



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Diseño de refrigerador doméstico por compresión de vapor, con  
accionamiento solar fotovoltaico, para la conservación de alimentos en Alto  
Trujillo – El Porvenir”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Zavaleta Zavaleta Rubén

Asesor:

Ing. Mg. Luis Alberto Julca Verástegui

**LINEA DE INVESTIGACION**

**Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

## JURADO CALIFICADOR

---

PRESIDENTE

DR. Jorge Antonio Inciso Vásquez

---

SECRETARIO

MG. Luis Alberto Julca Verástegui

---

VOCAL

DR. Jorge Eduardo  
Luján López

## DEDICATORIA

### **A DIOS EL PADRE Y A JESUCRISTO:**

Porque siempre está conmigo fortaleciéndome y guiándome con su luz admirable, a Él sea la Gloria para siempre, salud y paz a los que le siguen.

**A MI ESPOSA** por su amor y comprensión. **A mis hijos** por ser mi motivo y razón de perseverancia aprendiendo de mí y yo de ellos, para ser mejores personas cada día.

### **A MI MADRE:**

Por haber estado a mi lado siempre incondicionalmente a lo largo de los años con sus consejos y ejemplo de trabajo y esfuerzo, como fue mi padre que ya no está conmigo, pero siempre lo recuerdo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad César Vallejo por formarme integralmente a lo largo del desarrollo académico de mi carrera, a los docentes que con su experiencia contribuyeron al fortalecimiento de mis competencias como ingeniero, así como también a mis hermanos, compañeros de estudio y trabajo. Y de manera especial, a mi docente del curso de Desarrollo de Proyecto de Tesis, el Doctor Jorge Eduardo Lujan López.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Rubén Zavaleta Zavaleta con DNI N° 32947572, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio del 2018

**Rubén Zavaleta Zavaleta**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis Titulada “**Diseño de refrigerador doméstico por compresión de vapor, con accionamiento solar fotovoltaico, para la conservación de alimentos en Alto Trujillo-El Porvenir**” con la finalidad de dar cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El capítulo I hace referencia a la Realidad problemática, en la cual se explica que el centro poblado el Alto Trujillo cuenta con 70 mil habitantes y que según encuesta aplicada el 70.5% no cuenta con un equipo de refrigeración y un 93.6% está dispuesto a adquirir refrigerador propuesto.

El capítulo II; hace referencia al Método de Investigación, en la cual se presenta el diseño de investigación experimental y transversal. Indicamos las variables y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En capítulo III, hace un detalle de los Resultados. Inicia con un diagnóstico de la situación actual de la población en el uso de refrigeración de alimentos. Luego se estima la radiación solar como fuente citamos la web de la NASA. Se determina la demanda de energía térmica de 120W, y de eléctrica del compresor de 85W. Se evaluó experimentalmente el diseño, realizando las pruebas de funcionamiento del refrigerador propuesto, obteniendo temperaturas con carga de producto de  $-17^{\circ}\text{C}$  y  $-13^{\circ}\text{C}$  en el evaporador y  $2^{\circ}\text{C}$  y  $8^{\circ}\text{C}$  en el conservador, los cuales son resultados técnicamente aceptables para el diseño. Finalmente se hace la evaluación económico financiero, resultando un proyecto factible económicamente.

El Capítulo IV, hace referencia a la discusión de los resultados, siendo nuestro proyecto rentable; frente a otro proyecto ( Valencia Valencia & Henao Ramírez, 2016) que se determinó no ser factible por tener un retorno de 32 años sobre la inversión.

El capítulo V y VI se dan las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor

## Tabla de contenido

<b>Índice de Tablas</b> .....	X
<b>Índice de Figuras</b> .....	XII
<b>RESUMEN</b> .....	XIV
<b>ASBTRACT</b> .....	XV
<b>1 Introducción</b> .....	2
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	2
<b>1.2. Trabajos previos</b> .....	9
<b>1.2.1 Internacionales.</b> .....	9
<b>1.2.1. Nacionales:</b> .....	12
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema</b> .....	13
<b>1.3.1. Conceptos fundamentales sobre refrigeración.</b> .....	13
<b>1.3.2. Ciclo invertido de Carnot.</b> .....	15
<b>1.3.3. Ciclo de refrigeración teórico por compresión de vapor.</b> .....	16
<b>1.3.4. Ciclo de refrigeración real por compresión de vapor.</b> .....	18
<b>1.3.5 carga térmica.</b> .....	19
<b>1.3.6 Principales parámetros del ciclo de refrigeración.</b> .....	19
<b>1.3.7 Potencia térmica del compresor</b> .....	21
<b>1.3.8 Eficiencia Frigorífica</b> .....	22
<b>1.3.9 Elementos del sistema de refrigeración por compresión de vapor.</b> .....	22
<b>1.3.10 Energía solar</b> .....	25
<b>1.3.11 Posición de los paneles</b> .....	26
<b>1.3.12 Conexiones en serie</b> .....	26
<b>1.3.13 Conexión en paralelo.</b> .....	26

1.3.14	Células fotovoltaicas.....	27
1.3.15	Ley de Ohm:.....	27
1.3.16	Potencia Eléctrica.....	28
1.3.17	Conceptos financieros.....	28
1.4	Formulación del Problema. ....	29
1.5	Justificación del estudio: .....	29
1.6	Hipótesis:.....	29
1.7	Objetivos:.....	30
1.7.1.	Objetivo General:.....	30
1.7.2.	Objetivos Específicos: .....	31
2.	Método.....	34
2.1.	Diseño de investigación .....	34
2.1.1.	Tipo de investigación. ....	34
2.1.2.	Diseño de Investigación.....	34
2.2.	Variables, Operacionalización .....	34
2.3.	Población y muestra .....	36
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	37
2.6.	Aspectos éticos.....	37
3.	Resultados .....	40
3.1.	Diagnóstico de la situación actual del uso de sistemas de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo .....	40
3.2.	Estimación de la Radiación Solar en el CP Alto Trujillo .....	48
3.3.	Demanda de energía eléctrica para uso de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo .....	50



3.3.1. Metodología para determinar la potencia del compresor frigorífico.....	54
3.4. Implementación del Sistema de Refrigeración que satisfaga la demanda de la población del Alto Trujillo .....	68
3.5. Evaluar Experimentalmente el diseño propuesto del sistema de Refrigeración.....	75
3.6. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta, usando suministro solar doméstico .....	84
4. Discusión .....	96
5. Conclusiones .....	99
6. Recomendaciones .....	101
7. Referencias .....	102
Anexos.....	106

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de las variables.....	35
<b>Tabla 2</b> Valores de la conductancia K de aislamientos de paredes, suelos y techos.....	52
<b>Tabla 3</b> Características técnicas del compresor R600a.....	68
<b>Tabla 4</b> Características técnicas del condensador.....	70
<b>Tabla 5</b> Características técnicas del evaporador .....	70
<b>Tabla 6</b> Funcionamiento de artefacto sin carga de productos medición en evaporador y conservador.....	76
<b>Tabla 7</b> Funcionamiento del artefacto con carga de alimentos.....	76
<b>Tabla 8</b> Funcionamiento del artefacto realizando medición en el conservador con carga de alimentos .....	77
<b>Tabla 9</b> Lista de materiales y precios de adquisición para un refrigerador .....	84
<b>Tabla 10</b> Costo de mano de obra – para un refrigerador .....	84
<b>Tabla 11</b> Costo de suministro solar.....	85
<b>Tabla 12</b> Inversión en equipos y herramientas .....	85
<b>Tabla 13</b> Programa de producción en 5 años .....	86
<b>Tabla 14</b> Gastos administrativos.....	86
<b>Tabla 15</b> Presupuesto de gastos de ventas.....	87
<b>Tabla 16</b> Consolidado de gastos de personal.....	87
<b>Tabla 17</b> Costo unitario por refrigerador doméstico .....	88
<b>Tabla 18</b> Costos de producción .....	88
<b>Tabla 19</b> Resumen de las inversiones .....	89
<b>Tabla 20</b> Recuperación del capital de trabajo .....	89
<b>Tabla 21</b> Inversión, Depreciación y Amortización de activos .....	90
<b>Tabla 22</b> Plan financiero para el proyecto.....	91
<b>Tabla 23</b> Estructura de precios para un refrigerador con suministro solar fotovoltaico .....	91
<b>Tabla 24</b> Presupuesto de ingresos .....	91
<b>Tabla 25</b> Estado de ganancias y pérdidas proyectado al 2023.....	92
<b>Tabla 26</b> Flujo de capital.....	92
<b>Tabla 27</b> Flujo de caja económico .....	93

<b>Tabla 28</b> Periodo de recuperación del capital .....	93
<b>Tabla 29</b> Relación costo - beneficio .....	93
<b>Tabla 30</b> Estimación del valor del VAN y TIR para el proyecto.....	94
<b>Tabla 31</b> Calores específicos y temperaturas de conservación y congelación de diversos productos alimenticios y líquidos .....	108
<b>Tabla 32</b> Proyección de horas en funcionamiento de un refrigerador doméstico	108

## Índice de Figuras

Figura 1 incidencia de la ETA en el mundo	3
Figura2 Estadísticas de hogares con refrigeradoras	4
Figura 3 Electrificación colectiva en el centro poblado Alto Trujillo	5
Figura 4 Sueldo promedio en área rural	6
Figura 5 Evolución de la energía solar por países 2015	7
Figura 6 Abastecimiento de alimentos sin cumplir la cadena de frío	9
Figura 7 Ciclo invertido de Carnot – temperatura vs entropía	15
Figura 8 Presión- Entalpía del ciclo teórico de refrigeración	17
Figura 9 Presión- Entalpía del ciclo real de refrigeración	18
Figura 10 Impacto ambiental del gas R600a	25
Figura 11 Conexión de serie del Sistema de panel fotovoltaico	26
Figura 12 Conexión en paralelo del sistema panel fotovoltaico	26
Figura 13 Diagrama de flujo de ejecución del diseño	32
Figura 14 Cálculo de la muestra	36
Figura 15 Función que cumple el entrevistado en cada hogar de Alto Trujillo	41
Figura 16 Número de personas que viven en el hogar de Alto Trujillo	41
Figura 17 Nivel de instrucción del entrevistado en los hogares de Alto Trujillo	42
Figura 18 Nivel de ingresos por familia del Centro Poblado Alto Trujillo	43
Figura 19 Familias que no disponen de una refrigeradora en el hogar	44
Figura 20 Número de veces para abastecerse de alimentos	44
Figura 21 Población que desea adquirir un equipo de refrigeración	45
Figura 22 Población en % que desecha los alimentos por día	46
Figura 23 Población que consume según tipo de alimentos en %	47
Figura 24 Coordenadas geográficas de Centro Poblado Menor Alto Trujillo	48
Figura 25 Reporte de la NASA, nivel de radiación solar promedio – Alto Trujillo	49
Figura 26 Diagrama de parámetros de funcionamiento de un refrigerador doméstico con 134a	57
Figura 27 Diagrama de parámetros de funcionamiento del refrigerador doméstico con gas R600a	61
Figura 28 Horas de sol pico (HSP) promedio mensual - Trujillo	65

Figura 29 Parámetros de panel solar fotovoltaico monocristalino	66
Figura 30 Batería para suministro solar fotovoltaico	67
Figura 31 motor compresor R600a 1/10 Hp	69
Figura 32 Comparativo entre refrigerantes R600a – R134a	69
Figura 33 Dimensionamiento del tubo capilar	71
Figura 34 Ficha técnica del poliuretano aislante térmico	72
Figura 35 Diseño del sistema de refrigeración propuesto y sus elementos.	74
Figura 36 Refrigerador doméstico propuesto	75
Figura 37 Temperatura vs tiempo en trabajo del evaporador y conservador	77
Figura 38 Temperatura vs tiempo en descanso del evaporador y conservador	78
Figura 39 Temperatura vs tiempo trabajo en el evaporador y conservador del refrigerador	78
Figura 40 Temperatura vs tiempo descanso en el evaporador y conservador del artefacto	79
Figura 41 Temperatura vs tiempo- medición en trabajo del evaporador y conservador del artefacto	79
Figura 42 temperatura vs tiempo medición de evaporador y conservador en descanso	80
Figura 43 temperatura vs tiempo en trabajo del evaporador y conservador del artefacto	80
Figura 44 temperatura vs tiempo medición en descanso del artefacto, evaporador y conservador	81
Figura 45 Diseño de las tuberías de alta presión	82
Figura 46 Diseño de los elementos estructurales del sistema propuesto de refrigeración	83
Figura 47 Cuestionario de preguntas de encuesta para la población de Alto Trujillo	107
Figura 48 Matriz de consistencia	108

## RESUMEN

El presente documento recoge los pasos seguidos para obtener el diseño y construcción de un refrigerador doméstico de 5,6 cu ft, de tamaño, elegido según resultados de encuesta a 372 familias, se realiza la evaluación técnica y económica para ser accionado con suministro solar fotovoltaico, en beneficio de la población del centro poblado Alto Trujillo, El Porvenir. El documento incluye el análisis de los parámetros de mayor interés entre un ciclo de refrigeración con gas R134a y R600a, eligiendo a este último de mayor eficiencia energética con un COP de 1.54 frente a 1.17, al haber determinado una carga térmica de 120 W se obtiene la potencia del compresor de 84W, determinando su accionamiento solar con un panel de 330 W monocristalino, así como baterías, inversor y controlador; las pruebas experimentales se realizan al refrigerador con compresor de corriente alterna 220 AC, obteniendo temperaturas favorables entre -17°C y -13°C en el evaporador y entre 2 a 8°C en el conservador.

El costo unitario de cada refrigerador propuesto tiene un valor de 1348.1 soles, considerando un valor de venta del producto a 2200 soles incluido IGV, el proyecto resulta factible económicamente, la recuperación de la inversión es en 2 años y 7 meses, relación costo-beneficio 2.80, VAN de 1, 105,862 soles, la TIR (Tasa Interna de Retorno) es de 53.06%.

**Palabras clave:** R600a, carga térmica, COP, temperatura, gasto-costos.

## ASBTRACT

This document includes the steps taken to obtain the design and construction of a domestic refrigerator of 5.6 cu ft, of size, chosen according to the survey results of 372 families, the technical and economic evaluation is carried out to be operated with solar photovoltaic supply, for the benefit of the population of Alto Trujillo, El Porvenir. The document includes the analysis of the most interesting parameters between a refrigeration cycle with gas R134a and R600a, choosing the latter with greater energy efficiency with a COP of 1.54 compared to 1.17, having determined a thermal load of 120 W the power of the compressor of 84W, determining its solar operation with a panel of 330 W monocrystalline, as well as batteries, inverter and controller; the experimental tests are carried out in the refrigerator with an AC compressor 220 AC, obtaining favorable temperatures between  $-17^{\circ}\text{C}$  and  $-13^{\circ}\text{C}$  in the evaporator and between 2 and  $8^{\circ}\text{C}$  in the conservator.

The unit cost of each proposed refrigerator has a value of 1348.1 soles, considering a sale value of the product at 2200 soles including IGTV, the project is economically feasible, the recovery of the investment is in 2 years and 7 months, cost-benefit ratio 2.80, VAN of 1, 105,862 soles, the IRR (Internal Rate of Return) is 53.06%.

Keywords: R600a, thermal load, COP, temperature, cost-cost.

# **CAPITULO I**

# **INTRODUCCIÓN**



## 1 Introducción

### 1.1. Realidad Problemática

La refrigeración constituye uno de los principios básicos de seguridad en nuestra vida, puesto que es el tratamiento de conservación de alimentos más extendido y el más aplicado, tanto en el ámbito doméstico como industrial". Asimismo, "su uso tiene la clara ventaja de no producir modificaciones en los alimentos hasta el punto que, tanto productores como consumidores, entienden que los alimentos frescos son en realidad refrigerados, esto se debe básicamente a que la actividad de los microorganismos y de las enzimas (proteínas activas) de los microorganismos y de los propios alimentos puede verse enlentecida, es decir se produce un retraso en la degradación de los componentes de los alimentos, por consecuencia, los alimentos duran más, al mismo tiempo, los microorganismos patógenos van a inhibirse en su crecimiento, por lo que se va a permitir mantener las condiciones de seguridad de los alimentos" (Olguin, 2017)

Causa de la descomposición de alimentos durante el almacenamiento son los microorganismos: bacterias y hongos, incluidas las levaduras. Los frutos son atacados preferentemente por mohos, mientras carnes, pescado y huevos son deteriorados por bacterias (Plank, 2013).

En Europa, por ejemplo, son "cosmopolitas y saludables" y por la falta de tiempo libre evitan ocuparse mucho en la compra y preparación de sus alimentos. Por otro lado, en sus hogares existen mejores condiciones de cadena de frío, lo cual posibilita almacenar estos alimentos. El 97% de estos hogares cuenta con un refrigerador o freezer (Saravia, 2015).

Según el Informe de la OMS señala que los niños menores de 5 años representan casi un tercio de las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria (OMS, 2015).

- La primera estimación de la carga mundial de las enfermedades de transmisión alimentaria muestra que casi 1 de cada 10 personas enferman cada año al ingerir alimentos contaminados y 420.000 mueren como consecuencia de estas enfermedades.
- Los niños menores de 5 años corren un riesgo particularmente grande y 125.000 niños mueren cada año de enfermedades de transmisión alimentaria
- Las regiones de África y Asia Sudoriental de la OMS tienen la carga más alta de enfermedades de transmisión alimentaria.

En la fig. 1, podemos observar la incidencia de las Enfermedades de Transmisión por Alimentos (ETA) a nivel mundial.

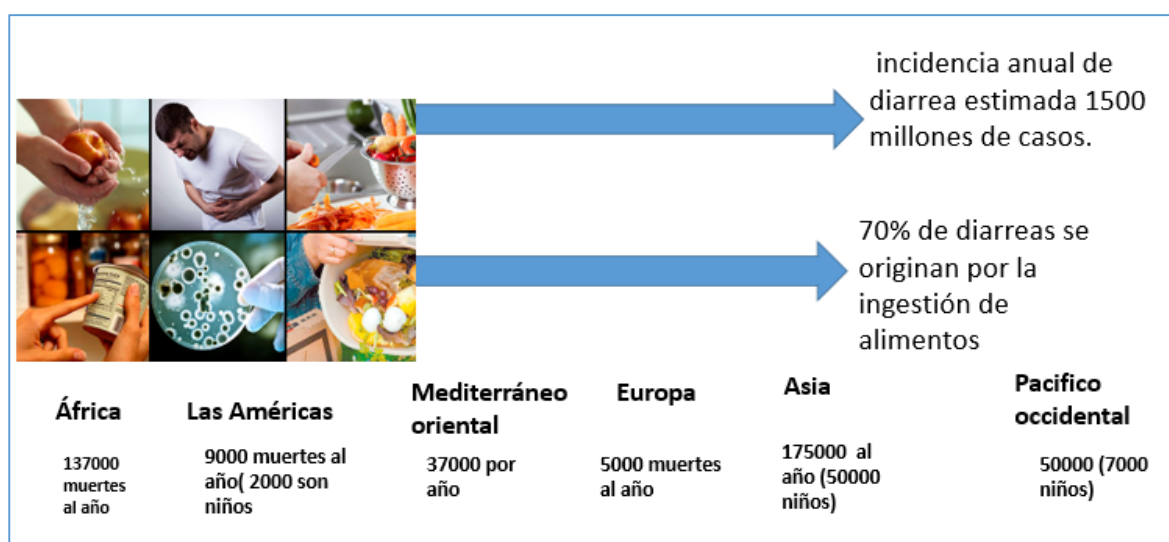


Figura 1 incidencia de la ETA en el mundo

Fuente: (OMS, 2015)

En el Perú; de acuerdo al INEI, solo el 65% de hogares de zonas urbanas cuentan con una refrigeradora, en tanto que en zonas rurales este porcentaje llega al 13% (Saravia, 2015).



Figura2 Estadísticas de hogares con refrigeradoras

Fuente: (OMS, 2015)

Si en las zonas rurales solo el 13% dispone de un Refrigerador; también es importante tener en cuenta la electrificación de la zona. **En el Centro Poblado de “Alto Trujillo”**; con una población que supera los 70 mil habitantes (Montenegro Figueroa, 2016), en la cual en un 20% aprox. no cuentan con un sistema de fluido eléctrico continuo.



*Figura 3 Electrificación colectiva en el centro poblado Alto Trujillo*

*Fuente: elaboración propia*

Se puede observar que la electrificación en el Centro Poblado Alto Trujillo, también es una necesidad que debería cubrirse con prioridad. Las familias unen esfuerzos y se agrupan para poder tener el fluido eléctrico de manera colectiva, 3 a 6 familias agrupadas y de un mismo punto distribuyen con cables a sus viviendas; situación que puede parecer económica, pero no es la forma puesto que corren un riesgo inminente eléctrico.

Asociado a la inadecuada distribución del fluido eléctrico, las mujeres y los niños sufren sobre todo el peso de la desnutrición. Como que las mujeres tradicionalmente son vistas como las cuidadoras de la casa, son responsables de los hábitos alimentarios de la casa. Los viajes de las mujeres al mercado pueden tomar la mayor parte del día, resultando en la pérdida de productividad económica. Además, debido a que están limitados en la variedad de alimentos que pueden comprar, las mujeres sólo pueden permitirse cocinar comidas llenas de carbohidratos, lo que afecta en consecuencia al desarrollo físico y cognitivo de los niños, ya que así algunos no tienen suficiente energía para crecer. Más de la mitad de los niños menores de cinco años experimentan un crecimiento atrofiado en las naciones en desarrollo como resultado de la desnutrición (Banerjee, 2011).

Los niños también son más susceptibles a enfermedades potencialmente mortales como la diarrea (Nations, 2009). Por lo tanto, la falta de refrigeración y, por extensión la desnutrición, causa mayores gastos de la asistencia médica, ya que las familias deben gastar sus limitados fondos y tomar tiempo libre del trabajo o de la escuela para recuperarse de sus enfermedades.

La situación económica de las familias del Centro Poblado el Alto Trujillo, tienen como Ingreso promedio mensual 668.15 NS. (INEI, 2015). Se deduce qué, con este monto, algunos pobladores no estarían dispuestos a comprar un equipo de refrigeración, dado que tiene un costo promedio en el mercado superior a los 1200NS

Área de residencia	2004	2010	2015	Tasa de crecimiento promedio anual (%) 2015/2010
<b>Total</b>	<b>677,1</b>	<b>987,6</b>	<b>1 305,0</b>	<b>5,7</b>
Ingreso monetario	629,1	916,3	1 223,1	8,1
Ingreso no monetario	48,0	71,3	81,8	2,8
<b>Área urbana</b>	<b>801,0</b>	<b>1 120,5</b>	<b>1 462,7</b>	<b>5,5</b>
Ingreso monetario	756,7	1 058,6	1 391,2	7,4
Ingreso no monetario	44,3	61,9	71,5	2,9
<b>Área rural</b>	<b>309,6</b>	<b>519,5</b>	<b>668,5</b>	<b>5,2</b>
Ingreso monetario	250,8	415,3	545,1	9,8
Ingreso no monetario	58,7	104,2	123,4	3,4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-Encuesta Nacional de Hogares.

Figura 4 Sueldo promedio en área rural

Fuente: INEI

Con respecto a la Energía Solar; Europa ha roto el techo de los 100 gigavatios de energía solar, mientras España se descuelga del carro de la fotovoltaica y sigue bajando enteros. «El viejo continente es la primera

región en el mundo que alcanza esa cifra», recalca James Watson, director ejecutivo de Solar Power Europe. «Ninguna otra tecnología ha crecido tan rápido. Europa ha marcado el camino, pero Asia viene pisando muy fuerte y recogerá pronto el testigo». El nuevo récord de la solar equivale a la potencia de 100 centrales nucleares como la de Trillo, la más potente de España (Fresneda, 2016).

La energía fotovoltaica, que contribuye al 5% de la torta energética europea, le queda, sin embargo, aún un largo camino para alcanzar a la eólica, que supone en torno al 11%. Watson prevé que el *zarpazo* se producirá en el 2030 con una política favorable. «Creo firmemente que el 2040, la energía solar será la principal fuente global de energía», sostiene el director ejecutivo del Solar Power, que no oculta los bandazos que ha sufrido el sector en varios países europeos (Fresneda, 2016).

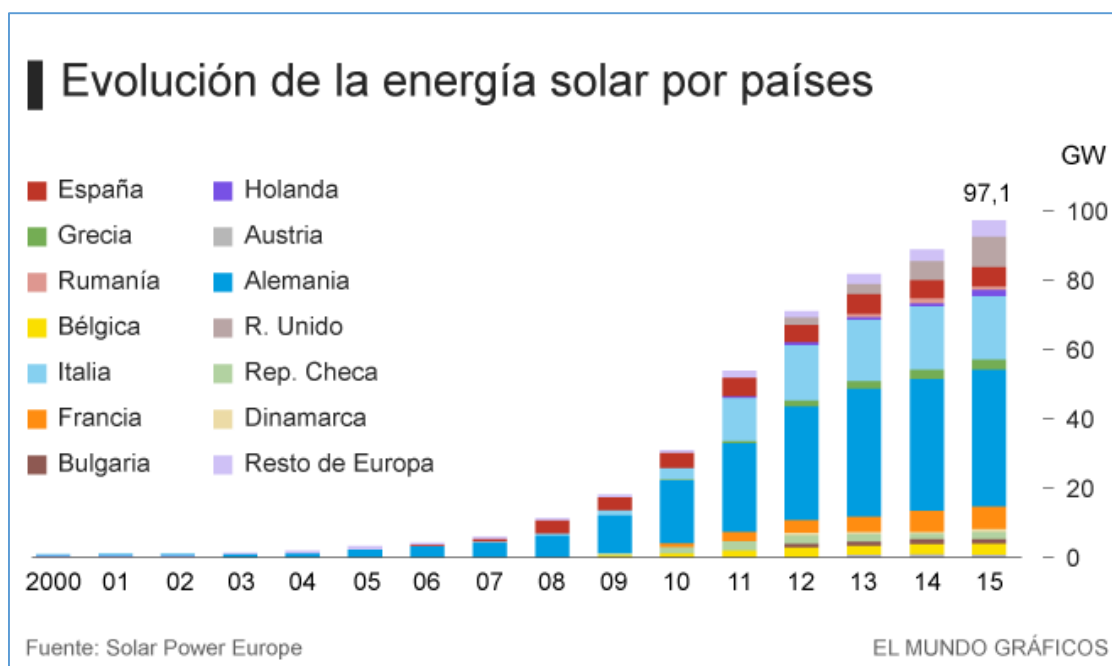


Figura 5 Evolución de la energía solar por países 2015

Fuente: (Fresneda, 2016)

En nuestro país, Según el ingeniero Luis Chirinos miembro del Grupo de Innovación en Tecnología Energética y Ambiental de la PUCP, una de las formas más útiles en las que se utilizaría la energía solar es la generación

de energía eléctrica en forma aislada, lo que se conoce como generación distribuida. “Esta instalación permitiría el uso de la energía eléctrica para una comunidad que se encuentre fuera del alcance de los sistemas tradicionales de distribución eléctrica. Este concepto se podría aplicar en el país y sería de mucha utilidad para el incremento de la calidad de vida de estas personas” (Chirinos, 2017).

