



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica Y Eléctrica  
III Programa de Elaboración de Tesis**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de un sistema de captación de la humedad  
atmosférica para abastecer de agua para el consumo  
humano a la población del caserío la laguna,  
Cañaris – Ferreñafe – Lambayeque**

Autor:

**Bach. Chambergo Bances Ronald Augusto**

Asesor:

**Ing. Tapia Asenjo Robinson**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**Enero – 2023**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica Y Eléctrica  
III Programa de Elaboración de Tesis**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de un sistema de captación de la humedad  
atmosférica para abastecer de agua para el consumo  
humano a la población del caserío la laguna,  
Cañaris – Ferreñafe – Lambayeque**

Autor:

**Bach. Chambergo Bances Ronald Augusto**

Aprobado por el Jurado Examinador:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>: Dr. Salazar Mendoza Anibal</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>: Msc. Méndez Cruz Oscar</b>
<b>MIEMBRO</b>	<b>: Ing. Julca Orozco Teobaldo Oscar</b>
<b>ASESOR</b>	<b>: Ing. Tapia Asenjo Robinson</b>

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**Enero - 2023**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica Y Eléctrica  
III Programa de Elaboración de Tesis

## TESIS


TÍTULO:

**Diseño de un sistema de captación de la humedad  
atmosférica para abastecer de agua a la población para  
el consumo humano del caserío la laguna, Cañaris -  
Ferreñafe - Lambayeque**

CAPÍTULO I : PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN  
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO  
CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO  
CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN  
CAPÍTULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS  
CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**Autor: Bach. Chambergó Bances Ronald Augusto**

  
PRESIDENTE  
  
MIEMBRO

  
AUTOR

  
SECRETARIO  
  
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Enero 2023

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada:

A mis padres Juan y Blanca, quienes han forjado mi camino enseñándome valores que definen la persona que soy en la actualidad.

A mi hermano Francis, quien ha estado siempre conmigo apoyándome.

A mi hija Aymé, el motor de mi vida que aun a su corta edad me ha enseñado y me sigue enseñando muchas experiencias de esta vida, ha sido mi mayor motivación para poder culminar esta tesis.

*Bach. Chambergo Bances Ronald Augusto*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme brindado una familia que con su ejemplo me han enseñado a ser una mejor persona cada día, cultivando en mí valores y ganas de superación y triunfo en la vida, sé que siempre podré contar con ellos.

A mi Alma Mater, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por permitirme ser parte de ella y convertirme en un profesional en lo que me apasiona, así como también a los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que con su experiencia nos transmitían grandes enseñanzas para poder formarnos como profesionales, gracias por su dedicación y calidad educativa.

Agradezco también a todas aquellas personas que me acompañaron durante toda esta etapa de mi vida, quienes contribuyeron a mi formación y me prestaron su ayuda incondicional.

*Bach. Chambergo Bances Ronald Augusto*

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar el dispositivo para la obtención de agua del aire húmedo para el consumo humano en el caserío La Laguna, debido a que la zona estudio no presenta una red agua para abastecer a su población que asciende a las 174 personas, por ello seleccionaron diferentes elementos como compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión para la generación de agua, produciendo un total de  $3892,8 \frac{L}{día}$ , para abastecer de energía al dispositivo se emplea kits solares conectados a la red para garantizar su funcionamiento y por ultimo analizando el costo beneficio del proyecto se determina que se tiene un VAN de S/414,304.17 y un TIR de 54,13 % con una tasa de oportunidad del 12%, convirtiéndolo en un proyecto viable.

**Palabras clave:** Dispositivo, Condensación, Humedad del aire

## **ABSTRACT**

The main objective of this research is to design the device for obtaining water from humid air for human consumption in the hamlet of La Laguna, because the study area does not have a water network to supply its population of 174 people, so they selected different elements such as compressor, evaporator, condenser and expansion valve to generate water, producing a total of 3892,8 L/day, to supply energy to the device is used solar kits connected to the network to ensure its operation and finally analyzing the cost benefit of the project is determined to have an NPV of S/414,304.17 and an IRR of 54,13 % with an opportunity rate of 12%, making it a viable project.

**Keywords:** device, condensation, air humidity

## ÍNDICE

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.    Realidad Problemática .....	1
1.1.1    Contexto internacional.....	1
1.1.2    Contexto Nacional .....	3
1.1.3    Contexto Local.....	5
1.2.    Formulación del Problema.....	6
1.3.    Delimitación de la Investigación .....	6
1.3.1.    Delimitación espacial.....	6
1.3.2.    Delimitación Temporal .....	7
1.4.    Justificación e Importancia de la Hipótesis .....	7
1.5.    Limitaciones de la Tesis.....	8
1.6.    Objetivos de la Tesis.....	9
1.6.1.    Objetivo General.....	9
1.6.2.    Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1.    Antecedentes de Estudios .....	10
2.2.    Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Desarrollado .....	17
2.2.1.    Psicometría.....	17
2.2.2.    Capacidad calorífica y calor específico .....	19
2.2.3.    Transferencia de calor.....	20
2.2.4.    Presión Atmosférica (P).....	20
2.2.5.    Humedad Absoluta (Ha) .....	20
2.2.6.    Humedad específica (He).....	21



2.2.7. Humedad relativa (HR).....	21
2.2.8. Humedad porcentual o molar (Ym) .....	22
2.2.9. Volumen específico (VH) .....	22
2.2.10. Evaluación de la humedad atmosférica.....	23
2.2.11. Condensación.....	23
2.2.12. Temperatura de punto de rocío .....	26
2.2.13. Entalpía .....	26
2.2.14. Enfriamiento con deshumidificación .....	27
2.2.15. Ciclo de compresión mecánica simple.....	29
2.2.16. Refrigerantes .....	32
2.2.17. Evaporador .....	35
2.2.18. Condensador .....	36
2.2.19. Compresor.....	37
2.2.20. Software .....	38
2.2.21. Definición Conceptual de la Terminología Aplicada .....	41
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	43
3.1. Tipo y nivel de la investigación .....	43
3.2. Hipótesis .....	43
3.2.1. Hipótesis General.....	43
3.2.2. Hipótesis Específica.....	43
3.3. Métodos y técnicas de investigación.....	44
3.3.1. Métodos.....	44
3.3.2. Técnicas .....	44
3.4. Diseño de la investigación .....	44

3.5.	Población y muestra.....	45
3.6.	Operacionalización de variables .....	46
3.7.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	47
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos.....	47
3.7.2.	Instrumentos de investigación.....	47
3.8.	TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS .....	47
CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN .....		48
4.1.	Características ambientales del caserio la laguna .....	48
4.2.	Parámetros de diseño y selección de equipos .....	52
4.2.1.	Selección de refrigerante.....	52
4.2.2.	Técnica utilizada para la condensación.....	58
4.2.3.	Variación de presión atmosférica: .....	59
4.2.4.	Temperatura de Punto de Rocío ( <b>Troc</b> ) .....	60
4.2.5.	Evaluación del rendimiento del dispositivo en un ciclo termodinámico real .....	63
4.2.5.	Selección del evaporador: .....	69
4.2.6.	Selección de condensador: .....	70
4.2.7.	Selección de compresor: .....	71
4.2.8.	Selección de ventilador: .....	72
4.2.9.	Selección de válvula de expansión .....	73
4.2.10.	Depuración del agua condensada.....	73
4.3.	Selección de energía para abastecer el dispositivo .....	75
4.4.	Análisis económico del proyecto .....	76
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		79
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		84

Conclusiones .....	84
Recomendaciones.....	85
Bibliografía .....	86
Anexos .....	90
Anexo A: Registro de Humedad relativa, velocidad del viento e Irradiación .....	90
Anexo B: Tablas termodinámicas del refrigerante R407C .....	92
Anexo C: Ficha técnica del r407c .....	94
Anexo D: Tabla termodinámica del agua vapor saturado.....	95
Anexo E: Tabla termodinámica del agua temperatura saturada .....	96
Anexo F: Simulación DEL CICLO EN COOLPACK.....	97
Anexo G: Diagrama de Mollier para el Refrigerante R407 .....	97
Anexo H: Plano del Evaporador .....	98
Anexo I: Plano del Condensador .....	100
Anexo J: Datos Técnicos del compresor.....	102
Anexo K: Datos técnicos del ventilador .....	104
Anexo L: Datos Técnicos del Kit de paneles solares.....	106
Anexo M: Gráfico referencial del dispositivo.....	107
Anexo N: Costos de proyecto de preinversión en el caserio la laguna .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Caserío La Laguna – Lambayeque.....	XIII
Figura 2 Diagrama Psicrométrico ASHRAE .....	18
Figura 3 Factores by-pass en un proceso de enfriamiento sensible y deshumidificación .....	25
Figura 4 Proceso de deshumidificación y enfriamiento.....	28
Figura 5 Ciclo de Refrigeración por compresión.....	30
Figura 6 Diagrama de presión-entalpía. Ciclo de compresión.....	31
Figura 7 Principales ventanas de EES .....	39
Figura 8 Programa CoolPack .....	41
Figura 9. Estación Incahuasi (SENAMHI) .....	48
Figura 10. Ciclo del refrigerante R134a .....	55
Figura 11. Ciclo del refrigerante R404A .....	55
Figura 12. Ciclo del refrigerante R407C.....	56
Figura 13. Ciclo del refrigerante R410A .....	56
Figura 14. Ciclo del refrigerante R22 .....	57
Figura 15. Balance de masa global .....	67
Figura 16. Tabla de selección de dimensiones del evaporador.....	69
Figura 17. Ciclo de depuración de agua.....	74
Figura 18.Comportamiento anual de la Humedad Relativa.....	79
Figura 19. Comportamiento de la temperatura .....	80
Figura 20. Comportamiento del viento .....	81
Figura 21. Comportamiento de la irradiación .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores By pass .....	26
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	46
Tabla 3. Registros de Humedad (2015 – 2020) .....	49
Tabla 4. Registros de temperatura (2015-2020) .....	50
Tabla 5. Datos de velocidad del viento (2020) .....	50
Tabla 6. Datos de Irradiación (2020) .....	51
Tabla 7. Hipótesis de cálculo .....	54
Tabla 8. Comparación entre refrigerantes.....	57
Tabla 9. Características técnicas del compresor .....	71
Tabla 10. Características del ventilador.....	72
Tabla 11. Características de la válvula de expansión .....	73
Tabla 12. Características técnicas del Kit de panales solares .....	75
Tabla 13. Costos del proyecto.....	77
Tabla 14. Beneficio por año.....	77

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.REALIDAD PROBLEMÁTICA**

#### **1.1.1 Contexto internacional**

El agua está en el centro del desarrollo sostenible y es esencial para el progreso económico y social, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y la vida de todos.

El 40% de las personas que viven en el mundo son afectadas debido a la escasez del agua. En África, la mayoría de las personas en áreas rurales no tienen acceso a agua potable, y en América Latina, más de cien millones de personas no tienen acceso a saneamiento.

No beber agua puede provocar enfermedades, incluida la muerte, que afectan directamente la salud de los consumidores. Alrededor de 842.000 personas mueren cada año a causa de la diarrea provocada por el consumo de bebidas antihigiénicas o antihigiénicas. Asimismo, en varios países en desarrollo, las mujeres y las niñas son las más afectadas porque son las más confiables cuando se trata de llevar el agua lejos de casa.

En los países desarrollados consumen unos 350 litros/persona/día, mientras que en muchos países en vías de desarrollo solo consumen entre 2 y 5 litros/persona/día.

Uno de los acontecimientos más significativos fue la Declaración de la Asamblea General de las Naciones Unidas sobre los Derechos Humanos al Agua y el Saneamiento en julio de 2010 (Naciones Unidas, 2010). La Junta ha reconocido que toda persona tiene derecho a acceder a agua segura, limpia, asequible y físicamente disponible para uso doméstico y personal.

### **1.1.2 Contexto Nacional**

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019) ubica al Perú en el puesto 17 a nivel mundial en términos de disponibilidad de agua per cápita, mientras que el Banco Mundial ocupa el puesto 14 en acceso al agua a nivel latinoamericano.

Según la Organización Mundial de la Salud, en 2015 el 76% de la población tenía acceso a servicios de agua potable. De igual forma, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2014), Loreto con 55,83%, Ucayali con 62,12%, Puno con 66,91% y Huánuco con 73% son los departamentos con menor probabilidad de acceso a agua potable del país. Cifras similares muestran que Moquegua con 96%, Callao con 95%, Lima con 93% y Tacna con 92% son los departamentos con mayor porcentaje de personas con acceso a agua potable.

En 2011, más del 70% de los hogares utilizaban agua de redes públicas y piscinas públicas. Sin embargo, todavía el 23,8% de los hogares utiliza agua de cisternas, pozos, agua de río u otros medios. Existen claras diferencias entre las áreas urbanas y periurbanas, donde los servicios de agua y saneamiento no son utilizados por las ciudades jóvenes y los pueblos pequeños.

Quienes no tienen acceso a servicios de subsistencia se abastecen de agua por medio de cisternas, las cuales proveen esta materia prima a un costo mayor,



gastando 2 veces más que quienes tienen acceso a una vivienda. Estas personas deben usar el agua con sensatez; es decir, restricciones a la higiene personal, limpieza de viviendas y vestimenta, así como su consumo.

Los hogares en áreas rurales (38.6%) y en bosques (55%) tienen el menor acceso a agua de la red pública.

### **1.1.3 Contexto Local**

El porcentaje de agua potable en las provincias de Chiclayo y Lambayeque es de 79,87% y 77,19%, respectivamente. Contrariamente, en la provincia de Ferreñafe cuenta con una cobertura menor al 75%, lo que es preocupante ya que la cuarta parte de esta provincia no tiene acceso a conexiones de agua potable.

En el caserío La Laguna del distrito de Cañaris cuenta con 174 habitantes los cuales sufren por la falta de agua, especialmente en la temporada de verano, afectando considerablemente la salud de los habitantes, en especial de infantes y ancianos ya que en ocasiones pueden sufrir de deshidratación, la problemática de la escasez de agua radica en que no se cuenta con una red que abastezca de este servicio básico debido a que la zona es alejada de la red principal de agua y además cuenta con un territorio de difícil acceso para los visitantes y pobladores, además a su vez cabe resaltar que el caserío no cuenta con un sistema como pozos tubulares que abastezcan de agua a la población.

El INEI (2019) indica que una persona en un día normal suele consumir 20 litros diarios por lo que, haciendo una operación sencilla entre este dato y el número de habitantes, los litros diarios que necesita la población es de 3480 litros al día, por lo tanto, esa será la cantidad objetivo que debe alcanzar el/los dispositivos(s).

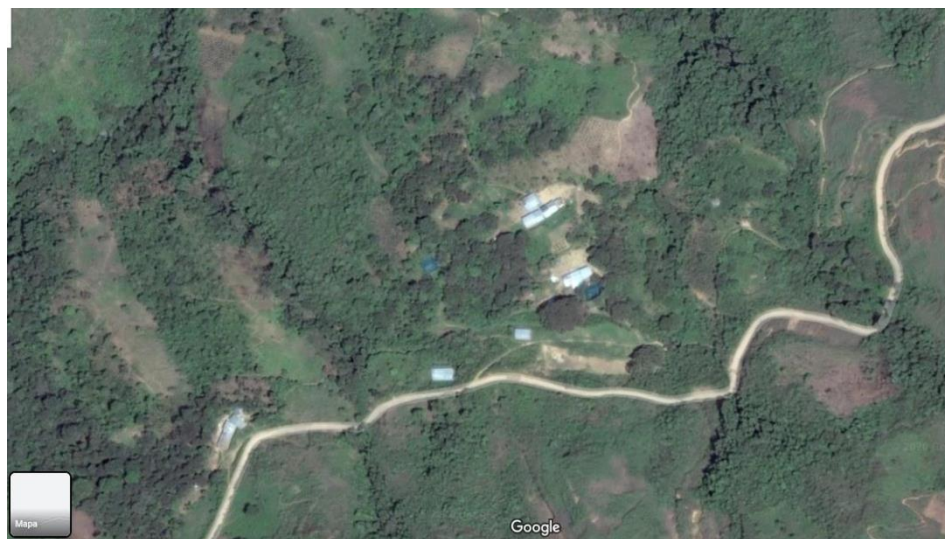
## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible diseñar un sistema para la obtención de agua del aire húmedo que permita el abastecimiento de agua para el consumo humano en el caserío La Laguna obteniendo aproximadamente 3480 litros diarios para poder cubrir con las necesidades básicas de salud e higiene?

## 1.3.DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Delimitación espacial

El caserío La Laguna; está ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe, distrito de Cañaris. A una altura de 2075 msnm.



*Figura 1 Ubicación del Caserío La Laguna – Lambayeque*

Vista Satélite  
Fuente: Google Maps

### **1.3.2. Delimitación Temporal**

El desarrollo y culminación de la presente tesis tiene una duración de 06 meses.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA HIPÓTESIS**

La obtención de agua en el caserío La Laguna es de vital importancia ya que sabemos que este elemento es indispensable para la vida, salud y bienestar de los pobladores y para cualquier ser viviente, ya que no cuentan con este recurso, para poder adquirirlo caminan largas horas y deben realizar altos pagos.

