título: **PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO**

Plano: **EXPLOSIONADO BANCO DE BATERIAS**

LAMINA:

Alumno:  
-CORNEJO CHAMBI ERNESTO  
-MAMANI OBREGON PABLO  
-SUPHO RODRIGUEZ AYRTON

Formato:

**A3**

Proyección:



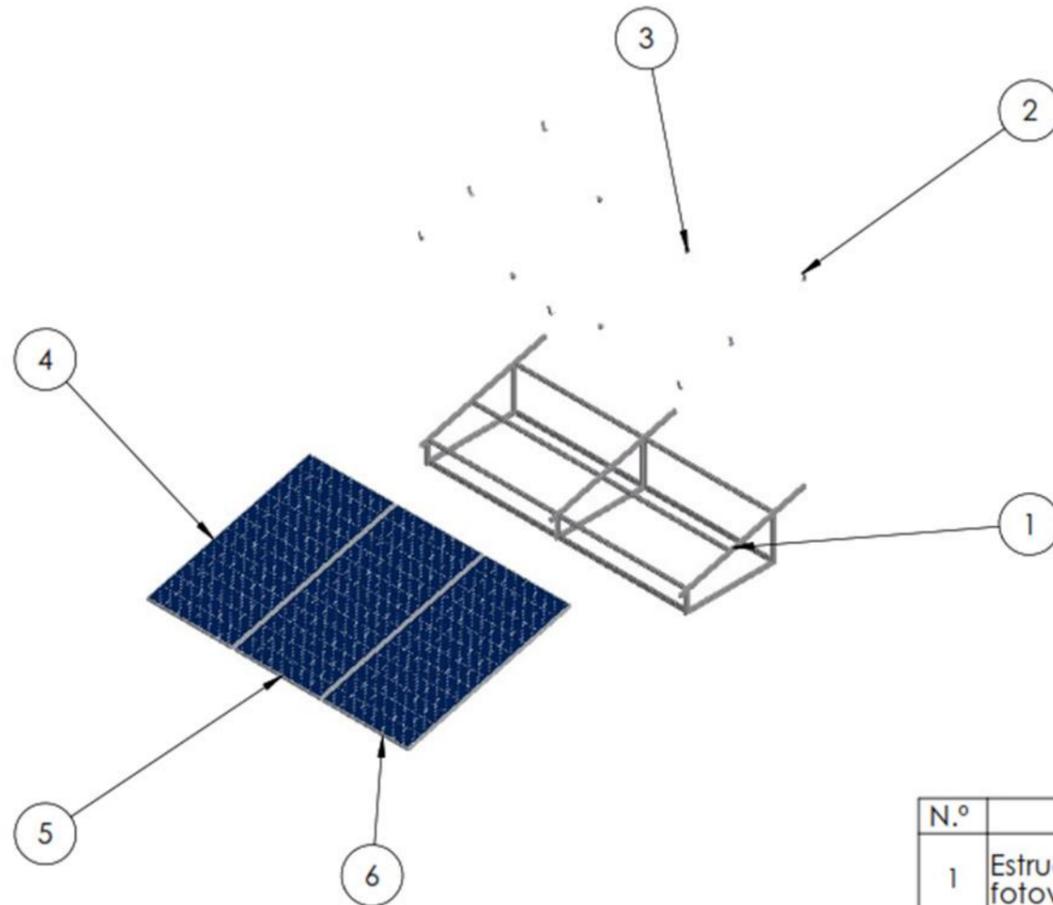
Fecha:

21-12-2021

Escala:

1:50

EX-BB-02



N.º	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura de modulo de paneles fotovoltaicos	aluminio 6063	1
2	Grapas laterales	aluminio 6063	7
3	Grapas intermedias	aluminio 6063	4
4	Panel fotovoltaico	silicio	1
5	Panel fotovoltaico	silicio	1
6	Panel fotovoltaico	silicio	1