El problema se explica por la mayoría de amas de casa, no pueden mantener sus alimentos en condiciones adecuadas de almacenamiento.

- Compran alimentos perecederos los cuales son expendidos en los mercados sin considerar el almacenamiento adecuado que consiste en mantenerlos refrigerados.
- La población tiene que abastecerse diariamente con la cantidad mínima de alimentos por día, incrementando la frecuencia de compras; situación que no les permite realizar otras actividades, pues dedican unas dos horas para salir a comprar alimentos al puesto más cercano de la zona (buscan lo más económico).
- Las familias indican que no están en condiciones de comprar una refrigeradora, pues supera los 1200 NS. Solo cuentan con efectivo disponible para la alimentación en productos de primera necesidad.
- No cuentan con fluido eléctrico continuo; o si lo dispone es de manera colectiva pagando 50 soles por familia; reduciendo la economía de la canasta familiar. En consecuencia, no se refrigeran los alimentos corriendo el riesgo de contraer enfermedades de transmisión por alimentos.



*Figura 6 Abastecimiento de alimentos sin cumplir la cadena de frío*

*Fuente: Registro Fotográfico del Autor*

Por lo tanto, se plantea resolver este problema de las familias del Centro Poblado Alto Trujillo, con proponer un diseño de un sistema de refrigeración, accionado por la energía solar fotovoltaica. Que les va a permitir disponer de energía económica y conservar los alimentos adecuadamente.

## **1.2.Trabajos previos**

### **1.2.1 Internacionales.**

(OPOKU, Anane, IA, Adaramola, & Seidu, 2016) Evaluación técnico-económica comparativa de un refrigerador convertido CC y un refrigerador convencional AC ambos accionados por energía solar fotovoltaica. Artículo científico aceptado, Universidad Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah; Universidad Ciencias de la vida, Noruega, Año 2016

Este trabajo de investigación se centra en realizar una comparación técnico-económica entre un refrigerador convencional de corriente alterna (AC) y un refrigerador convertido de AC a corriente continua (CC) ambos de



capacidad de 92 L, accionados por panel solar fotovoltaico y las pruebas son validadas experimentalmente.

### **Conclusión:**

Es práctica y técnicamente viable para convertir un refrigerador convencional de corriente alterna a uno de DC (corriente directa), este trabajo resultó con éxito mediante la sustitución del compresor de aire acondicionado con velocidad variable BD35F DC (un producto de compresores danfoss). Por otro lado, indica que el refrigerador de corriente alterna tiene picos de alta potencia de magnitudes de 250 a 450 W en comparación con el refrigerador de corriente directa que llega a 75 W, elevando de esta manera el costo del sistema ya que implica convertidores de mayor capacidad. Los resultados revelan que la conversión de un refrigerador de capacidad de 92 L accionado por energía solar fotovoltaica tiene capacidad de reducir el costo de instalación (banco de baterías, controlador de carga, inversor, panel solar, etc.) en un alrededor del 18 %. En base a los experimentos y resultados obtenidos es recomendado usar un refrigerador de CC que un uno de AC, para un sistema de refrigeración independiente con energía solar fotovoltaica.

**Título:** Desarrollo de un sistema de refrigeración doméstica compacto y de bajo consumo energético, tesis para optar el grado de Maestría en ciencias de la ingeniería con orientación en energías térmica y renovables, en la Universidad Autónoma de Nuevo León – Monterrey-México.

El objetivo es desarrollar un refrigerador modular de bajo consumo energético que pueda prescindir de los componentes que consumen potencia como ventiladores, además de la energía destinada al deshielo. La metodología que usa es el empleo de un software ANSYS FLUENT para conocer la factibilidad del diseño propuesto, así mismo se realizó la construcción y caracterización de 2 intercambiadores de calor, evaporador de placa fría y condensador de placa caliente ambos trabajando en convección natural.

Los resultados muestran una remoción de calor que va desde 20 hasta 60 watts, el prototipo armado incluye un compresor de 52 W de potencia, para evaluar el sistema de refrigeración se utilizó como medio una válvula electrónica que permite probar diferentes presiones en el evaporador, se obtuvieron resultados favorables con la adecuada carga de refrigerante de 60 gramos. El análisis computacional facilitó la estrategia para el propósito planteado Este trabajo expone el diseño de un producto que resulta atractivo de evaluar en aspectos de costo-beneficio, ya que es altamente competente desde los puntos de vista energético y económico representa una buena opción para el seguimiento de las nuevas tecnologías y la optimización de materiales, así como la mejora del diseño hacia uno de mayor eficiencia.

**Título: Diseño de una nevera basada en fuentes renovables de energía.** Universidad Tecnológica de Pereira Lugar: Colombia. Año: 2016. Conclusión: los investigadores realizan estudios recogiendo información y diversas recomendaciones, decidiendo escoger un sistema fotovoltaico autónomo con el fin de accionar una nevera doméstica, no pudiendo encontrar estos componentes para dicho sistema solar en su país ( Colombia ), recurren a catálogos de otros países comparando costos, al final indican que el proyecto no es viable para casas residenciales porque el retorno de lo invertido se podrá ver a largo plazo ( 32 años) en cambio es más factible para zonas rurales donde no hay redes eléctricas y los pobladores tienen que recurrir al uso de combustibles fósiles, para este tipo de zonas es recomendado el proyecto ya que el retorno de la inversión es en menor tiempo. (Valencia Valencia & Henao Ramírez, 2016).

**Título:** Análisis de la influencia de las variables tecnológicas en la disminución del consumo de energía eléctrica de refrigeradores domésticos, mediante la metodología de la dinámica de sistemas. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca - Ecuador. Año 2017.

**Conclusión:** se observó que antes de implementarse ciertas políticas, programas normativas y estándares de eficiencia energética se tenían grandes consumos de energía eléctrica y dentro de los hogares el refrigerador doméstico llegaba a obtener consumos de hasta 30% de energía respecto al consumo total del hogar, y consumos existentes de hasta el 60% con refrigeradores existentes con más de 15 años de vida útil. Con la variación en los componentes de los refrigeradores más eficientes se pudo establecer que las variables tecnológicas que influyen en el consumo energético, son el compresor y el refrigerante, ya que ambos están ligados directamente al consumo energético. Para los fabricantes de refrigeradores domésticos, el impacto que se puede generar al implementar un compresor más eficiente podría ser significativo en términos de eficiencia energética de los equipos producidos, además que no requiere una mayor inversión en la línea de producción.

Con el análisis termodinámico, además de lo que se mencionan en varias investigaciones, se concluye que los sistemas con refrigerante R600a alcanza un nivel de eficiencia mayor que aquellos que utilizan el refrigerante R134a; lo que indica que el compresor realiza menos trabajo para comprimir el fluido generando un COP más alto. Los ahorros energéticos que se pueden conseguir por el cambio de compresor en el refrigerador doméstico, resultaron alrededor del 12% al 20%, siendo importante puntualizar que el compresor más eficiente comercializado solo trabaja con el refrigerante R600a (Astudillo Leon & Peralta Verdugo, 2017).

### **1.2.1. Nacionales:**

**Título:** Diseño, construcción e implementación de un módulo de refrigeración para simular y controlar el proceso de refrigeración y congelación de alimentos en el laboratorio de la escuela de Ingeniería de

Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de San Agustín. Año: 2015  
Lugar: Arequipa – Perú. Conclusión: finalmente después de su investigación llega a definir que utilizando la teoría de Carnot, aplica la forma de trabajo en el módulo de enseñanza, siendo los componentes necesarios para el correcto funcionamiento: el compresor, tubo capilar, condensador y evaporador, ya que es allí donde se producen los cambios de estado, pero resalta que el más importante de todos es el compresor ya que de él depende la circulación del refrigerante en el sistema. (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Conceptos fundamentales sobre refrigeración.**

Según (Gomez, 2011) la refrigeración es un proceso mediante el cual se puede llegar a reducir la temperatura de un espacio específico con el único fin de enfriar, conservar o mantener un ambiente agradable, por consiguiente con un ambiente refrigerado se evita el crecimiento de bacterias, se dice que antes de la primera guerra mundial era común el uso del hielo natural o artificial, el hielo tiene una temperatura de fusión de  $0^{\circ}\text{C}$  y para derretirse le hace falta calor equivalente a 333.1 KJ/kg.

#### **Termodinámica**

Es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor, existen leyes termodinámicas que rigen en la naturaleza; la primera ley nos indica que la energía no puede ser creada ni destruida si no que se transforma de un tipo a otro y sigue siendo energía.

## **Calor**

Es un tipo de energía proveniente de la transformación de otros tipos de energía, también se puede definir como energía de tránsito ya que no se mantiene estático y se transmite de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos.

## **Transferencia de calor**

Cuando hablamos de la segunda ley de la termodinámica nos referimos a la transmisión del calor que viaja de un cuerpo más cálido al más frío, y el grado de calor es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

## **Formas de transmitir el calor**

- **Radiación:** forma de transmisión del calor similar a las ondas de luz o las de radio cuando hay bajas temperaturas hay poca radiación siendo mínima la importancia en un proceso de refrigeración, sin embargo, el sol influye en un factor de carga.
- **Conducción:** se requiere contacto físico real para transmitir el calor, como ejemplo si colocamos una plancha caliente sobre un bloque de hielo la transferencia es directa.
- **Convección:** flujo de calor por medio de un fluido, puede ser gas o líquido, como ejemplo podemos decir que un espacio puede ser enfriado por un evaporador tipo placa, llegando a obtener temperaturas equilibradas, existe convección forzada que es a través de un ventilador y natural que es por transmisión. La aplicación en refrigeración es la combinación de los tres procesos descritos anteriormente y no puede haber transferencia de calor si no existe una diferencia de temperatura.

## Temperatura

Es una escala usada para medir la intensidad del calor, nos indica la dirección o grado de calor comparativo entre un cuerpo y otro, puede ser grados Fahrenheit o grados centígrados, el agua generalmente se congela a  $0^{\circ}\text{C}$  o  $32^{\circ}\text{F}$  y hierve a  $100^{\circ}\text{C}$  o a  $212^{\circ}\text{F}$ .

### 1.3.2. Ciclo invertido de Carnot.

Según (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015) este ciclo invertido del científico Carnot es el ideal en un sistema de refrigeración por compresión de vapor por ser el más eficiente constituyendo como un estándar y ejemplo comparativo con los demás ciclos reales de refrigeración.

En este ciclo explica 2 procesos isotérmicos de A-D Y C-B luego 2 isotrópicos de C-D Y A-B

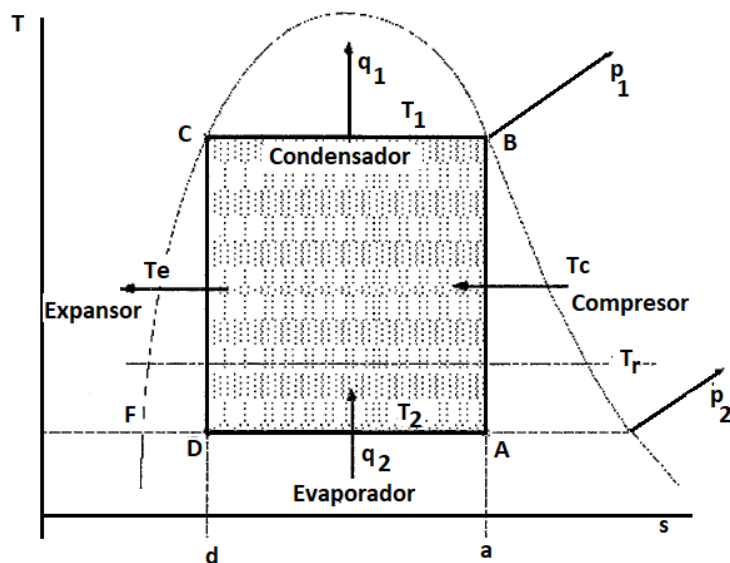


Figura 7 Ciclo invertido de Carnot – temperatura vs entropía  
Fuente: (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015)

### Funcionamiento del ciclo invertido de Carnot:

Según la fig.7 explicamos que de A-B aumenta la presión de P1 a P2 esto debido al trabajo del compresor, notamos que llega a una temperatura 1, así mismo acto seguido se produce una condensación a temperatura constante de B-C ya que aquí el calor es evacuado.

En el proceso C-D se produce el ciclo de expansión de manera isotérmica reduciendo la presión del fluido llegando así al evaporador, en el punto D inicia la vaporización a temperatura constante de D-A. el coeficiente de funcionamiento según Carnot se expresa así:

$$COP_{RC} = \frac{T_{evap}}{T_{cond} - T_{evap}}$$

Donde:

$COP_{RC}$ : Coeficiente de funcionamiento del refrigerador de Carnot

$T_{evap}$  = Temperatura de evaporación

$T_{cond}$  = Temperatura de condensación

### 1.3.3. Ciclo de refrigeración teórico por compresión de vapor.

Este ciclo también se puede llamar cerrado debido a la circulación continua de gas refrigerante que pasa internamente por los componentes del sistema como lo es: el evaporador, la válvula de expansión o tubo capilar luego el compresor y condensador. A continuación explicamos los 4 procesos según el ciclo ideal de refrigeración.

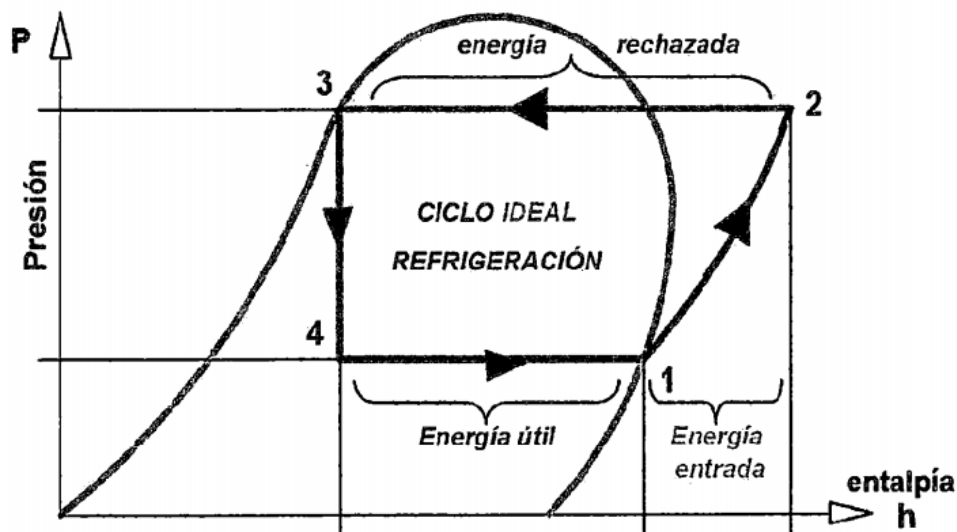


Figura 8 Presión- Entalpía del ciclo teórico de refrigeración

Fuente: (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015)

**Compresión.** Según la fig.8 de 1 a 2 actúa el compresor el cual tiene 2 funciones aspira el gas refrigerante en vapor aquí se encuentra la línea de baja donde se reduce la presión manteniéndose la temperatura esto sería el punto 1, la segunda función es la de comprimir el gas refrigerante descargando a una presión alta (2) por consiguiente la temperatura de saturación es mayor que la del ambiente y así sucede la condensación.

**Condensación,** de 2-3 se trata del condensador quien recibe el calor absorbido por el refrigerante y disipado al medio ambiente, cuando el calor es cedido por el vapor, la presión llega a disminuir pero también la temperatura, en este caso el vapor se condensa y se convierte en líquido.

**Expansión,** de 3 a 4 empieza a actuar la válvula reductora de presión quien regula el paso del gas refrigerante indicando la cantidad que debe ingresar al evaporador esto sería el punto 4.

**Evaporación,** de 4 a 1 tenemos al evaporador quien se encarga de extraer el calor del espacio interior a través de la evaporación del gas refrigerante, recibe el refrigerante a baja presión y baja temperatura y lo entregara al compresor, repitiéndose el ciclo.



### 1.3.4. Ciclo de refrigeración real por compresión de vapor.

Según la fig.9 explicamos de la siguiente manera:

Se observa que el punto (1) empieza el trabajo del compresor, evacuando gas sobrecalentado obteniendo una presión 1, se encuentra en la zona de vapor recalentado, luego aumenta llegando a una presión 2 y temperatura 2, esto es en la entrada del condensador y sigue perdiendo calor a temperatura constante de 2 a 3, en el punto 3 es la salida del condensador se encuentra en líquido saturado, encontrándose con la válvula reductora o sistema de expansión llegando al punto 4 proceso de evaporación reduciendo la presión hasta 1; el trabajo real en líquido saturado es importante mantenerse en este nivel, pero a veces en la práctica no es posible sobretodo en tiempos de verano enfriando menos, como también puede llegar al sub-enfriamiento como se nota en la figura con puntos cortados hacia la izquierda aumentando la capacidad de evaporación.

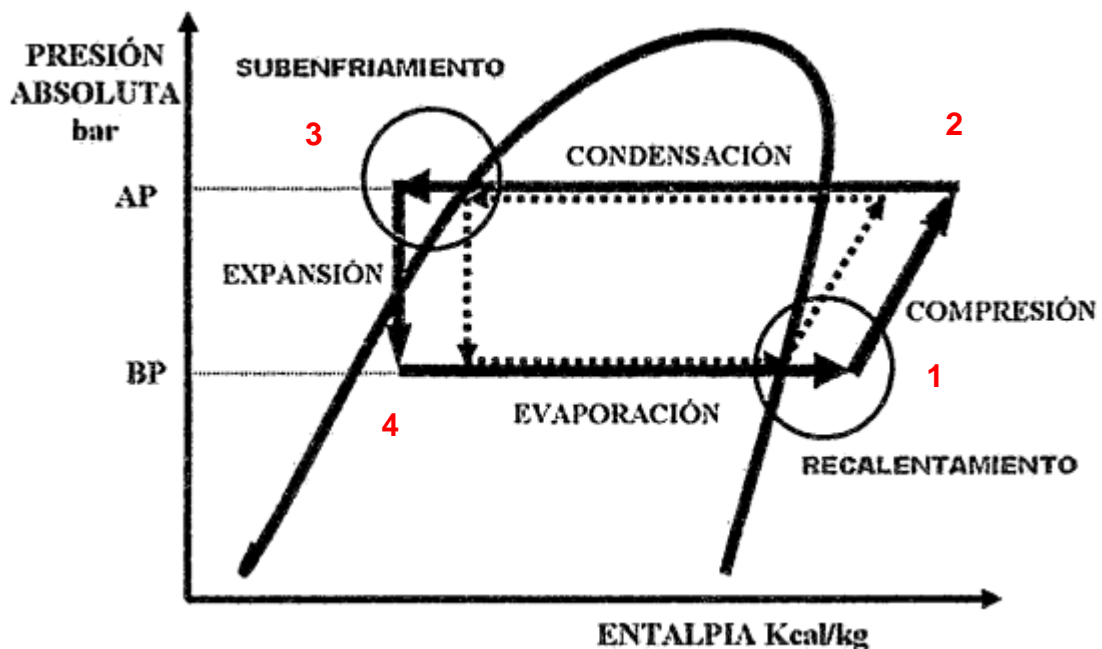


Figura 9 Presión- Entalpía del ciclo real de refrigeración

Fuente: (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015)

### 1.3.5 carga térmica.

Se explica que es un fenómeno que tiende a alterar la temperatura y la humedad, en un sistema de refrigeración es importante ya que con esta variable nos permite realizar todos los cálculos necesarios para diseñar los elementos en un sistema de compresión de vapor, al cambio de estaciones como el verano e invierno conviene dimensionar la carga en la temporada más cálida. (Renedo).

### 1.3.6 Principales parámetros del ciclo de refrigeración.

#### Trabajo de compresión

El trabajo de compresión está definido por la siguiente expresión:

$$W_c = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Dónde:

$W_c$ : Trabajo de compresión (KJ/Kg).

$h_1$ : Entalpia del vapor saturado, (KJ/Kg)

$h_2$ : Entalpia del vapor sobrecalentado, (KJ/Kg)

#### Potencia del condensador

El calor cedido del refrigerante al medio condensante puede expresarse:

$$\dot{Q}_{cond} = h_2 - h_3 \quad (2)$$

$\dot{Q}_{cond}$  Calor de condensación (KJ/Kg)

$h_2$ : Entalpia del vapor sobrecalentado (KJ/Kg)

$h_3$ : Entalpia del líquido saturado (KJ/Kg)

### Efecto refrigerante

La cantidad de calor absorbida por el refrigerante en el evaporador se define como efecto refrigerante y viene definido por la siguiente expresión:

$$q_o = h_1 - h_4 \quad (3)$$

Dónde:

$q_o$  = Efecto refrigerante (KJ/Kg).

$h_1$ : Entalpia del vapor saturado (KJ/Kg)

$h_4$ : Entalpia del líquido saturado (KJ/Kg)

### Flujo másico

La masa de refrigerante circulado para producir la capacidad de refrigeración requerida, está dada por:

$$\dot{m}_{gref} = \frac{Q_{evap}}{q_o} \quad (4)$$

Dónde:

$\dot{m}$ : Flujo másico de refrigerante (Kg/s)

$Q_{evap}$  = Capacidad frigorífica requerida (KW)

$q_o$  = Efecto refrigerante  $h_1-h_4$  (KJ/Kg)

### Coeficiente de funcionamiento (COPr)

La relación entre el efecto refrigerante y el trabajo de compresión viene definida como efecto frigorífico o coeficiente de funcionamiento (COPr) expresa la efectividad de la energía que se gasta en el proceso de compresión, con relación a la energía que es absorbida en el proceso de evaporación está determinado mediante la siguiente expresión:

$$COPr = \frac{q_o}{w_c} > 1 \quad (5)$$

Dónde:

$q_0$  = Efecto refrigerante (KJ/Kg)

$W_c$  = Trabajo de compresión (KJ/Kg)

En términos de potencia, también podemos determinar el coeficiente de rendimiento, para lo cual utilizaremos la siguiente nomenclatura

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evap}}{PTc} \quad (6)$$

Donde:

$\dot{Q}_{evap}$  = calor del evaporador (KJ/s)

$PTc$  = Potencia térmica del compresor (KJ/s)

El resultado de eficiencia es similar, por tanto en un sistema de refrigeración cuanto mayor sea el COP mejor consumo de la energía se tendrá en el sistema, por lo que se tendrá que optimizar este parámetro.

### 1.3.7 Potencia térmica del compresor

La potencia del sistema está dada básicamente por la potencia del compresor está dada por la siguiente expresión:

$$Ptc = \dot{m}gref (h2 - h1) \quad (7)$$

Dónde:

$Ptc$  = Potencia teórica requerida por el compresor (KW)

$Wc = h2 - h1$  = trabajo de compresión

La potencia real por lo general 30% a 50% mayor que la potencia teórica calculada según la eficiencia del compresor.

### 1.3.8 Eficiencia Frigorífica

La eficiencia frigorífica se mide por el calor absorbido por el evaporador dividido entre la potencia real del compresor con la la expresión:

$$EF = \frac{Q_{evap}}{PR_C} \quad (8)$$

Dónde:

$EF$ : Eficiencia del ciclo de refrigeración

$Q_{evap}$  = *coeficiente de funcionamiento*

$PR_C$  = *Potencia real de compresor*

### 1.3.9 Elementos del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

Es importante destacar los 4 elementos indispensables en un sistema de refrigeración y son:

- a. Compresor
- b. Condensador
- c. Válvula de expansión
- d. Evaporador

#### **Compresor**

Es el elemento clave en un sistema de refrigeración, su función principal es succionar el gas refrigerante que baja del evaporador y lo comprime para luego descargarlo a una presión alta y cambio de temperatura a tal punto que se llegue a condensar, internamente está conformado por una parte mecánica y una eléctrica formando un bloque el cual está envuelto en un casco de acero soldado herméticamente autolubricándose con un aceite especial refrigerante, el único mantenimiento que se realiza es por fuera quitando el polvo acumulado ya que es imposible acceder; tiene 3 cañerías que salen del interior hacia afuera, en el lado izquierdo está ubicado el lado

de carga o servicio y en el lado derecho el lado de alta presión junto al lado de baja presión, puede variar de ubicación dependiendo de los modelos.

### **Condensador**

Este elemento también es importante en un sistema de refrigeración puesto que de él depende la eficiencia de frío cuando está sucio existe poco enfriamiento, trabajando mucho más el compresor, caso contrario sucede cuando está en un lugar ventilado el ahorro de energía es superior. Normalmente están hechos de acero sujetos por alambre acerado galvanizado, en el mercado hay modelos con tiro forzado tipo radiador y otros por convección natural

### **Evaporador**

Es aquí donde se produce el efecto refrigerante, absorbe el calor de espacio a refrigerar pasando el calor al interior del evaporador cuando se produce la ebullición de gas refrigerante efectuándose el enfriamiento necesario. El tipo radiador es usado para uso comercial y en sistemas no-frost, y el tipo placa es para convección natural.

### **Termostatos**

Es un controlador del tiempo de trabajo y descanso de un refrigerador, tiene niveles de mínimo, medio y máximo, el bulbo termosensible, ubicado en un espacio se encarga de censar la temperatura, activando o cortando eléctricamente, funciona como un conmutador.

### **Válvula de expansión o tubo capilar**

Es imprescindible en un sistema de refrigeración industrial o doméstica en equipos de aire acondicionado se usa generalmente una válvula de expansión termostática y en el sistema domestico el tubo capilar hay de diferentes diámetros como 0.031 pulgadas o 0.036, su función es restringir el paso del fluido refrigerante al evaporador regulando la cantidad necesaria.

**Filtro secador o deshidratador**

Almacena cualquier tipo de humedad o impurezas del sistema interior, puesto que es un ciclo cerrado, el sistema tiene que estar libre de impurezas para llegar a una circulación eficiente del gas refrigerante hay en el mercado de 8, 12, 15, 20 gramos para el área doméstica.