Por otro lado, la presente investigación muestra una propuesta distinta a las convencionales debido a que se aprovechan los recursos que presenta la zona, como es la humedad atmosférica y la energía, para poder solucionar un problema local.

Así mismo, se justifica de manera ambiental ya que no utiliza una energía convencional para que el sistema pueda funcionar, si no que aprovecha la energía proveniente del sol para garantizar el funcionamiento del sistema.

A su vez, la investigación servirá para futuros proyectos sobre el tema tratado, ya que puede ser de referencia en solucionar problemas de igual importancia o similares en zonas de difícil acceso para las autoridades en las cuales no se puedan llevar a cabo proyectos para llevar agua a las comunidades más alejadas.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA TESIS**

- El estudio se limita a fuentes de información meteorológica de la estación más cercana del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) e información brindada por autoridades de la localidad del distrito de Cañaris.
- La escasa información acerca de los estudios realizados en el país, dificultaron la realización del proyecto, una solución fue buscar en países donde se haya realizado la elaboración de estos dispositivos.
- Se consideró el modelo de condensación por gotas ya que existió más información acerca del tema de estudio, descartando intercambiadores termoeléctricos por efecto Peltier.

## **1.6. OBJETIVOS DE LA TESIS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de captación de agua de la humedad mediante un sistema de refrigeración por compresión de vapor para generar 3480L/día en el caserío La Laguna, Cañaris - Ferreñafe.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinación de las características ambientales en el caserío La Laguna.
- ✓ Determinación de los parámetros de diseño y seleccionar los equipos.
- ✓ Seleccionar una energía que pueda abastecer el dispositivo.
- ✓ Análisis económico del proyecto

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

Según **Rodríguez** (2016) en su trabajo de fin de grado titulado “Diseño y cálculo de un dispositivo para la obtención de agua potable por condensación de la humedad del aire”, tuvo como objetivo el diseño y cálculo de un ciclo de compresión mecánica simple, que le permite a su dispositivo obtener agua del aire húmedo para poder utilizarlo para el consumo humano. El dispositivo fue diseñado para cubrir las necesidades de agua en el Departamento del Amazonas de Colombia. Finalmente, el autor concluyó que:

“Los resultados de las simulaciones dan una idea del precio final del agua obtenida, que roza los 29 €/m<sup>3</sup> (incluyendo procesos de depuración, consumibles y amortización de la máquina), frente a los cerca de 104 €/m<sup>3</sup> del agua embotellada o los 50 €/m<sup>3</sup> de otras máquinas condensadores no optimizadas para el Amazonas colombiano”. (Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP , 2017 , 2016, p. 2).

**Publicaciones Multidisciplinarias de Ciencias e Ingeniería en el Polo de Educación, Investigación y Publicación (POCAIP) (2017), Ecuador.** Se dedica a la descripción del proyecto, que intenta suplir la falta de acceso a este recurso mediante la condensación de vapores en el aire y pretende mostrar cómo condensar agua limpia y de buena calidad para las necesidades del consumo humano. Un condensador está destinado a satisfacer las necesidades más básicas, que son la humidificación diaria, la prevención de enfermedades y la cocción.

Finalmente, se concluyó que:

“Las condiciones ideales de condensación para implementar este dispositivo son en zonas con temperatura ambiental cercana a 20°C y humedad aproximada de 70%, con ello se garantiza y eficiente funcionamiento del dispositivo. La calidad del agua obtenida por captación de rocío o condensación genera un agua de alta calidad y pureza, esto hace que el agua potable pueda ser accesibles en zonas remotas; y podría ser la solución a la escasez de este recurso en zonas rurales o pobres, en todo el mundo; sobre todo en lugares donde este recurso no pueda llegar en tuberías de red pública, o éstas se hallan roto por algún desastre natural”. (Dominio de las Ciencias, Vol. 4, p. 395)



Según **Barinas & Camargo** (2018) en su trabajo de grado, titulado “Sistema de generación de agua mediante humedad del aire”, para optar el título profesional de Ingeniero en Control en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia, tuvo como objetivo diseñar e implementar un prototipo recolector de agua mediante la humedad del aire al cual se le implemente monitoreo y control del proceso. Este trabajo se dividió en cuatro fases, la primera de ellas era un sistema con el que le permitiría obtener la mayor parte de agua obtenida del aire húmedo. En el que se realizaron pruebas con celdas de peltier y circuitos de refrigeración, para alimentar se utilizó energía renovable. En la segunda fase se escogió el sistema que genero la mayor cantidad de agua. En la tercera fase implementa la instrumentación con los sensores y actuadores que se necesitaban para una óptima operación de la planta, en la última fase se diseñan y se realizan las pruebas de control, el cual en este caso es un PI.

Finalmente, los autores concluyeron que:

“Se pudo mostrar, como con el método de condensación por medio de un radiador. Se obtiene una cantidad mucho mayor a la generada por las celdas de peltier, debido a que la superficie al ser mayor tiene más lugar para recolectar el agua”. (Barinas & Camargo, 2018)

Según el autor **Cuarez A. (2018)** en su tesis titulada “Acondicionamiento e implementación de un sistema termodinámico de condensación de agua atmosférica en el distrito de Hunter-Arequipa” Donde su objetivo principal fue la construcción de un prototipo para la condensación de agua atmosférica en el distrito de Hunter, en esta investigación se determinaron los parámetros adecuados para el funcionamiento del dispositivo teniendo en cuenta una temperatura de 16,4 °C, humedad relativa de 41 % y la temperatura de punto de rocío 3,5 °C. Se concluyó que el volumen promedio producido fue de 87 mL/h de agua condensada, siendo este resultado el óptimo en las condiciones ambientales mencionadas.

En el artículo de **Osuna et al (2017)** titulado “Módulo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las energías renovables” tuvo como objetivo el diseño y fabricación de un sistema de generación de agua mediante la absorción de humedad atmosférica. Donde se construye el dispositivo que a su vez para su abastecimiento de energía utilizó como recurso la energía solar y la eólica.

**Mosquera & Ramirez (2017)** En su artículo titulado “Obtención de Agua Mediante Condensación de la Humedad del Aire de la Ciudad de Santa Marta” don tuvo como objetivo la creación de un mecanismo a pequeña escala para la

captación del agua del medio ambiente sonde como resultado se obtuvo la obtención de 1,186 litros de agua con una temperatura de 27 a 30 °C y con una humedad relativa que va de 70% a 87%.

**(D. Kumar & V. Agarwal, 2022)** en su artículo titulado “Investigación de condensación de vapor de agua atmosférico y análisis de características como agua potable” en donde se refieren a la problemática de la escasez de agua en el mundo y en donde expone los diferentes métodos para la recuperación de agua de la atmosfera, los métodos propuestos utilizan dispositivos Peltier para la condensación del agua y se investigó acerca de las condiciones óptimas para la producción del agua a partir de la humedad atmosférica, en conclusión el estudio ayudará a las zonas costeras de la India para la potabilidad.

**(Dia, Abdul, Vassallo, Chiesa, & Abbas, 2014)** Este documento examina una solución alternativa para situaciones de emergencia donde el agua dulce y los servicios públicos a menudo se interrumpen. Se experimentó con la generación de agua dulce de la atmósfera usando un deshumidificador de rueda desecante enfriado por aire a pequeña escala. El agua condensada se recolectó y registró sistemáticamente contra los datos meteorológicos locales. Se construyó un modelo sintético que simulaba el diseño real del experimento en TRNSYS. El modelo validó los resultados experimentales y generó aproximadamente 52 litros en 9 días. Luego, el modelo validado se ejecuta para tres climas

diferentes; Sydney, Abu Dhabi y Londres para estimar la producción anual de agua. Abu Dhabi mostró los mejores resultados en comparación con Sydney y Londres al generar 18.5 kL de agua al año. El modelo se desarrolla aún más para evaluar los beneficios termodinámicos del uso de aire procesado deshumidificado como corriente de alimentación para un sistema de aire acondicionado a pequeña escala propuesto. La energía requerida para el proceso de regeneración de la rueda se obtiene mediante la ganancia térmica de paneles solares PVT modificados donde el calor estancado en la parte posterior se usa para calentar la corriente de aire de regeneración. Se encontró que el proceso de deshumidificación puede disminuir significativamente la carga latente del acondicionador de aire y llevar fácilmente el nivel de humedad interior a la zona de confort humano. Sin embargo, el aire de proceso deshumidificado también aumenta la carga sensible debido a la temperatura más alta asociada con el proceso de deshumidificación. Los paneles solares fotovoltaicos en la azotea pueden satisfacer fácilmente la demanda de energía.

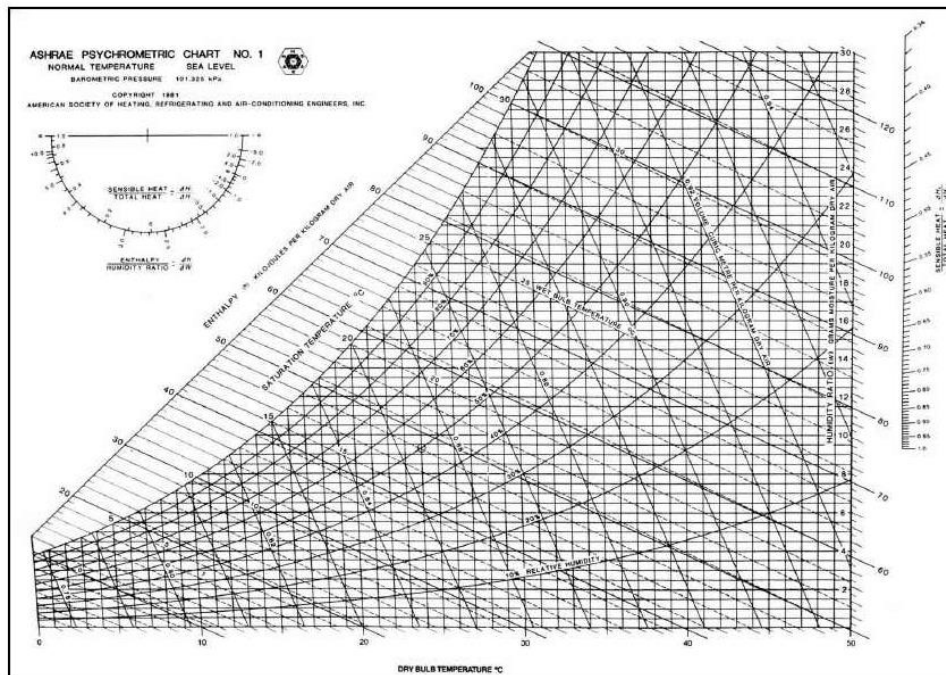
**(Balseca Sampedro, Caicedo Reyes, Mayorga Pérez, Orna Chávez, & Viteri Núñez, 2018)** en su artículo titulado “Proyecto de diseño de un condensador con Fuente Eólica para obtención de agua” donde tuvo como objetivo condensar el agua de manera limpia y de calidad para el consumo humano mediante un dispositivo de condensación. Así, la diferencia de

temperatura entre el aire y el suelo es un factor decisivo en el diseño, ya que se produce de forma natural sin consumo energético adicional. A lo largo de la historia han evolucionado varios mecanismos de condensación, el más eficiente de los cuales es alcanzar el punto de rocío cambiando la temperatura sin considerar la humedad relativa. Este es el mecanismo de trabajo del proyecto. Este trabajo fue diseñado para las regiones de la serranía del país, y desde aquí se puede extrapolar el trabajo a regiones más cálidas.

## **2.2. DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA DESARROLLADO**

### **2.2.1. Psicometría**

De acuerdo con (Rodriguez, 2016) es la ciencia que investiga las propiedades termodinámicas del aire húmedo. Cuando el equipo intenta extraer agua del aire húmedo, es muy importante saber qué mecanismo conduce a la condensación de agua. El aire, conocido como húmedo, consiste en aire seco y vapor de agua. La composición general del aire seco: N (nitrógeno), O (oxígeno), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y otros gases. Por su relación con la temperatura, el aire tiene la característica de captar una cantidad de vapor de agua. Porque a mayor temperatura obtendremos menos vapor de agua ya menor temperatura obtendremos más vapor de agua; mantenerlo a presión atmosférica constante. También se cree que es un método de seguimiento de las propiedades térmicas del aire húmedo, el llamado psicograma, es decir, un gráfico en el que se relacionan varios parámetros, como: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, grado de saturación, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor percibido, calor latente y volumen de aire. Depende del valor de la atmósfera.



*Figura 2 Diagrama Psicrométrico ASHRAE*

Fuente: (ASHRAE, 2020)

Visto todo esto, pasemos al análisis de los procesos básicos más característicos a los que se ve sometido el aire húmedo.

### **Deshumidificación por enfriamiento**

La deshumidificación es la eliminación del vapor de una mezcla de gas y vapor, y en lo que respecta a este proyecto, la separación de las moléculas de vapor de agua del aire húmedo. Hay varios métodos utilizados para la deshumidificación que utilizan una de las tres tecnologías principales: condensar el vapor de agua llegando al punto de rocío, utilizar materiales de sorción para absorber el vapor de agua y membranas de separación de gases (Chandler, 2017).

#### **2.2.2. Capacidad calorífica y calor específico**

La capacidad térmica (Q) es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura del sistema en un grado Celsius (°C)

$$Q = C\Delta T$$

El calor específico o la capacidad calorífica específica es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de una sustancia en un grado Celsius por cada gramo de ella (Cengel & Boles, 2012).

$$Ce = \frac{Q}{m\Delta T}$$



### **2.2.3. Transferencia de calor**

Es un proceso en el que se menciona energía en diferentes cuerpos en forma de calor o en diferentes partes de un cuerpo, a diferentes temperaturas. El calor se transmite por conducción, convección o radiación. La conducción es la transferencia de calor a través de un sólido, la convección es la transferencia de calor por el intercambio de moléculas frías o calientes, la radiación es la transferencia de calor por radiación electromagnética, generalmente infrarroja. (Cengel & Boles, 2012).

### **2.2.4. Presión Atmosférica (P)**

La presión atmosférica es lo que hace que el peso de una masa actúe sobre la Tierra. Este valor será mayor o menor dependiendo de la altitud a la que te encuentres, pero también puede verse afectado por corrientes de aire frío o caliente.

Su valor a nivel del mar, se considera el valor máximo de la presión atmosférica, aunque existen zonas por debajo de dicho nivel. Su valor corresponde a los 1013 mbar o 760 mmHg.

### **2.2.5. Humedad Absoluta (Ha)**

La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua presente en un volumen dado de aire. La humedad absoluta se mide en kilogramos de vapor de agua por metro cúbico de aire. (Leon del Barrio, 2018).

$$Ha = \frac{kg \text{ vapor de agua}}{m^3 \text{ aire seco}}$$

#### 2.2.6. Humedad específica (He)

La humedad específica es la cantidad de kilogramos de agua que hay en un kilogramo de aire seco, tanto en la humedad absoluta como en la humedad específica el agua está siempre en forma de vapor.

$$He = \frac{kg \text{ vapor de agua}}{kg \text{ aire seco}}$$

#### 2.2.7. Humedad relativa (HR)

De acuerdo con (Chavez, 2019) La humedad relativa mide la cantidad de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima de agua que se puede mantener a una temperatura determinada.

Cuando el aire húmedo entra en contacto con el aire más frío o con una superficie más fría, el vapor de agua se convierte en gotas de agua. cuando esto sucede en la superficie se llama punto de rocío. (Zambrano, 2017)

$$H_r = \frac{p}{p_{sat}} 100\%$$

Donde:

$p$ : presión parcial del vapor de agua

$p_{sat}$ : presión de saturación del gas a una temperatura del medio ambiente.

### 2.2.8. Humedad porcentual o molar ( $Y_m$ )

Es la relación entre los números de moles de vapor de agua y gases contenidos existente en una masa gaseosa con la que estuviera saturada, según la ecuación.

(Leon del Barrio, 2018)

$$Y_m = \frac{n_v}{n_g} = \frac{p_v}{p_g} = \frac{p_v}{p - p_g}$$

### 2.2.9. Volumen específico (VH)

Es el volumen ocupado por la mezcla del (aire seco masa en vapor de agua) que contiene 1Kg de aire seco, el cual viene dado por: (Valdez, 2015)

$$VH = \left( \frac{1}{M_g} + \frac{Y}{M_v} \right) x \frac{RT}{P(z)}$$

Donde:

R: constante universal de los gases (0,082atm.L/Mol.K)

T: temperatura del medio ambiente ((273 + °C) K

Pt: es la presión total de la atmosfera (atm)

Y: Humedad absoluta (Kg agua/ Kg de vapor)

$M_g$ : peso molar del gas (28,92 g/mol)

$M_v$ : peso molar del vapor (18,02 g/mol)

Suponiendo que la mezcla obedece la ley de los gases ideales, la presión total aplicada Por la mezcla será igual a la suma de la presión parcial del gas y la presión parcial del vapor. Se aplica de acuerdo con la ley de Dalton (León del Barrio, 2018).

$$P = P_v + P_g \text{ (ley de Dalton)}$$

### 2.2.10. Evaluación de la humedad atmosférica

Para conocer las mediciones y cálculos de la humedad atmosférica es necesario tener los datos acerca de la humedad absoluta, relativa y específica, así como también las temperaturas de bulbo seco y húmedo adicional al punto de rocío. Esta humedad atmosférica es obtenida por medio de la concentración del vapor. (Tejada et al., 2018)

#### 2.2.10.1. *Variación de la presión atmosférica*

Es el peso por unidad de superficie de la columna de aire que se encuentra sobre él.