## UNIVERSIDAD CONTINENTAL



**Universidad  
Continental**

Titulo: **PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO**

Plano: **EXPLOSIONADO MODULO FOTOVOLTAICO**

LAMINA:

Alumno:  
-CORNEJO CHAMBI ERNESTO  
-MAMANI OBREGON PABLO  
-SUPHO RODRIGUEZ AYRTON

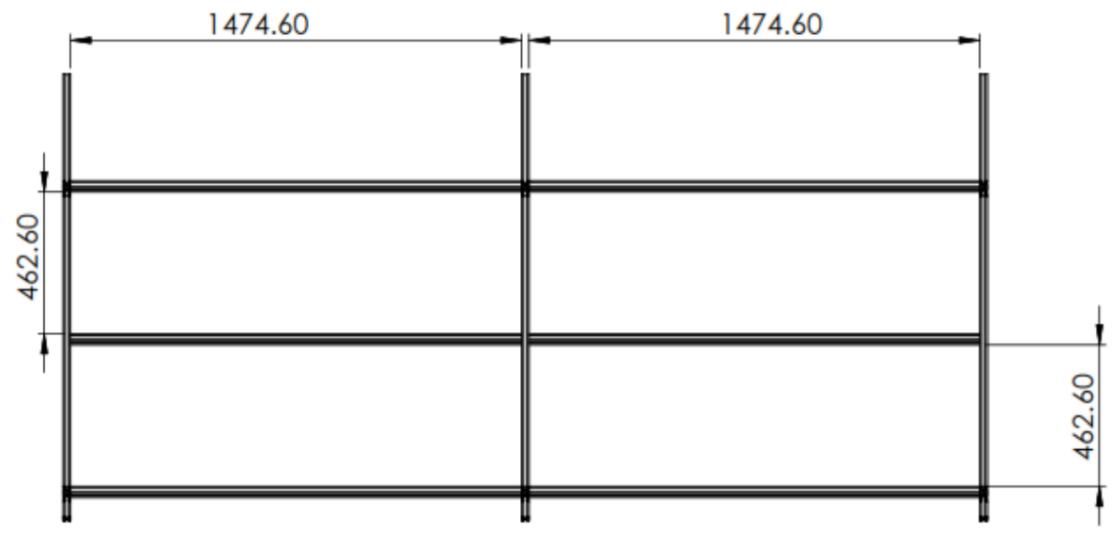
Formato:  
**A3**



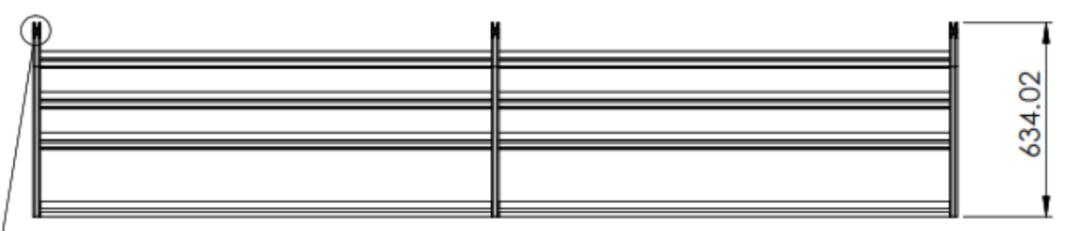
Fecha:  
21-12-2021

Escala:  
1:50

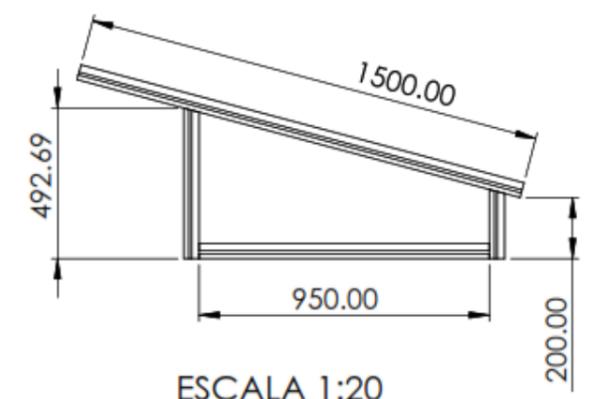