**Tubería**

Las tuberías son necesarias para el transporte del fluido de gas refrigerante, generalmente se usan de cobre y aluminio, para una mejor transferencia del calor, hay de diferentes medidas como de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{16}$ ,  $\frac{5}{16}$ , etc.

**Refrigerante**

Es una sustancia que actúa como un agente de enfriamiento, absorbe calor de cualquier espacio entonces llega a ser un medio para transportar calor, también podemos indicar que la característica principal es que cambie de estado de líquido a vapor y viceversa, existen en el mercado variedad de refrigerantes pero los más usados actualmente son los que son compatibles con el medio ambiente, ya fueron sacados del mercado aquellos que afectaban a la capa de ozono como el R12, ahora los refrigerantes usados en la refrigeración doméstica son el R134a y el R600a por ser considerados ecológicos. (Delgado Zuñiga & Villar Villegas, 2015).

**GAS R600a**

El nuevo refrigerante R600a, Isobutano, aporta unas ventajas fundamentales para el medio ambiente en comparación con los refrigerantes R12 y R134a. Con este gas natural, se eliminan los problemas, como el tiempo de permanencia atmosférica, la destrucción de la capa de ozono, y el efecto invernadero, que conllevaron los refrigerantes hasta la fecha. También ha sido posible, con el R600a,

ODP y GWP			
Refrigerante	ODP	GWP	Tiempo de Vida
R 12	1	8100	120 años
R 404a	0	3750	100 años
R 22	0.05	1700	100 años
R 407c	0	1610	20 años
R 134a	0	1300	16 años
R 290	0	20	Meses
R 600a	0	3	Semanas
NH3	0	< 1	¿?

Fuente: World Meteorological Organization (WMO), Scientific Assessment of Ozone Depletion, 1998

ODP = Potencial de Destrucción del Ozono

GWP = Potencial de Calentamiento Global (comparado al CO<sub>2</sub>)

Figura 10 Impacto ambiental del gas R600a

Fuente: World Meteorological Organization - 1998

### 1.3.10 Energía solar

El sol es un portador de energía renovable que aún no se ha explotado en gran magnitud, se puede decir que hay bastante cerca a nuestro planeta ya que esta energía proviene de la radiación electromagnética está siendo aprovechada por el humano pero en términos reducidos todavía.

#### Panel solar fotovoltaico

Este dispositivo es el que aprovecha la energía que emite el sol y a través de las numerosas celdas convierten la luz en electricidad, estas celdas fotovoltaicas dependen del efecto fotovoltaico entonces se produce las cargas positivas y negativas capaces de generar corriente.

#### Inversor

Este equipo es el encargado de convertir la corriente continua que recibe de las baterías y lo transforma en corriente alterna para así alimentar a los aparatos eléctricos que trabajan con este tipo de corriente.



## Regulador de carga

Importante elemento de unión entre el panel solar y el elemento de consumo, protege a las baterías de cualquier sobrecarga, estabiliza la tensión continua fijando el voltaje de la instalación.

### 1.3.11 Posición de los paneles

Decimos que todo modulo fotovoltaico debe estar mirando a la línea ecuatorial.

### 1.3.12 Conexiones en serie

Notamos que en la fig.11 la conexión está en serie sumando los 3 voltajes de 24V se obtiene 72V y la intensidad se mantiene en 7A.

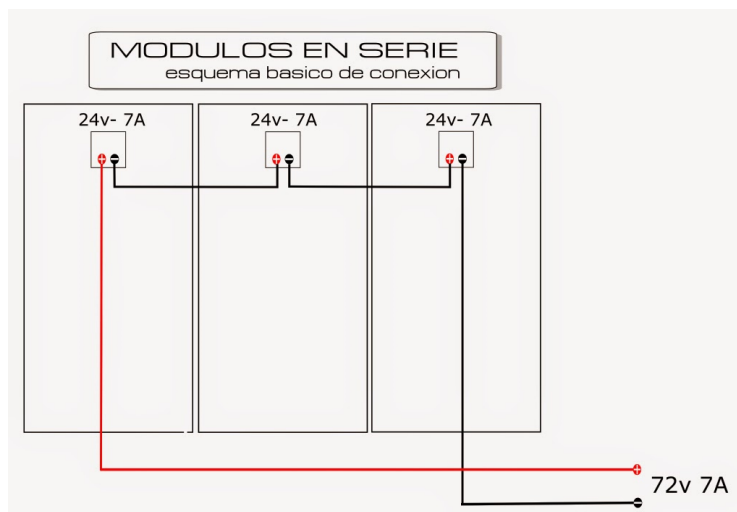


Figura 11 Conexión de serie del Sistema de panel fotovoltaico

Fuente: (Valencia Valencia & Henao Ramírez, 2016)

### 1.3.13 Conexión en paralelo.

En la fig.12 observamos la conexión en paralelo, en este caso el voltaje se mantiene el mismo, pero la intensidad cambia a 21A.

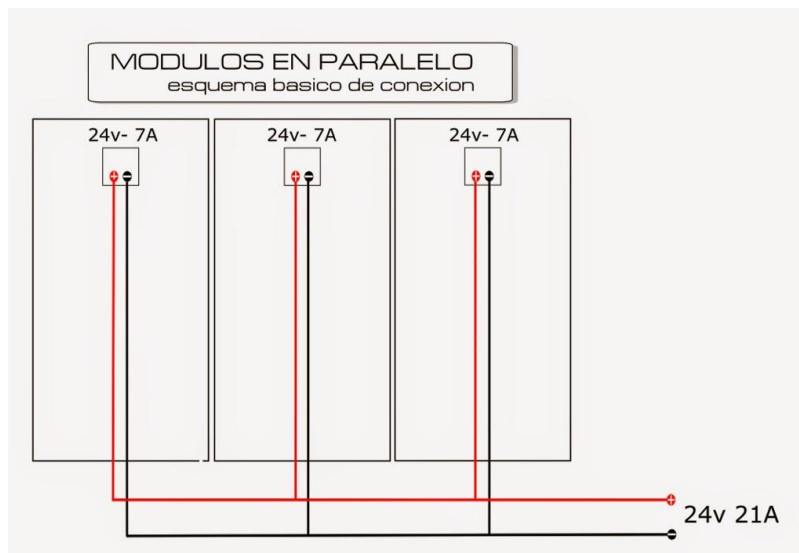


Fig. 16. Conexión en Serie de PFV

Fuente: (Valencia Valencia & Henao Ramírez, 2016)

### 1.3.14 Células fotovoltaicas

Decimos que las células fotovoltaicas es el grupo o conjunto de dispositivos electrónicos solidos que conforman el modulo fotovoltaico y tiene como función convertir directamente la radiación en energía (puede ser eléctrica o térmica) las más comerciales son las cristalinas entre las que destacan las monocristalinas con una eficiencia de 15 a 18%, policristalinas con eficiencia menor de 12 a 14 % y las amorfas que están por debajo de las policristalinas.

### 1.3.15 Ley de Ohm:

Es la relación de 3 magnitudes como la corriente, el voltaje y la resistencia, básicamente es el resumen de todo el fundamento eléctrico a través de los años y es expresada matemáticamente por la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$V = I * R$$

Donde:

V = Voltaje en Voltios

I = Corriente Eléctrica, Amperios

R = Resistencia, en ohmios ( $\Omega$ )

### 1.3.16 Potencia Eléctrica.

Es el producto de 2 magnitudes físicas tanto voltaje como corriente, las cuales llevándolas a una instalación eléctrica obtenemos como resultado el trabajo, por tal razón la potencia es proporcional a la corriente y la tensión, es un factor importante para determinar el consumo en los motores eléctricos, entonces lo expresamos con la siguiente expresión:

$$P = V * I$$

P = Potencia en Watts

V = Voltaje en Voltios

I = Intensidad de corriente en Amperios

### 1.3.17 Conceptos financieros.

- TIR: (Tasa Interna de Retorno) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR mayor rentabilidad, por esta razón es que se utiliza para la aceptación o rechazo de un proyecto.
- VAN : (Valor Actual Neto) es una medida de la rentabilidad absoluta neta que proporciona el proyecto, esto significa que va a medir el momento inicial del mismo, también el incremento de valor que proporciona a los propietarios en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial que se ha debido efectuar para llevarlo a cabo. (nvindi, 2018).
- ROI: según (Dominguez, 2011). consiste en un porcentaje que sirve para medir el rendimiento de una inversión, podemos utilizarlo en cualquier tipo de inversión, nos permite conocer lo positivo, mientras los valores sean más altos es mejor, como también lo negativo significaría que estamos perdiendo dinero o si está muy cercano a cero, no es muy atractiva, por consiguiente, debemos pensar en invertir nuestro dinero en la fórmula que nos reporte mejores ratios.

#### 1.4 Formulación del Problema.

¿Cuáles son las especificaciones técnicas de un sistema de refrigeración económico, que permita la conservación de los alimentos, accionado por energía solar fotovoltaica en la población de Alto Trujillo?

#### 1.5 Justificación del estudio:

La presente investigación se justifica por lo siguiente:

- **Económica:** La población va a disponer de un sistema económico para almacenar sus alimentos en un tiempo adecuado.
- **Ambiental:** Aprovechamiento del recurso: Energía Solar fotovoltaico (ESF), energías limpias.
- **Técnico:** Las familias van a aprovechar de manera continua el sistema de refrigeración, sin interrupciones por cortes programados o fortuitos del fluido eléctrico del servicio convencional (Hidrandina), manteniéndose la cadena de frío en condiciones favorables y accionado por ESF.
- **Social:** El proyecto está orientado a resolver un problema social, hogares de bajos recursos económicos o menos favorecidos por el gobierno local, van a disponer de un sistema de refrigeración a bajo costo.

#### 1.6 Hipótesis:

- $H_0$  = Es viable implementar un refrigerador doméstico operado por energía solar fotovoltaica, para mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir.

- $H_1$  = No es viable implementar un refrigerador doméstico operado por energía solar fotovoltaica, para mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir.

## **1.7 Objetivos:**

### **1.7.1. Objetivo General:**

Implementar un refrigerador doméstico, por compresión de vapor, y evaluar la factibilidad económica de su funcionamiento por energía solar fotovoltaica, para mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir.

**1.7.2. Objetivos Específicos:**

1. Elaborar el diagnóstico de la situación actual del uso de sistemas de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo.
2. Estimar el nivel de radiación solar en Alto Trujillo.
3. Determinar la demanda de energía eléctrica para uso de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo.
4. Implementar un sistema de refrigeración, que satisfaga la demanda de la población de Alto Trujillo.
5. Evaluar experimentalmente el diseño propuesto del sistema de refrigeración.
6. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta, usando suministro solar fotovoltaico.

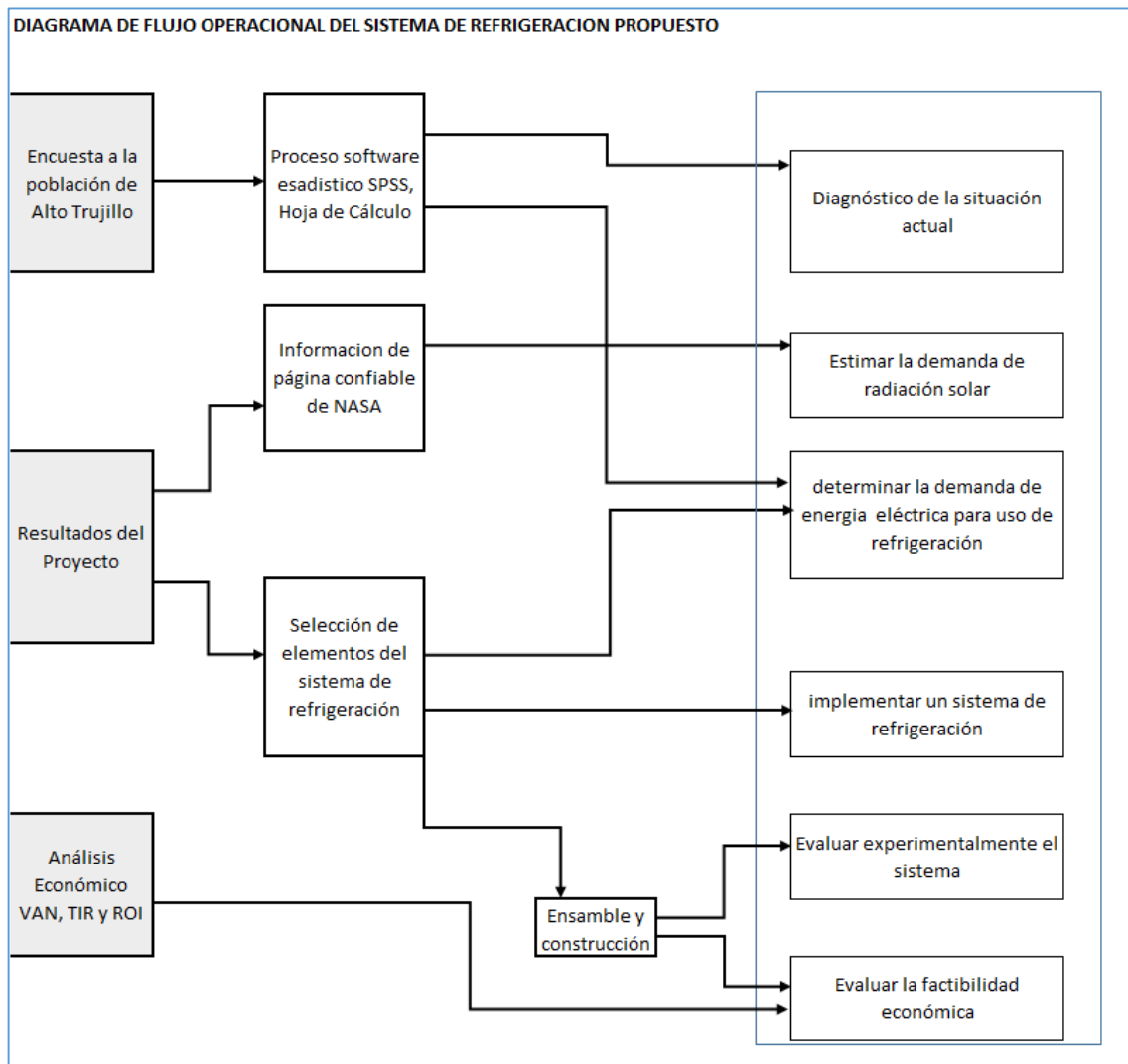


Fig.17. Diagrama de Flujo de Ejecución del Diseño

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13 Diagrama de flujo de ejecución del diseño

# **CAPITULO II**

## **MÉTODO**



## 2. Método

### 2.1. Diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación.

**Es descriptiva**, porque se hará uso de los conocimientos teóricos de los sistemas de refrigeración y de sistemas de paneles solares para resolver problemas de carácter práctico y social.

**Es aplicada**, puesto que vamos a aplicar los conocimientos de Sistemas Termodinámicos; Eléctricos en el diseño del Sistemas de Refrigeración y optimizarlo para hacerlo extensivo a una población que se beneficiará.

**Es cuantitativa**, puesto que se desarrollarán cálculos físicos para poder alinear el rendimiento o desempeño del sistema.

#### 2.1.2. Diseño de Investigación.

- Es Experimental: Las variables independientes serán manipuladas.
- Es Transversal: El trabajo de investigación es de corto tiempo.

### 2.2. Variables, Operacionalización

- Variable Independiente:  
Carga Térmica
- Variable Dependiente:  
Características técnicas y operativas.

**Tabla 1** Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>INDEPENDIENTE:</b> Carga térmica.	La <b>refrigeración</b> consiste en la <b>conservación</b> de los productos a bajas temperaturas, pero <b>por encima</b> de su temperatura de <b>congelación</b> . De manera general, la <b>refrigeración</b> se enmarca entre 2°C y 8°C. el cálculo de la carga térmica permite diseñar los elementos que componen una instalación de refrigeración.	Con la carga térmica se va a obtener la potencia térmica del evaporador, condensador y compresor, el flujo másico del refrigerante.	Potencia térmicas de cada elemento: PT evaporador PT condensador PT compresor $m_{R600a}$
<b>DEPENDIENTE</b> Características técnicas y operativas	Las características técnicas y operativas hacen referencia a la eficiencia frigorífica del Sistema de Refrigeración al hacer uso del refrigerante R600a y al rendimiento de sus elementos del sistema de compresión mecánica de vapor. Asimismo a la factibilidad económica, determinando el valor de VAN, TIR y el valor del retorno de la inversión (ROI)	Se evaluará el desempeño del Sistemas de Refrigeración	COP $Eficiencia\ Frigorífica, EF = \frac{Q_{evap}}{P_{real}}$
		Costos proyectados de la Implementación 5 años	VAN, TIR, ROI

Fuente: *Elaboración Propia*

### 2.3. Población y muestra

**Población:** La población está constituida por el total de viviendas del Centro Poblado “Alto Trujillo”. El tamaño de la Población del Centro Poblado “El Alto Trujillo” es de 11667 viviendas (Montenegro Figueroa, 2016).

**Muestra:** Muestreo probabilístico (aleatorio) simple. Para la estimación de la cantidad que se deben muestrear se utiliza la fórmula estadística con el valor de la población conocida:

**Cálculo de la muestra cuando SI se conoce el tamaño de la población**

$$n_0 = \frac{z^2 pqN}{e^2 (N - 1) + z^2 pq}$$

Nivel de Confianza	Z	1.96
Proporción de p	p	50%
Proporción de q	q	50%
Tamaño poblacional	N	11667
Error de muestreo	e	5%

$n_0 =$	371.945
---------	---------

**Tamaño muestral** →

$n_0 =$	372
---------	-----

Figura 14 Cálculo de la muestra

Fuente: Modelo tomado de Upgrade Consulting. SAC

El resultado indica que debemos tomar a **372 viviendas** al azar para el propósito del proyecto.

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

- Observación: Se dispone de una ficha técnica para el control de los parámetros del panel solar.

- Encuesta: Se aplica a los hogares para determinar la demanda potencial del Sistema de Refrigeración y el costo actual de fluido eléctrico
- Entrevista: Se aplicó a un representante del Municipio experto en temas Ambientales.
- Análisis de Documentos: Lectura de las Normativas para el diseño del Sistema de Refrigeración y Energía Fotovoltaica
- Medición directa : porque es experimental

## 2.5. Métodos de análisis de datos

Análisis de datos:

1. Se diseñó la Encuesta para las 372 viviendas, que han sido el resultado del muestreo
2. Se preparó el análisis de datos con SPSS (Programa de Análisis Estadístico)
3. Se construyó la matriz de datos y se fue depurando aquella información inconsistente
4. Se realizó el análisis descriptivo; representaciones gráficas; medida de tendencia central.

## 2.6. Aspectos éticos

5. **Ambiental:** El proyecto propone un sistema de refrigeración que será accionado por energía solar fotovoltaica; energías limpias que no se verá afectado el entorno.
6. **Confidencialidad:** Este aspecto mantiene en reserva a algunos colaboradores en el diseño del proyecto.
7. **Objetividad:** El proyecto tiene claro este aspecto, pues el desarrollo se basó en criterios técnicos sustentados en las buenas prácticas de manufactura.

8. **Originalidad:** Se mantiene siempre en cuenta los derechos del autor, se han citado al 100% todo concepto o aporte de los autores para lograr el desarrollo del proyecto.
  
9. **Veracidad:** La información que circunscribe el proyecto es verdadera, de ésta se va a desprender un resultado técnico que va a probar la rentabilidad del producto.
  
10. **Derechos laborales:** El diseño del proyecto está a cargo del autor y los colaboradores del proyecto están contribuyendo con un gesto profesional libre de compensación económica; pues se considera un aporte de índole social y económico.

# **CAPITULO III**

# **RESULTADOS**

### **3. Resultados**

#### **3.1. Diagnóstico de la situación actual del uso de sistemas de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo**

Las autoridades y funcionarios del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) se reunieron para exponer la implementación de políticas públicas de la infancia, pobreza extrema y pobreza de las zonas marginales de los distritos y La Libertad.

El Sr. Paúl Rodríguez, alcalde de El Porvenir, en su exposición mencionó que El Porvenir cuenta con el 36% de pobreza extrema, un 50% de pobreza y el 70% de proyectos de inversión pública, eso quiere decir que le falta apoyo del Gobierno Central para poder acelerar este trabajo en el tema de salud, educación, deporte y seguridad a favor de la infancia. También dijo, que existen 55 mil viviendas de ellas 20 mil 100 no tiene servicios de agua, saneamiento básico menos DNI para integrar a los programas sociales.

Además, el especialista territorial del Programa de complementación alimentaria (PCA), Linder Chávez Vargas, dice que en El Porvenir existe un 8.1% de anemia dándose más en los niños que se encuentran en pobreza. Eso quiere decir que este trabajo intersectorial de autoridades competentes se pueda visualizar e incidir para poder combatir este flagelo interno de los infantes en el distrito. (CORREO, 2017).

El Centro Poblado del Alto Trujillo, zona de la cual es objeto de estudio para el proyecto, considera que su población necesita mantener sus alimentos conservados en refrigeración para una alimentación saludable. Evitando la contaminación por exposición de alimentos al sol o a condiciones que ponen en riesgo la salud de la población.

De acuerdo a la encuesta realizada, se ha obtenido diversa información.

En los hogares del CP Alto Trujillo, se tiene que el 56.9% del total la cónyuge es la que se ocupa el hogar, y un 29.8% en el hogar se queda el cónyuge (esposo).

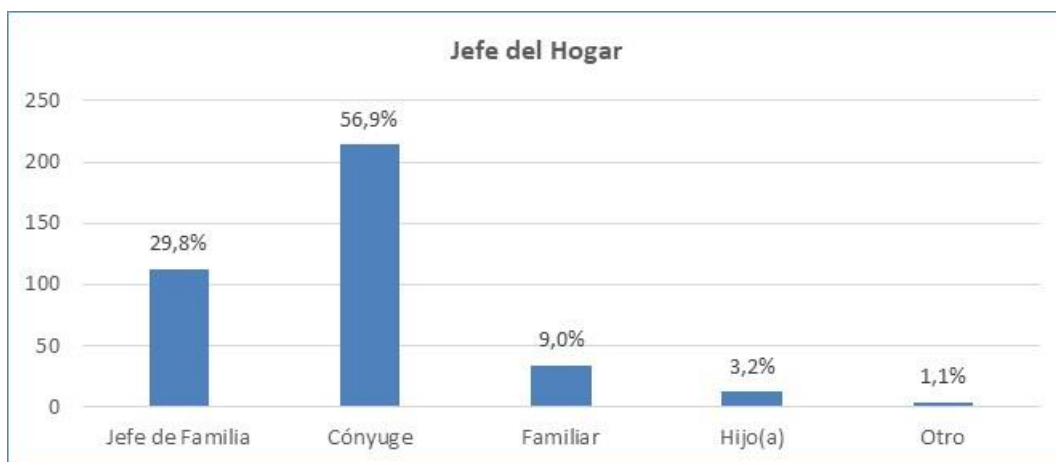


Figura 15 Función que cumple el entrevistado en cada hogar de Alto Trujillo  
Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo

En los hogares del CP Alto Trujillo, se concentran un gran número de personas, formando familias en su mayoría de hasta 5 integrantes. En total el 80% de la población cuenta con 3, 4, 5 y 6 integrantes en sus hogares.



Figura 16 Número de personas que viven en el hogar de Alto Trujillo  
Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo



La cantidad de personas en un hogar influye notablemente en el abastecimiento de los alimentos y que estos estén adecuadamente almacenados, siendo esto con mayor importancia en los meses de verano. Las hortalizas y las frutas, sobre todo en verano, se conservan mejor dentro del frigorífico. Si las pones en los cajones de abajo sería lo ideal. Tienen mucha agua y para que no maduren demasiado rápido hay que meterlas en la nevera.

Asimismo, el nivel de educación de la población muestra un 50.8% que sólo tiene educación primaria y un 44.4% han culminado la secundaria. De esto se deduce que debemos orientar eficientemente en la importancia de manipular los alimentos para una adecuada conservación.

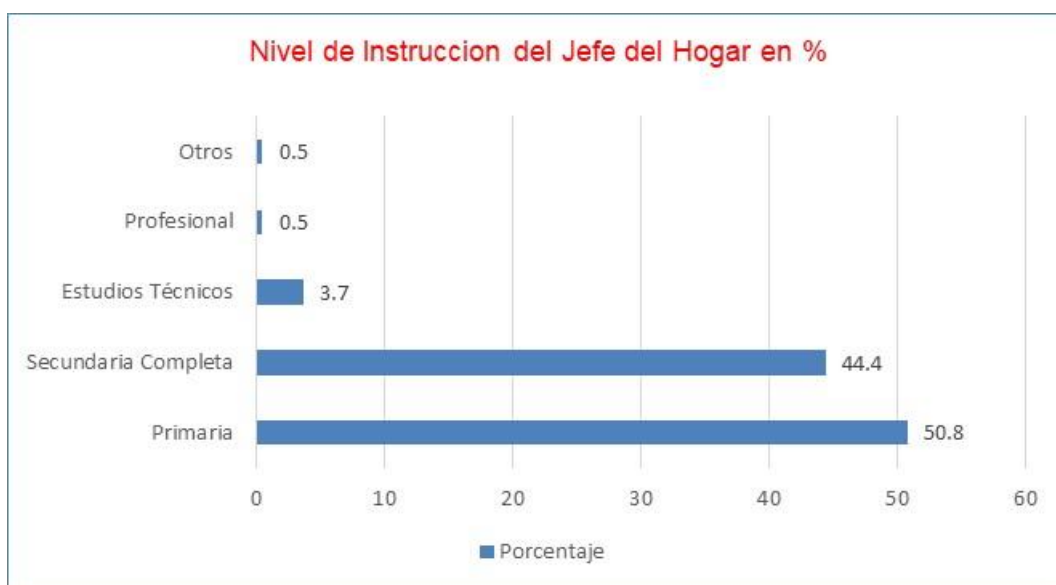


Figura 17 Nivel de instrucción del entrevistado en los hogares de Alto Trujillo

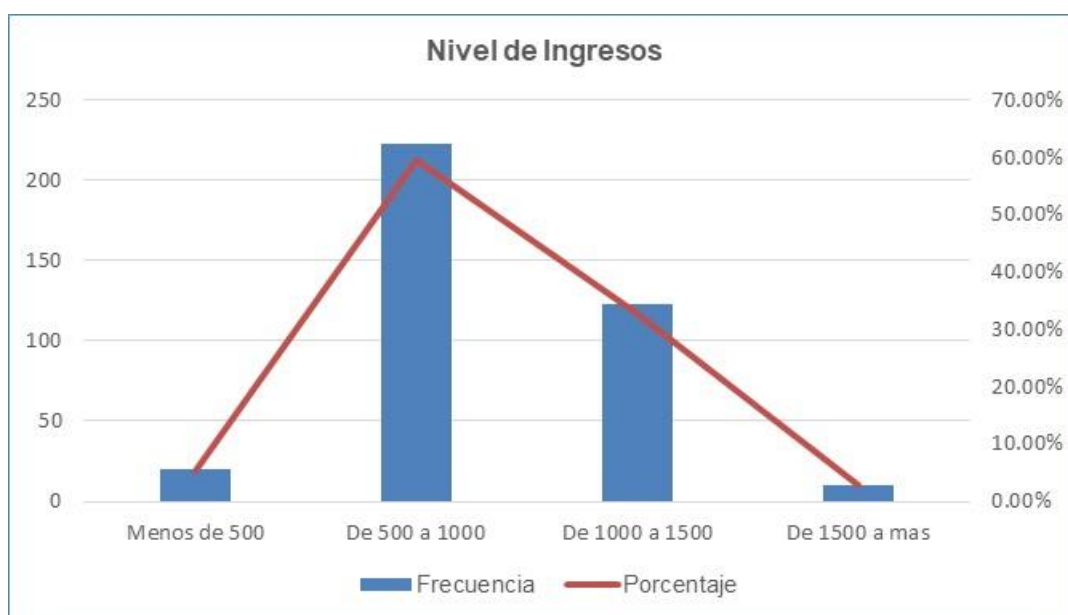
Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo

La población requiere conocer que la conservación por frío es una de los métodos actuales más utilizados para la conservación de alimentos frescos por largos períodos de tiempo.