En la siguiente ecuación la densidad del aire decrece con la altura (Ahrens, 2009)

$$P(z) = p_o e^{-\alpha z}$$

Donde:

$P(z)$ : presión a una altura se calcula en atmosferas (atm)

$p_o$ : Es la presión a 1Atm

$Z$ : es la altura sobre el nivel del mar

$\alpha$ : constante ( $1,185 \times 10^{-4}$ )

### 2.2.11. Condensación

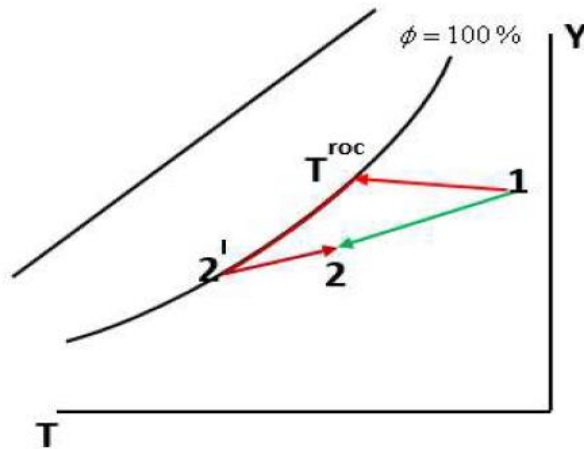
Es aquella que se produce durante el cambio de fase gaseosa a la fase líquida, cuando ocurre la evaporación la agilidad de la condensación se eleva con el incremento de la concentración de moléculas de la etapa de vapor (Atkins et al., 2018)

#### **2.2.11.1.      *Temperatura de condensación***

Ésta ocurre cuando una masa de aire se pone en contacto con un área solida a una inferior temperatura, al cual se llama punto de rocío del aire. Dicha masa desciende su temperatura hasta que logra las condiciones de la saturación y el vapor de agua se condensa (Bautista, 2011)

#### **2.2.11.2.      *Factor by pass***

El aire que pasa a través de la celda de intercambio con tubos y aletas entra en contacto con la parte metálica fría y refrigera por contacto o transmisión. Por otro lado, parte del aire pasa directamente a través de los agujeros no tocan nada, por lo que no se enfrían. En resumen, el aire hace un by pass a la batería. A la salida, el aire se mezcla y su temperatura se iguala en el punto 2. Esto se llama el coeficiente de derivación. En el caso de las baterías, el porcentaje de aire que pasa sin contacto suele estar entre el 10 % y el 30 %. este Los evaporadores y condensadores con más filas tienen coeficientes de derivación más bajos (Campoverde & Vélez, 2011)



*Figura 3 Factores by-pass en un proceso de enfriamiento sensible y deshumidificación*  
*Fuente: (Gonzalez, 2006)*

$$FB = \frac{T2 - T2'}{T1 - T2'}$$

El punto 1 indica las condiciones iniciales del aire como se muestra en el diagrama, el punto 2 muestra las condiciones de descarga y el punto 2' es el aire que sería si estuviera idealmente seco. La temperatura de 2' coincide con una superficie fría o posiblemente con un serpentín de enfriamiento. Este ejemplo ilustra el caso de una superficie con una temperatura equivalente  $T2'$  menor que  $T^{roc}$ . La diferencia entre las condiciones ideales y el funcionamiento real se mide mediante el factor de derivación FB.

*Tabla 1. Factores By pass*

Número de filas	Paso entre aletas 3,33mm		Paso entre aletas 1,66mm	
	Velocidad del aire (m/s)		Velocidad del aire (m/s)	
	1,5	3,5	1,5	3,5
2	0,42	0,55	0,22	0,38
3	0,27	0,40	0,10	0,25
4	0,19	0,30	0,05	0,14
5	0,12	0,23	0,02	0,09
6	0,08	0,18	0,01	0,06
8	0,03	0,08	0,00	0,00

### 2.2.12. Temperatura de punto de rocío

El punto de rocío es la temperatura a la cual el agua condensada comienza a condensarse a partir del aire húmedo. La presión de saturación del vapor de agua en el sistema es 100% de humedad relativa. Para conocer el valor del punto de rocío, debe multiplicar la humedad relativa en el sistema por la presión de saturación para conocer la presión parcial del vapor de agua. Esta interpolación se basa en tablas termodinámicas (Cengel & Boles, 2012, p.742).

$$T_{pr} = T_{sat} a P_v$$

### 2.2.13. Entalpía

La entalpía es la expresión del calor en exceso de la energía del aire. se expresa como la diagonal a 30°. cruzan la línea de saturación hacia Izquierda y alcance la línea de humedad absoluta a la derecha del hidrograma. este Los valores aumentan a medida que la gráfica sube (Raymond Chang, 2013).

#### **2.2.13.1. Entalpía específica (H)**

Es la adición entre el calor latente y el calor sensible del aire húmedo (León del Barrio, 2018).

$$H = C (T - T_0) + \lambda Y \left[ \frac{Kcal}{kg \text{ aire seco}} \right]$$

Donde:

To= temperatura base seleccionada para ambos componentes en °C

$\lambda$  =calor latente del vapor de agua en Kcal/Kg de agua.

T temperatura (°C)

Y humedad específica

Para el caso de aire- vapor de agua:

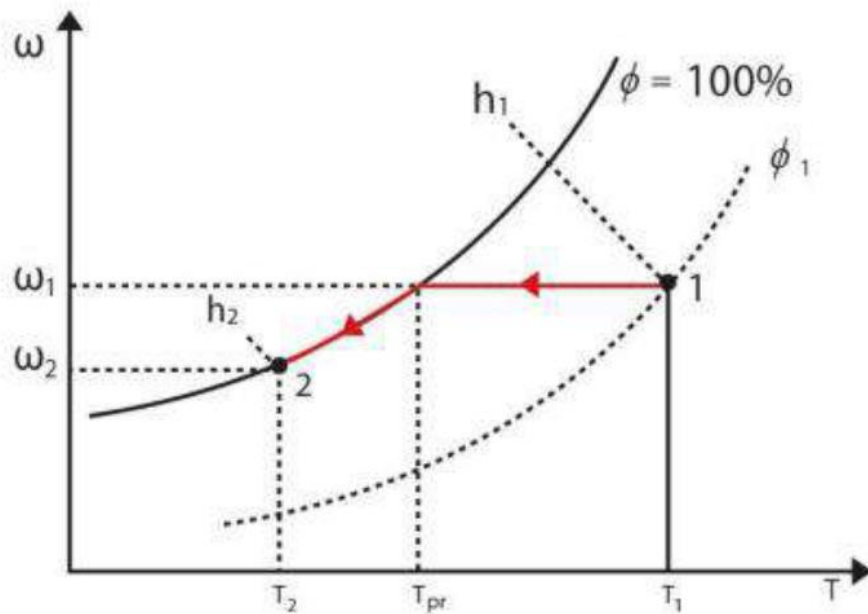
$$H= (0,24 +0,46Y) T +597.2Y$$

#### **2.2.14. Enfriamiento con deshumidificación**

Este desarrollo consiste simplemente en eliminar la humedad del aire eliminando el calor del aire. Para lograr esto, el aire se enfría por debajo de la temperatura del punto de rocío. Cuanto más baja la temperatura del aire, más humedad se puede eliminar. El punto 1 son las condiciones iniciales de temperatura y humedad específica. Si baja la temperatura hasta alcanzar el punto de rocío en la curva de saturación y luego desciende por la curva hasta llegar al punto 2 a temperaturas más bajas y más altas, puede obtener la entalpía en todos los puntos junto con la



humedad específica. la presión debe ser dos puntos son iguales. Ambas fórmulas son importantes en este desarrollo (Espejo, 2019)



*Figura 4 Proceso de deshumidificación y enfriamiento*  
Fuente: Espejo (2019)

El punto 1 indica las condiciones iniciales para la temperatura y la humedad dadas. Cuando baje la temperatura hasta que se alcance el punto de rocío en la curva de saturación debajo de la curva hasta llegar al punto 2 con menor temperatura de saturación. De todos los puntos, puedes se obtienen los valores específicos de entalpía y humedad. La presión es la misma en ambos puntos (Espejo, 2019).

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a(w_1 - w_2)$$

**Balance de masas**

$\dot{m}_w$  = Flujo másico del agua

$\dot{m}_a$  = Flujo masico de aire seco

$w_1$  = Humedad absoluta en el punto 1

$w_2$  = humedad absoluta en el punto 2

**Balance de energía**

$$\dot{Q} = \dot{m}_a[(h_1 - h_2) - (w_1 - w_2)h_f]$$

$\dot{Q}$  = Flujo de calor

$h_1$  =Entalía en el punto 1

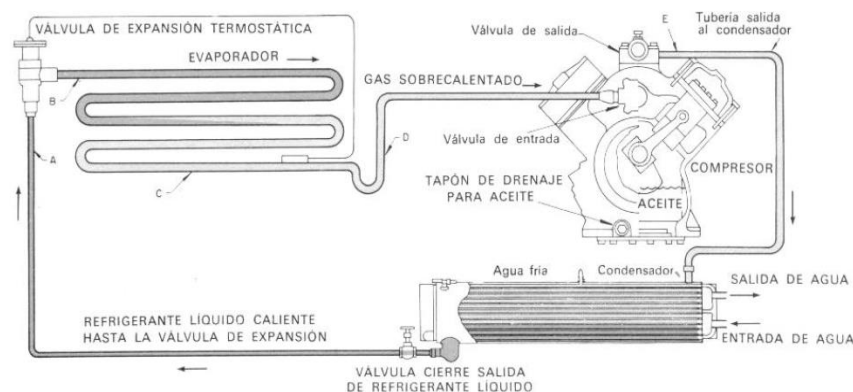
$h_2$  = Entalpía en el punto 2

$h_f$  = Entalpía del agua saturada a la temperatura del punto de rocío

**2.2.15. Ciclo de compresión mecánica simple**

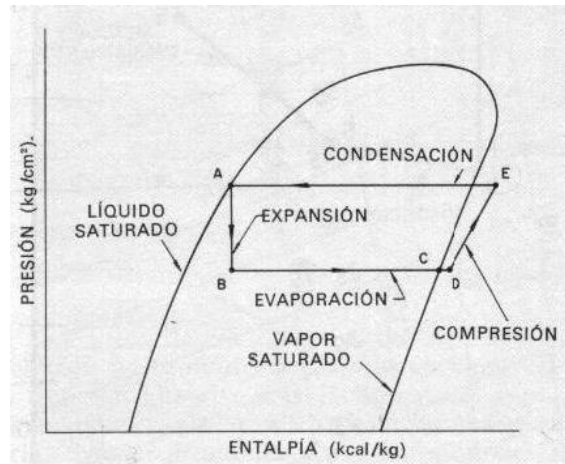
El ciclo de compresión de mecánica es un sistema que contiene cuatro elementos principales, incluyendo un intercambiador de calor del evaporador, un compresor, un intercambiador de calor del condensador y una válvula de expansión. Estos componentes, al mismo tiempo, permiten que el sistema condense el medio de la forma de vapor a la forma líquida a través del trabajo mecánico y la transferencia de calor de los elementos mencionados. El sistema interactúa, comenzando en el evaporador, como tal: La temperatura en el interior del evaporador es inferior a la temperatura ambiente que lo rodea, lo

que permite la transferencia de calor del medio al refrigerante. El refrigerante gaseoso, ahora sobrecalentado, se comprime en la segunda etapa como un vapor de alta temperatura y alta presión, este vapor sobrecalentado se condensa en la tercera etapa, donde la energía de alta temperatura y presión se libera al entorno exterior. Este proceso se cataliza normalmente mediante el uso de un ventilador, que fuerza un flujo de aire adicional sobre las bobinas del condensador para aumentar la tasa de transferencia de calor del refrigerante al aire a temperatura ambiente. El vapor condensado pasa a través de una válvula de expansión, que reduce la presión del refrigerante, de la presión de condensación, a la presión de evaporación, subenfriando así el líquido. La reducción de presión resultante reduce la temperatura del refrigerante en el evaporador, permitiendo que el ciclo continúe a medida que el refrigerante de baja presión y baja temperatura vuelve a entrar en el evaporador (Rodríguez, 2016).



*Figura 5 Ciclo de Refrigeración por compresión*

*Fuente: Carrier, (1980). Manual de aire acondicionado. Barcelona: Editorial Marcombo S.A.*



*Figura 6 Diagrama de presión-entalpía. Ciclo de compresión*

Fuente: Carrier, (1980). Manual de aire acondicionado. Barcelona: Editorial Marcombo S.A.

La figura 3 es un esquema y la figura 4 es un diagrama presión-entalpía; iniciando en el punto A en donde el refrigerante está en estado líquido, el ingreso del líquido en el evaporador es controlado por un mecanismo automático de estrangulación que es la válvula de expansión, accionada por la temperatura y la presión.

A través de la válvula de expansión, la presión del refrigerante desciende a partir de la presión existente en el punto A del condensador, a la presión existente en el punto B del evaporador.

La válvula de expansión funciona como regulador de los límites de alta y baja presión con la que trabaja el evaporador.

### **2.2.16. Refrigerantes**

Son fluidos de trabajo utilizados en ciclos de refrigeración, cuyas principales características son la evaporación a baja presión y temperatura, la condensación a alta presión y temperatura, y la capacidad de absorber calor del ambiente. (Franco Lijó, 2012)

#### **Clasificación en función de la presión de trabajo**

De acuerdo con (Lampuerta & Magin, 2012) Los enfriadores evaporativos indirectos tienen dos presiones de operación, correspondientes a las temperaturas de absorción (evaporador) y transferencia de calor (condensador). Dado que cada temperatura corresponde a una presión de saturación, la necesidad de mantener la temperatura de operación dentro de un rango cómodo para la función de enfriamiento deseada solo puede compensarse ajustando la presión de operación.

Según el resultado esperado de este ajuste en la maquina en la que trabajen, pueden clasificarse los fluidos refrigerantes como:

- ✓ Baja presión: Son líquidos con puntos de ebullición elevados ( $T_b$ : punto de evaporación a 1 atm). Esto se puede entender como una temperatura alta, superior a  $0^{\circ}\text{C}$ . Dado que la maquinaria de refrigeración a menudo requiere operar en un rango de temperatura bajo, es inevitable que la maquinaria opere en vacío para lograr esto. Sin embargo, no se permite que estos líquidos alcancen una temperatura demasiado baja. En cambio,

las máquinas serán voluminosas debido a los volúmenes específicos altos producidos por las bajas presiones. Muestra de estos fluidos son el agua ( $T_b=100^\circ\text{C}$ ), que de ningún modo puede bajar de  $0^\circ\text{C}$  (punto triple) o el éter etílico ( $T_b=34.6^\circ\text{C}$ ), protagonista de las máquinas frigoríficas iniciales. A estos fluidos, que en condiciones ambientales son líquidos, se les nombra ocasionalmente líquidos volátiles.

- ✓ De media presión: son los fluidos con temperaturas de ebullición medias, comprendidas entre  $-30^\circ\text{C}$  y  $0^\circ\text{C}$ . Para conseguir las temperaturas de trabajo queridas suelen trabajar parte en depresión (evaporador) y parte en moderada sobrepresión (condensador). Sin embargo, son fluidos convenientes para cargas térmicas moderadas. Algunos ejemplos son el butano ( $T_b=-0,5^\circ\text{C}$ ), el  $\text{SO}_2$  ( $T_b = -10^\circ\text{C}$ ) o ciertos refrigerantes empleados en quipos de aire acondicionado como el R-134a ( $T_b=-26.16^\circ\text{C}$ ) y el R-152a ( $T_b=-25^\circ$ ).
- ✓ Alta presión: Son líquidos con bajo punto de ebullición, de  $-60^\circ\text{C}$  a  $-30^\circ\text{C}$ , operan a una presión superior a la atmosférica en toda la máquina, con presión moderada en la parte inferior y presión alta en la parte superior, a menos que están operando a temperaturas muy bajas. Algunos ejemplos: amoníaco ( $T_b = -33^\circ\text{C}$ ), propano ( $T_b = -44,1^\circ\text{C}$ ) o R-22 ( $T_b = -40,76^\circ\text{C}$ ) y R-502 ( $T_b = -45, 4^\circ\text{C}$ )

- ✓ Muy alta presión: Son líquidos con puntos de ebullición muy bajos, por debajo de  $-60^{\circ}\text{C}$ . Por lo general, requieren un funcionamiento a alta presión para mantenerlos dentro del rango de temperatura de funcionamiento. Son refrigerantes aptos para cargas térmicas muy fuertes. Se utilizan comúnmente como refrigerantes en las etapas inferiores de la refrigeración en cascada. Algunos ejemplos son  $\text{CO}_2$  ( $T_b = -78,4^{\circ}\text{C}$ ), etano ( $T_b = -88,8^{\circ}\text{C}$ ), etileno ( $T_b = -103,7^{\circ}\text{C}$ ) o refrigerantes criogénicos (sistemas de refrigeración por debajo de  $-150^{\circ}\text{C}$ ) como aire, nitrógeno o argón.