EX-MF-03



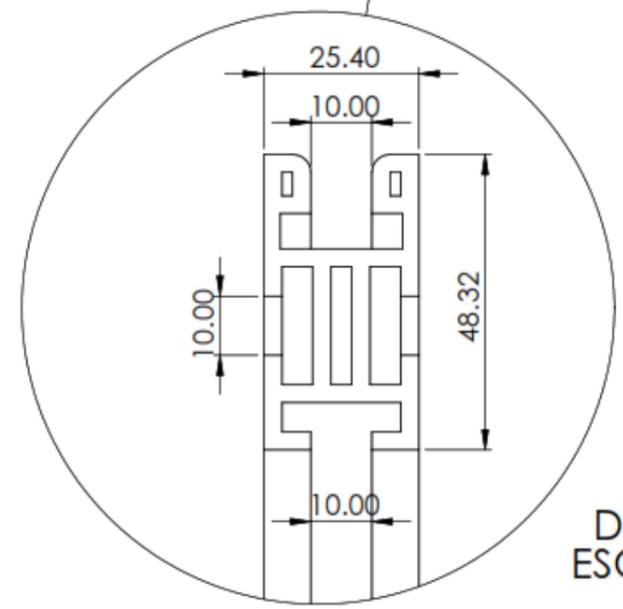
ESCALA 1:20



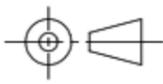
ESCALA 1:20

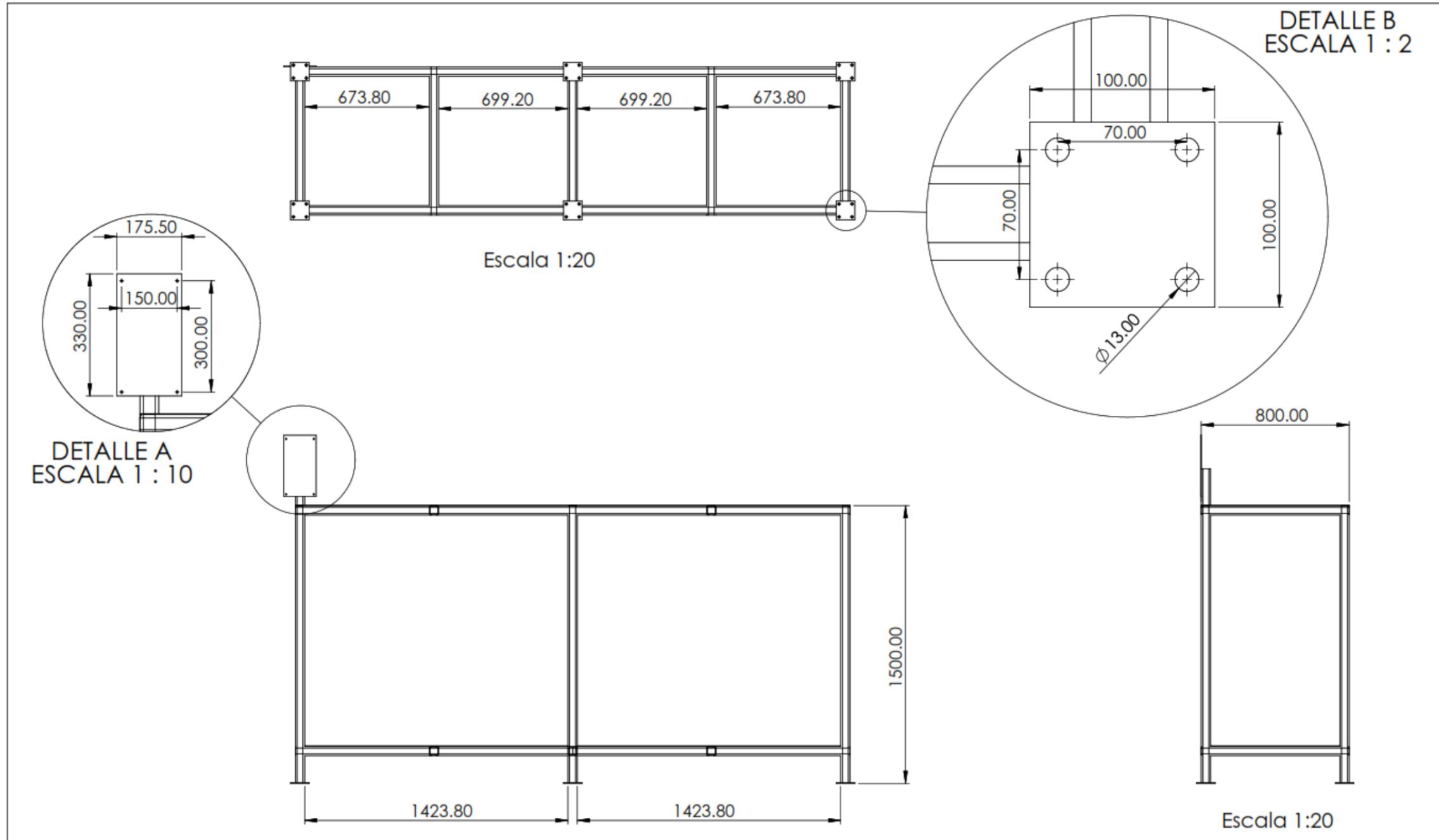


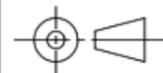
ESCALA 1:20



DETALLE A  
ESCALA 1:1

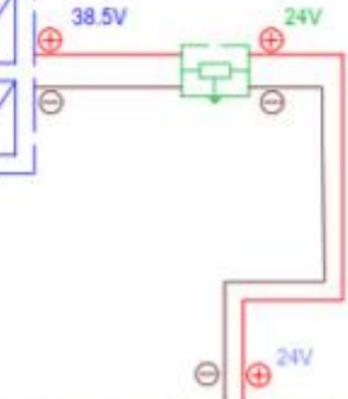
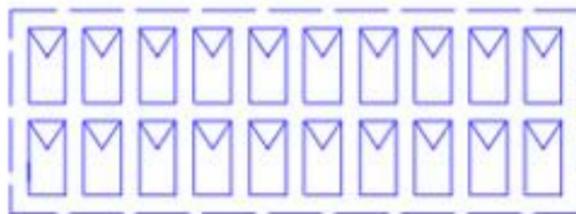
<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b>					
 <b>Universidad Continental</b>	Título: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>				
	Plano: <b>DETALLE ESTRUCTURA DE PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: INDICADA	D-EP-01



<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b>				
 <b>Universidad Continental</b>	Título: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>			
	Plano: <b>DETALLE ESTRUCTURA DE BANCO DE BATERIAS</b>			LAMINA:
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: INDICADA
			LAMINA: D-EB-02	