El frío es un elemento definitivo para inhibir el crecimiento bacteriano. A temperaturas frías, las bacterias no pueden -o les resulta más difícil- crecer, desarrollarse y multiplicarse en el alimento.

En cuanto al nivel de ingresos promedios por hogar, se tiene que el 59.5% manifiesta disponer de ingresos en el rango de [500, 1000] soles por mes y un 32.7% dispone mensualmente en un rango de [1000, 1500].

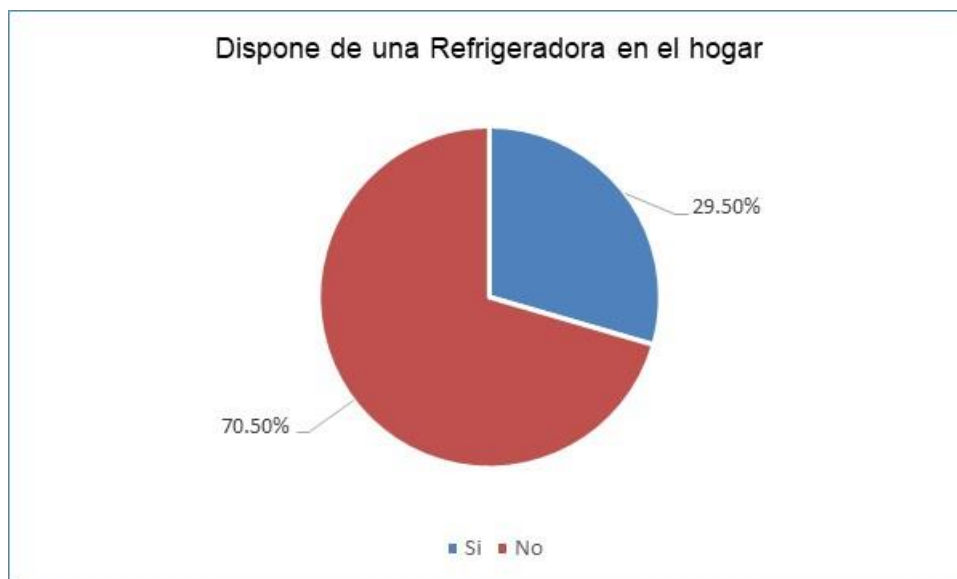
Consideramos que es muy importante conocer el nivel de ingresos de la población, de esto podemos deducir que hay un 92.2% de la población cuyo ingreso promedio está en el rango de 500 a 1500 soles mensuales.



*Figura 18 Nivel de ingresos por familia del Centro Poblado Alto Trujillo*

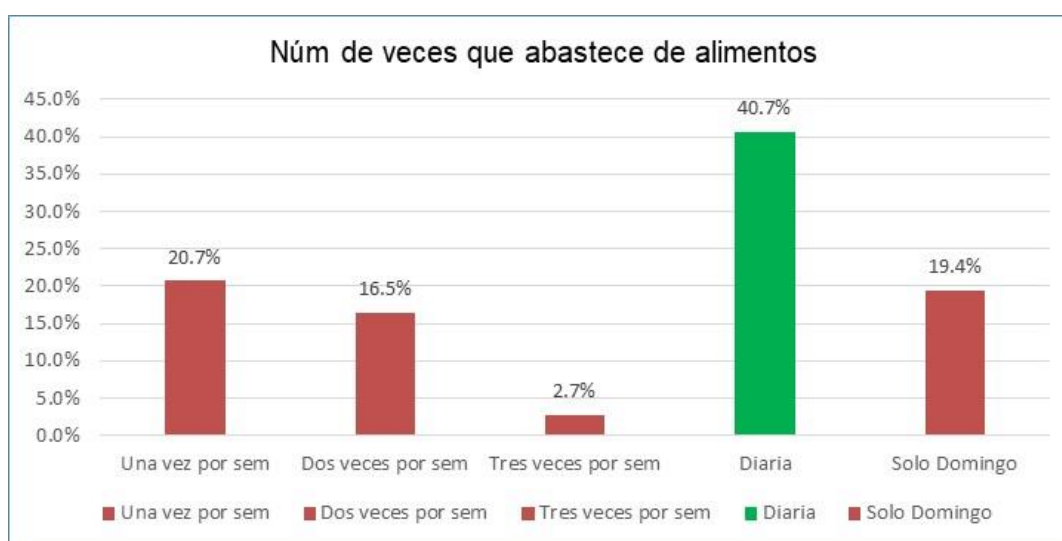
*Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo*

Se ha obtenido una valiosa información para la disposición de una refrigeradora en el hogar. La población manifiesta que un 70.5% no cuenta con un equipo de refrigeración para mantener sus alimentos conservados.



*Figura 19 Familias que no disponen de una refrigeradora en el hogar  
Fuente: Encuesta – Elaboración propia*

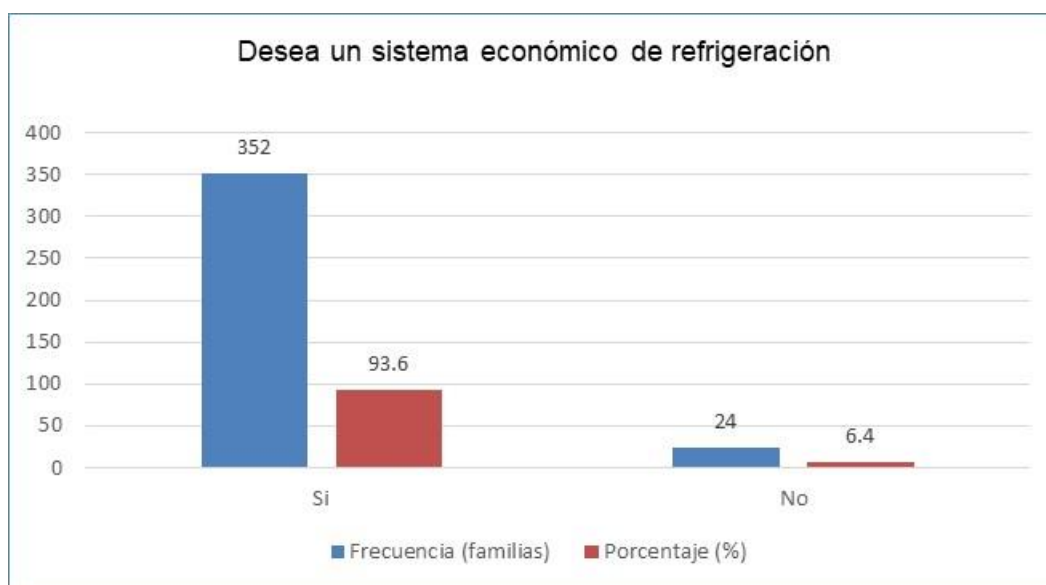
La población en un 70,5% al no disponer de un equipo de refrigeración se ve obligado a salir de compras para abastecerse de alimentos. En un 40.7% lo hacen diariamente y un 37.2% lo hacen hasta 2 veces por semana.



*Figura 20 Número de veces para abastecerse de alimentos*

*Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo*

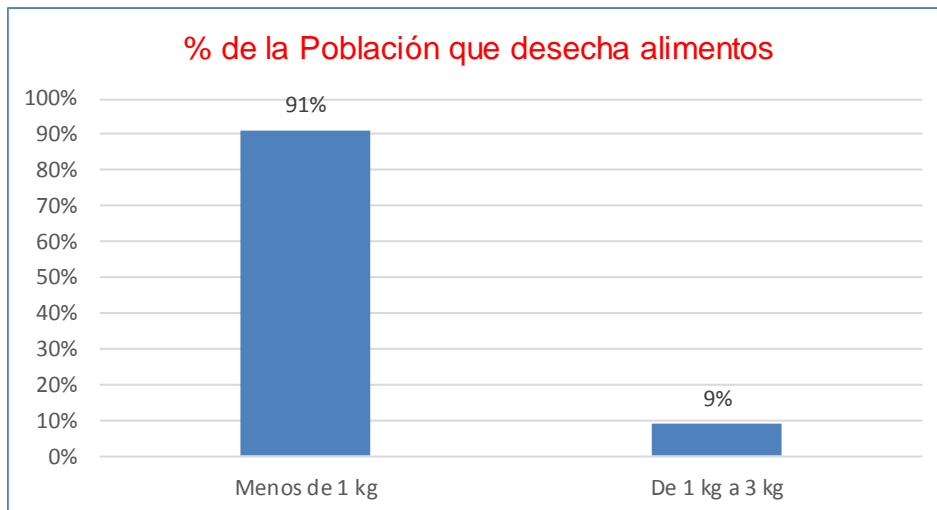
En general podemos deducir que la población necesita tener una mejor calidad de vida en cuando a la alimentación y reducir el nivel de anemia que la población infantil del CP Alto Trujillo padece. Evitamos también, que la señora ama de casa recurra a los mercados para abastecerse diariamente de los productos alimenticios, creemos que es un factor importante, pues está expuesta a riesgos de accidentes o dejar el hogar abandonado por un tiempo y es probable que exista niños que se queden sin el cuidado adecuado por un periodo de tiempo. Asimismo, podemos establecer que en un 93.6% la población demanda disponer de un equipo alternativo de refrigeración, que sea sostenible en el tiempo y con una vida útil similar a los refrigerados convencionales.



*Figura 21 Población que desea adquirir un equipo de refrigeración*

*Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo*

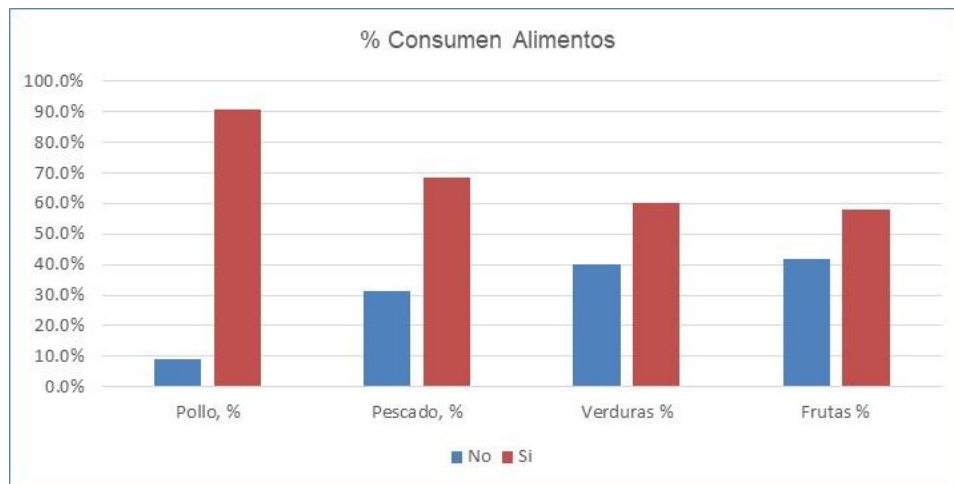
En la fig. 29 se explica que el 91% de la población desecha alimentos de alrededor de 1kg por día. Y el 9% entre 1 a 3 kg de alimentos que desecha por día.



*Figura 22 Población en % que desecha los alimentos por día  
Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo*

La población necesita disponer de un sistema de refrigeración que le permita conservar sus alimentos sin perder dinero, por lo cual nuestro Proyecto contempla aprovechar esta oportunidad y asistir a la población con un sistema de refrigeración accionado por energía solar fotovoltaica, que les dará una mejor calidad de vida y alimentos saludables.

En el CP Alto Trujillo, se tiene que el 90% consume el pollo, un 69% consume pescado y un 64% consume verduras.



*Figura 23 Población que consume según tipo de alimentos en %*

*Fuente: Encuesta – Elaboración propia Hoja de Cálculo*

Estos resultados obtenidos de la encuesta evidencian que la población va a necesitar un equipo de refrigeración con capacidad para almacenar pollo, pescado, verduras y frutas.

### 3.2. Estimación de la Radiación Solar en el CP Alto Trujillo

- **Coordenadas Geográficas:**

Coordenadas Alto Trujillo el porvenir -8.033897111236725 -  
79.00982022285461 Unnamed Road, El Porvenir, Perú



Figura 24 Coordenadas geográficas de Centro Poblado Menor Alto Trujillo

Fuente: Google Maps

- **Valor de Radiación:**

La radiación Solar es la energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera. Se mide en superficie horizontal, mediante el sensor de radiación o piranómetro, que se sitúa orientado al sur y en un lugar libre de sombras. La unidad de medida es vatios por metro cuadrado ( $w/m^2$ ).



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude -8.063 / Longitude -79.01 was chosen.

Geometry Information

Elevation: 559 meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
-8  
Center  
Latitude -8.5  
Longitude -79.5  
Western boundary -80 Eastern boundary -79  
Southern boundary  
-9

Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:

Monthly Averaged Direct Normal Radiation (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Lat -8.063 Lon -79.01	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	7.73	7.30	7.36	7.17	5.84	3.57	3.25	3.11	3.23	4.15	5.61	6.99	5.43

Minimum And Maximum Difference From Monthly Averaged Direct Normal Radiation (%)

Lat -8.063 Lon -79.01	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Minimum	-7	-13	-6	-8	-26	-26	-32	-33	-34	-24	-12	-11
Maximum	5	1	4	3	11	66	72	57	36	21	9	11

Figura 25 Reporte de la NASA, nivel de radiación solar promedio – Alto Trujillo

Fuente: (NASA, s.f.).



La radiación solar medida en cada una de las estaciones meteorológicas es ofrecida en unidades de potencia y está en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). En el caso de los datos 10 minutales se trata de la potencia media en 10 minutos y en el caso de la radiación diaria representa la potencia media del día.

Si quiere convertir la radiación solar global en unidades de potencia a unidades de energía, en caso de utilizarse los datos 10 minutales debe multiplicarse cada uno de los valores de potencia en  $W/m^2$  por 600s (segundos en 10 minutos) y el resultado estará en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ). En caso de utilizarse el valor de la radiación solar global media diaria, debe multiplicarse el valor de potencia en  $W/m^2$  por 86.400seg (segundos de un día) y el resultado estará en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ).

Según el reporte de la NASA Surface meteorology and Solar Energia – Available Tables, para las coordenadas del Alto Trujillo: mostrar aquí (Ver Fig. 25)

Latitud = -8.063

Longitud = -79.01

Tiene un promedio anual de 5.43  $Kwh/m^2/día$ , y para el mes de agosto es el nivel de radiación solar más bajo indica 3.11  $Kwh/m^2/día$ .

### **3.3. Demanda de energía eléctrica para uso de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo**

Después de haber realizado la encuesta a 376 familias y para obtener resultados estadísticos se usó el programa SPSS statistics23, el cual arroja el promedio que 342 familias desechan menos de 1 kg de alimentos, y de 1 a 3 kg 34 familias, así mismo según figura nro. 26 el 90% consume pollo y un 69% pescado seguido de un 64 % frutas, bebidas y verduras. Por tal motivo se realizó la búsqueda del prototipo según tamaño que resulte

necesario y económico para una familia promedio de 3 integrantes de la población de alto Trujillo.

Tal artefacto debe tener las condiciones para congelar de 1 a 3 kg a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  y una capacidad de conservación de 15 Kg entre  $2 - 8^{\circ}\text{C}$  en la cual, además, se tomó en cuenta el peso liviano para poder ser trasladado de un lugar a otro con facilidad, no mayor a 6 pies cu ft a continuación se presenta.

### **Cálculo de carga térmica según Manual del Frigorista (Catalá Gregori, 2008)**

Elección de una capacidad conveniente según las siguientes medidas.

- a. Ancho exterior = 47 cm = 0.47 m
- b. Fondo exterior = 40 cm = 0.40 m
- c. Alto exterior = 85 cm = 0.85 m

$$0.47\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.85\text{m} = 0.1598\text{m}^3 \times \frac{35.3147}{\text{Pie}^3} = 5.6 \text{ pie}^3 \text{ volumen}$$

a. Ganancia de calor a través de las paredes

Depende de 3 factores

1) Superficie total del frigorífico o recipiente

Empleamos la siguiente fórmula:

$$S \times K \times \Delta T \times 24 \text{ Horas} \quad (9)$$

Donde:

S= superficie total

K= coeficiente de transmisión

$\Delta T$ = Diferencia de temperaturas

Entonces:

$$S = 2(axb) + (bxc) + (cxa)$$

$$S = 2(0.47\text{m} \times 0.40) + (0.40 \times 0.85) + (0.85\text{m} \times 0.47\text{m}) = 1.855\text{m}^2$$

**Tabla 2** Valores de la conductancia K de aislamientos de paredes, suelos y techos

Espesor aislamiento	Poliuretano (expandido) K	Poliuretano planchas K	poestiren o(extrusio nado) K:0.0288b	Fibra de vidrio y poliestireno K	Placas de corcho K
m.m.	W/(m2.K)	W/(m2.K)	W/(m2.K)	W/(m2.K)	W/(m2.K)
25	0.92	1.02	1.15	1.14	1.73
50	0.45	0.51	0.56	0.71	0.85
75	0.30	0.34	0.38	0.04	0.57
100	0.23	0.26	0.28	0.35	0.43
125	0.18	0.29	0.23	0.28	0.34
150	0.15	0.17	0.19	0.24	0.28
180	0.13	0.15	0.16	0.20	0.24
200	0.11	0.12	0.14	0.18	0.21
230	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19
250	0.09	0.10	0.11	0.14	0.17

**Fuente:** (Catalá Gregori, 2008).

Para hallar K utilizaremos poliuretano expandido cuyo coeficiente de transmisión para 30mm es:

Al interpolar encontramos el valor de K el cual es: 0.8

Espesor(mm)	K coeficiente w/m <sup>2</sup> .K
25	0.92
30	0.8
50	0.45

Mas el 25% por apertura de puertas, alumbrado, calor de personal, etc.

$$K = 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

La temperatura a alcanzar para conservar frutas y verduras es 2°C según tabla 31 (Ver Anexo)

Temperatura ambiente utilizamos la máxima 28°C

La ganancia de calor a través de las paredes lo determinamos con la fórmula (9)

$$1.855m^2 \times 1 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times (28 - 2)^\circ K = 48.23W$$

2) Ganancia de calor por servicio

$$25\% \text{ de } 48.23 W = 12.06 W$$

3) Ganancia de calor por carga

Para 15 Kg.

$$Kg \times \Delta T \times c. \text{ específico} \quad (10)$$

$$15Kg \times (28 - 2)^\circ C \times 0.93 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ C} = 362.7Kj$$

$$Q_0 = \frac{362.7Kj}{7200 S}$$

Tiempo estimado de funcionamiento

$$Q_0 = 0.05 Kw = 50 W$$

$$Q_{2-8^\circ C} = 15Kg \times (\Delta T)^\circ C \times 0.93 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ C}$$

$$Q_{2-8^\circ C} = 15Kg \times (8 - 2)^\circ C \times 0.93 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ C}$$

$$Q_{2-8} = 83.7 \frac{Kj}{Vez} = 50 J/s$$

$$83700 \frac{Kj}{Vez} = 50 \frac{J}{s} \times \text{Tiempo (1)}$$

$$\text{Tiempo (1)} = \frac{83700j/vez}{50J/s} = 1674 \text{ seg.} = 27.9min.$$

$$83700 \frac{J}{Vez} = 48.23 \frac{J}{s} \times \text{Tiempo c}$$

$$\text{Tiempo (C)} = \frac{83700j/vez}{48.23J/s} = 1735.43 \text{ seg.} = 28.92min.$$

### Resumen de la carga térmica:

1. Ganancia de calor a través de las paredes	=	48.23 W
2. Ganancia de calor por servicio	=	12.06 W
3. Ganancia de calor carga	=	50 W
Total		110.29 W
10 % coeficiente de seguridad	=	11.03 w
Total carga	=	121.32 W

$$Q_{evap} = 0.12 \text{ KW}$$

### 3.3.1. Metodología para determinar la potencia del compresor frigorífico.

Realizamos un análisis comparativo entre los gases refrigerantes R134 a Y R 600a con la finalidad de seleccionar los componentes con mejor eficiencia del ciclo de refrigeración doméstica.

#### Análisis con gas R134a (ver fig.26)

- **Flujo másico:** Aplicando la fórmula (4) obtenemos:

$$\dot{m}_{gref} = \frac{0.12 \text{ Kj/s}}{(380.3 - 279.5) \text{ Kj/Kg}}$$

$$\dot{m}_{gref} = 1.19 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

- **Potencia térmica del compresor:** con la fórmula (7) da como resultado:

$$P_{tc} = 1.19 \times 10^{-3} (466.20 - 380.3)$$

$$P_{tc} = 0.1 \text{ KW}$$

- **Trabajo de compresión**

Lo determinamos con la fórmula (1)

$$W_c = 466.2 - 380.3 \left( \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$W_c = 85.9 \left( \frac{KJ}{Kg} \right)$$

- **Efecto refrigerante para 134a**

Aplicando la formula (3)

Tenemos:

$$q_o = (380.3 - 279.5) = 100.8 \text{ KJ/Kg}$$

- **Coeficiente de funcionamiento** ( aplicando la fórmula 5, obtenemos)

$$COP_r = \frac{100.8 \text{ KJ/Kg}}{466.2 - 380.3 \text{ KJ/Kg}} = 1.17 > 1$$

- **Eficiencia iso-entrópica compresión ( $\eta_{is}$ )**

$$\eta_{is} = 1 - 0.385 \frac{P_1}{P_2} \quad (11)$$

$$\eta_{is} = 1 - 0.385 \frac{0.844 \text{ bar}}{14.92 \text{ bar}}$$

$$\eta_{is} = 0.9782$$

Donde:

P1 = Presión 1

P2 = Presión 2

- **Potencia real:**

$$P_{real} = \frac{P_t}{\eta_{is}} \quad (12)$$

$$P_{real} = \frac{0.1}{0.9782}$$

$$P_{real} = 0.102 \text{ Kw}$$

## DIAGRAMA DEL REFRIGERADOR DOMÉSTICO CON R134a

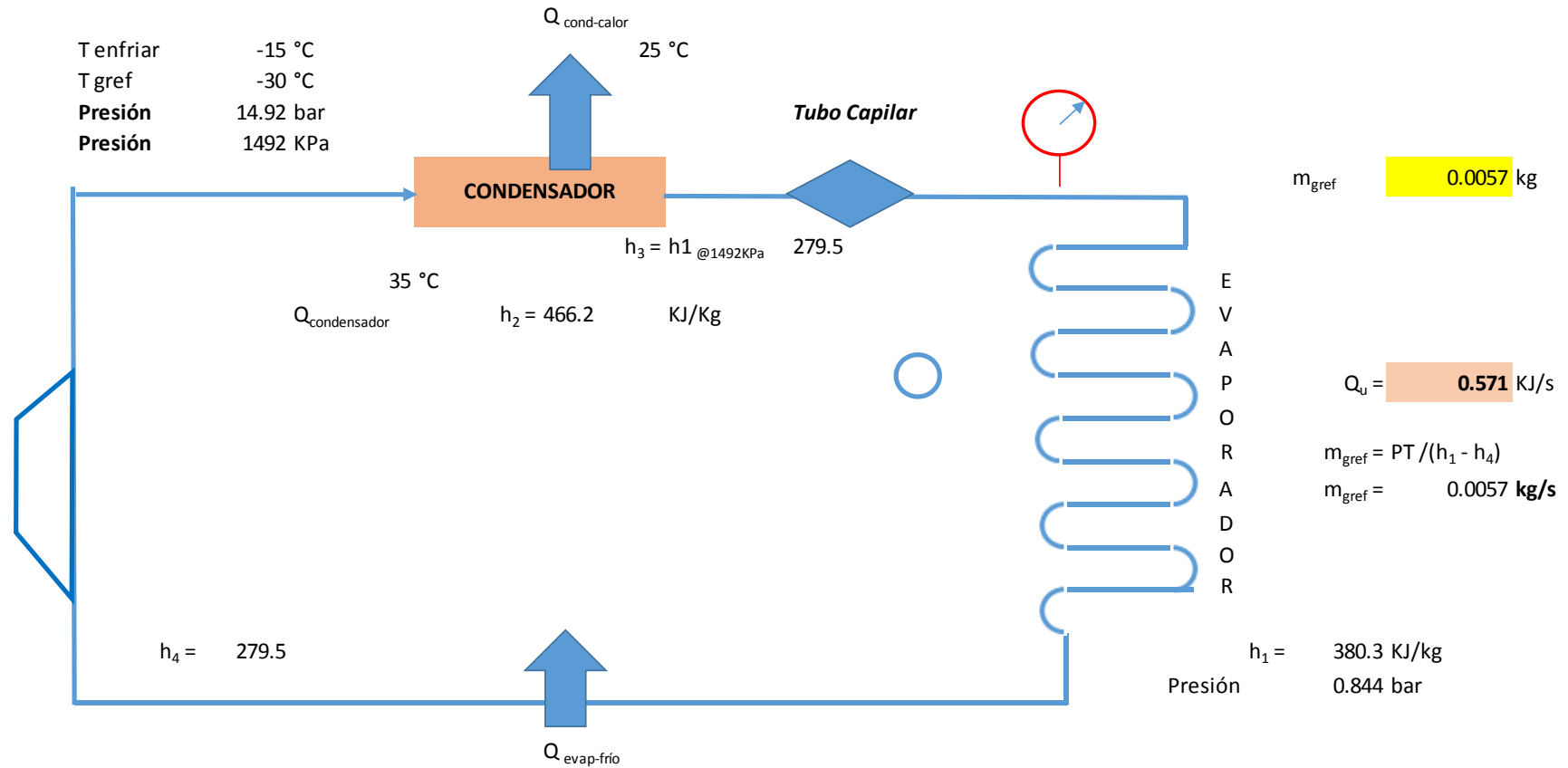


Figura 26 Diagrama de parámetros de funcionamiento de un refrigerador doméstico con 134a

Fuente: Elaboración propia



- **Potencia nominal:**

$$P_{nominal} = \frac{P_{real}}{0.95} \quad (13)$$

$$P_{nominal} = \frac{0.102}{0.95}$$

$$P_{nominal} = 0.107 \text{ Kw}$$

- **Eficiencia frigorífica:**

$$EF = \frac{Q_{evap}}{P_{real}} \quad (14)$$

$$EF = \frac{0.12}{0.102}$$

$$EF = 1.18$$

- **Potencia del condensador:** se determinó con la fórmula (2)

$$\dot{Q}_{cond} = 1.19 \times 10^{-3} (466.20 - 279.5)$$

$$\dot{Q}_{cond} = 0.22 \text{ Kw}$$

#### **Análisis con gas R600a (Ver Fig. 27)**

- **Flujo másico (4)**

$$\dot{m}_{gref} = \frac{0.12 \text{ Kj/s}}{(376 - 148.77) \text{ Kj/Kg}}$$

$$\dot{m}_{gref} = 5.28 \times 10^{-4} \text{ Kg/s}$$

- **Potencia térmica del compresor:** lo determinamos con la fórmula (7)

$$P_{tc} = 5.28 \times 10^{-4} (523.63 - 376)$$

$$P_{tc} = 0.078 \text{ Kw}$$

- **Trabajo del compresor**

Fórmula (1)

$$W_c = 523.63 - 376$$

$$W_c = 147.63 \text{ KJ/Kg}$$

- **Efecto refrigerante para R600a**

Aplicando la formula (3)

Tenemos:

$$q_o = (376 - 148.77) = 227.23 \text{ KJ/Kg}$$

- **Coeficiente de funcionamiento** ( aplicando la fórmula 5, obtenemos)

$$COP_r = \frac{227.23 \text{ KJ/Kg}}{523.63 - 376 \text{ KJ/Kg}} = 1.54$$

1.54 > a 1.17 lo cual indica mayor efectividad de la energía que se gasta en el proceso de compresión, en comparación con el R134a.