Esta clasificación es importante porque distingue entre refrigerantes según su aplicabilidad y, por lo tanto, es muy práctica.

#### **2.2.16.1.      *Regulaciones de los refrigerantes en Perú***

Perú se adhirió al Protocolo de Montreal para reducir el consumo de HCF (hidrofluorocarbonos) en un 45% al 2020 y en un 65% al 2021. El trabajo se enfoca en eliminar el R22, que se utiliza principalmente en las cadenas de supermercados para almacenar alimentos en cámaras frigoríficas. En octubre de 2016, las partes del Protocolo de Montreal adoptaron la Enmienda de Kigali. Entró en vigencia el 29 de diciembre de 2017 en Perú y tendrá tres fases de implementación.

- Para el 2020, Perú reducirá un 35% y un grupo de países desarrollados comenzará a eliminar los HFC.

- Para el 2025, el consumo de HFC disminuirá en un 67,5% en Perú, y en otros países en desarrollo se congelará el consumo de HFC.

- Para 2030, un grupo más pequeño de países congelará el consumo.

La enmienda contribuirá al cumplimiento de los Acuerdos de París y a la reducción del impacto del cambio climático. Tener que cambiar a un refrigerante completamente diferente en capacidad y eficiencia significa rediseñar todos los componentes si ese refrigerante está actualmente en uso (Resolución Directoral, N° 486, 2017).

#### **2.2.17. Evaporador**

El evaporador es un intercambiador de carcasa y tubos. Las partes principales del evaporador son la cámara de calentamiento y la cámara del evaporador. El haz de tubos corresponde a una cámara y la vaina a la otra



cámara. La coraza es un cuerpo cilíndrico que en su interior es un haz de tubos. Las dos cámaras están separadas por una superficie tubular continua, a través de la cual tiene lugar el intercambio de calor. La forma y disposición de estas cámaras, diseñadas para la máxima eficiencia, permite utilizar diferentes tipos de evaporadores (Rodríguez, 2016).

#### **2.2.18. Condensador**

El condensador cumple la función de retirar el calor que el refrigerante aporta al ambiente, este calor es recibido en el evaporador, compresor y tuberías. Para conseguirlo, es necesario asegurarse de que el refrigerante se convierta en gas y que tenga una presión lo suficientemente alta como para que la temperatura de saturación a una determinada presión (TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN) sea superior a la temperatura ambiente. Parte del condensador cumple la función de quitar el calor percibido (1/6 parte), después de alcanzar la temperatura de condensación ya no podemos enfriar y empezamos a condensar (Rodríguez, 2016).

El condensador suele ser un 35-40 % más grande que el evaporador, dependiendo de factores como la temperatura del evaporador del sistema, el refrigerante, etc. En el caso de condensación, la temperatura de condensación o de saturación a una presión dada debe ser 10-15 °C superior a la temperatura ambiente.

$$\Delta T = T_{saturación} - T_{ambiental}$$

### **2.2.19. Compresor**

El compresor es el dispositivo encargado de mantener el salto de presión en el circuito frigorífico. Para ello, aumenta la presión de la corriente de gas a la salida del evaporador, según la demanda de calor en cada momento, hasta una presión de saturación correspondiente a la temperatura del condensador (Rodríguez, 2016).

Los compresores están disponibles en dos capacidades:

- Eficiencia isotrópica: Se refiere a la eficiencia térmica de una máquina, comparándola con el rendimiento si hiciera el mismo salto de presión de forma isotrópica.
- Capacidad volumétrica: se refiere al volumen que bombea el compresor en relación al volumen que toma. Es una medida de su uso masivo.

Además de estas variables, podemos hablar del tamaño, el nivel de ruido y la capacidad de refrigeración de la máquina. En general, como en el ejemplo de este trabajo, el compresor será accionado por un motor eléctrico. Por lo general, se utiliza una máquina asíncrona.

### 2.2.20. Software

#### **EES (Engineering Equation Solver)**

EES es un programa desarrollado por F-Chart Software para resolver ecuaciones generales. Este software resuelve sistemas de ecuaciones lineales o no lineales de forma numérica sencilla sin programar algoritmos complejos. También tiene funciones para resolver ecuaciones diferenciales o integrales. Para resolver un sistema de ecuaciones en EES, simplemente introdúzcalas en el campo de texto. No es necesario adjuntar ningún comando adicional para esto.

También a la hora de resolver ecuaciones, EES proporciona los residuales obtenidos en cada solución, permitiéndote ajustar su valor máximo, el número de iteraciones, el valor inicial de cada variable, o el rango en el que se sitúa el resultado. Además, EES nos permite trabajar con variables físicas, especificar cada unidad y asegurar que las ecuaciones propuestas sean consistentes. La conversión de otras unidades en otras unidades se implementa fácilmente con funciones planificadas y baratas en las librerías. Sin embargo, la mayor ventaja de EES es su capacidad para integrar cualquier función de su amplia biblioteca en un sistema de ecuaciones donde, además de las funciones matemáticas de uso común, se pueden encontrar relaciones termodinámicas, de conducción e hidrodinámicas. Además, las bibliotecas de características están disponibles para una gran cantidad de líquidos, incluido el aire húmedo o el refrigerante

que se analiza en este artículo. De manera similar, puede trabajar con tablas de parámetros porque EES describe la solución “a problemas para múltiples valores de una variable. Esto es útil para encontrar la solución óptima a un problema cambiando discretamente uno o más parámetros de entrada. En base a los valores obtenidos de cualquier resolución, puede construir histogramas 2D o 3D, que también se pueden editar. (Rodríguez, 2016)

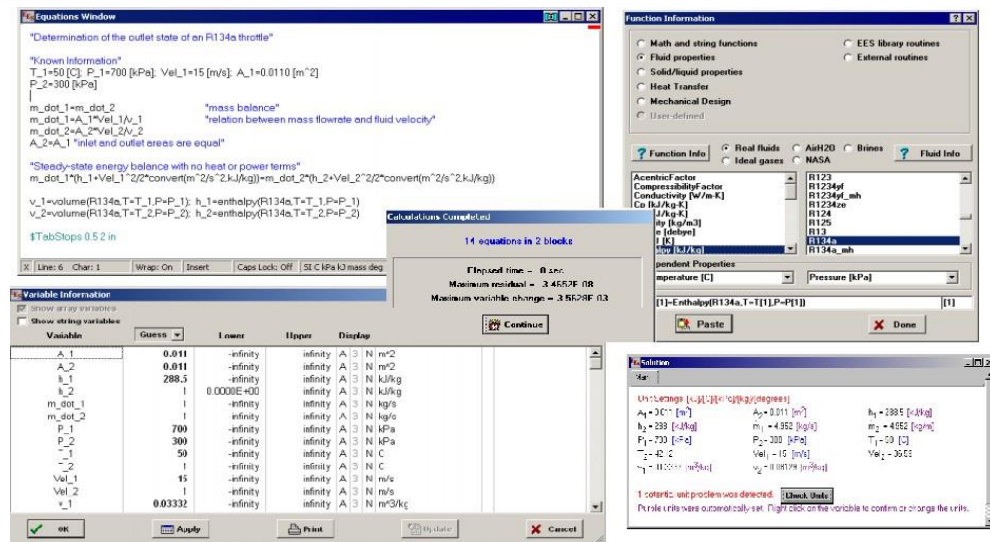


Figura 7 Principales ventanas de EES

## CoolPack

CoolPack fue desarrollado por el Departamento de Ingeniería Mecánica (MEK), Sección de Energía Térmica (TES) de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU). Es una colección de programas de simulación, que puede ser utilizada para el diseño, dimensionamiento, análisis y optimización de sistemas de refrigeración.

Este software tiene la ventaja de que existen diferentes ciclos de enfriamiento preprogramados, por lo que al ingresar los parámetros del ciclo se obtendrán los resultados de salida. También muestra una interfaz de usuario sencilla y práctica. Dado que se basa en EES, incluye una rica biblioteca de propiedades de refrigerantes, así como funciones de correlación, transferencia de calor y caída de presión.

Para el cálculo de ciclos de compresión mecánica simple se dispone de una atractiva herramienta analítica, donde mediante el establecimiento de las temperaturas de evaporación y condensación y la capacidad frigorífica requerida se calcula el resto de parámetros y condiciones de retorno de refrigerante en cada punto del ciclo. Esta herramienta también ayuda a mejorar el rendimiento del sistema.

Además, puede analizar el ciclo, incluidos otros fenómenos como caídas de presión en la línea, sobrecalentamiento o subenfriamiento y menor eficiencia del compresor de la unidad. Esta aplicación es principalmente útil para comparar la eficiencia del ciclo con diferentes refrigerantes o para el análisis final después de la selección de diferentes componentes.

En la Figura 8 se muestran capturas de pantalla de las principales interfaces del analizador de ciclos. (Rodríguez, 2016)

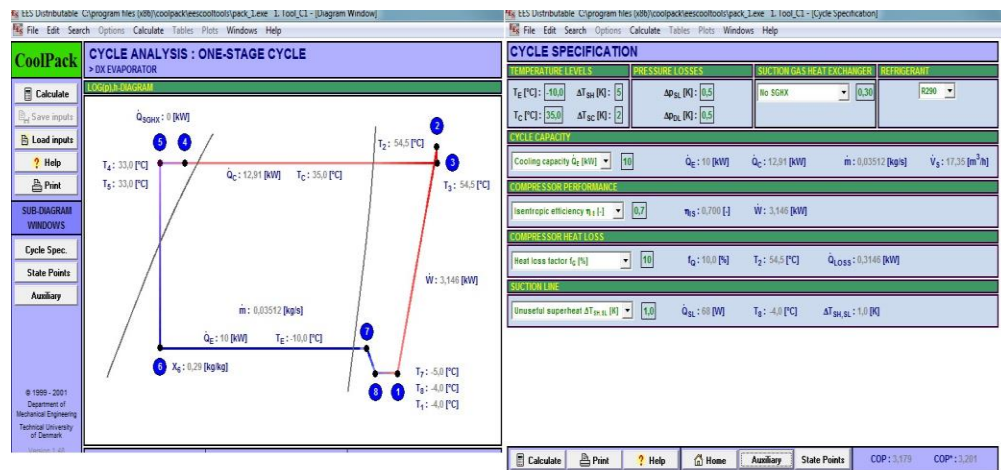


Figura 8 Programa CoolPack

Fuente: CoolPack

## 2.2.21. Definición Conceptual de la Terminología Aplicada

**Ciclo de compresión mecánica simple:** Ciclo termodinámico que consigue extraer calor de un foco frío y devolverlo a otro más caliente por la acción de un compresor.

**Compresor:** Máquina que eleva la presión de un caudal de gas a expensas de una potencia mecánica.

**Condensador:** En un ciclo de compresión mecánica simple, intercambiador de calor en el que el fluido refrigerante se condensa cediendo calor al foco caliente.

**Diagrama Psicrométrico:** Representación gráfica de la temperatura, contenido de vapor, volumen específico y entalpía del aire húmedo en condiciones ambientales.

**Eficiencia termodinámica del ciclo:** Producción frigorífica obtenida en el ciclo por unidad de trabajo mecánico reversible en la compresión.

Factor de by-pass: Medida de la eficiencia del intercambio térmico entre una batería y un flujo de aire.

**Humedad relativa:** Relación entre la presión parcial del agua en el aire seco y su presión de saturación con las mismas condiciones. Es una forma de medir la saturación relativa de una masa de aire.

**Máquina frigorífica:** Dispositivo que consigue enfriar un foco frío.

**Psicrometría:** Ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo.

**Temperatura de rocío:** En psicrometría, temperatura a la que aparece la primera gota de agua condensada al enfriar un aire determinado.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada ya que se emplea conocimiento existente para poder brindar una solución al problema de escasez de agua en el caserío La Laguna y el nivel de investigación es descriptiva ya que no se alteró ninguna variable de investigación.

### **3.2. HIPÓTESIS**

#### **3.2.1. Hipótesis General**

Con el diseño del dispositivo se podrá bastecer de agua potable a los pobladores del caserío La Laguna.

#### **3.2.2. Hipótesis Específica**

- Al determinar las características ambientales de la zona se podrá reconocer la temperatura promedio y humedad relativa existente en el lugar de estudio.
- El cálculo de los parámetros indicará que equipos utilizar para así determinar cuánta agua se puede producir bajo esas condiciones ambientales.
- El diseño de una energía renovable garantiza el funcionamiento del dispositivo para la no dependencia de la energía convencional.
- Un análisis económico me permitirá determinar la rentabilidad del proyecto en un periodo de tiempo determinado.



### **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. Métodos**

El método de la investigación fue tipo deductiva ya que se analizó solo una zona en específico, como es el dotar de agua al caserío La Laguna, para de esta manera llegar a las conclusiones.

#### **3.3.2. Técnicas**

##### ***Observación***

Esta técnica de la investigación agrupa todos comportamientos de personas, cosas, fenómenos, hechos y situaciones con la finalidad de conseguir la información necesaria para la investigación (Castellanos, 2020).

##### ***Análisis de contenido***

El investigador debe ser capaz de identificar el material cualitativo. Los recientes estudios realizan tareas clasificación, cuantificación y explicación de un comportamiento, de tal manera que se requiere la actividad de conversión de fenómenos simbólicos en datos científicos que se de relevancia para la investigación (Martin, s.f., pág. 1).

### **3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene un diseño no experimental ya que a pesar de la utilización de variables y su manipulación no se llevará a cabo de manera física la construcción del prototipo del dispositivo que se planea diseñar en el presente trabajo.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población del presente trabajo está dada por los registros de temperatura y humedad relativa que existen en el lugar donde se realizará la investigación, la muestra está determinada por los registros que existen de estas variables en los años (2015 - 2020), con lo cual el muestreo es de tipo no probabilístico a criterio del investigador.

### 3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

*Tabla 2. Operacionalización de variables*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Variable independiente:</b> Captación de agua de la humedad atmosférica	Dispositivo de condensación	Condensador Evaporador Refrigerante Compresor Ventilador	No medible
<b>Variable dependiente:</b> Escasez de agua	Cantidad de agua	Inversión	Numérica

Fuente: Elaboración propia

### **3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.7.1. Técnicas de recolección de datos**

La técnica documental fue utilizada en el presente trabajo debido a que recolectó información digital acerca de las variables de temperatura y humedad relativa en el caserío La Laguna.

#### **3.7.2. Instrumentos de investigación**

Dentro de los instrumentos de investigación utilizados fueron los siguientes:

##### ***Registro de Humedad relativa, Velocidad del viento e Irradiación***

En el cual vamos a encontrar los datos obtenidos de humedad relativa, velocidad del viento e irradiación de la estación meteorológica más cercana al lugar de estudio (Anexo A).

### **3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS**

El procesamiento de la investigación será de acuerdo al método científico, donde se seguirá paso a paso desde la observación hasta llegar a una conclusión acerca del problema en estudio.

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

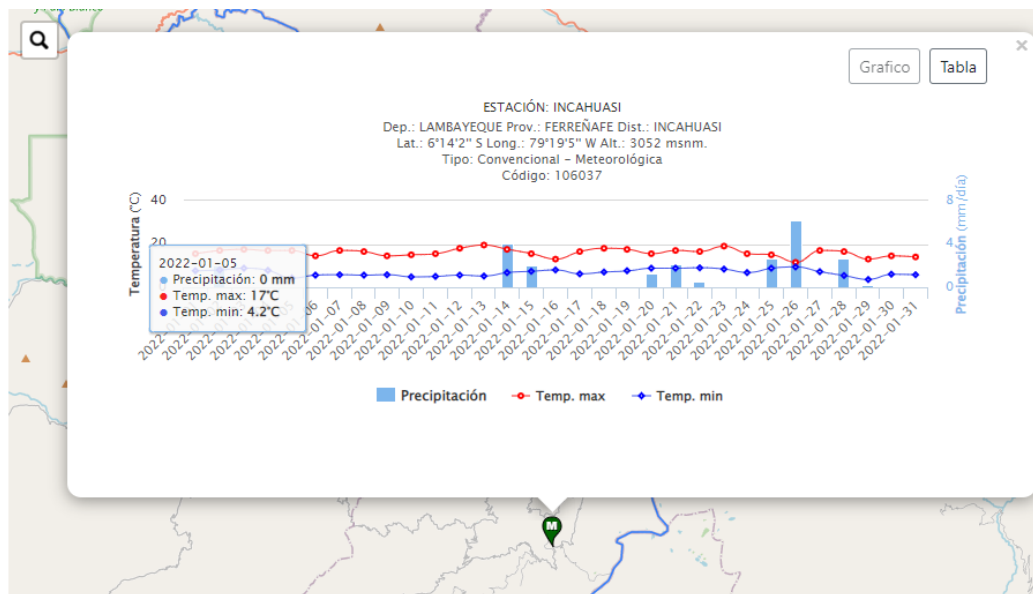
### 4.1. CARACTERISTICAS AMBIENTALES DEL CASERIO LA LAGUNA

El caserío La Laguna se encuentra ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe, distrito de Cañaris, cuyas coordenadas son las siguientes:

Latitud: -6.085038

Longitud: -79.185684

Es así que para determinar las condiciones ambientales del lugar en estudio fue necesaria ubicar la estación meteorológica más cercana, pudiendo de esta manera identificar a la estación de Incahuasi.