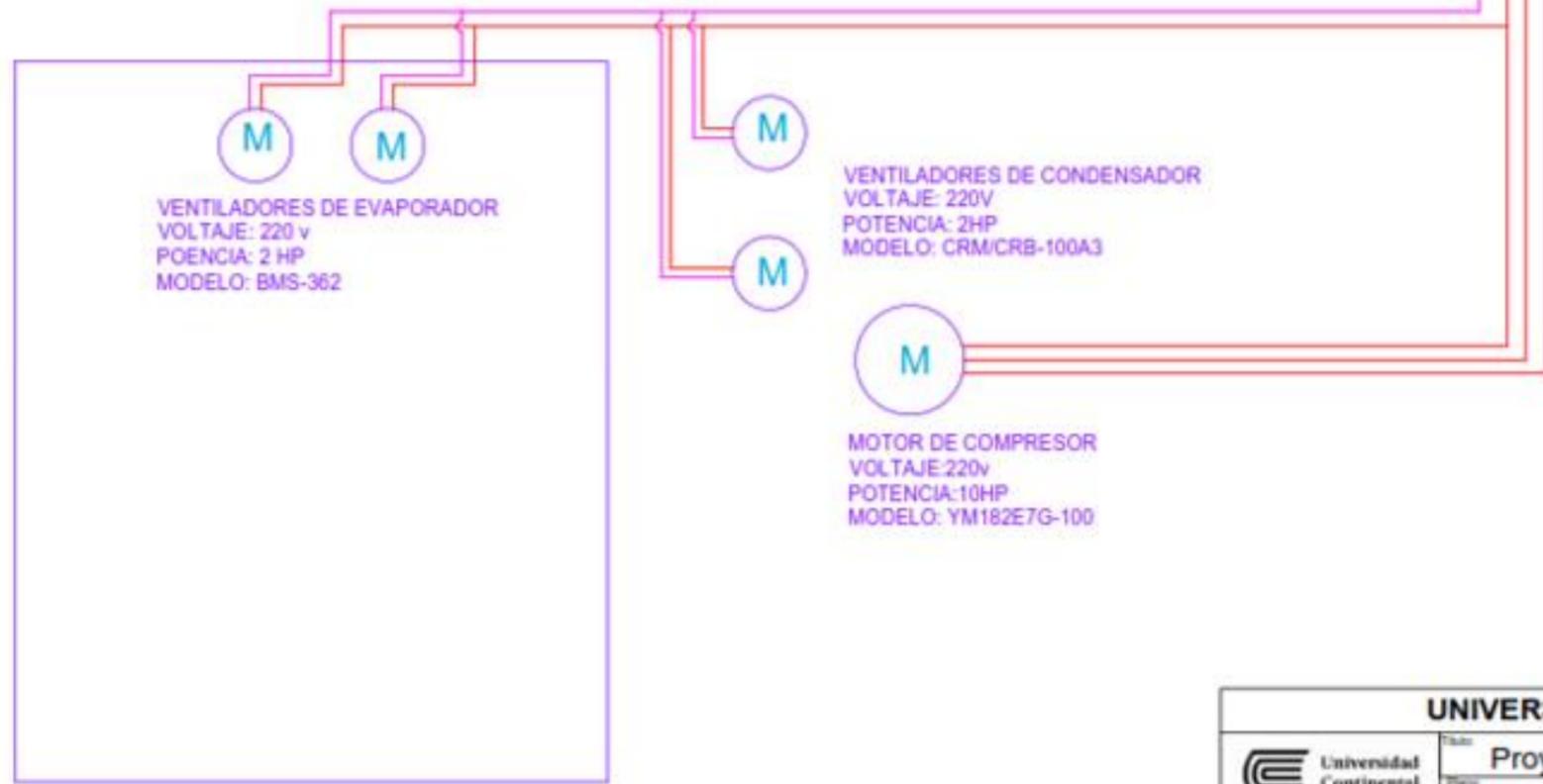
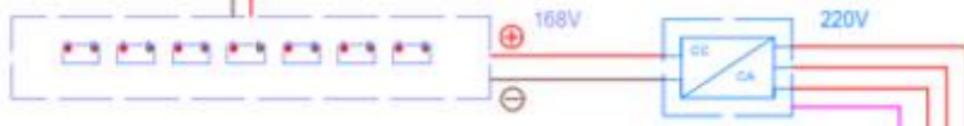
PANELES FOTOVOLTAICOS POLICRISTALINO  
 MAXIMA POTENCIA: 340 W  
 TENSION DE CIRCUITO ABIERTO: 46.4 v  
 CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO: 9.45 A  
 MODELO: ESPMC polycrystalline solar module  
 CANTIDAD: 20 unidades