- **Eficiencia isoentrópica de compresión:** fórmula (11)

$$n_{is} = 1 - 0.385 \frac{0.58 \text{ bar}}{7.72 \text{ bar}}$$

$$n_{is} = 0.97$$



DIAGRAMA DEL REFRIGERADOR DOMÉSTICO CON R600a

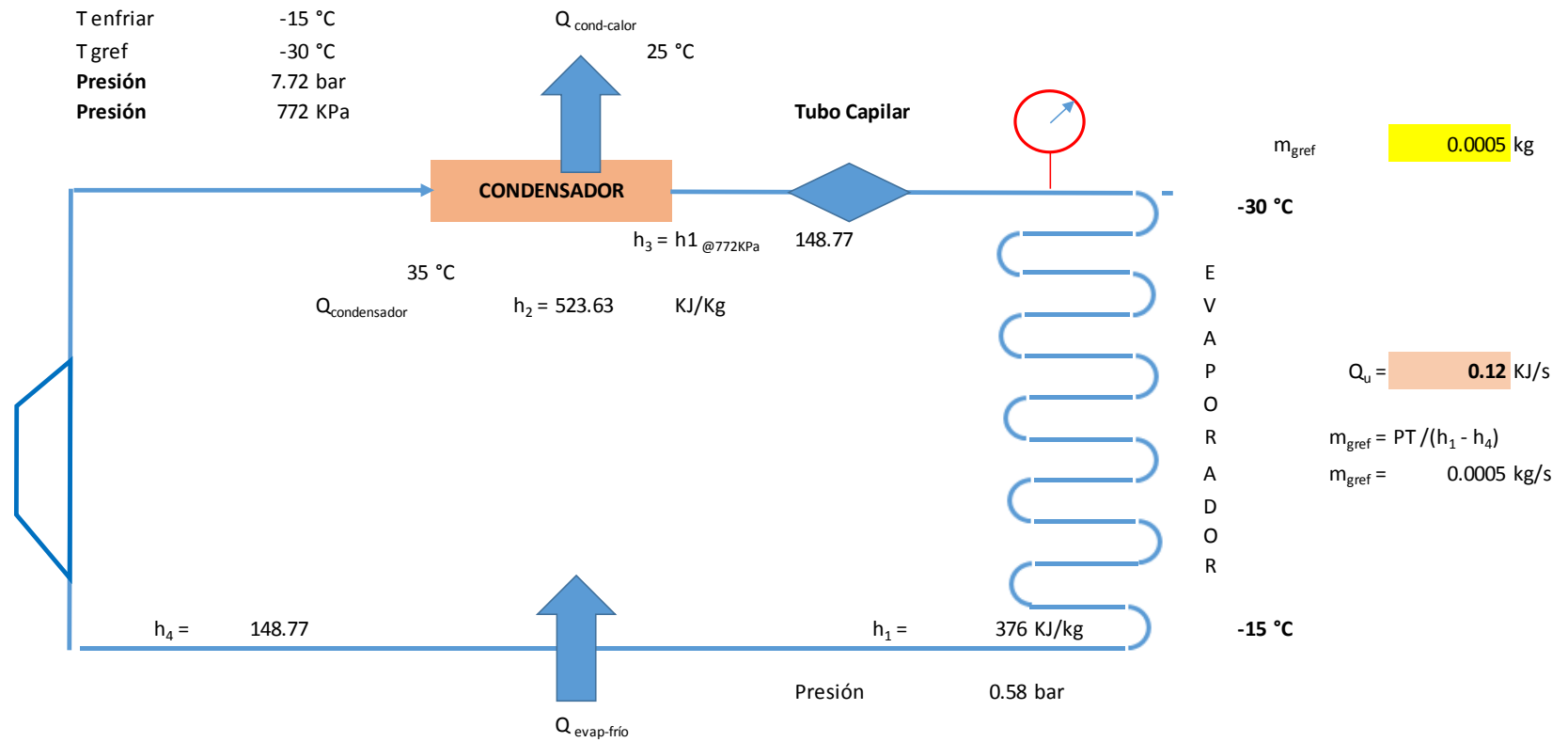


Figura 27 Diagrama de parámetros de funcionamiento del refrigerador doméstico con gas R600a  
 Fuente: Elaboración propia

- Potencia real (12)

$$P_{real} = \frac{0.078}{0.97}$$

$$P_{real} = 0.080 \text{ Kw}$$

- Potencia nominal (13)

$$P_{nominal} = \frac{0.080}{0.95}$$

$$P_{nominal} = 0.084 \text{ Kw}$$

- **Eficiencia frigorífica**

$$EF = \frac{Q_{evap}}{PRc} \quad (14)$$

$$EF = \frac{0.12}{0.080}$$

$$EF = 1.5$$

- Potencia del condensador ( 2)

$$\dot{Q}_{cond} = 5.28 \times 10^{-4} (523.63 - 148.77)$$

$$\dot{Q}_{cond} = 0.197 \text{ Kw}$$

EF R600a = 1.5 es mayor que el 134 a que llega a 1.18

- **COP Eficiencia del ciclo (gas R134a)**

Empleando la formula (6) para ambos casos en términos de potencia (KJ/s) obtenemos:

$$COP = \frac{0.12Kj/s}{\dot{m}(h_2 - h_1)}$$

$$COP = \frac{0.12Kj/s}{1.19 \times 10^{-3} \frac{Kg}{s} (466.2 - 380.3)Kj/Kg}$$

$$COP = 1.17$$

- **COP Eficiencia del ciclo (gas R600a )**

$$COP = \frac{0.12Kj/s}{5.28 \times 10^{-4} \frac{Kg}{s} (523.63 - 376)Kj/Kg}$$

$$COP = 1.54$$

$COP_{R600a} > a COP_{R134a}$

- **Motor eléctrico:**

$$P_{eje} = \frac{P_{real}}{n_{mec}} \quad (15)$$

$$P_{eje} = \frac{0.080}{0.95} = 0.084Kw$$

- **Potencia eléctrica:**

$$P = V \cdot I \quad (16)$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{109}{220}$$

$$I = 0.49A$$

### Cálculo de suministro solar

Denominacion	P(W)	Nro	Tpo.operacion h/d	EE w-h/d
Refrigerador 5.6 p <sub>3</sub>	84	1	14	1176

Ver tabla 32 (Anexos) horas proyectadas de trabajo de refrigerador

$$EE_{PFV} = \frac{EE_{carga}}{\prod_n \text{eficiencia}} \quad (17)$$

$$= \frac{1176 \text{ w} - \text{h/d}}{0.98^3 * 0.97^2} = 1327.96 \text{ w} - \text{h/d}$$

Donde:

$EE_{carga}$  = Energía eléctrica de la carga

$\prod_n \text{eficiencia}$  = producto de las eficiencias de panel en bornes

### Dimensionar el panel:

Se tomó como base la potencia del tiempo más crítico (mes agosto)

Radiación solar = 3.11 Kwh/m<sup>2</sup>/día = 3110 wh/m<sup>2</sup>/día

Tiempo promedio de insolación del mes crítico (horas luz) 4 horas/día

Eficiencia  $_{PFV}$  = 19.7 % (Monocristalino) , Promedio = 18%

$$R_s \left( \frac{\text{w}}{\text{m}^2} \right) * S_{PFV} (\text{m}^2) * t_{PFV} \left( \frac{\text{h}}{\text{d}} \right) * \eta_{PFV} = EE_{PFV} \quad (18)$$

Donde:

$R_s$  = Radiación solar (w/m<sup>2</sup>)

$S_{PFV}$  = Superficie de panel fotovoltaico (m<sup>2</sup>)

$t_{PFV}$  = Tiempo promedio de horas sol (h/d)

$\eta_{PFV}$  = Eficiencia de Panel fotovoltaico

## Luz diurna media / Promedio de insolación Trujillo, Perú

[Los recursos]

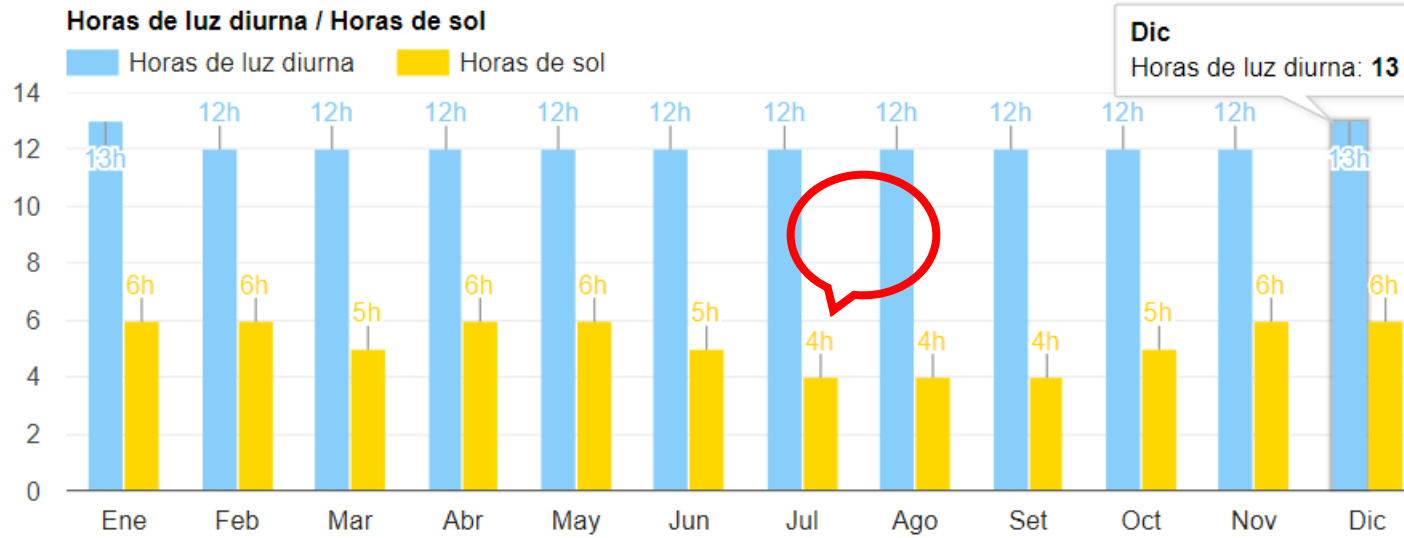


Figura 28 Horas de sol pico (HSP) promedio mensual - Trujillo

Fuente: (Atlas, 2018).



$$S_{PFV} = \frac{EE_{PFV} \left( W - \frac{h}{d} \right)}{t_{PFV} * R_S * \eta_{PFV}} \quad (19)$$

$$S_{PFV} = \frac{1327.96 W - h/d}{4 h \times 3110 \frac{W}{m^2} - \frac{h}{m^2 \cdot d} \times 0.18} = 0.59 \text{ m}^2 \text{ equivale a 01 panel solar}$$

$$P_{PFV} = R_S * S_{PFV} * \eta_{PFV} \quad (20)$$

**Donde:**

$P_{PFV}$  = Potencia total del panel fotovoltaico

$$P_{PFV} = 3110 \text{ W/m}^2 \times 0.59 \text{ m}^2 \times 0.18 = 330 \text{ W}$$

Moduel	BSM330M-72	BSM340M-72	BSM350M-72	BSM355M-72	BSM360M-72
Potencia máxima nominal en STC	330 W	340 W	350 W	355 W	360 W
Tensión abierta (COV/V)	46,34	46,91	46,9	47	47,2
Tensión máxima de potencia	37,57	38,17	38,5	38,7	38,9
Corriente de circuito corto (Isc/A)	9,29	9,41	9,55	9,69	9,79
Corriente de potencia máxima	8,78	8,91	9,07	9,17	9,26
Eficiencia del módulo (%)	17,02	17,54	18,00	18,3	18,5
Tolerancia de potencia	-0 ~ 5 W				
Condición de ensayo estándar (STC)	Irradiancia 1000 W/m2, temperatura de la célula 25°C				

Figura 29 Parámetros de panel solar fotovoltaico monocristalino

### Capacidad del sistema banco de baterías

Se tomó en cuenta 3 días de autonomía con un nivel de descarga del 60%

$$Cap_{bat} = \frac{EE_{PFV} * D}{T_{PFV} * d_{\%}} \quad (21)$$

Donde:

$Cap_{bat}$  = Capacidad de la batería

$T_{PFV}$  = Tensión del panel fotovoltaico

$d_{\%}$  = Porcentaje de descarga de la batería

D = días de autonomía

$$Cap_{bat} = EE_{PFV} \frac{w-h}{24*0.6} = 276.7 \text{ Am-h}$$

**Utilizaremos 2 baterías de 150 Am-h de 12 V**



Figura 30 Batería para suministro solar fotovoltaico

Inversor: Tensión de entrada del sistema: 24 VDC

Tensión de salida 220-230AC

Potencia nominal 0.85 w

Frecuencia 50/60 Hz

Regulador de carga: Tensión 24 VDC

Potencia: 276.67 Am-h

### Intensidad del panel fotovoltaico

$$I_{PFV} = \frac{P}{V} \quad (22)$$

Donde:

$I_{PFV}$  = Intensidad del panel fotovoltaico (A)

P = Potencia (w)

V = voltaje

Entonces:  $\frac{330 W}{24 v} = 13.75 A$

### 3.4. Implementación del Sistema de Refrigeración que satisfaga la demanda de la población del Alto Trujillo

#### Selección de Compresor según demanda modelo WV43YB:

Aplicación: dispensador de agua, refrigerador de pequeño tamaño, congelador de tamaño pequeño, gabinete de licor, máquina de hielo y otros equipos de refrigeración.

- Características: tamaño pequeño
- Alta eficiencia y confiabilidad
- Rendimiento de arranque confiable
- Bajo nivel de sonido y vibración

**Tabla 3** Características técnicas del compresor R600a

Descripción	
Solicitud	R600a LBP
modelo	WV43YB
V/HZ	220/50-60 HZ
desplazamiento cm <sup>3</sup>	4.3
Capacidad (W)	85
COP	1.3
Dispositivo de inicio	PTC

Fuente: (Hangszhou Qianjiang Compresor.Co, 2018)



Figura 31 motor compresor R600a 1/10 Hp

**Determinación de la carga de refrigerante:**

La carga de R600a será aproximadamente el 44% de la carga con R 134<sup>a</sup> no siendo una regla general, pero si estimativa.

Comparativo para carga de refrigerante		
Sistema	Carga de 134a	Carga de R600a
nevera de 320 L	130 g	57 g
nevera 370 L	140g	62 g
bebedero	46 g	20 g

Figura 32 Comparativo entre refrigerantes R600a – R134a

Fuente: (Embraco, 2010)

Entonces si para un volumen general de 284 litros la carga de refrigerante es 36gr, en nuestro sistema de refrigeración debe ingresar la cantidad mínima de:

$$284 \text{ L} = 36\text{gr.}$$

$$158.5 = X$$

$$X = \frac{158.5 \text{ L} \times 36\text{gr}}{284 \text{ L}} = 20.1\text{gr. R600a}$$

**Tabla 4** Características técnicas del condensador

Material	Características
Diametro exterior del tubo	4.76mm
Diametro interior	3.24 mm
Material del tubo	cobre
longitud	6 m
Espesor de la placa	0.5mm
Fluido de trabajo	gas refrigerante R600a
Superficie de placa	320mmx450mm
Material de la placa	galvanizado
Union del tubo y la placa	soldadura a base de estaño

Fuente: (Mondragon Gonzáles, 2015)

### Potencia 197W

La selección de este tipo de intercambiadores se tomó como referencia a una tesis tiene su respaldo en pruebas experimentales en donde se demuestra que las placas planas utilizadas pueden operar como evaporador y condensador para la remoción de calor superior a 50W

Se realizó la construcción del intercambiador de calor tipo placa este debe cumplir con la capacidad de expulsar 120W de potencia térmica.

### Selección del evaporador

**Tabla 5** Características técnicas del evaporador

Material	Características
Diametro exterior del tubo	4.76mm
Diametro interior	3.24 mm
Material del tubo	cobre
longitud	4 m
Espesor de la placa	0.5mm
Fluido de trabajo	gas refrigerante R600a
Superficie de placa	0.23 m <sup>2</sup>
Material de la placa	galvanizado
Union del tubo y la placa	soldadura a base de estaño

Fuente: (Mondragon Gonzáles, 2015)

La potencia térmica calculada es 120W, se realizó la construcción del evaporador de placa convección natural este componente importante es el encargado de absorber la mayor cantidad de calor sensible transformándolo en calor latente el cual será disipado por el condensador, también se le conoce como congelador.

### Selección del tubo capilar

Para el cálculo de las dimensiones del tubo capilar como elemento de expansión fué utilizado el software DanCap diseñado por la empresa Danfoss, llegando a determinar el largo y diámetro. Fueron ingresados los parámetros en el programa y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Danfoss Capillary Tube Selector**

Danfoss

DanCap™ Version 1.0 Database 1.0

**Input Data**

Refrigerant: R600a

(A) Heat load of the system: 120 W

(B) Evaporating temperature: -25 °C

(C) Condensing temperature: 55 °C

(D) Return gas temperature: -11 °C

**Capillary Tube Recommendation**

Flow Rate: 0.37 CFM (N<sub>2</sub> at delta p 10 nbar)

Length	Inner Diameter
0.86 m	0.026 in.
2.08 m	0.031 in.
4.39 m	0.036 in.
9.50 m	0.042 in.
11.99 m	0.044 in.
20.53 m	0.049 in.
22.71 m	0.050 in.
33.37 m	0.054 in.
36.58 m	0.055 in.

Optimal selection is highlighted in green.

Homepage: [compressors.danfoss.com](http://compressors.danfoss.com)

Help Print Settings

Figura 33 Dimensionamiento del tubo capilar

Fuente: (Ocampo, 2017)

El software da como resultado para las dimensiones del tubo capilar de: 2.08m de largo, 0.031 pulgadas de diámetro interno (así se conoce en el mercado peruano comercialmente) y un flujo de 0.37 CFM de refrigerante, este componente es importante en el sistema de refrigeración ya que se encarga de controlar el flujo del refrigerante en estado líquido genera una caída de presión a la entrada del evaporador.

Filtro deshidratador: se utilizó un filtro de 8 gr.

### Partes eléctricas

#### Control de temperatura

El control de temperatura o termostato es el encargado de controlar el tiempo de trabajo y descanso del refrigerador propuesto, a través de un bulbo termosensible colocado en el interior de evaporador adherido a la placa plana.

### Foco led

Ahorro de energía de 0.8W, 220V ilumina 15 W accesibles en el mercado

Accionado por un switch cuadrado 220 AC. (Ver sistema eléctrico en anexos)

### Aislamiento Térmico:

Según (Mondragon Gonzáles, 2015) en su investigación afirma que al incrementar el espesor del aislamiento de 50 a 150mm, la reducción del consumo de energía se encuentra entre 20 y 30 %

Ficha Técnica	
Atributos	Detalles
Características	Espuma de Poliuretano mono componente en aerosol autoexpandible para aplicaciones de montaje, relleno y aislamiento. Alta estabilidad. Gran poder de relleno. Alto aislamiento acústico y térmico. Excelente adherencia sobre la mayoría de materiales.
Marca	Soudal
Contenido	600 ml
Aplicación	Pulverizador
Tiempo de secado	30 min
Uso	Para relleno y aislamiento térmico y acústico en interior y exterior.
Procedencia	Aleje del alcance de los niños, producto tóxico por ingesta o contacto a la piel. Use implementos de protección.

Figura 34 Ficha técnica del poliuretano aislante térmico

**Construcción y ensamble:**

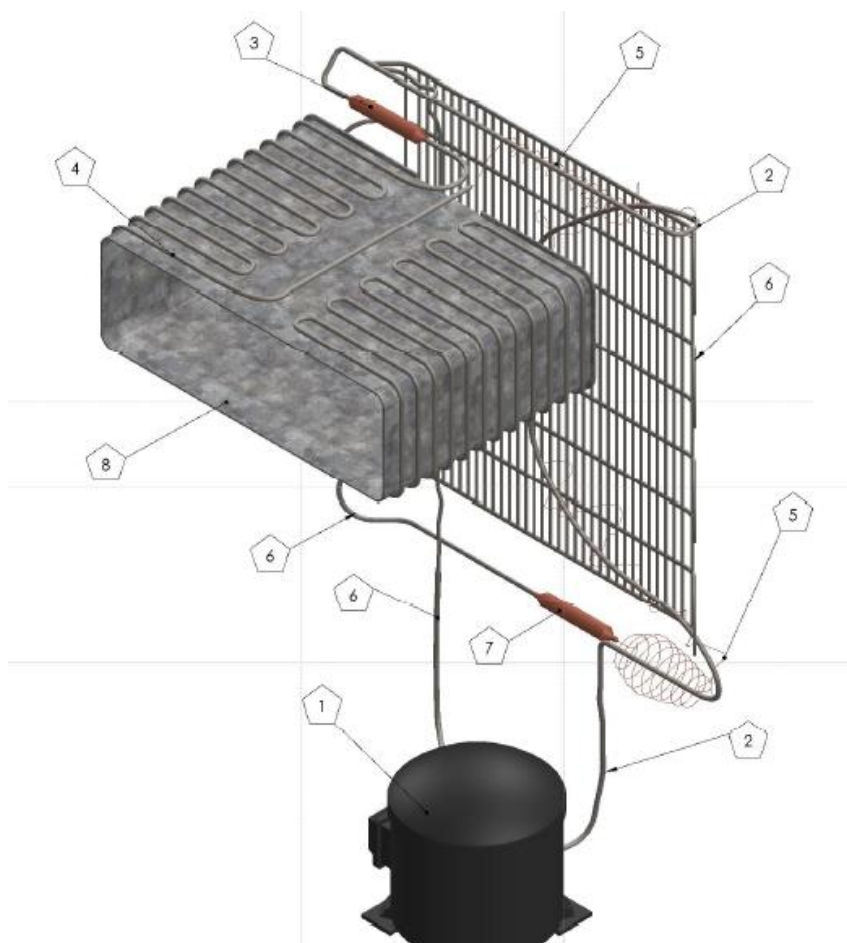
Una vez seleccionado todos los componentes del sistema de refrigeración se procedió a diseñar el equipo teniendo en cuenta los parámetros respectivos, se tomó en cuenta la capacidad requerida, el tipo de carga térmica, la cantidad de energía a remover. Por tratarse de alimentos, la temperatura que queremos alcanzar es de refrigeración entre 2 a 8 grados y congelamiento entre -12 a -15°C, también es importante recalcar que los materiales a utilizar son adquiridos a distribuidores y fabricantes directos a un precio reducido y son comerciales, ayudando así con la propuesta de fabricar un equipo a bajo costo

Los planos del equipo se encuentran al final del documento (Anexos).