*Figura 9. Estación Incahuasi (SENAMHI)*

Fuente: SENAMHI

En la página oficial de Senamhi se encuentra dicha estación, pudiendo obtener información acerca de las temperaturas del lugar, así como la humedad relativa, ambas variables fueron relevantes para la investigación.

A continuación, se presentan los datos extraídos de la estación pertenecientes a los años 2015 hasta el 2020, los datos fueron recopilados de manera diaria así que en el siguiente cuadro se muestra el resumen de los datos encontrados.

*Tabla 3. Registros de Humedad (2015 – 2020)*

<b>Mes</b>	<b>HR (%)</b>
Enero	82,31
Febrero	86,2
Marzo	86,64
Abril	87,2
Mayo	86,02
Junio	80,82
Julio	79,35
Agosto	82,06
Setiembre	80,6
Octubre	79,64
Noviembre	79,3
Diciembre	80,84

Fuente: SENAMHI

Para fines de estudio, se escogerá el mes que presenta un menor registro de humedad relativa, para ello se puede verificar que el mes de noviembre presentó una humedad del 79.3%.

De la misma manera se procedió a recopilar información acerca de las temperaturas máximas y mínimas registradas entre los años 2015 hasta 2020, de esta manera se podrá determinar la temperatura de condensación que tendrá el sistema.

Tabla 4. Registros de temperatura (2015-2020)

<b>Año</b>	<b>Tmax (°C)</b>	<b>Tmin (°C)</b>
2015	21,5	3,8
2016	21,5	2,4
2017	20,5	3
2018	20,5	2,6
2019	20	2,4
2020	21	3,4

Como se puede apreciar la temperatura máxima que registrada día a día por la estación meteorológica fue en los años 2015 y 2016 con una temperatura de 21,5°C, mientras que el registro mínimo se presentó en los años 2016 y 2019 con 2,4°C.

También fue necesario recaudar información acerca de las velocidades del viento en la zona en estudio para lo cual fue necesario la utilización del software proporcionado por la NASA para dicho objetivo donde se visualizaron los siguientes datos:

**Tabla 5. Datos de velocidad del viento (2020)**

<b>Mes</b>	<b>V (m/s)</b>
Enero	2.41
Febrero	2.16
Marzo	2.05
Abril	2.41
Mayo	2.44
Junio	2.62
Julio	2.76
Agosto	3.22
Setiembre	2.51
Octubre	2.32
Noviembre	2.54
Diciembre	2.32

Fuente: NASA

Para determinar si la zona en estudio es apta para la utilización de energía solar para abastecer el dispositivo, se vio la necesidad de averiguar los datos de irradiación los cuales fueron los siguientes:

*Tabla 6. Datos de Irradiación (2020)*

<b>Mes</b>	<b>I (kW-h/m<sup>2</sup>/día)</b>
Enero	5.65
Febrero	5.27
Marzo	5.15
Abril	5.18
Mayo	5.17
Junio	5.36
Julio	5.29
Agosto	5.87
Setiembre	5.81
Octubre	6.15
Noviembre	6.28
Diciembre	4.93

Fuente: NASA



## **4.2. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS**

### **4.2.1. Selección de refrigerante**

Para la selección del refrigerante adecuado para el sistema se necesita realizar una comparación del funcionamiento del ciclo para cada refrigerante a evaluar luego de ello se elegirá al más adecuado, para ello será necesario fijar temperaturas extremas con las cuales el evaporador y el condensador trabajarán.

#### ***Evaporador***

En el evaporador se tendrá consideración de dos temperaturas, la primera pertenece al refrigerante y la segunda la del lado del aire. La temperatura del refrigerante es constante mientras que para el aire se asumirá que no existe una resistencia térmica ni por convección o por conducción, pero una situación real ésta siempre será mayor.

Como no se desea que del lado del aire sea inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , ya que de ser así el condensado se congelará y esto empeora el intercambio de calor y por ende disminuye la generación de agua, es por ello que se considera una temperatura de evaporación de  $0^{\circ}\text{C}$ .

Además de ello se toma en cuenta solo para este caso que la temperatura de la batería es de  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

### ***Condensador***

En el condensador es conveniente disminuir la temperatura de condensación, ya que ello reduce el salto de presiones en el compresor.

Como se explicó inicialmente se debe tener temperaturas extremas por lo que se visto conveniente tener una temperatura mayor a la ambiental registrada (35°C). sin embargo, para cuestiones de eficiencia esta temperatura puede ser reducida.

Para ello también se toma en cuenta un factor de by pass de 0,25. Una reducción en este factor implicaría una reducción de la temperatura de la corriente a la salida.

Teniendo todas las variables como la temperatura de entrada más desfavorables posible (30°C) y la temperatura de la batería de 1,5 °C, se procede hallar la temperatura de condensación.

$$FB = \frac{T2 - T2'}{T1 - T2'}$$

$$T2 = 8,625 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dado que el condensador no tiene tanto volumen como el evaporador, lo cual conlleva que para el intercambio de calor se necesite una mayor diferencia entre las temperaturas del aire y la de condensación, pero esto se explica de mejor manera en el diseño del condensador, pero para estos tipos de cálculos se considera 10°C de diferencia entonces la temperatura de condensación es de:

$$T \text{ condensación} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

*Tabla 7. Hipótesis de cálculo*

Descripción	Valor
Temperatura de condensación (°C)	19
Temperatura de evaporación (°C)	0
Sobrecalentamiento (°C)	5
Subenfriamiento (°C)	2
Sobrecalentamiento	1
Rendimiento volumétrico	1
Rendimiento isentrópico	0,7
Agua obtenida (kg/s)	0,0104
temperatura ambiente (°C)	21.5
Humedad relativa (%)	79
Factor by pass	0,25
Temperatura de la batería (°C)	1,5

Para el análisis se tomaron en cuenta los siguientes refrigerantes: R134a, R404A, R410A, R407C y R22. Para realizar los diagramas se utilizó el software Cool Pack el cual es una versión gratuita de cálculo para graficas de ciclos de refrigeración.

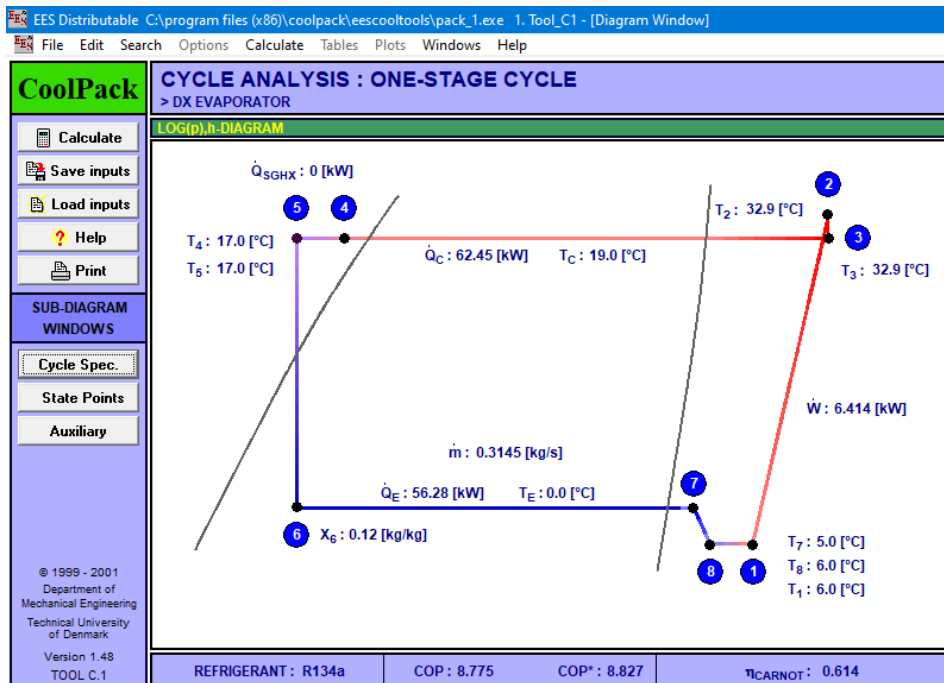


Figura 10. Ciclo del refrigerante R134a

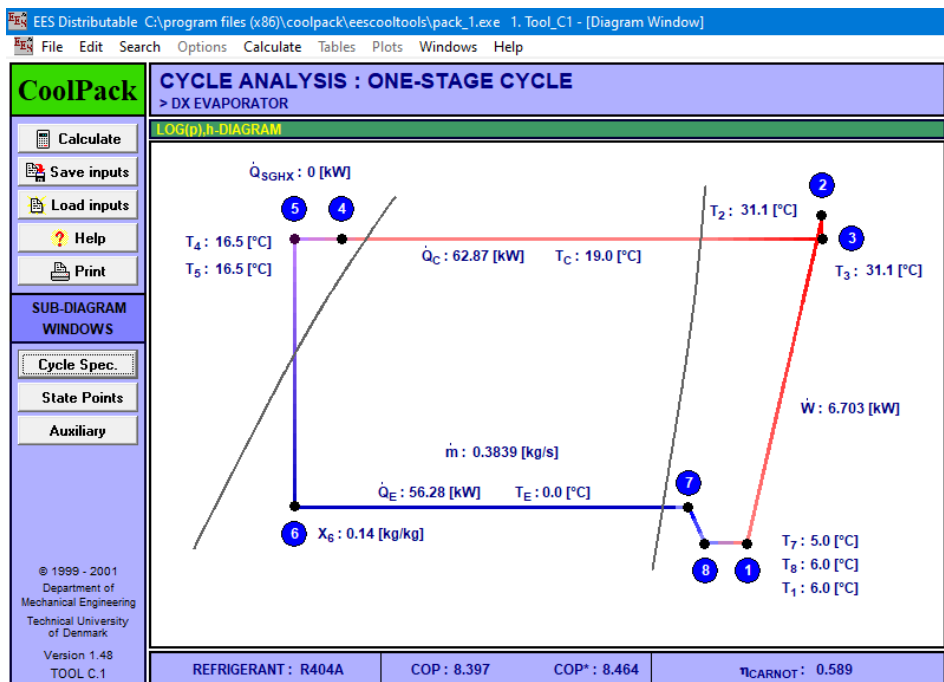


Figura 11. Ciclo del refrigerante R404A

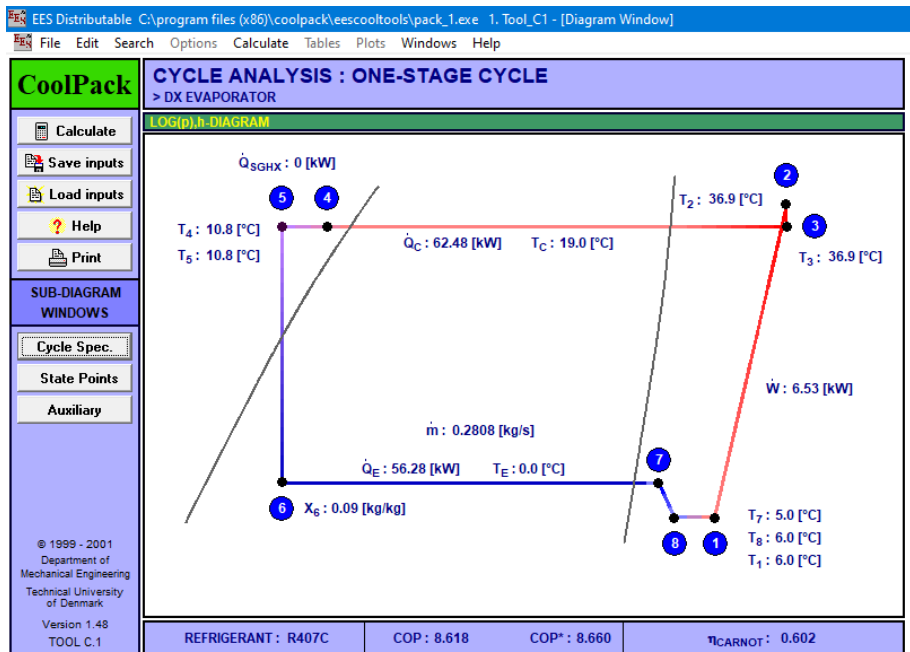


Figura 12. Ciclo del refrigerante R407C

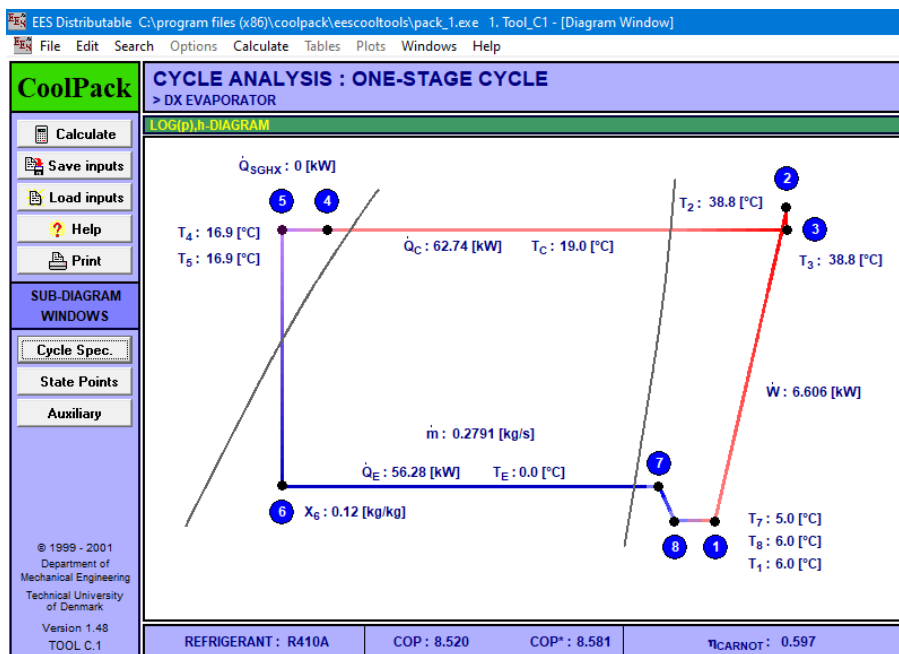


Figura 13. Ciclo del refrigerante R410A

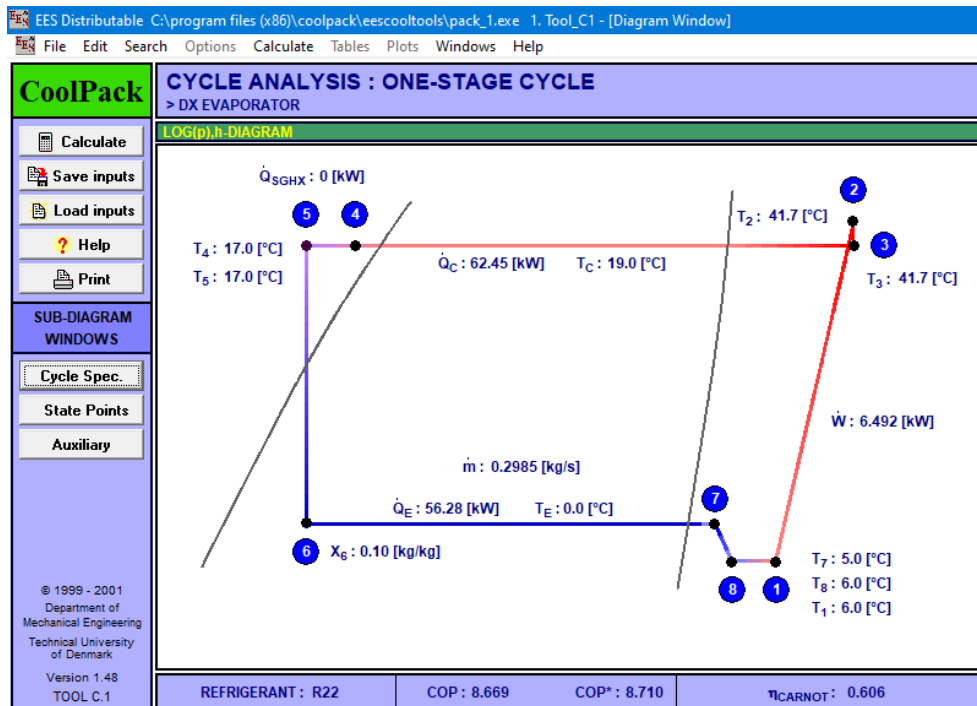


Figura 14. Ciclo del refrigerante R22

Para realizar la selección del refrigerante se procedió a tener en cuenta varios factores que serán descritos en la siguiente tabla:

Tabla 8. Comparación entre refrigerantes

	Desplazamiento volumétrico (m <sup>3</sup> /h)	T descarga (°C)	PCA o GWP	PAO o ODP	Grupo seguridad	Potencia de compresor (kW)
R134a	82,04	32,9	1200	0	743 /A1	6,414
R404A	47,9	31,1	3922	0	728/ A1	6,703
R407C	55,8	36,9	1174	0	704 /A1	6,53
R410A	34,86	38,8	1890	0	*/A1	6,606
R22	53,24	41,7	1760	0	A1	6,492

Para ello se analizará que el refrigerante no tenga un desplazamiento volumétrico alto por tal motivo se descarta el R134a por tener el mayor posible dentro de los refrigerantes, de la misma manera se descarta la mayor potencia de compresor que presenta el refrigerante, por lo tanto, también se descarta el refrigerante R404A, el refrigerante R22 ya que ahora en la actualidad ha sido reemplazado para el refrigerante R407C, queda descartado.