REGULADOR DE CARGA  
 VOLTAJE MAXIMO DE REGULACION: 48 v  
 CORRIENTE MAXIMA DE CARGA: 103 A  
 MODELO: MPPT  
 CANTIDAD: 1 unidad



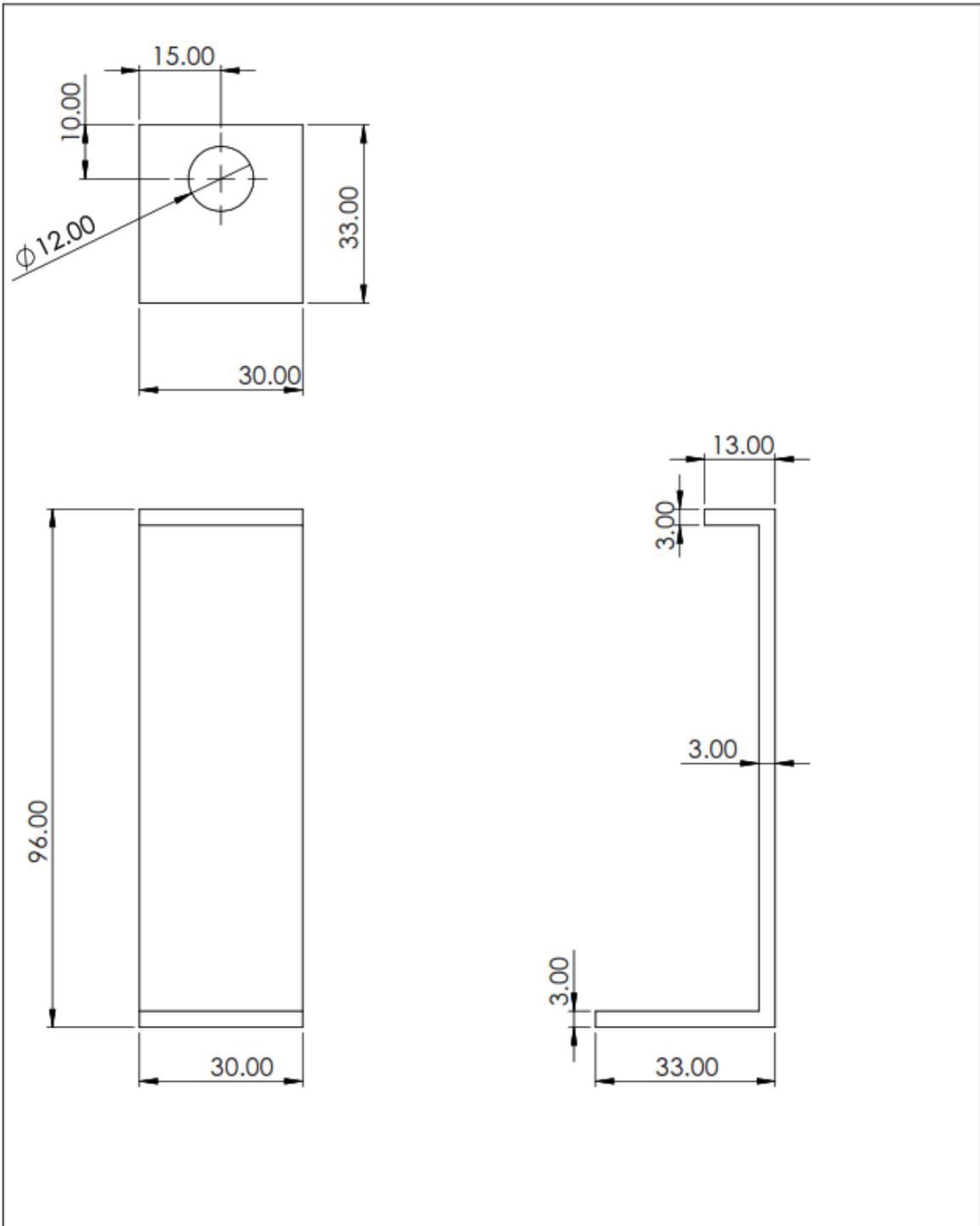
BANCO DE BATERIAS  
 VOLTAJE: 24 v  
 CAPACIDAD: 350Ah  
 PESO: 31 Kg x unidad  
 MODELO: GFMJ(OPzV)-350  
 CANTIDAD: 7 unidades