Fotos de construcción (ver Anexos)



## DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION Y SUS ELEMENTOS

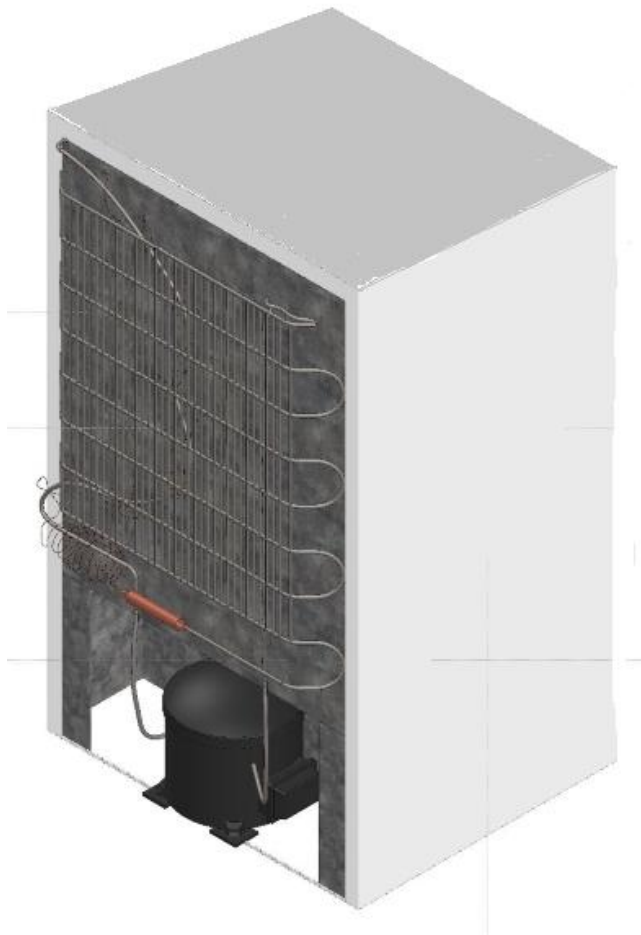


Elementos del sistema de refrigeración

1	Compresor 1/10 Hp
2	Tubería de baja presión de Cu (3/16")
3	Acumulador de 20g
4	Tubería de Cu (3/16")
5	Tubo capilar de 0.5 mm
6	Tubería de alta presión de Cu (3/16")
7	Filtro Deshidratador de 8g
8	Calamina galvanizada

Figura 35 Diseño del sistema de refrigeración propuesto y sus elementos.  
Fuente:Elaboración propia.

### 3.5. Evaluar Experimentalmente el diseño propuesto del sistema de Refrigeración



*Figura 36 Refrigerador doméstico propuesto*

*Fuente: Elaboración propia*

Se realiza la evaluación experimental del refrigerador conformado por un motor de corriente alterna de 1/10 hp, en 2 niveles de velocidad del control de temperatura llamado termostato; rango 2 igual a término medio y rango 3 nivel máximo.

**Tabla 6** Funcionamiento de artefacto sin carga de productos medición en evaporador y

FUNCIONAMIENTO DE EVAPORADOR SIN CARGA DE PRODUCTOS				
	TEMPERATURA 1 (EVAPORADOR TRABAJO) °c	TIEMPO TRABAJO(min)	TIEMPO DESCANSO ( min )	TEMPERATURA 2 (EVAPORADOR-DESCANSO) °c
NIVEL 2 (TERMOSTATO)	menos 14	45	20	menos 9
	menos 14	25	15	menos 9
	menos 14	20	14	menos 9
	menos 14	20	15	menos 9
NIVEL 3 (TERMOSTATO)	menos 17	50	35	menos 13
	menos 17	42	28	menos 13
	menos 17	24	17	menos 13
	menos 17	22	18	menos 13

FUNCIONAMIENTO DE CONSERVADOR SIN CARGA DE PRODUCTOS				
	TEMPERATURA 1 (CONSERVADOR- TRABAJO) °c	TIEMPO TRABAJO (min)	TIEMPO DESCANSO (min)	TEMPERATURA 2 (CONSERVADOR-DESCANSO) °c
NIVEL 2 (TERMOSTATO)	4	45	20	8
	4	25	15	8
	4	20	14	8
	4	20	15	8
NIVEL 3 (TERMOSTATO)	2	50	35	6
	2	42	28	6
	2	24	17	6
	2	22	18	6

Fuente: Elaboración Propia

La primera prueba experimental para el conservador y evaporador se realizó sin apertura de puertas y sin productos en el interior, llegando a obtener temperaturas ideales entre 2 y 8 °C para el conservador y entre -17 y -13°C para el congelador, lo que es correcto para la conservación de alimentos.

**Tabla 7** Funcionamiento del artefacto con carga de alimentos

FUNCIONAMIENTO DEL EVAPORADOR APLICANDO UNA CARGA TÉRMICA DE 2 kg				
	TEMPERATURA 1 (EVAPORADOR TRABAJO) ° C	TIEMPO TRABAJO (MIN)	TIEMPO DESCANSO (MIN)	TEMPERATURA 2 (EVAPORADOR-DESCANSO) °c
NIVEL 2 (TERMOSTATO)	menos 14	80	30	menos 9
	menos 14	45	22	menos 9
	menos 14	40	20	menos 9
	menos 14	35	10	menos 9
NIVEL 3 (TERMOSTATO)	menos 17	100	40	menos 13
	menos 17	45	16	menos 13
	menos 17	28	13	menos 13
	menos 17	50	17	menos 13

Fuente: Elaboración Propia

La carga térmica para el evaporador es de 2 kg tipo de alimento: pollo y pescado, por un tiempo, de trabajo de 80 minutos inicialmente, se comprueba que las temperaturas en el evaporador llegan a  $-17^{\circ}\text{C}$  Y  $-9^{\circ}\text{C}$ , estando dentro del rango normal, según la demanda del diseño.

**Tabla 8** Funcionamiento del artefacto realizando medición en el conservador con carga de

FUNCIONAMIENTO DEL CONSERVADOR APLICANDO UNA CARGA DE 10 kg				
	TEMPERATURA 1	TIEMPO TRABAJO (min)	TIEMPO DESCANSO (min)	TEMPERATURA 2
	(CONSERVADOR- TRABAJO) $^{\circ}\text{C}$			(CONSERVADOR-DESCANSO) $^{\circ}\text{C}$
NIVEL 2 (THERMOSTATO)	4	80	30	8
	4	45	22	8
	4	40	20	8
	4	35	10	8
NIVEL 3 (THERMOSTATO)	2	100	40	6
	2	45	16	6
	2	28	13	6
	2	50	17	6

Fuente: *Elaboración Propia*

La prueba experimental en el conservador se realiza aplicando una carga de 10kg conteniendo verduras, frutas, bebidas con la finalidad comprobar las temperaturas, esto se realizó colocando 01 termómetro digital en el interior llegando a obtener temperaturas entre 4 y  $10^{\circ}\text{C}$ , se realiza apertura de puertas 2 veces una en el descanso del artefacto y otro en el trabajo.

### Funcionamiento de artefacto sin carga de productos

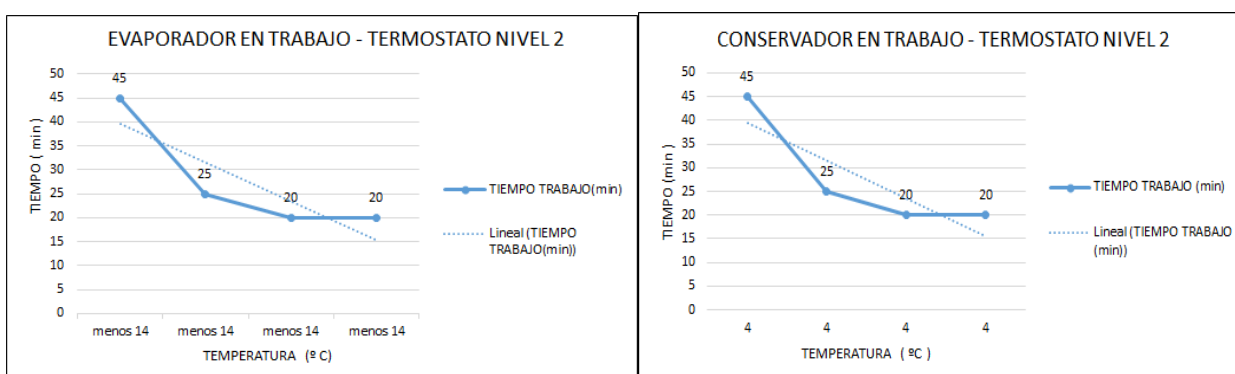


Figura 37 Temperatura vs tiempo en trabajo del evaporador y conservador

Fuente: *elaboración propia*

En un tiempo aproximado de 45 min la temperatura llega a  $-14^{\circ}\text{C}$ , luego se reduce el tiempo de trabajo a 20 min logrando estabilizar las temperaturas en el evaporador, en un tiempo de 45 min la temperatura en el conservador llega a  $4^{\circ}\text{C}$ , reduciendo el tiempo de trabajo. (fig.37).

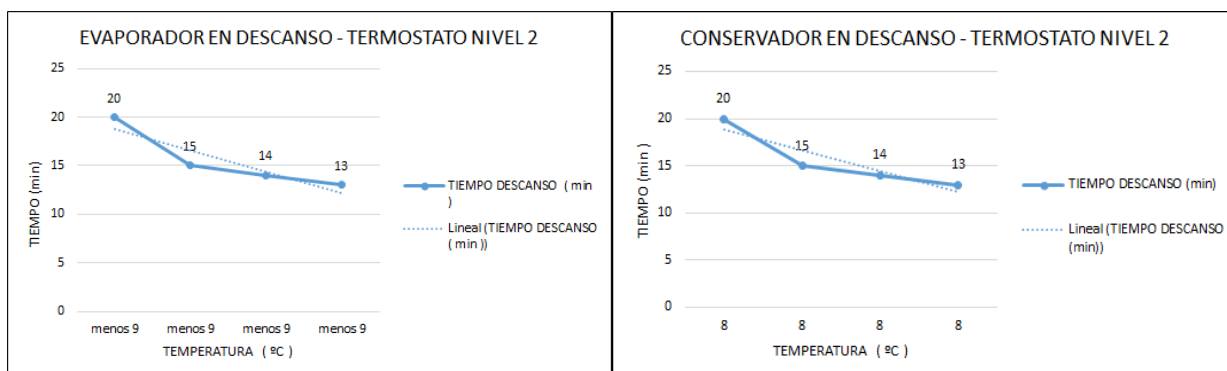


Figura 38 Temperatura vs tiempo en descanso del evaporador y conservador

Fuente: elaboración propia

El tiempo de descanso va reduciendo de 20 a 13 min, llegando a estabilizarse la temperatura a  $-9^{\circ}\text{C}$  en el evaporador, en el conservador observamos que el tiempo de descanso se ubica en  $8^{\circ}\text{C}$ , termostato se encuentra en el nivel 2. (fig.38).

### Funcionamiento de artefacto en nivel 3 de termostato

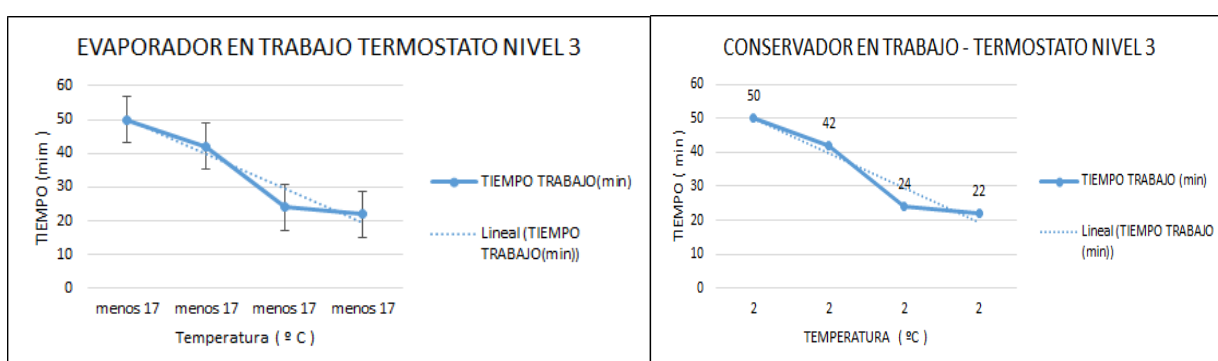


Figura 39 Temperatura vs tiempo trabajo en el evaporador y conservador del refrigerador

Fuente: elaboración propia

En el evaporador se obtiene en 50 min una temperatura de  $-17^{\circ}\text{C}$ , luego se reduce el tiempo de trabajo a 22 min, manteniendo la misma temperatura, en el conservador se llega a obtener  $2^{\circ}\text{C}$  en 50 min y en 22 min permanece la misma lectura  $2^{\circ}\text{C}$  (fig.39).

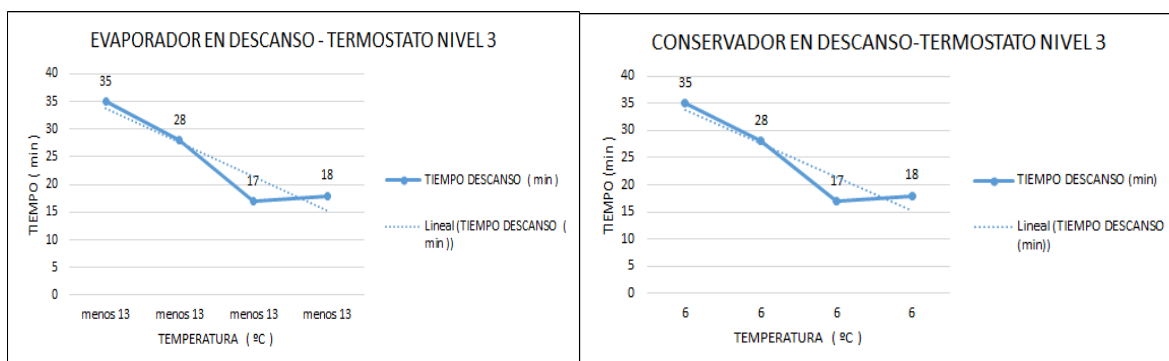


Figura 40 Temperatura vs tiempo descanso en el evaporador y conservador del artefacto

Fuente: elaboración propia

En el evaporador según la gráfica notamos que el tiempo de descanso va descendiendo y las temperaturas van en proporción con el tiempo de trabajo llegando a  $-13^{\circ}\text{C}$  en tiempos de descanso entre 35 y 18 min, así mismo en el conservador las temperaturas llegan a coincidir en  $6^{\circ}\text{C}$  con el mismo tiempo. (fig.40).

### Funcionamiento de artefacto con carga de productos 10kg en el conservador y 2 kg en el evaporador

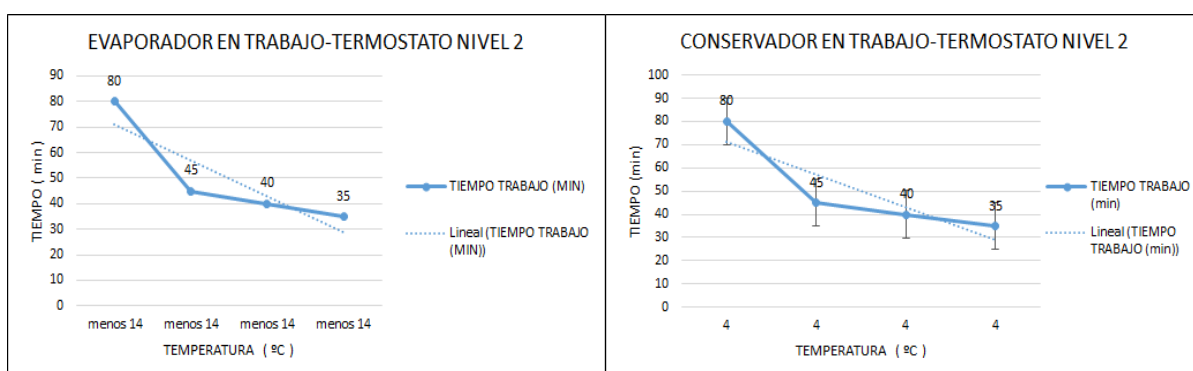


Figura 41 Temperatura vs tiempo- medición en trabajo del evaporador y conservador del artefacto

Fuente: elaboración propia

En la gráfica se observa que con carga de alimentos (2 kg.), el tiempo de trabajo es mayor empezando 80 min de trabajo, llega a  $-14^{\circ}\text{C}$ , descendiendo a 35 min con la misma temperatura, así mismo en el

conservador con el mismo tiempo de trabajo la temperatura llega a 4°C. (fig.41).

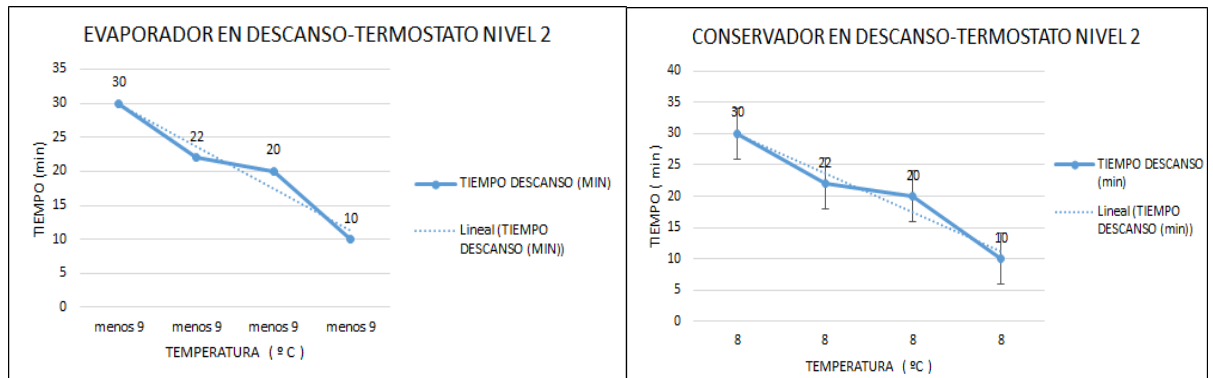


Figura 42 temperatura vs tiempo medición de evaporador y conservador en descanso

Fuente: elaboración propia

Notamos que el tiempo de descanso es menor con carga de productos, entre 30 y 10 min, en el evaporador la temperatura es de  $-9^{\circ}\text{C}$ , mientras que en el conservador la temperatura sube a  $8^{\circ}\text{C}$ . Tomado en el mismo tiempo. (fig.42)

### Funcionamiento de artefacto en el nivel 3 de termostato con carga de alimentos

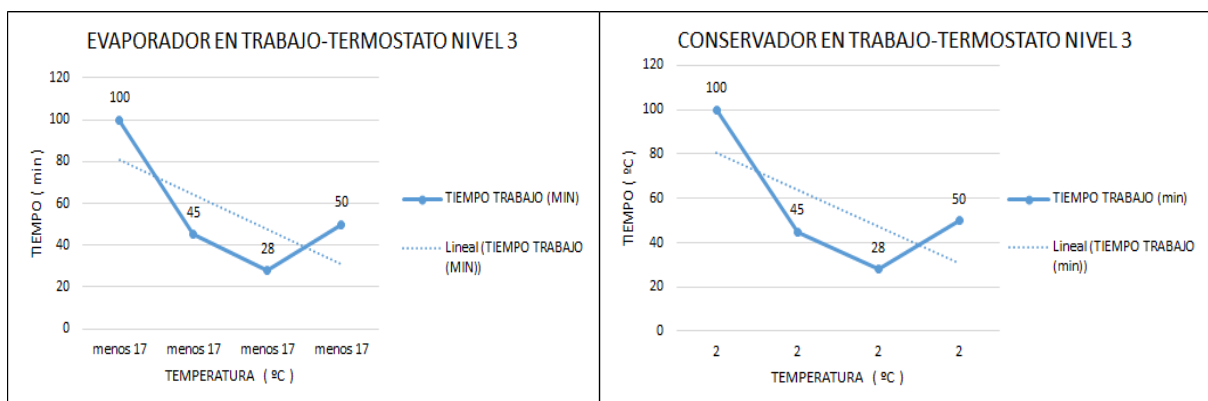


Figura 43 temperatura vs tiempo en trabajo del evaporador y conservador del artefacto

Observamos en la fig.43 que al incrementar el rango de temperatura del control, el trabajo es mayor inicialmente 100 min para llegar a  $-17^{\circ}\text{C}$ , pero el tiempo es variable ya que desciende a 28 pero luego sube a 50 min debido al incremento de la carga térmica la simulación se realiza con

apertura de puertas 2 veces; así mismo si llega con el mismo tiempo a la temperatura de conservación de los alimentos a 2 °C.

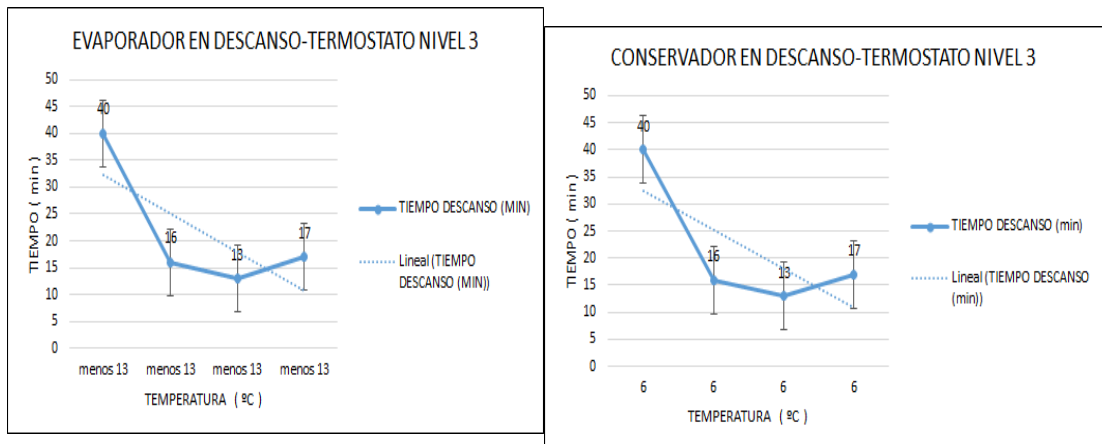


Figura 44 temperatura vs tiempo medición en descanso del artefacto, evaporador y conservador

Fuente: elaboración propia

En la fig.44 notamos que el tiempo de descanso es variable y menor en rangos de 40min y 17 min llegando a -13°C y 6°C en el conservador, al realizar la simulación de apertura de puertas el tiempo de descanso es menor.



## Diseño de las Tuberías de Alta Presión

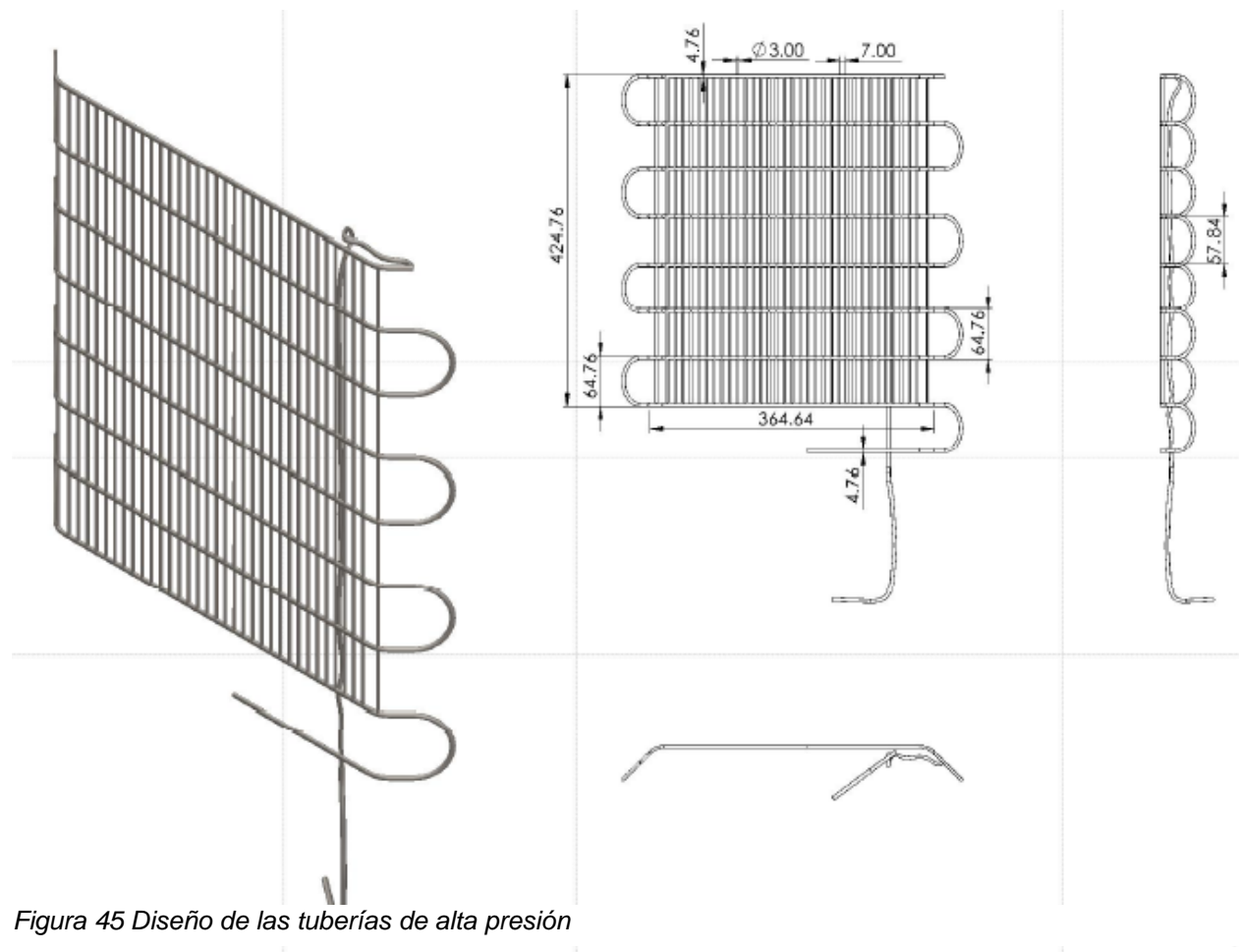
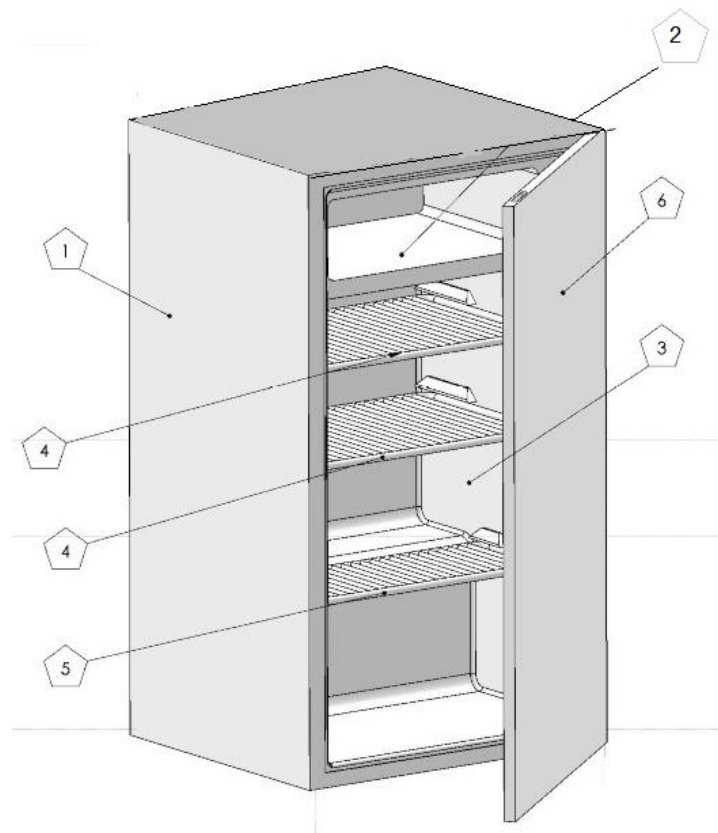