Por último, quedan los refrigerantes R410A y R407C, si bien el refrigerante R410A, tiene un menor desplazamiento volumétrico por otro lado tiene una potencia de compresor más alta que el R407C, por lo tanto, se descarta y queda como refrigerante seleccionado el R407C.

#### **4.2.2. Técnica utilizada para la condensación**

Como se ha mencionado en el marco teórico de la presente investigación existen métodos para la condensación del vapor de agua existente en la atmósfera, una de ellas es la absorción de agua a través de materiales que cumplen dicha función como, por ejemplo, sílica gel, la construcción de estos dispositivos está limitada por la cantidad de agua y no cumpliría con las expectativas ni los objetivos de la investigación.

La separación de gases es otro de los métodos que fueron considerados para la investigación, pero por ser un sistema complejo de muchos dispositivos que con llevaría a un costo económico más elevado para lograr condensar el agua, se llegó a la conclusión que no sería la solución más factible para esta necesidad.

Por última opción, se tomó en cuenta condensar el agua llevando la temperatura de la atmosfera a su punto de rocío para poder condensar el agua donde existen muchas investigaciones que han podido lograr miles de litros diarios con este método y aparte la simplicidad de su composición hace que económicamente sea la mejor opción para la necesidad de la presente investigación.

#### 4.2.3. Variación de presión atmosférica:

Para determinar la variación atmosférica es preciso conocer la altura del distrito la Laguna, haciendo una revisión se pudo determinar que el lugar se encuentra a 2075 msnm, y teniendo en cuenta algunos datos adicionales como la gravedad equivalente a 9,8 N/Kg, 1 Atm = 101325 N/m<sup>2</sup> y la densidad del aire es 1,225 kg/m<sup>3</sup>, se puede reemplazar en la siguiente ecuación:

$$P(z) = p_o e^{-\alpha z} \text{ y } \alpha = \frac{\rho_o g}{p_o}$$

Donde:

$$p_o = \text{presión (1 Atm)} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$\rho_o = \text{Densidad del aire} = 1,225 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = \text{Gravedad} = 9,8 \text{ N/Kg}$$

$$\alpha = \text{constante}$$

$$Z = \text{altura} = 2075 \text{ msnm}$$

Primero se procedió al cálculo de la constante  $\alpha$ , reemplazando los datos se obtuvo:

$$\alpha = \frac{\rho_o g}{p_o} = \frac{1,225 \times 9,8}{101325} = 1,1856 \times 10^{-4}$$



Posteriormente la constante fue reemplazada en la ecuación:

$$P(z) = p_o e^{-\alpha z} = 1 e^{-(1,185 \times 10^{-4})(2075)}$$

$$P(z) = 0,78 \text{ Atm} \approx 79,23615 \text{ KPa}$$

Conociendo el valor de la constante alfa es posible determinar cualquier valor de presión para cualquier altitud. El caserío La Laguna ubicada a 2075 msnm tiene una presión de 0,78 Atm según los cálculos.

#### **4.2.4. Temperatura de Punto de Rocío ( $T_{roc}$ )**

Representa la temperatura procedente del vapor de agua que se encuentra en el aire y es en este punto donde empieza a condensarse, una temperatura de rocío baja manifiesta que la humedad del aire es seca, de modo que sucede lo contrario cuando la temperatura de rocío es elevada, a través de la temperatura es posible conocer el volumen de agua que puede ser obtenido con el evaporador según las condiciones climatológicas del caserío la laguna el cual tiene una temperatura máxima registrada de 21.5 °C, una humedad relativa del 79% y una presión de 79,2 KPa.

##### **4.2.4.1. Presión de saturación del vapor a una temperatura 21,5 °C**

A través de la interpolación de las tablas termodinámicas que pueden ser visualizadas en el Anexo D fue posible determinar lo siguiente

$$\frac{21.5 - 25}{20 - 25} = \frac{P_{sat} - 3,1698}{2,3392 - 3,1698}$$

$$P_{sat} = 2,588 \text{ KPa}$$

Debido a que la presión de saturación ( $P_{sat}$ ) está al 100% de humedad relativa, fue necesario llevar la presión de saturación hallada al nivel de saturación que presenta el caserío La Laguna (79 %) mediante la siguiente ecuación.

$$P.A = 2,58 \text{ KPa} \times \frac{79}{100}$$

$$P.A = 2,04 \text{ KPa}$$

$$Y_m = \frac{P_A}{P(z) - P_A}$$

$$Y_m = \frac{2,04}{79,23 - 2,04}$$

$$Y_m = 0,0264$$

Después de obtenida la presión parcial (P.A) del vapor de agua, fue posible calcular la temperatura de rocío mediante la interpolación de las tablas termodinámicas ubicadas en el Anexo E y a su vez con ello se pudo obtener la temperatura de condensación.

$$T_{roc} = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con ello se pudo determinar la temperatura de condensación del vapor de agua, luego de ello se procedió al cálculo de la presión de saturación del agua mediante la interpolación de las tablas termodinámicas presentadas en el Anexo D:

$$\frac{17,5 - 20}{15 - 20} = \frac{p_{sat} - 2,3392}{1,7057 - 2,3392}$$

$$p_{sat} = 2.02 \text{ KPa}$$

Posteriormente de realizar el cálculo se procedió hallar la presión parcial del vapor de agua ( $P_A$ ), llevándola a la temperatura del sistema teniendo en cuenta la humedad relativa del lugar de estudio.

$$P_A = \frac{H_r \times p_{sat}}{100} = \frac{79 \times 2}{100}$$

$$P_A = 1,58 \text{ KPa}$$

#### **4.2.4.2.Presión total**

La presión total es igual a la sumatoria de todas las presiones ejercidas del oxígeno y el vapor de agua, por ello se utilizó la Ley de Dalton para determinar la cantidad del gas recolectado en agua.

$$P = P_v + P_g \text{ (ley de Dalton)}$$

$$P = P_{hunter} = 79,23 \text{ KPa}$$

#### **4.2.4.3.Humedad absoluta Molar ( $Y_m$ )**

Posteriormente fue necesario hallar la humedad absoluta molar, mediante la siguiente ecuación.

$$Y_m = \frac{P_A}{P(z) - P_A}$$

$$Y_m = \frac{1,58}{79,23 - 1,58}$$

$$Y_m = 0,0203$$

#### **4.2.4.4.Saturación absoluta ( $Y$ )**

Aquella que determina la cantidad de vapor de agua existente en el ambiente donde se mide por kilogramos de vapor de agua entre kilogramos de aire seco conociendo

los pesos molares de vapor y el gas (18,08 g/mol y 28,92g/mol respectivamente)

entonces:

$$Y = Y_m x \frac{M_v}{M_g} = 0,0203 x \frac{18,02}{28,92}$$

$$Y = 0,0126 \left[ \frac{Kg \text{ vapor}}{Kg \text{ de gas}} \right]$$

#### 4.2.4.5. Volumen húmedo (VH)

El volumen húmedo pudo ser hallado mediante la siguiente ecuación:

$$VH = \left( \frac{1}{M_g} + \frac{Y}{M_v} \right) x \frac{RT}{P(z)}$$

$$VH = \left( \frac{1}{29} + \frac{0,0126}{18} \right) x \frac{0,082 x 290,65}{0,782}$$

$$VH = 1,072 \frac{m^3}{kg}$$

#### 4.2.5. Evaluación del rendimiento del dispositivo en un ciclo termodinámico real

Se evaluó el ciclo termodinámico del dispositivo el cual fue de compresión mecánica simple, en el cual la temperatura del evaporador no necesita un ciclo complejo, según las características ambientales del caserío La Laguna obtenidos de la estación meteorológica de SENAMHI en el mes de agosto se presenta una temperatura máxima de 21.5°C con una humedad relativa del 79%, con estos datos iniciales fue posible la obtener la temperatura de rocío de 17,5 °C, para así poder determinar el volumen teórico de agua bajo las condiciones ambientales del lugar en estudio, para ello es importante tener en cuenta los parámetros:

- El refrigerante que se emplea es el R407C, ya que fue seleccionado bajo ciertos factores ya antes mencionado
- El Factor by pass (FB) será de 0,25 para el condensador y el evaporador.
- Potencia del condensador y evaporador: los cuales a mayor tamaño producen mayor cantidad de agua y pérdida de carga en el aire.
- Potencia del compresor: Será el responsable del consumo de energía del dispositivo.
- Flujo de aire es necesario para seleccionar de ventiladores.

#### ***4.2.5.1.Cálculo de temperatura en el evaporador***

Para ello fue importante evaluar dos temperaturas:

- La primera temperatura es acerca del refrigerante R407C, la cual es fija y es determinada por la por las presiones del ciclo.
- La segunda es la temperatura del aire, ya que con ello se obtiene el volumen del agua.

Es importante para el sistema no tener temperatura del aire menos a 0 °C ya que podría congelarse y no se produciría un intercambio de calor adecuado, por ello la temperatura de evaporación es restringida a 17,5° C ya que esa es la temperatura que puede hacer el agua condense para en este caso

Para fines de cálculo se tomará como temperatura de batería superior a  $T_{bat} = 1,5\text{ °C}$ . De tal manera se procedió hallar la presión de saturación mediante interpolación de las tablas termodinámicas (Anexo D).

$$T_{evap} = 17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{17,5 - 20}{15 - 20} = \frac{P_{sat} - 2,3392}{1,7057 - 2,3392}$$

$$P_{sat} = 2\text{ KPa}$$

Esta presión de saturación se encuentra al 100% por lo que se deberá llevar al 79% de la humedad relativa del lugar.

$$P.A = 2\text{ KPa} \times \frac{79}{100}$$

$$P.A = 1,58\text{ KPa}$$

Por lo tanto, la humedad específica fue:

$$Y = \frac{PA}{P(z) - PA} \times 0,622 = \frac{1,58}{79,23615 - 1,58} \times \frac{18,02}{28,92}$$

$$Y = 0,0126 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Kg aire}}$$

Con el hallazgo de la humedad específica, se pudo conocer el volumen húmedo del agua condensada en el evaporador.

$$VH = \left( \frac{1}{M_g} + \frac{Y}{M_v} \right) \times \frac{RT}{P(z)}$$

$$VH = \left( \frac{1}{29} + \frac{0,0126}{18} \right) \times \frac{0,082 \times 290,65}{0,782}$$

$$VH = 1,072 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$$

#### **4.2.4.2. *Temperatura de condensación optimizada***

Para la optimización de la temperatura de condensación se debe tener en cuenta datos iniciales como el factor by pass (FB) igual a 25% lo cual indica que sólo ese porcentaje de aire va a pasar por el evaporador, otro dato que se asumió fue la temperatura de la batería  $T2' = 1,5$  y una temperatura de entrada más desfavorable que pueda existir ( $T1 = 30^{\circ}\text{C}$ ) y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FB = \frac{T2 - T2'}{T1 - T2'}$$

$$0,25 = \frac{T2 - 1,5}{30 - 1,5}$$

$$T2 = 8,625^{\circ}\text{C}$$

Como se suele hacer en estos tipos de cálculos de añadirán  $10^{\circ}\text{C}$  de diferencia.

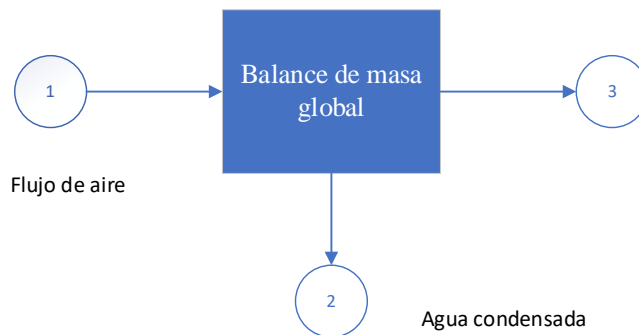
$$T_{cond} = 19^{\circ}\text{C}$$

#### **4.2.4.3. *Cálculo teórico para la optimización del volumen de agua en el evaporador***

Para el cálculo del volumen de agua es preciso conocer las dimensiones del evaporador ( $1,4\text{ m} \times 1\text{ m}$ ) y con ello también la velocidad de viento que en promedio tiene  $V = 2,5\text{ m/s}$ , con estos datos fue posible el cálculo de del caudal del aire ( $Q = A \times V$ ), por lo tanto:

$$Q = 3,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 12\,600 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Luego del cálculo del caudal, se procedió a realizar un balance de masa en el evaporador cuyo objetivo es calcular cuánta agua puede ser obtenida del dispositivo, el cual se tuvo en cuenta los siguientes datos:



*Figura 15. Balance de masa global*

**Balance general de las masas:**

$$M1 = M2 + M3$$

Para ello se necesitaron el cálculo de la masa de aire ( $M_a$ ) y el volumen húmedo ( $VH$ ), los cuales pueden ser hallados mediante las siguientes fórmulas:

$$M_a = \frac{Q}{VH} \quad , \quad VH = RT \left( \frac{1}{29} + \frac{y}{18} \right)$$

Donde  $R$  es la constante universal de los gases ( $0,02 \text{ atm.L/Mol.K}$ ),  $T$  es temperatura en grados kelvin,  $Y$  la humedad específica,  $VH$  volumen húmedo.

$$M_a = \frac{12600}{1,072} = 11753,73 \frac{Kg}{h}$$

Se calculo la masa de aire en la entrada de mezcla aire – vapor de agua

$$M1 = M_a + M_a \times Y1$$

$$M1 = 11753,73(1 + 0,0264)$$

$$M1 = 12064,028 \text{ Kg/h}$$



Se calculó la masa de aire en la salida del evaporador:

$$M3 = Ma + Ma \times Y3$$

$$M3 = 11753,73(1 + 0,0126)$$

$$M3 = 11901,827 \text{ Kg/h}$$

#### **4.2.4.4.Cálculo del agua obtenida y número de dispositivos:**

$$M2 = M1 - M3$$

$$M2 = 12064,028 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - 11901,827 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 162,2 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (24\text{h}) = 3892,8 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

Cálculo de número necesario de dispositivos para abastecer la población:

La población del caserío La Laguna según el último censo cuenta con 174 personas entre adultos y niños, para realizar un cálculo que se asemeje a la realidad se tomó en cuenta un artículo de INEI (2019) donde establece que una persona necesita entre 20L y 50L al día para subsistir, es así que bajo estas consideraciones se procedió hacer el cálculo:

Cantidad de agua para bastecer población = 174 personas x 20 L/día = 3480 L/ día

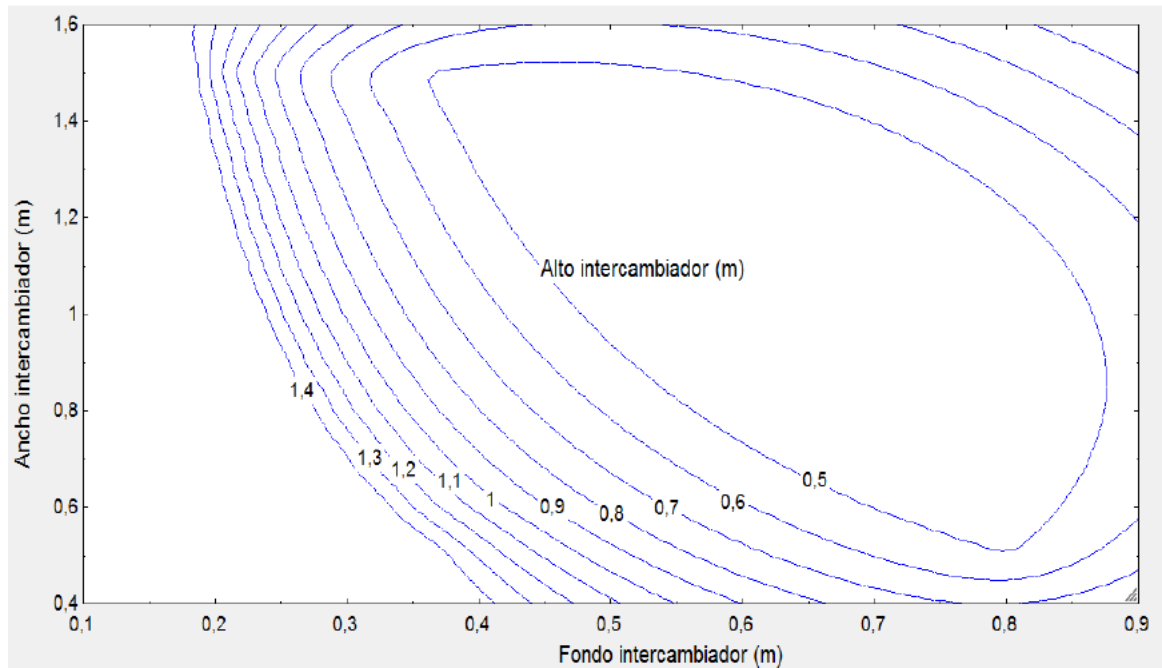
Se necesitan 3480 litros diarios para garantizar el abastecimiento de la población, es así que se procede a calcular el número de dispositivos para alcanzar el objetivo.

$$N^{\circ} \text{ dispositivos} = \frac{3480 \frac{\text{L}}{\text{día}}}{3892,8 \frac{\text{L}}{\text{día}}} = 0,89 \approx 1 \text{ dispositivos}$$

#### 4.2.5. Selección del evaporador:

Para la selección del evaporador se utilizó el software EES, el cual nos permitirá conocer las dimensiones del área del evaporador, en el cálculo se decidió considerar la humedad relativa, agua y del refrigerante R407C.