INVERSOR DE CARGA  
 VOLTAJE DE ENTRADA: 160v  
 POTENCIA DE SALIDA: 10kW  
 VOLTAJE DE SALIDA: 220/400V  
 MODELO: SPH 10000TL3 BH  
 CANTIDAD: 2 unidades



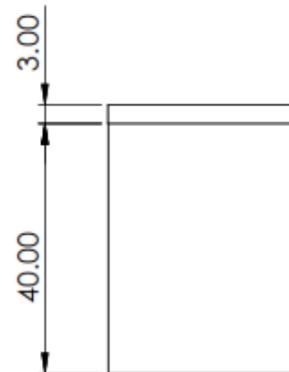
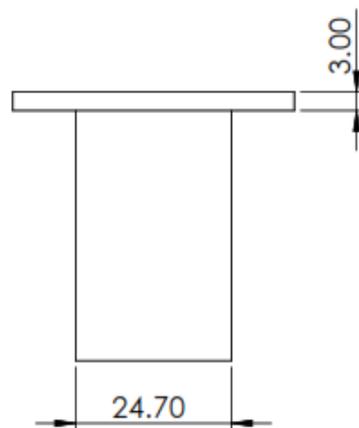
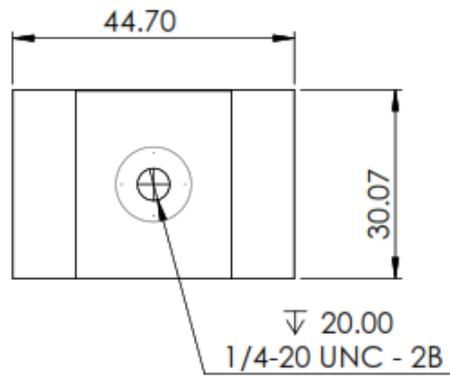
CAMARA DE REFRIGERACIÓN

UNIVERSIDAD CONTINENTAL					
	Título: Proyecto diseño de sistema frigorifico				
	Plan: CIRCUITO ELECTRICO				
Alumno: -Conejo Chambi Ernesto -Mamani Obregon Pablo -Supho Rodriguez Ayrton	Formato: <b>A3</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:30	Lamina: C-ECR-001

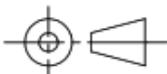


## UNIVERSIDAD CONTINENTAL

<b>Universidad Continental</b>	<b>Título:</b> PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO				<b>LAMINA:</b>  D-GFL-03
	<b>Plano:</b> GRAPA FIJACIÓN LATERAL PANELES FOTOVOLTAICOS				
<b>Alumno:</b> -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	<b>Formato:</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A4</span>	<b>Proyección:</b>  	<b>Fecha:</b>  21-12-2021	<b>Escala:</b>  1:1	



## UNIVERSIDAD CONTINENTAL

 <b>Universidad Continental</b>	Título: <b>PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA FRIGORIFICO</b>				LAMINA:  <b>D-GFC-04</b>
	Plano: <b>GRAPA FIJACIÓN CENTRAL PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
Alumno: -CORNEJO CHAMBI ERNESTO -MAMANI OBREGON PABLO -SUPHO RODRIGUEZ AYRTON	Formato: <b>A4</b>	Proyección: 	Fecha: 21-12-2021	Escala: 1:1	