Figura 45 Diseño de las tuberías de alta presión  
Fuente: Elaboración propia

## Elementos Estructurales del Sistema de Refrigeración



**Elementos estructurales del refrigerador**

1	Cubierta exterior del refrigerador(mat. Galvanizado)
2	Cámara de refrigeracion superior (evaporador)
3	compartimiento de conservación
4	Accesorio Parrilla 40 x 27 cm
5	Accesorio parrilla 40 x 16 cm
6	Puerta del refrigerador

*Figura 46 Diseño de los elementos estructurales del sistema propuesto de refrigeración*

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta, usando suministro solar doméstico

#### a. Listado de Materiales:

**Tabla 9** Lista de materiales y precios de adquisición para un refrigerador

Descripción del material	Cantidad	Precio unitario	Sub Total
calamina galvanizada 0.5	2 planchas	23	S/ 46.00
cañería de cobre de 3/16	15 m	40	S/ 40.00
tubo capilar 0.031plg	2800mm	1.50	S/ 1.50
filtro deshidratador de 8gramos	1	1.50	S/ 1.50
poliuretano	1	25	S/ 25.00
soldadura de plata	2	0.8	S/ 1.60
soldadura de estaño	1	7	S/ 7.00
silicona	1/8 gal.	4	S/ 4.00
remaches	30	1.0	S/ 1.00
thinner acrilico	2.5 L	3	S/ 7.50
pintura color blanco	1/4 gal	10	S/ 10.00
sinromato	1/8 gal.	8	S/ 8.00
cinta maskintype	1	1.5	S/ 1.50
soportes de parrilla	12	0.3	S/ 3.60
valvula de acceso (1/4")	1	1.8	S/ 1.80
gas refrigerante R600a	20 gr	60soles /400gr	S/ 3.00
motor compresor R600 a	1	98.40	S/ 98.40
<b>Costo Total de Materiales</b>			<b>S/ 261.4</b>

Fuente: *Elaboración Propia (precios del mercado)*

**Tabla 10** Costo de mano de obra – para un refrigerador

Descripción	Cantidad	Precio unitario (Jornal/día)	Sub Total
Tecnico 1 - Refrigeración	2	45	90

Fuente: *Elaboración Propia (precios del mercado)*

**Tabla 11** Costo de suministro solar

<b>Suministro solar</b>		
Descripción	cantidad	total S/
panel monocristalino 330W	kit solar x 30 unidades	774.08
baterias 12 V 150 Am-h	1	
inversor 300 W	1	
regulador	1	
bateria adicional ciclo profundo	1	200.00
	total	974.08
Proveedor: <a href="http://es.made-in-china.com">http://es.made-in-china.com</a>		

**Tabla 12** Inversión en equipos y herramientas

descripcion	Cantidad	Sub total
resorte para doblar cañería	1	20
cortatubos	1	15
equipo para soldar	1	1000
equipo de seguridad	1	300
manómetro gas R600a	1	300
pinza amperimetrica	1	140
balanza electrónica	1	400
remachadora	1	30
pistola para soldar estaño	1	25
block	1	60
Compreson 0.5HP	1	400
Soplete para soldar	1	120
expandidor 3/16	1	10
Costo Total de los Equipos		2820

Fuente: *Elaboración Propia (precios del mercado)*

## b. Proyección de la demanda:

En el Alto Trujillo, según (INEI, 2015), se tiene 11667 familias. De los cuales el 93.6% no cuenta con un refrigerador convencional. Considerando que nuestro mercado potencial son las 11667 familias, se tomó un mercado objetivo del 7.5%, que resulta 878 familias para el primer año de operación. El proyecto tiene un crecimiento anual del 5%. En la tabla siguiente se indica la cantidad de unidades a producir en el periodo de 5 años del proyecto, la capacidad de producción para el primer año de operación, trabajando 52 semanas al año, durante 6 días por semana, nos resulta un ciclo de 3 refrigeradores por día.

**Tabla 13** Programa de producción en 5 años

### PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

ITEM	%	2019	2020	2021	2022	2023
[SIST REFRIG RZMIN18]	100%	878	922	968	1,013	1,060

Fuente: *Elaboración Propia*

## c. Gastos Administrativos:

**Tabla 14** Gastos administrativos

### GASTOS ADMINISTRATIVOS

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
Utiles de Escritorio	39	33	33	33	33
Utiles de Limpieza	671	569	569	569	569
Sueldos	3,600	3,683	3,768	3,854	3,943
Plan de Capacitación		-	-	-	-
Alquileres*	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Mantenimiento y Reparación del Local		115	115	115	115
Servicios de Comunicación	1,271	1,077	1,077	1,077	1,077
Imprevistos 3%	599	596	599	601	604
<b>TOTAL SIN IGV</b>	<b>20,581</b>	<b>20,473</b>	<b>20,560</b>	<b>20,650</b>	<b>20,741</b>

Fuente: *Elaboración Propia*

d. **Presupuesto de Gastos de las Ventas:**

**Tabla 15** *Presupuesto de gastos de ventas*

**PRESUPUESTO DE GASTOS DE VENTAS**

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
Publicidad y Marketing	932	790	790	790	790
Publicidad	508	431	431	431	431
Actividades y Eventos	169	144	144	144	144
Merchandising	254	215	215	215	215
Sueldos	16,935	17,325	17,723	18,131	18,548
Transporte y Representación	-	-	-	-	-
<b>TOTAL SIN IGV</b>	<b>17,868</b>	<b>18,115</b>	<b>18,513</b>	<b>18,921</b>	<b>19,338</b>

Fuente: *Elaboración propia*

El presupuesto de las ventas incluye los gastos de publicidad y el personal de ventas.

e. **Consolidado de Gastos de Personal:**

**Tabla 16** *Consolidado de gastos de personal*

**CONSOLIDADO DE GASTOS DE PERSONAL**

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
Mano de Obra Directa	33,871	34,650	35,447	36,262	37,096
Mano de Obra Indirecta	32,088	32,826	33,581	34,353	35,144
Administración	3,600	3,683	3,768	3,854	3,943
Ventas	16,935	17,325	17,723	18,131	18,548
<b>TOTAL</b>	<b>86,494</b>	<b>88,483</b>	<b>90,518</b>	<b>92,600</b>	<b>94,730</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**f. Costos de Producción:**

*Tabla 17 Costo unitario por refrigerador doméstico*

**COSTO UNITARIO POR REFRIGERADOR DOMÉSTICO**

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
<b>Materiales Directos</b>						
[SIST REFRIG RZMIN18]	1,235.48	1,235.48	1,235.48	1,235.48	1,235.48	1,235.48
<b>Demás Costo de Producción</b>						
[SIST REFRIG RZMIN18]	75.58	73.64	71.77	70.17	68.61	71.95
<b>Gastos Administrativos</b>						
[SIST REFRIG RZMIN18]	23.44	22.21	21.24	20.38	19.57	21.37
<b>Gastos de Ventas</b>						
[SIST REFRIG RZMIN18]	20.35	19.65	19.13	18.68	18.24	19.21
<b>Costo Total</b>						
[SIST REFRIG RZMIN18]	1,354.85	1,350.98	1,347.61	1,344.71	1,341.90	1,348.01

Fuente: *Elaboración Propia*

El costo unitario del refrigerador doméstico contempla los materiales directos, los gastos administrativos y los gastos ventas.

El costo unitario promedio por refrigerador es de 1348.01 soles.

**g. Costo total de producción:**

*Tabla 18 Costos de producción*

**COSTOS DE PRODUCCIÓN**

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
Materiales Directos	1,084,751	1,139,113	1,195,945	1,251,541	1,309,609
Mano de Obra Directa	33,871	34,650	35,447	36,262	37,096
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Materiales Indirectos	403	423	445	465	487
Mano de Obra Indirecta	32,088	32,826	33,581	34,353	35,144
<b>TOTAL SIN IGIV</b>	<b>1,151,113</b>	<b>1,207,012</b>	<b>1,265,417</b>	<b>1,322,622</b>	<b>1,382,335</b>

Fuente: *Elaboración propia*

El costo total de la producción, involucra los costos directos y los costos indirectos. Para el primer año los costos de producción de los 878 refrigeradores a producir son de 1'115,113 soles

#### h. Detalle de las inversiones:

La inversión para el proyecto consiste en adquirir la maquinaria y equipos, cuyo monto asciende a 2820 soles; disponer de una oficina administrativa que demanda de equipos de cómputo para el control y diseño de los sistemas de refrigeración. Los activos intangibles tienen un valor de 6616 soles. Asimismo, debemos contar con un capital de trabajo que asciende a 495651 soles, esto tiene un alto valor puesto que la proyección de la demanda anual de refrigeradores es de 878 unidades para el 2019, y considerando un costo por cada kit solar que es de 974.08; pues para el primer año se requiere solo en suministro solar un monto de 855 mil soles.

#### i. Resumen de las inversiones y Recuperación del Capital de Trabajo:

**Tabla 19** Resumen de las inversiones

### RESUMEN DE LAS INVERSIONES

(En nuevos soles)

Descripción	Monto sin IGV	Monto con IGV
Activo Fijo	12,174	14,365
Activo Intangible	6,616	7,807
Capital de Trabajo Inicial	495,651	577,256
<b>TOTAL</b>	<b>514,441</b>	<b>599,428</b>

Fuente: *Elaboración Propia*

**Tabla 20** Recuperación del capital de trabajo

### RECUPERACIÓN DEL CAPITAL DE TRABAJO

(En nuevos soles - Incluye IGV)

Descripción	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Capital de Trabajo Inicial	-577,256					
Capital de Trabajo Incremental		-27,403	-28,802	-28,214	-29,449	
Recuperación del Capital de Trabajo						691,123

Fuente: *Elaboración propia*



Tabla 21 Inversión, Depreciación y Amortización de activos

**INVERSIÓN, DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN DE ACTIVOS**

(En nuevos soles - Sin IGV)

CONCEPTO	Inversión		
	Cantidad	Precio	Total
<b>ACTIVO FIJO</b>			<b>12,174.00</b>
<b>Inmuebles</b>			
<b>Maquinaria y Equipo</b>			<b>2,820.00</b>
resorte para doblar cañería	1.00	20.00	20.00
cortatubos	1.00	15.00	15.00
equipo para soldar	1.00	1,000.00	1,000.00
equipo de seguridad	1.00	300.00	300.00
manómetro gas R600a	1.00	300.00	300.00
pinza amperimétrica	1.00	140.00	140.00
balanza electrónica	1.00	400.00	400.00
remachadora	1.00	30.00	30.00
pistola para soldar estaño	1.00	25.00	25.00
block	1.00	60.00	60.00
Compresor 0.5HP	1.00	400.00	400.00
Soplete para soldar	1.00	120.00	120.00
expandidor 3/16	1.00	10.00	10.00
<b>Equipos de Procesamiento de Datos</b>			<b>3,900.00</b>
Laptop	1.00	2,100.00	2,100.00
Computadora de Escritorio	1.00	1,800.00	1,800.00
<b>Mobiliario</b>			<b>5,454.00</b>
Sillas	6.00	534.00	3,204.00
Escritorios	3.00	750.00	2,250.00
<b>INTANGIBLES</b>			<b>6,616.00</b>
<b>Gastos Pre Operativos</b>			
<b>DERECHOS Y OTROS</b>			<b>6,616.00</b>
Capacitación Inicial			
Remodelación del Local		2,347.46	2,347.00
Reclutamiento de Personal		38.14	38.00
Anuncios Publicitarios		297.00	297.00
Constitución y Organización de Empresa		1,854.92	1,855.00
Alianzas y Convenios			
Estudios Definitivos		1,885.59	1,886.00
Imprevistos	3%	192.69	193.00
<b>TOTAL ACTIVOS FIJOS</b>	<i>Inversión</i>	<b>12,174.00</b>	<i>Depreciación</i>
<b>TOTAL ACTIVOS INTANGIBLES</b>	<i>Inversión</i>	<b>6,616.00</b>	<i>Amortización</i>

Fuente: Elaboración propia

j. **Plan Financiero del Proyecto:****Tabla 22** Plan financiero para el proyecto**PLAN FINANCIERO PARA EL PROYECTO**

(En nuevos soles - En términos nominales)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
Intereses	35,260	27,498	17,896	6,640	-
Amortización	32,805	40,566	50,169	56,287	-
Saldo	147,023	106,457	56,287	(0)	-
Cuota	-179,828	68,065	68,065	62,928	-

Comprobación

Principal	179,828
Préstamo	179,828
Diferencia	-
TNA	18.16%
Tasa Media	23.50%

Fuente: Elaboración propia

## k. Estructura de precios para el refrigerador Propuesto:

**Tabla 23** Estructura de precios para un refrigerador con suministro solar fotovoltaico**ESTRUCTURA DE PRECIOS**

(En nuevos soles)

Producto	Valor de Venta	IGV	Precio Medio	Costo Total Medio	Margen Contribución
[SIST REFRIG RZMIN18]	1,864.41	335.59	2,200.00	1,348.01	516.40

Fuente: *Elaboración propia*l. **Presupuesto de Ingresos:****Tabla 24** Presupuesto de ingresos**PRESUPUESTO DE INGRESOS**

(En nuevos soles)

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023
[SIST REFRIG RZMIN18]	1,636,949	1,718,983	1,804,746	1,888,644	1,976,271

Fuente: *Elaboración propia*

### m. Estado de Ganancias y Pérdidas.

Tabla 25 Estado de ganancias y pérdidas proyectado al 2023

#### ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS PROYECTADO

(En nuevos soles)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ventas Netas		1,636,949	1,718,983	1,804,746	1,888,644	1,976,271
Costo de Ventas		-1,151,113	-1,207,012	-1,265,417	-1,322,622	-1,382,335
<b>Utilidad Bruta</b>		485,836	511,971	539,329	566,022	593,936
Gastos Administrativos		-20,581	-20,473	-20,560	-20,650	-20,741
Gastos de Ventas		-17,868	-18,115	-18,513	-18,921	-19,338
<b>Utilidad Operativa</b>		447,388	473,383	500,255	526,452	553,857
Depreciación Activo Fijo		5,790	-4,469	-4,469	-4,469	-4,469
Amortización Intangibles		-1,326	-1,322	-1,322	-1,322	-1,322
<b>UAIL</b>		451,851	467,592	494,463	520,660	548,065
Gastos Financieros		-35,260	-27,498	-17,896	-6,640	0
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		416,592	440,093	476,568	514,020	548,065
Impuesto a la Renta		-124,977	-132,028	-142,970	-154,206	-164,420
Reserva Legal	0%	0	0	0	0	0
Entrega de Dividendos	0%	0	0	0	0	0
<b>Utilidad Neta</b>		291,614	308,065	333,597	359,814	383,646

Fuente: *Elaboración Propia*

### n. Evaluación Económica:

Tabla 26 Flujo de capital

#### FLUJO DE CAPITAL

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión en Activo Fijo	-13,314					
Inversión en Intangibles	-8,007					
Capital de Trabajo Inicial	-577,256					
Capital de Trabajo Incremental		-27,403	-28,802	-28,214	-29,449	0
Recuperación del Capital de Trabajo						691,123
Valor Residual						857
<b>FLUJO DE CAPITAL</b>	<b>-598,576</b>	<b>-27,403</b>	<b>-28,802</b>	<b>-28,214</b>	<b>-29,449</b>	<b>691,980</b>

#### FLUJO DE CAJA OPERATIVO

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		1,931,600	2,028,400	2,129,600	2,228,600	2,332,000
Costos de Producción		-1,346,441	-1,412,128	-1,480,767	-1,547,983	-1,618,152
Gastos Administrativos		-20,937	-20,796	-20,883	-20,973	-21,064
Gastos de Ventas		-18,035	-18,257	-18,656	-19,063	-19,480
Impuesto General a las Ventas		-95,416	-103,835	-109,039	-114,130	-119,462
Impuesto a la Renta		-135,555	-140,277	-148,339	-156,198	-164,420
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>-1,616,386</b>	<b>-1,695,294</b>	<b>-1,777,684</b>	<b>-1,858,346</b>	<b>-1,942,578</b>
<b>FLUJO OPERATIVO</b>	<b>0</b>	<b>315,214</b>	<b>333,106</b>	<b>351,916</b>	<b>370,254</b>	<b>389,422</b>

Fuente: *Elaboración propia*

o. **Flujo de Caja Económico:**

**Tabla 27** Flujo de caja económico

<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>						
	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Flujo de Capital	-598,576	-27,403	-28,802	-28,214	-29,449	691,980
Flujo Operativo	0	315,214	333,106	351,916	370,254	389,422
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	<b>-598,576</b>	<b>287,811</b>	<b>304,304</b>	<b>323,703</b>	<b>340,805</b>	<b>1,081,402</b>

Fuente: *Elaboración Propia*

p. **Indicadores – Periodo de Recuperación (ROI)**

**Tabla 28** Periodo de recuperación del capital

<b>PERIODO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL</b>						
(En nuevos soles)						
	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Flujo de Caja Económico	-598,576	287,811	304,304	323,703	340,805	1,081,402
Flujo de Caja Económico Actualiz.		262,376	252,830	245,179	235,319	680,699
Saldo	-598,576	-336,201	-83,371	161,808	397,127	1,077,826
Cálculo de Valor				2.00		
Cálculo de Años				2		
Cálculo de Meses						-7
<b>PRC =</b>	<b>2 años, -7 meses.</b>					

Fuente: *Elaboración Propia*

q. **Relación Beneficio Costo:**

**Tabla 29** Relación costo - beneficio

**RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (B/C)**

(En nuevos soles)

	<b>Salidas</b>	<b>Entradas</b>	<b>(B/C)</b>
Flujo de Caja Económico	-598,576	1,676,403	2.80

Fuente: *Elaboración propia*

Esta tabla muestra el valor de la relación B/C, lo que indica que, por cada unidad de sol invertido, el beneficio es de 1.80 soles.

r. **Valor del VAN y la TIR para el proyecto:**

**Tabla 30** *Estimación del valor del VAN y TIR para el proyecto*

**ESTIMACION DEL VALOR DEL VAN Y TIR PARA EL PROYECTO**

<b>Tasas</b>	<b>Indicador</b>	<b>Nominal</b>	<b>Real</b>
<b>Cok</b>	VANE	1,105,862	1,105,862
	VANF	1,091,813	1,091,813
	TIRE	53.06%	49.62%
	TIRF	64.18%	60.49%

Fuente: *Elaboración propia*

El valor del VAN para el proyecto es de 1, 105,862 soles. Lo que nos indica que el proyecto tiene un VAN positivo y que se puede tomar la decisión para invertir.

El valor de la TIR económico es de 53.06%; lo que nos indica que el proyecto es rentable sobre la tasa de costo de oportunidad.

# **CAPITULO IV**

# **DISCUSIÓN**

#### 4. Discusión

- Se tiene que un 93.6% de la población demanda disponer de un equipo alternativo de refrigeración, que sea sostenible en el tiempo y con una vida útil similar a los refrigerados convencionales.
- Según los cálculos para la capacidad del sistema de refrigeración propuesto, tal artefacto debe tener las condiciones para congelar de 1 a 3 kg a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  y una capacidad de conservación de 15 Kg entre  $2 - 8^{\circ}\text{C}$  en la cual, además, se tomó en cuenta el peso liviano para poder ser trasladado de un lugar a otro con facilidad, no mayor a 6 cu ft. Según la investigación de (Mondragon Gonzáles, 2015), se proyectó a un diseño a bajo costo a 7 cu ft. Asimismo, según el Manual del Frigorista (Catalá Gregori, 2008), se realizó los cálculos en base a las temperaturas de los alimentos que se mencionan en las tablas de los anexos que corresponden a la conservación y congelación de alimentos.
- Los cálculos para la Eficiencia frigorífica nos arrojan un valor de 1.18 si se hace uso del refrigerante R134a, pero es mayor con un valor de 1.5 si se usa el refrigerante R600a. Asimismo, el COP con el gas R134a es de 1.17 y el COP con el R600a nos indica un valor de 1.54. En este sentido, para el proyecto se utilizó refrigerante R600a.
- Para el cálculo del suministro solar, se determinó una potencia de 84W, obteniendo como resultado  $\text{EE(W-h/día)} = 1176$ , para un refrigerador de 5.6 cu ft. Según la tesis de (Mondragon Gonzáles, 2015) realiza pruebas experimentales de un prototipo de 50W.
- Para el dimensionamiento del panel solar, se tomó como base la potencia del tiempo más crítica que sucede en el mes de agosto, el cual se presenta una radiación solar promedio de  $3.11 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$  con un tiempo de insolación de 4 horas/día, obteniéndose como Potencia Total para el panel fotovoltaico 330W.
- El resultado del análisis económico mediante el VAN nos resultó favorable, el Flujo de Caja económico con una proyección a 5 años, inicia el primer año con monto positivo de 211mil soles y va creciendo hasta 1081 mil

soles para el año 2023. Con el método de la TIR el valor obtenido es de 53%, esta cifra es muy superior a la tasa de interés financiado del 25%. Según la Tesis de (Valencia Valencia & Henao Ramírez, 2016) concluyó que el proyecto no es viable para casas residenciales ya que el retorno de la inversión que se debe utilizar para el sistema fotovoltaico que eligió para el funcionamiento de la nevera se ve reflejado a 32 años. En cambio, el presente proyecto tiene una vida útil de 20 a 25 años y con un retorno de la inversión ROI de 2 años 7 meses.



# **CAPITULO V**

# **CONCLUSIONES**

## 5. Conclusiones

- Se desarrolló el diagnóstico de la situación actual del uso de sistemas de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo, encontrándose que el 93.6% de la población está dispuesto a disponer de un sistema de refrigeración.
- El nivel de radiación solar en Alto Trujillo es de 3.11 kWhr/m<sup>2</sup>/día, eligiendo el mes de agosto por ser el nivel más bajo de radiación, considerando las coordenadas aproximadas de la localidad otorgado por la NASA.
- Se determinó la demanda de energía térmica de 0.12 KW y potencia eléctrica del compresor de 84W para uso de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo.
- Se realiza el cálculo para el suministro solar del sistema de refrigeración por compresión de vapor obteniendo un panel solar fotovoltaico monocristalino de 330W, baterías 2 de 12V de 150 Am-h, inversor 24VDC 0.85W, Regulador de carga de 24VDC 276.67 Am-h.
- Se implementó un refrigerador doméstico, por compresión de vapor, seleccionando sus elementos, construyendo el condensador y el evaporador con material calamina galvanizada, siguiendo modelo de investigador (Mondragon Gonzáles, 2015).
- Se Evaluó experimentalmente el diseño propuesto del sistema de refrigeración utilizando compresor de corriente alterna de capacidad de 1/10 hp, potencia 85 W conectado a la red eléctrica 220 V; obteniendo las  $t_{cong} - 17^{\circ} y - 9^{\circ}C$  (temperaturas de congelamiento) con carga térmica y el refrigerador entre 2°C y 8°C con carga térmica de 10 Kg.
- El valor del VAN para el proyecto es de 1, 105,862 soles. Lo que nos indica que el proyecto tiene un VAN positivo y que se puede tomar la decisión para invertir. La recuperación de la inversión es a 2 años y 7 meses.
- El valor de la TIR económico es de 53.06%; lo que nos indica que el proyecto es rentable sobre la tasa de costo de oportunidad.

# **CAPITULO VI**

# **RECOMENDACIONES**

## 6. Recomendaciones

- Recomiendo hacer extensivo el presente proyecto para las comunidades menos favorecidas en los sectores de la sierra Liberteña, en donde no les llega la red de distribución eléctrica.
- Se recomienda hacer el estudio con este mismo sistema para un refrigerador de mayor capacidad a 6 cu ft; orientados a las tiendas, panaderías, y al sector industrial.
- Para reducir costos en el dimensionamiento del suministro solar se sugiere realizar experimentación con compresor de corriente continua de 12/24 VDC.
- El proyecto tiene iniciativa de carácter social por lo que se sugiere motivar a los siguientes investigadores y autoridades competentes el apoyo para su ejecución, en beneficio del Centro Poblado Alto-Trujillo.
- Para comprobación exacta del funcionamiento del refrigerador doméstico accionado con suministro solar, se recomienda realizarlo experimentalmente, utilizando el kit solar propuesto, con compresor de corriente continua 12/24 VDC y así determinar datos reales con accionamiento solar fotovoltaico.

## 7. Referencias

- Alvarez Brito, R., & Lopez de Ramos, A. L. (2013). *Estudio experimental de un sistema de refrigeración de pequeña capacidad que utiliza R600a como gas refrigerante*. Universidad Simon Bolivar, Termodinámica Y fenómenos de transferencia. Facultad de Ingeniería. Recuperado el 16 de junio de 2018, de <http://www.scielo.org.ve/pdf/rfiucv/v28n3/art06.pdf>
- Astudillo Leon, S. v., & Peralta Verdugo, A. S. (2017). *Tesis: Analisis de la influencia de las variables tecnológicas en la disminucion del consumo de energia eléctrica de refrigeradores domésticos, mediante la metodología de la dinámica de sistemas*. Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Atlas, W. (2018). *Prevision meteorológica y clima mensual Trujillo-Perú*. Recuperado el 28 de junio de 2018, de <https://www.weather-atlas.com/es/peru/trujillo-clima>
- Banerjee, A. &. (2011). *“Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to USA: Public Affairs*.
- Calculo de instalaciones frigoríficas. (s.f.). En J. d. Andalucía, *Cálculo de instalaciones frigoríficas* (pág. 24). Andalucía, España. Recuperado el junio de 2018, de [www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/.../view.php?...](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/.../view.php?...)

- Catalá Gregori, C. (2008). *FRefrigeración y Climatización* (Vol. 2.010). madrid, España. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.catain.es>
- Cengel, Y. A. (2012). *Termodinámica*. Mexico: McGraw Hill.
- Chirinos, L. (17 de 5 de 2017). La República. *Energía Solar para la Reconstrucción en el Perú*, pág. 5.
- CORREO, D. (11 de Septiembre de 2017). El Porvenir: el 36% del distrito tiene zonas de pobreza extrema. *EL CORREO*, pág. 1.
- Danfoss. (2001). Aplicacion práctica del refrigerante R600a Isobutano en sistemas de refrigerados domésticos. *Compressors Informacion Técnica*, 1-11. Recuperado el 27 de junio de 2018, de [https://www.construmatica.com/archivos/27579/4\\_catalogo\\_compresores\\_danfoss/informacion\\_tecnica.pdf](https://www.construmatica.com/archivos/27579/4_catalogo_compresores_danfoss/informacion_tecnica.pdf)
- Delgado Zuñiga , S. G., & Villar Villegas, J. J. (2015). *Tesis : Diseño construccion e implementacion de un modulo de refrigeracion para simulsr y controlar el proceso de refrigeracion y congelacion de alimentos en el laboratorio de la escuela de Ingenieria de Industrias Alimentarias*. Arequipa, Peru: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de procesos.
- Dominguez, C. M. (2011). *Inversión de la empresa en formación, clave de la excelencia empresarial y análisis de su rentabilidad (predicción del ROI)*. Tesis doctoral, Universidad nacional de educación a distancia, Economía de la empresa y contabilidad. Recuperado el 12 de julio de 2018, de <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:CiencEcoEmp-Cjmedina/Documento.pdf>
- Embraco. (2010). R600a como refrigerante alternativo para sistemas de refrigeración. Brasil: soluciones en refrigeración.
- Fresneda, C. (29 de 9 de 2016). *La energía solar en Europa, tan potente como 100 nucleares*. Obtenido de [www.elmundo.es](http://www.elmundo.es): <http://www.elmundo.es/ciencia/2016/09/29/57ec06ff46163fe6798b4658.htm>
- Gomez, R. I. (09 de octubre de 2011). Principios de refrigeración. 27. Minatitlan, Veracruz: Instituto Tecnológico de Minatitlan. Recuperado el 15 de julio de 2018, de

<https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2015/02/principios-de-refrigeracion.pdf>

Hangszhou Qianjiang Compresor.Co. (2018). Ficha tecnica compresor . China.

INEI. (2015). *Ingreso Promedio Monetario y No Monetario segun área de residencia 2004, 2010, 2015*. Trujillo: INEI.

Ladino, P. R. (Marzo de 2011). <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf?sequence=1>. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf?sequence=1>: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf?sequence=1>

Lopez, J. d. (2011). *Estudio exploratorio de sistemas de conservacion de alimentos para la etapa de diseño conceptual de un nuevo producto*. México: PDF.

Martinez López, J. (2011). *Estudio exploratorio de sistemas de conservación de alimentos para la etapa de diseño conceptual de un nuevo producto*. México.

Mondragon Gonzáles, R. G. (2015). *Desarrollo de un sistema de refrigeración doméstica compacto y de bajo consumo energético*. Tesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Monterrey - México. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/9550>

Montenegro Figueroa, G. (2016). *Proyecto de Ley que Declara de Carácter Prioritario y de Preferencia Social la creación del distrito de Alto Trujillo y el Milagro*. Lima.

Naamar , O., Med Alí, D., Randa , O., Nachida , K., Mhedi, M., & Ahcene, B. (junio de 2016). *Control termico sobre la influencia de la energia y eficiencia en el refrigerador domestico impulsado por fotovoltaico*. Artículo científico, Universidad de Saad Dahled Blida Argelia, Departamento de equipamiento solar & Departamento de energías renovables, Argelia. Recuperado el Mayo de 2018, de <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.06.134>

- NASA. (s.f.). *NASA Prediction of World Energy Resources*. (P. s. NASA, Productor) Recuperado el 13 de junio de 2018, de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Nations, F. a. (2009). *“Food Insecurity in the World: Undernourishment Around the World.”*. USA.
- nvindi. (05 de enero de 2018). *Todo Productos Financieros*. Recuperado el 11 de julio de 2018, de TIR y VAN cálculo y concepto: <http://www.vantir.com/>
- Ocampo, G. M. (2017). *Diseño de un banco de pruebas para la producción de frío y agua helada para uso en los laboratorios en la universidad autónoma de occidente*. Proyecto de grado, Universiada Autónoma de Occidente, Ingeniería, Cali. Recuperado el junio de 2018
- Olguin, C. (2017). La importancia de la Refrigeración en los Alimentos. *Buena Vida*, 12-13.
- OMS, C. d. (3 de 12 de 2015). *WHO INT*. Obtenido de [www.who.int](http://www.who.int/): <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/>
- OPOKU, R., Anane, S., IA, E., Adaramola, M., & Seidu, R. (2016). *Evaluacion técnico-económico comparativo de un refrigerador convertido CC y un refrigerador convencional AC alimentado tanto por la energía solar fotovoltaica*. Universidad Kwame Nkrumah de Ciencia y Tecnología;Universidad Noruega de Ciencias de la Vida;, Ingeniería Mecánica, Ecología y Gestión de Recursos Naturales,Ing,civil. Kumasi, Ghana, Noruega: Diario Internacional de refrigeración. Obtenido de <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijrefrig.2016.08.014>.
- Plank, R. (2013). *El empleo del frío en la Industria*. Mexico: Reverte.
- Renedo, C. J. (s.f.). *Cargas térmicas de refrigeración y acondicionamiento de aire*. Universidad de cantabria, Ingeniería Eléctrica y energética. Recuperado el 10 de julio de 2018, de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1473/course/section/1913/003%20Cargas%20Termicas.pdf>
- Saravia, V. (2015). Rico Frío, Las Exportaciones. *Exportando.pe (Prom Perú)*, 17-18.



- Tecumseh. (s.f.). Tabla de aplicacion de compresores. *Compresores LBP, tabla 100* (9/11), 5. Recuperado el 16 de junio de 2018, de [http://www.tecumseh.com/~/media/South-America/Files/Spanish-Library/Tabla\\_de\\_aplicacion\\_compresores\\_y\\_unidades\\_condensadoras.pdf](http://www.tecumseh.com/~/media/South-America/Files/Spanish-Library/Tabla_de_aplicacion_compresores_y_unidades_condensadoras.pdf)
- Valencia Valencia, S., & Henao Ramírez, A. F. (2016). *Tesis : Diseño de una nevera basada en fuentes renovables de energía*. Pereira - Colombia, PEREIRA, COLOMBIA: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de tecnologías.
- Yáñez, J. C. (2009). *“Estudio para la electrificación con energías alternativas, utilizando celdas fotovoltaicas para electrificar el Poblado de Cañada Colorada, Municipio de Apaxco Estado de México”*. Apaxco - México: pdf.

## **Anexos**

Instrumentos de medición

Matriz de consistencia

Cd (fotos de construcción de refrigerador doméstico)

Planos



**ENCUESTA PARA EVALUAR LA INTENCION DEL USO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION SOLAR**

Centro Poblado Menor Alto Trujillo

**I.- Información del Entrevistado**

1 ¿Cuál es su papel en el hogar?

Jefe de familia

Conyuge

Familiar

Hijo (a)

Otro: \_\_\_\_\_


2 ¿Cuántas personas viven en casa?

3 Nivel de Educación a la fecha

Primaria

Secundaria Completa o menos

Estudios Técnicos

Profesional

Otros: \_\_\_\_\_


4 ¿Cuánto es el ingreso del hogar en soles?

Menos de 500

de 500 a 1000

de 1000 a 1500

de 1500 a más


**II.- Información del producto**

5 ¿Cuenta con refrigeradora en casa?

Si

No


6 ¿Cuántas veces por semana se abastece de alimentos?

1

2

3

diario

Sólo los domingos


7 ¿Qué cantidad estima Ud, que elimina alimentos por falta de refrigeración o una incorrecta conservación de los alimentos?

menos de 1kg

[1kg a 3kg]

[3kg a 5kg]

más de 5kg


8 ¿Qué monto paga por consumo de energía eléctrica?

/mes

9 ¿Le gustaría disponer de un sistema de refrigeración que usa la energía solar?

SI

NO


10 ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un nuevo sistema de refrigeración?

Menos de 300

[300 a 500]

[500 a 800]

[800; 1200]


11 ¿Qué tipo de alimento consume con frecuencia y/o desearía refrigerar?

pollo

pescado

verduras

frutas

leche

otros \_\_\_\_\_


12 ¿con que frecuencia consume (según el tipo de alimento)

Diario

Cada 2 días

semanal


13 ¿tiene energía eléctrica permanente en casa?

SI

NO


*Figura 47 Cuestionario de preguntas de encuesta para la población de Alto Trujillo*

*Fuente: Elaboración propia*

Tablas de Frecuencias de las diferentes Variables

**Papel en el Hogar**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Jefe de Familia	112	29,8	29,8	29,8
	Cónyuge	214	56,9	56,9	86,7
	Familiar	34	9,0	9,0	95,7
	Hijo(a)	12	3,2	3,2	98,9
	Otro	4	1,1	1,1	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Personas en el hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1	12	3,2	3,2	3,2
	2	35	9,3	9,3	12,5
	3	82	21,8	21,8	34,3
	4	84	22,3	22,3	56,6
	5	90	23,9	23,9	80,6
	6	45	12,0	12,0	92,6
	7	12	3,2	3,2	95,7
	8	10	2,7	2,7	98,4
	9	2	,5	,5	98,9
	10	4	1,1	1,1	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Nivel de Educación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Primaria	191	50,8	50,8	50,8

Secundaria Completa	167	44,4	44,4	95,2
Estudios Técnicos	14	3,7	3,7	98,9
Profesional	2	,5	,5	99,5
Otros	2	,5	,5	100,0
<b>Total</b>	<b>376</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

#### Ingresos en Soles

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Menos de 500	20	5,3	5,3	5,3
	De 500 a 1000	223	59,3	59,3	64,6
	De 1000 a 1500	123	32,7	32,7	97,3
	De 1500 a mas	10	2,7	2,7	100,0
	<b>Total</b>	<b>376</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

#### Cuenta con Refrigeradora

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	111	29,5	29,5	29,5
	No	265	70,5	70,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>376</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

#### Veces por semana

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
--	--	------------	------------	----------------------	-------------------------

Válido	Una vez	78	20,7	20,7	20,7
	Dos veces	62	16,5	16,5	37,2
	Tres veces	10	2,7	2,7	39,9
	Diaria	153	40,7	40,7	80,6
	Solo Domingo	73	19,4	19,4	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Cantidad de alimento Desecha

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Menos de 1 kg	342	91,0	91,0	91,0
	De 1 kg a 3 kg	34	9,0	9,0	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Disponer de un nuevo sistema de refrigeración

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	352	93,6	93,6	93,6
	No	24	6,4	6,4	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Disposición a Pagar por un nuevo sistema

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
--	--	------------	------------	----------------------	-------------------------

Válido	Menos de 300	54	14,4	14,4	14,4
	De 300 a 500	108	28,7	28,7	43,1
	De 500 a 800	110	29,3	29,3	72,3
	De 800 a 1200	104	27,7	27,7	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Alimento Pollo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	34	9,0	9,0	9,0
	Si	342	91,0	91,0	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Alimento Pescado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	118	31,4	31,4	31,4
	Si	258	68,6	68,6	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Alimento Verduras

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	150	39,9	39,9	39,9
	Si	226	60,1	60,1	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Alimento Frutas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
--	--	------------	------------	----------------------	-------------------------

Válido	No	157	41,8	41,8	41,8
	Si	218	58,0	58,0	99,7
	5	1	,3	,3	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Alimentos Otros

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	356	94,7	94,7	94,7
	Si	20	5,3	5,3	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Frecuencia de Consumo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Diario	163	43,4	43,4	43,4
	Cada 2 dias	175	46,5	46,5	89,9
	Semanal	36	9,6	9,6	99,5
	4	2	,5	,5	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Tiene energía eléctrica en casa

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
--	--	------------	------------	----------------------	-------------------------

Válido	Si	310	82,4	82,4	82,4
	No	66	17,6	17,6	100,0
	Total	376	100,0	100,0	

#### Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media		Desviación estándar	Varianza
				Estadístico	Error estándar		
Monto por consumo de Energía Eléctrica	376	0	200	33,99	1,484	28,773	827,893
N válido (por lista)	376						

#### Prueba de Independencia de Variables (Chi cuadrada)

		Ingresos en Soles			
		Menos de 500	De 500 a 1000	De 1000 a 1500	De 1500 a mas
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Cuenta con Refrigeradora	Si	2	42	57	10
	No	18	181	66	0

#### Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

Ingresos en  
Soles



Cuenta con Refrigeradora	Chi-cuadrado	56,504
	gl	3
	Sig.	,000*

Los resultados se basan en filas y columnas no vacías en cada subtabla más interior.

\*. El estadístico de chi-cuadrado es significativo en el nivel ,05.

		Cantidad de alimento Desecha			
		Menos de 1 kg	De 1 kg a 3 kg	De de 3 kg a 5 kg	
Recuento	Recuento			kg	Mas de 5 kg
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Disponer de un nuevo sistema de refrigeración	Si	318	34	0	0
	No	24	0	0	0

#### Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Cantidad de alimento Desecha
Disponer de un nuevo sistema de refrigeración	Chi-cuadrado	2,549
	gl	1
	Sig.	,110 <sup>a</sup>

Los resultados se basan en filas y columnas no vacías en cada subtabla más interior.

a. Más del 20% de las casillas de la subtabla han esperado recuentos de casilla menores que 5. Los resultados del chi-cuadrado podrían no ser válidos.

		Cantidad de alimento Desecha			
		Menos de 1 kg		De de 3 kg a 5 kg	
		De 1 kg a 3 kg	kg	Mas de 5 kg	
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Veces por semana	Una vez	70	8	0	0
	Dos veces	52	10	0	0
	Tres veces	10	0	0	0
	Diaria	141	12	0	0
	Solo Domingo	69	4	0	0

#### Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Cantidad de alimento Desecha
Veces por semana	Chi-cuadrado	6,314
	gl	4
	Sig.	,177 <sup>a,b</sup>

Los resultados se basan en filas y columnas no vacías en cada subtabla más interior.

a. Más del 20% de las casillas de la subtabla han esperado recuentos de casilla menores que 5. Los resultados del chi-cuadrado podrían no ser válidos.

b. El recuento de casilla mínimo esperado en esta subtabla es menor que uno. Los resultados del chi-cuadrado podrían no ser válidos.

Cantidad de alimento Desecha

		De de 3 kg a 5			
		Menos de 1 kg	De 1 kg a 3 kg	kg	Mas de 5 kg
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Alimento Pollo	No	32	2	0	0
	Si	310	32	0	0
Alimento Pescado	No	112	6	0	0
	Si	230	28	0	0
Alimento Verduras	No	132	18	0	0
	Si	210	16	0	0
Alimento Frutas	No	137	20	0	0
	Si	204	14	0	0
	5	1	0	0	0
Alimento Leche	No	196	12	0	0
	Si	146	22	0	0
Alimentos Otros	No	324	32	0	0
	Si	18	2	0	0

#### Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Cantidad de alimento Desecha
Alimento Pollo	Chi-cuadrado	,454
	gl	1
	Sig.	,500 <sup>a</sup>
Alimento Pescado	Chi-cuadrado	3,275
	gl	1
	Sig.	,070 <sup>a</sup>
Alimento Verduras	Chi-cuadrado	2,654
	gl	1
	Sig.	,103 <sup>a</sup>
Alimento Frutas	Chi-cuadrado	4,528
	gl	2
	Sig.	,104 <sup>a,b</sup>
Alimento Leche	Chi-cuadrado	6,064
	gl	1
	Sig.	,014 <sup>a,*</sup>
Alimentos Otros	Chi-cuadrado	,024
	gl	1
	Sig.	,878 <sup>a</sup>

Los resultados se basan en filas y columnas no vacías en cada subtabla más interior.

\*. El estadístico de chi-cuadrado es significativo en el nivel ,05.

a. Más del 20% de las casillas de la subtabla han esperado recuentos de casilla menores que 5.

Los resultados del chi-cuadrado podrían no ser válidos.

b. El recuento de casilla mínimo esperado en esta subtabla es menor que uno. Los resultados del chi-cuadrado podrían no ser válidos.

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: Zavaleta Zavaleta Rubén			FECHA: 25 / 04 / 2018	
ASESOR: LUIS JULCA VERÁSTEGUI				
TÍTULO: DISEÑO DE REFRIGERADOR DOMÉSTICO POR COMPRESIÓN DE VAPOR, CON ACCIONAMIENTO SOLAR FOTOVOLTAICO, PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS EN ALTO TRUJILLO - EL PORVENIR				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>1. Problema General:</b> ¿Cómo mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir?	<b>1. Objetivo General:</b> Diseñar un refrigerador doméstico operado por energía solar fotovoltaica, para mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir.	<b>1. Hipótesis General:</b> Es viable implementar un refrigerador doméstico operado por energía solar fotovoltaica, para mejorar la conservación de los alimentos consumidos por la población de Alto Trujillo, El Porvenir.	<b>V. Independiente</b> carga térmica	<b>1. Tipo de Investigación:</b> Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema, como es deficiencias en la conservación de alimentos de consumo humano. <b>2. Nivel de Investigación</b> Por el alcance de la investigación es descriptiva porque caracteriza un sistema de refrigeración solar doméstico. <b>3. Método:</b> Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a un refrigerador solar doméstico, utilizando modelos generales de sistemas de refrigeración y generación de energía solar fotovoltaica. <b>4. Diseño de la Investigación:</b> El diseño de investigación es experimental porque se manipulará la variable independiente; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento. <b>5. Población:</b> 11 667 viviendas en Alto Trujillo, El Porvenir. <b>6. Muestra:</b> 372 viviendas <b>7. Técnicas:</b> Encuesta. <b>8. Instrumentos:</b> Cuestionario <b>9. Indicadores:</b> Potencia térmica, eficiencia frigorífica, flujo másico, COP, VAN, TIR, ROI.
	<b>2. Objetivos Específicos</b> a) Elaborar el diagnóstico de la situación actual del uso de sistemas de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo. b) Estimar la demanda de energía eléctrica para uso de refrigeración doméstica en la población de Alto Trujillo. c) Determinar el nivel de radiación solar en Alto Trujillo. d) Implementar un sistema de refrigeración, que satisfaga la demanda de la población de Alto Trujillo. e) Evaluar experimentalmente el diseño propuesto del sistema de refrigeración f) Evaluar la factibilidad económica de la propuesta, usando suministro solar fotovoltaico.	<b>2. Hipótesis Específicas (opcional):</b>	<b>V. Dependiente:</b> Características técnicas y operativas	
			<b>V. Intervinientes:</b>	

Figura 48 Matriz de consistencia

Fuente: Elaboración de formato UCV

**Tabla 31** Calores específicos y temperaturas de conservación y congelación de diversos productos alimenticios y líquidos

Calores específicos y temperaturas de conservación y congelación de diversos productos alimenticios y líquidos							
	Conservación				congelamiento		
	Temperatura recomendada ° C	calor específico sobre 0°C	HR%	Respiración frig/día/kg	Temperatura recomendada a °C	Calor específico sobre 0°C	Calor latente de congelación
<b>Carnes</b>							
ternera	2 a 4	0,7	80/85		menos 15/20	0.40	51
buey	2 a 4	0.77	80/85		menos 15/20	0.42	56
cerdo	2 a 4	0,67	80/85		menos 12/15	0.37	47
carnero	2 a 4	0,81	80/85		menos 12/15	0.39	36
cerdo	2 a 4	0,65	80/85				
carne salada	2 a 4	0,66	65/70				
despojos	2 a 4	0,8	80/85				
aves y caza	1 a 3	0,8	80/85		menos 12/15	0.42	59
manteca de cerdo	4 a 7	0,54	80/85			0.31	50
embutidos	2 a 4	0,89	80/85			0.56	52
tripas	2 a 4	0,6	80/85				
<b>Pescado</b>							
Fresco en hielo	menos 1 a 2	0,82	90/95		menos 15/20	0.41	
pesca salada	2 a 4	0,56	65/70			0.34	36
marisco	0 a 2	0,84	80/85			0.45	67
<b>Frutas</b>							
manzanas	2 a 6	0,92	80/85	0.41		0.39	67
limones	10 a 15	0,91	80/85	0.22		0.39	68
melones	1 a 3	0,9	80/85	0.55		0.35	71
naranjas	1 a 3	0,92	80/85	0.38		0.40	68
melocotones	1 a 3	0,92	85/90	0.55		0.42	70
peras	1 a 3	0,9	85/90	3.64		0.45	67
platanos	12 a 14	0,81	85/95	2.3		0.42	60
fresas	menos 1 a 2	0,92	85/90	1.82		0.47	72
uvas	0 a 3	0,92	80/85	0.27		0.38	63
cerezas	0 a 2	0,86	80/85	3.66		0.45	66
ciruelas	0 a 2	0,83	80/85			0.45	67
datiles	10 a 15	0,83	75/80			0.44	66
frambuesas	2 a 7	0,92	80/85	1.83		0.48	69
albaricoques	1 a 3	0,87	80/85			0.46	69
higos	7 a 12	0,82	80/85			0.48	62
frutos secos	3 a 7	0,45	70/75			0.27	
<b>Verduras</b>							
Esparragos	2 a 7	0,95	80/85			0.44	75
habas	2 a 7	0,92	80/85			0.47	71
coles	2 a 7	0,93	85/90			0.47	71
lechuga	2 a 7	0,95	85/90			0.48	66
cebollas	4 a 10	0,9	75/80	0.55		0.46	66
patatas	2 a 7	0,78	80/95	0.46		0.44	58

Fuente: (Catalá Gregori, 2008)

**Tabla 32** Proyección de horas en funcionamiento de un refrigerador doméstico

Proyección de horas de funcionamiento de un refrigerador doméstico		
Hora	Tiempo de trabajo en minutos	Tiempo de descanso en minutos
6.00am	50	20
7.10 am	25	15
7.50 am	20	12
8.22am	20	14
8.56 am	25	15
9.36 am	18	10
10.08 am	20	12
10.40 am	18	12
11.10 am	22	13
11.45 am	20	12
12.17 pm	18	10
12.45 pm	22	12
13.19 pm	18	10
13.47 pm	22	12
14.21 pm	20	12
14.53 pm	18	10
15.21 pm	20	12
15.53 pm	18	10
16.21 pm	20	12
16.53 pm	18	10
17.21 pm	21	13
17.55 pm	20	12
18.27 pm	20	13
19.00 pm	20	14
19.34 pm	18	12
20.04 pm	20	14
20.38 pm	18	12
21.08 pm	20	14
21.42 pm	20	12
22.14 pm	20	12
22.46 pm	20	14
23.20 pm	10	15
23.45 pm	12	20
00.17 am	15	20
00.52 am	12	15
01.19 am	13	10
01.42 am	15	10
02.07 am	14	10
02.31 am	10	13
02.54 am	15	10
03.19 am	12	15
03.46 am	12	15
4.13 am	10	15
4.38 am	12	17
5.07 am	12	18
5.37 am	12	11
6.00 am		
	835	601

Fuente: *Elaboración propia*

TEMPERATURA	PRESION ABSOLUTA	DENSIDAD LIQUIDO	DENSIDAD V APOR	ENTALPIA LIQUIDO	ENTALPIA VAPOR
40.00	5.308	531.2	13.63	123.7	435.8
41.00	5.449	529.8	13.99	126.3	437.1
42.00	5.592	528.5	14.35	128.9	438.4
43.00	5.739	527.1	14.73	131.5	439.8
44.00	5.888	525.7	15.10	134.1	441.1
45.00	6.040	524.4	15.49	136.6	442.4
46.00	6.195	523.0	15.89	139.3	443.7
47.00	6.352	521.6	16.29	141.9	445.0
48.00	6.513	520.2	16.70	144.5	446.3
49.00	6.677	518.8	17.12	147.1	447.6
50.00	6.843	517.4	17.55	149.8	448.9
51.00	7.013	515.9	17.99	152.4	450.2
52.00	7.186	514.5	18.43	155.1	451.5
53.00	7.362	513.0	18.89	157.7	452.8
54.00	7.541	511.6	19.36	160.4	454.1
55.00	7.723	510.1	19.83	163.1	455.4
56.00	7.908	508.6	20.32	165.8	456.7
57.00	8.097	507.2	20.81	168.5	458.0
58.00	8.289	505.7	21.32	171.2	459.2
59.00	8.484	504.2	21.83	173.9	460.5
60.00	8.683	502.7	22.36	176.6	461.8
61.00	8.885	501.1	22.90	179.3	463.0
62.00	9.090	499.6	23.45	182.1	464.3
63.00	9.299	498.1	24.01	184.8	465.6
64.00	9.512	496.5	24.58	187.6	466.8
65.00	9.728	494.9	25.17	190.4	468.0
66.00	9.947	493.4	25.76	193.1	469.3
67.00	10.17	491.8	26.38	195.9	470.5
68.00	10.40	490.2	27.00	198.7	471.7
69.00	10.63	488.5	27.63	201.5	473.0

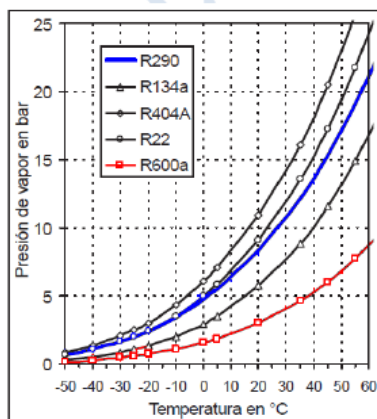


Figura 1: Presión de vapor para diferentes refrigerantes frente a temperatura.

www.Alibaba.com

Trade Center IP: 113. \*\*. \*\*\*. 44

Malina Ma de China (continental) le ha enviado una consulta

Ver detalles Administre sus pedidos

Jacky Lui Malina Ma Shenzhen Meisongmao Industrial Co., Ltd.

Hola, ruben zavaleta

Estimado Gerente

Con la acción de la marca: Yingli, JA, JINKO, panel solar polivinílico de GCL A grado.

¡Sinceramente!

Equipo de Ventas .-- Malina

Malina Ma

Shenzhen Meisongmao Industrial Co., Ltd.

CN

Principales mercados África, Medio Oriente, Oceanía, Europa del Norte, Europa del Este, Europa del Sur, Asia del Este, América Central, Asia del Sur, América del Sur, mercado interno, sudeste asiático, Europa occidental, América del Norte

Principales productos Panel solar, célula solar, energía solar, energía solar fotovoltaica, productos solares

Sistema solar monocristalino al por mayor del módulo del panel solar de la energía de Sun del panel de 340watt

30 Unidad (es) US \$ 93.5

Precio total: US \$ 2805



Sugerir un cambio

## SISTEMA ELÉCTRICO

### REFRIGERADOR RZMIN18 220 VAC