Con el software se escogió un intercambiador compacto conformado por tubos circulares y aletas planas. Haciendo una iteración entre valores fijos entre 0,5m y 1,5 m para el alto y el ancho del evaporador se obtuvo la siguiente gráfica



*Figura 16. Tabla de selección de dimensiones del evaporador*

*Fuente: software EES*

Como se aprecia de la siguiente imagen hay una relación entre las dimensiones de un evaporador si se desea seleccionar un tamaño, para obtener la cantidad de agua necesaria para abastecer el caserío La Laguna se escogieron las siguientes dimensiones:

- Alto: 1m
- Ancho: 1,4 m
- Fondo: 0,24 m

Con estos datos se pudo realizar el cálculo ya antes expuesto demostrando abastecer el caserío La Laguna de agua suficiente para la población, los planos del evaporador son presentados en el Anexo H.

#### **4.2.6. Selección de condensador:**

De igual manera que el evaporador el condensador está conformado por tubos circulares y aletas planas, los resultados del software EES indican que el condensador debe tener las siguientes dimensiones:

- Alto: 1.15 m
- Ancho: 1,4 m
- Fondo: 0,07 m

Los planos del condensador se presentan en el Anexo I

#### 4.2.7. Selección de compresor:

En el mercado existen diversas marcas de compresores, dado que estamos en un caserío y que no cuenta con energía eléctrica, se procedió a realizar a evaluar un estudio de energía solar en la zona y ésta alimentará cualquier máquina del proyecto, por ello se escogió un compresor que funcione a 60 Hz y a 220V por ello se escogió un compresor de marca Danfoss con las siguientes características:

***Tabla 9. Características técnicas del compresor***

Compresor Danfoss	
<b>Potencia nominal</b>	5,65 kW
<b>Número de fases</b>	3
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Rpm</b>	3500
<b>Tensión nominal</b>	200 - 230
<b>Aspiración</b>	1 3/8 in
<b>Descarga</b>	7/8 in

Fuente: Danfoss

Las demás características técnicas del compresor se encuentran en el anexo J

#### 4.2.8. Selección de ventilador:

Para la selección del ventilador es necesario saber las pérdidas de carga que se tienen del evaporador y condensador para ello el software EES brindó esa información después de la selección.

- Pérdida de carga en evaporador: 43,87 Pa
- Pérdida de carga en condensador: 33,25 Pa

La sumatoria de las pérdidas de carga en evaporador y condensador es de 77,12 Pa, para disminuir las pérdidas de carga se escoge un ventilador con las siguientes características:

*Tabla 10. Características del ventilador*

Características de ventilador	
<b>Diámetro</b>	1234 mm
<b>Caudal máximo</b>	32 500 m <sup>3</sup> /h
<b>Rpm</b>	967
<b>Tensión</b>	220 V
<b>Potencia</b>	2,2 KW

Fuente: HB 112 T6

#### 4.2.9. Selección de válvula de expansión

Este componente sirve para regular el flujo entre el evaporador y condensador, por ello se decide utilizar una de tipo electrónica para que de esta manera pueda realizarse de manera automática a continuación se presentan las características:

*Tabla 11. Características de la válvula de expansión*

<b>Modelo</b>	AKV 15 – 3
<b>Tamaño de entrada</b>	0.88 pulgadas
<b>Tamaño de salida</b>	0.88 pulgadas

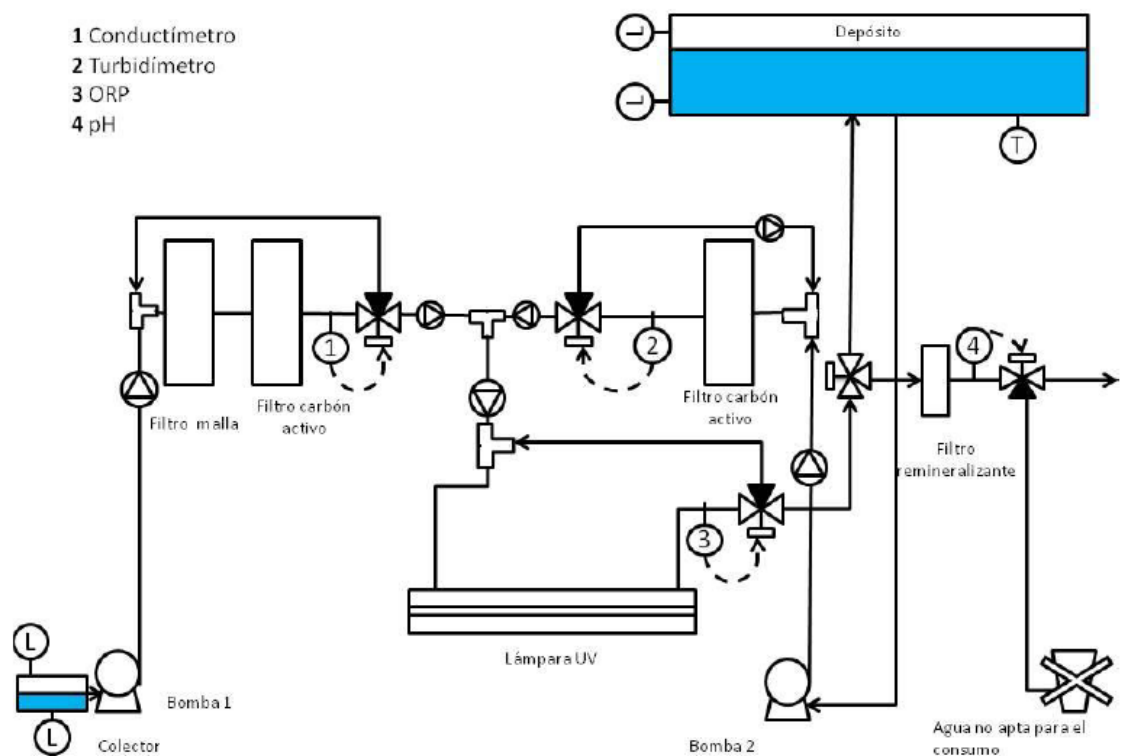
#### 4.2.10. Depuración del agua condensada

Después de recolectar el agua por condensación, ésta tendrá que ser tratada debido a que se desconoce las propiedades y microorganismos que pueda contener, por ello el agua recolectada tendrá un ciclo de depuración la cual consta de diversos dispositivos, como los filtros de carbón activado, lámpara UV, sensores, válvulas y bombas, las cuales van a garantizar el correcto tratamiento del agua obtenida por condensación.

Para el almacenamiento del agua condensada es necesario contar con depósito o tanque que cumpla dicha función, debido a que el agua producida supera los 3800 litros, será preciso adquirir cuatro depósitos de 1000 L o 1 m<sup>3</sup>, el material que puede utilizarse puede ser polietileno de una alta densidad, poliéster reforzado con fibra

de vidrio y el acero inoxidable no descuidando de esta manera que el almacenamiento es apto para el consumo.

Debido a la economía del proyecto y considerando las características aptas para el consumo humano se escoge un tanque de material polietileno para así generar rentabilidad. El proceso de depuración del agua garantiza el consumo para las personas que viven en la zona de estudio debido a que cuenta con filtros y eliminación de microorganismos a través de la lámpara UV, el diagrama propuesto para esta función queda de la siguiente manera.



*Figura 17. Ciclo de depuración de agua*

Fuente: (Sáenz Ortigosa, 2016)

#### 4.3. SELECCIÓN DE ENERGÍA PARA ABASTECER EL DISPOSITIVO

El caserío La Laguna si cuenta con energía eléctrica convencional es por ello que es posible una conexión a la red, pero por otro lado se piensa en abastecer el dispositivo con energía renovable solar teniendo en cuenta que la zona tiene las características ambientales adecuadas para elegir este tipo de energía, por ello se escoge la energía solar para alimentar el dispositivo generador de agua a partir del aire húmedo.

El dispositivo solo consume la potencia que utiliza el compresor y el ventilador es así que verificando las potencias que consume se requiere una potencia mínima de 7,9 KW, por cuestiones de cálculo se dimensionará para una potencia de 10 KW para garantizar la potencia mínima requerida para el funcionamiento del dispositivo.

Para la producción de la dicha energía en el catálogo de autosolar se seleccionó un kit de paneles solares que tiene las siguientes características técnicas:

***Tabla 12.** Características técnicas del Kit de panales solares*

<b>Potencia Solar Fotovoltaica Instalada</b>	10 800 W
<b>Potencia máxima de salida</b>	10 000W
<b>Producción diaria en INVIERNO</b>	32,40 kWh
<b>Producción diaria en VERANO</b>	75,60 kWh
<b>Producción MEDIA diaria Anual</b>	54 kWh

Fuente: Autosolar



El kit consta de 16 paneles solares de 450 W 24V EcoGreen, un inversor de 10 Kw trifásico, un Fronius Smart Meter 63A trifásico 43Kw, entre otros accesorios que se pueden verificar en el Anexo L.

Este Kit solar como se puede visualizar tiene una media diaria de 54 Kwh de producción de energía, debido a que el kit puede estar conectado a la red se va a garantizar el abastecimiento del dispositivo, es así que cada dispositivo necesita de un kit solar, por lo tanto, el proyecto necesita sólo un kit.

#### **4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO**

Para realizar el análisis económico del proyecto se investigaron los costos referenciales de cada uno de los materiales que se utilizaran para la construcción del dispositivo, donde también se consideraron los costos de transporte de los materiales así también como la instalación de los dispositivos para garantizar el correcto funcionamiento, así como también los costos de mantenimiento anual que podría incurrir la instalación.

Para el cálculo el costo beneficio del proyecto se hizo una investigación acerca de cuánto costaría una instalación de agua potable en el caserío La Lagunas, es así que se encontró un proyecto de pre inversión acerca de la obra (Anexo N) el cual fue beneficioso para realizar una comparación de proyectos y determinar el beneficio del proyecto tal es así que los costos del proyecto se describen en la siguiente tabla:

*Tabla 13. Costos del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>costo unitario</b>	<b>cantidad</b>	<b>total</b>
evaporador	S/ 16,000.00	1	S/ 16,000.00
condensador	S/ 16,000.00	1	S/ 16,000.00
compresor	S/ 15,000.00	1	S/ 15,000.00
ventilador	S/ 10,000.00	1	S/ 10,000.00
tuberías, válvulas y otros	S/ 12,000.00	1	S/ 12,000.00
	<b>subtotal</b>		S/ 69,000.00
transporte	S/ 20,000.00	1	S/ 20,000.00
instalación	S/ 40,000.00	1	S/ 40,000.00
	<b>subtotal</b>		S/ 129,000.00
kit solar	S/ 43,277.10	1	S/ 43,277.10
	<b>Total</b>		S/ 172,277.10

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 14. Beneficio por año*

<b>proyecto de pre inversión (Anexo N)</b>	S/ 1,973,908.50
<b>proyecto propuesto</b>	S/ 172,277.10
<b>Subtotal</b>	S/ 1,801,631.40
<b>Mantenimiento de kit solar</b>	S/ 150,000.00
<b>Beneficio por 5 años</b>	S/ 210 326,28

Fuente: Elaboración propia

Es así que haciendo una operación sencilla se puede verificar que existe un beneficio del proyecto de S/ 210 326,28 anuales dentro de los cinco años en que se evaluará el proyecto.

Con ello se presenta el cuadro del costo beneficio donde se evaluaron los indicadores VAN y TIR.

Análisis Costo Beneficio						
DETALLE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio		S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28
Inversiones Tangibles	S/191,390.96					
Costo de instalación de kit solar	S/10,000.00					
Costo de suministros	S/172,277.10					
Imprevistos (5%)	S/9,113.86					
Inversiones Intangibles	S/60,000.00					
Capacitación a personal para mantenimiento	S/10,000.00					
Transporte y viaticos de personal	S/10,000.00					
Repuestos y accesorios	S/40,000.00					
Imprevistos (5%)	S/12,569.55					
<b>TOTALES NETOS</b>	-S/263,960.50	S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28	S/210,326.28

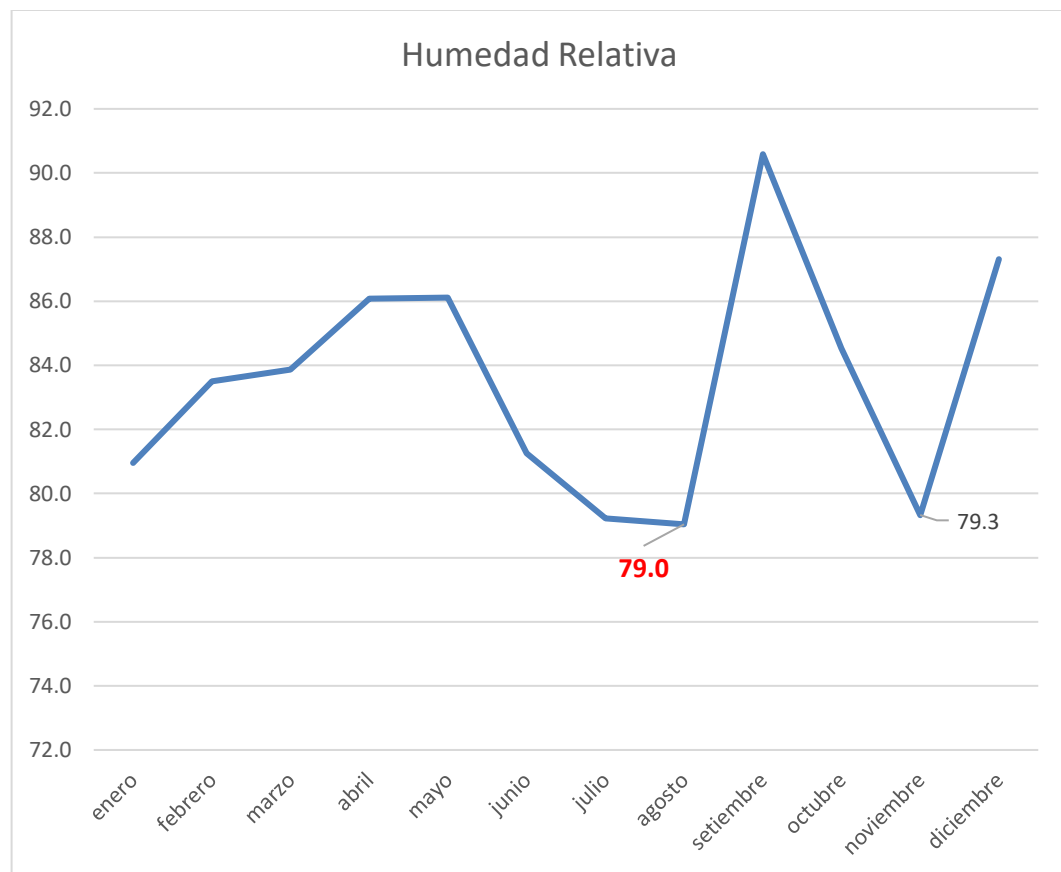
Cálculo del VAN	S/458,106.65	
Costo de Oportunidad del capital (COK)	14%	Anual

Cálculo de la TIR	74.80%	mes
		VANE
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	2.74	S/722,067.15

Descripción	Saldo Inicial (Año 0)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja final	-S/263,960.50	-S/53,634.22	S/156,692.06	S/367,018.34	S/577,344.62	S/787,670.90
Periodo de recuperación en años			Recuperación inversión			

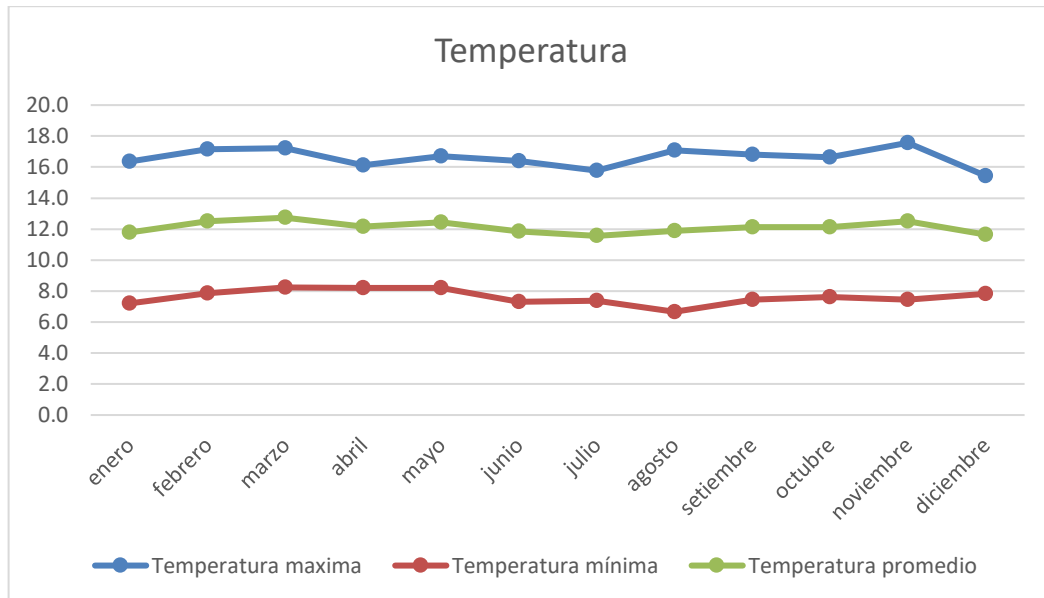
## CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De los datos recopilados de la estación meteorológica Incahuasi se pudo hacer el siguiente análisis:



*Figura 18. Comportamiento anual de la Humedad Relativa*

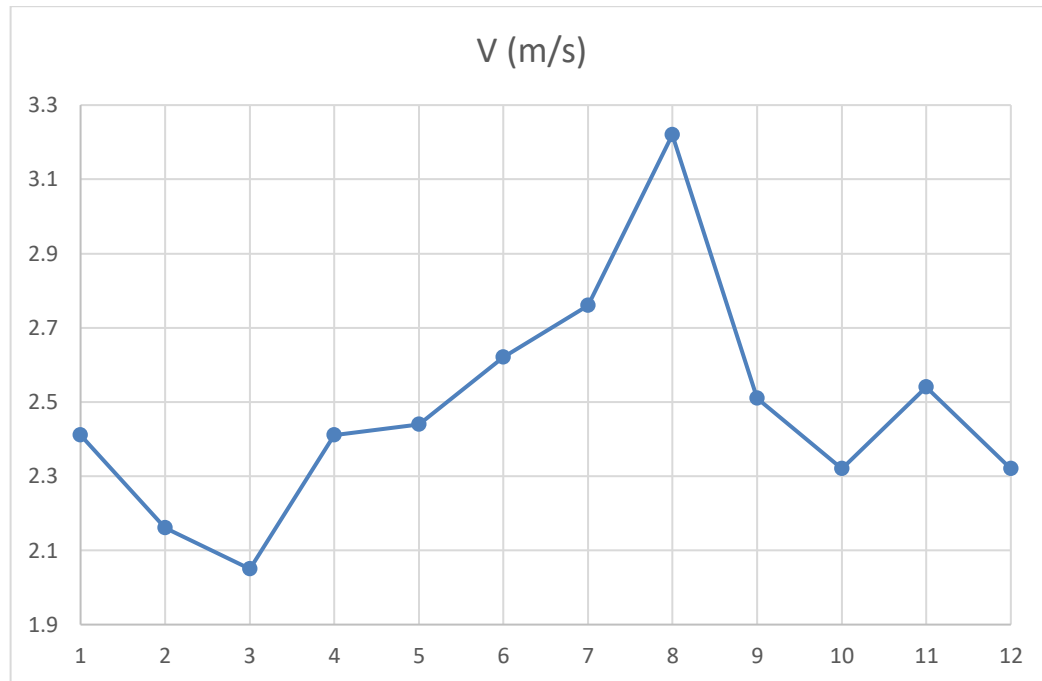
De la anterior imagen presentada se puede visualizar que el mes de agosto presenta una menor humedad relativa con respecto a los anteriores meses, con lo cual es el mes elegido. También fue necesario encontrar la temperatura promedio del mes de agosto es así que se realizó el siguiente análisis.



*Figura 19. Comportamiento de la temperatura*

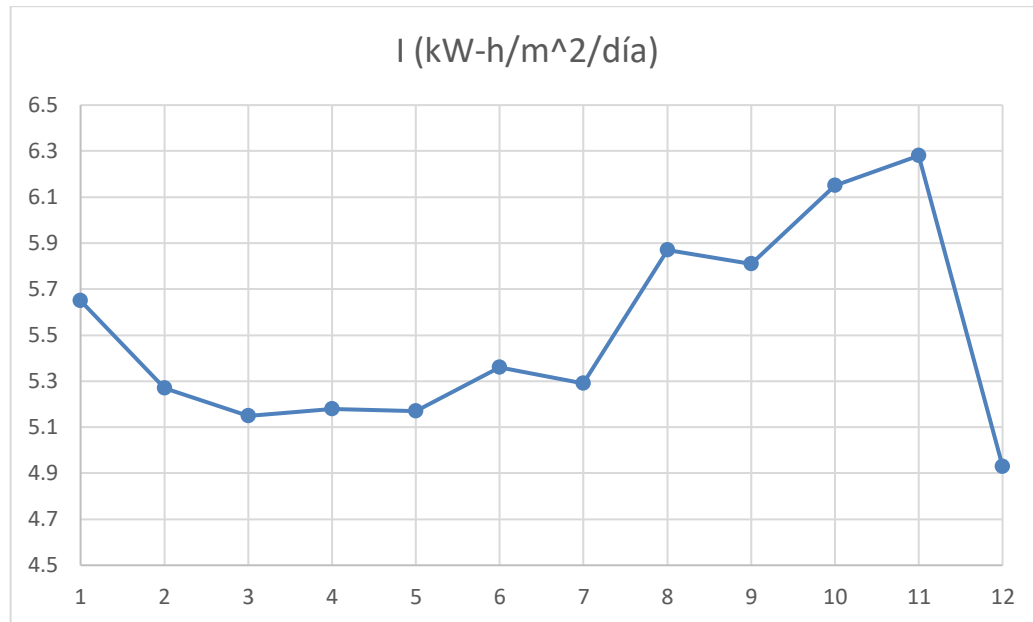
Anteriormente se pudo identificar al mes de agosto como el mes con menor humedad relativa, es así que se revisó los registros de temperatura del lugar donde se obtuvo que en el mes de agosto hubo una temperatura promedio de 11.9 °C, todos estos datos fueron necesarios para realizar los cálculos, mientras que la temperatura máxima fue de 21,5 °C durante los últimos 5 años (2015 - 2020).

Así también se registraron los promedios mensuales de las velocidades del viento de la zona en estudio donde se tiene que el caserío alcanza un promedio 2,5 m/s.



*Figura 20. Comportamiento del viento*

Y por último se analizó los promedios de irradiación que presenta el caserío con la finalidad de indicar si la zona es adecuada para usar la energía solar como medio de abastecimiento para el dispositivo.



*Figura 21. Comportamiento de la irradiación*

Por otra parte, después de realizar el análisis de los parámetros de diseño del dispositivo se determinó que puede producir un total de  $3892,8 \frac{L}{día}$  con lo cual se necesitan un total de 1 dispositivos para satisfacer las necesidades de agua de la población.

Se analizó que para abastecer de energía renovable al dispositivo se necesitan 1 kits con las características anteriormente expuestas las cuales garantizan el funcionamiento del mismo y finalmente se realizó el análisis económico donde se evaluaron los indicadores VAN y TIR del trabajo de investigación donde por los resultados obtenidos se visualiza que el proyecto es económicamente factible de realizar.

Cálculo del VAN	S/458,106.65	Anual
Costo de Oportunidad del capital (COK)	14%	

Cálculo de la TIR	74.80%	mes
		VANE
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	2.74	S/722,067.15

Descripción	Saldo Inicial (Año 0)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja final	-S/263,960.50	-S/53,634.22	S/156,692.06	S/367,018.34	S/577,344.62	S/787,670.90
Periodo de recuperación en años			Recuperación inversión			



## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- El caserío La Laguna ubicado en el distrito de Cañarís tiene unas características ambientales que favorecen al diseño del dispositivo para la obtención de agua a partir del aire húmedo, así como también se puede abastecer de energía solar producto de los favorables niveles de irradiación de la zona en estudio.
- Según el cálculo de los parámetros de diseño el agua que puede producir cada dispositivo es de  $3892,8 \frac{L}{día}$  y se necesitarían 1 dispositivo para abastecer el caserío La Laguna.
- Para abastecer de energía eléctrica al dispositivo se tomó en cuenta la energía renovable de tal manera que se necesitan 1 kit solar los cuales están conectados a la red para garantizar el funcionamiento del mismo.
- El análisis económico del proyecto indica que el proyecto tiene un VAN de S/458,106.65 y un TIR de 74.80% con una tasa de oportunidad del 14%, lo cual lo convierte en un proyecto viable.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a futuras investigaciones a construir un prototipo del dispositivo propuesto en la investigación a fin de analizar la eficiencia del mismo y así recomendar su uso.
- Se recomienda a investigadores futuros a realizar un análisis del agua obtenida del dispositivo con la finalidad de garantizar el consumo y conocer si es apta para el humano.
- Es recomendable investigar acerca de otras maneras de abastecer de agua a la población del caserío La Laguna a fin de tener múltiples soluciones, para así obtener la más viable tanto económicamente y socialmente.
- Es preciso realizar un análisis de costo ciclo de vida de los activos que se emplean en la investigación y determinar los tiempos donde es más económico el reemplazo de los equipos.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahrens, D. (2009). *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. Belmont. Obtenido de Cengage Learning.
- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- ASHRAE. (2020). *Diagrama Psicométrico*. Obtenido de <https://spain-ashrae.org/app-del-grafico-psicrometrico-de-ashrae/>
- Atkins et al. (2018). *Fisicoquímica*. Barcelona: Omega.
- Balseca Sampedro, O., Caicedo Reyes, J., Mayorga Pérez, D., Orna Chávez, J., & Viteri Núñez, E. (2018). Proyecto de diseño de un condensador con Fuente Eólica para obtención de agua. *Ciencias técnicas y aplicadas*, 4(1).  
doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.385-397>
- Barinas, B., & Camargo, C. (2018). *Sistema de generación de agua mediante humedad del aire*. Colombia.
- Bautista, O. (2011). *Puede utilizarse el agua atmosférica para el consumo doméstico universal*.
- Campoverde, M., & Vélez, A. (2011). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de climatización para laboratorio*. Escuela superior politécnico de Chimborazo, Ecuador.
- Carrier. (1980). *Manual de aire acondicionado*. Marcombo.
- Castellanos, L. R. (2 de 10 de 2020). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <https://lcmetodologiainvestigacion.wordpress.com/2017/03/02/tecnica-de-observacion/>
- Cengel, & Boles. (2012). *Termodinámica*. Mexico: The McGraw- Hill.
- Chandler, D. (2017). *Water, water everywhere ... even in the air*. Obtenido de MIT: <https://news.mit.edu/2017/MOF-device-harvests-fresh-water-from-air-0414>

- Chavez, E. (2019). *Propuesta de implementación del sistema de climatización para la ampliación del laboratorio de tuberculosis del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.
- Cuarez, A. (2018). *Acondicionamiento e implementación de un sistema termodinámico de condensación de agua atmosférica en el distrito de Hunter-Arequipa*. Perú.
- D. Kumar, A., & V. Agarwal, K. (2022). Investigación de condensación de vapor de agua atmosférico y análisis de características como agua potable. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13762-022-04199-4>
- Dia, M., Abdul, Q., Vassallo, A., Chiesa, M., & Abbas, A. (2014). Modelo validado experimentalmente para la generación de agua atmosférica utilizando un sistema de deshumidificación por desecante asistido por energía solar. *Energía y Edificación*, 77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.041>
- Espejo, D. (2019). *Propuesta de diseño de equipo de recuperación de agua de la humedad ambiental*. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- Gonzalez, C. (2006). *Instalaciones de Climatización y Ventilación*. Valencia.
- INEI. (2019). Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. *INEI*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_nov2019.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_nov2019.pdf)
- Lampuerta, & Magin. (2012). *Frio industrial y aire acondicionado*. España: Universidad de Castilla.
- Leon del Barrio, D. (2018). *Obtención de agua por punto de rocío a escala laboratorio para el Municipio De Cajuata, Provincia Inquisivi, Departamento De La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Martin, R. M. (s.f.). Obtenido de Estadística y Metodología de la investigación: <http://biblioteca.iplacex.cl/RCA/An%C3%A1lisis%20de%20contenido.pdf>

- Mosquera, Y., & Ramirez, M. (2017). Obtención de Agua Mediante Condensación de la Humedad del Aire de la Ciudad de Santa Marta. *Universidad Antonio Nariño*.
- Naciones Unidas. (2010). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Obtenido de [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,de%20todos%20los%20derechos%20humanos](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,de%20todos%20los%20derechos%20humanos).
- Osuna Peraza, S., Suarez Lizárraga, G., Osuna Peraza, E., Peraza Garzón, Á., Ortega Huizar, G., & Gutiérrez Aguilar, R. (2017). Módulo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las energías renovables. *RITI Journal*.
- Osuna, S. e. (2017). Módulo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las energías renovables. *RITI*, 5(9).
- Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP). (2017). *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 385 - 397.
- Raymond Chang. (2013). *Química*. México: McGraw-Hill.
- Rodriguez, P. (2016). *Diseño y cálculo de un dispositivo para la obtención de agua potable por condensación de la humedad del aire*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Sáenz Ortigosa, C. (2016). *Diseño y desarrollo del sistema de control de una máquina para la obtención de agua potable por condensación de la humedad del aire*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- SINIA. (2014). *Población con acceso agua potable*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1000>
- Tejada et al. (2018). *La humedad en la atmósfera bases físicas, instrumentos y aplicaciones*.
- Valdez, L. (2015). *Desarrollo de un algoritmo de control de humedad para una cámara climática*. Universidad autónoma de nuevo León, México.

Zambrano, P. (2017). *Humedad, definición, medición y procedencia. Nubes, condensación, tipos de nubes*. Obtenido de Humedad, definición, medición y procedencia: <https://naturaleza.paradaissphynx.com/atmosfera/humedad-nubes-tipos.ht>.

## ANEXOS

### ANEXO A: REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA, VELOCIDAD DEL

#### VIENTO E IRRADIACIÓN

Mes	HR (%)
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Setiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Mes	V (m/s)
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Setiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

<b>Mes</b>	<b>I (kW-h/m<sup>2</sup>/día)</b>
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Setiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	



## ANEXO B: TABLAS TERMODINÁMICAS DEL REFRIGERANTE R407C

Table of saturated values for: R407C, R32/125/134a (23/25/52), R407C

T °C	p kPa	v <sub>l</sub> dm <sup>3</sup> /kg	v <sub>g</sub> m <sup>3</sup> /kg	h <sub>l</sub> kJ/kg	h <sub>g</sub> kJ/kg	R kJ/kg	s <sub>l</sub> kJ/(kg K)	s <sub>g</sub> kJ/(kg K)
-50.00	50.18	0.7073	0.42164	124.46	382.35	257.90	0.7126	1.8683
-49.00	53.02	0.7090	0.40048	125.68	383.00	257.32	0.7180	1.8660
-48.00	56.00	0.7108	0.38058	126.91	383.66	256.74	0.7234	1.8637
-47.00	59.11	0.7125	0.36186	128.15	384.31	256.16	0.7288	1.8615
-46.00	62.36	0.7143	0.34424	129.38	384.96	255.57	0.7342	1.8593
-45.00	65.75	0.7161	0.32764	130.62	385.61	254.98	0.7395	1.8571
-44.00	69.28	0.7179	0.31199	131.87	386.26	254.39	0.7449	1.8550
-43.00	72.97	0.7197	0.29724	133.11	386.91	253.79	0.7503	1.8530
-42.00	76.82	0.7215	0.28332	134.36	387.55	253.19	0.7556	1.8510
-41.00	80.82	0.7234	0.27017	135.61	388.20	252.59	0.7609	1.8490
-40.00	84.99	0.7252	0.25776	136.87	388.85	251.98	0.7663	1.8470
-39.00	89.33	0.7271	0.24603	138.13	389.50	251.37	0.7716	1.8451
-38.00	93.85	0.7289	0.23493	139.39	390.14	250.75	0.7769	1.8432
-37.00	98.55	0.7308	0.22444	140.66	390.79	250.13	0.7822	1.8414
-36.00	103.43	0.7327	0.21450	141.93	391.43	249.50	0.7875	1.8396
-35.00	108.50	0.7346	0.20509	143.21	392.08	248.87	0.7928	1.8378
-34.00	113.77	0.7365	0.19617	144.48	392.72	248.24	0.7981	1.8361
-33.00	119.24	0.7385	0.18772	145.76	393.36	247.60	0.8034	1.8344
-32.00	124.92	0.7404	0.17971	147.05	394.00	246.95	0.8087	1.8327
-31.00	130.81	0.7424	0.17210	148.34	394.64	246.30	0.8139	1.8311
-30.00	136.92	0.7443	0.16488	149.63	395.28	245.65	0.8192	1.8295
-29.00	143.25	0.7463	0.15802	150.93	395.92	244.99	0.8245	1.8279
-28.00	149.81	0.7483	0.15150	152.23	396.55	244.33	0.8298	1.8264
-27.00	156.61	0.7503	0.14531	153.52	397.19	243.66	0.8351	1.8248
-26.00	163.64	0.7524	0.13942	154.81	397.82	242.99	0.8404	1.8233
-25.00	170.92	0.7544	0.13381	156.10	398.45	242.32	0.8456	1.8219
-24.00	178.46	0.7565	0.12848	157.39	399.08	241.65	0.8508	1.8204
-23.00	186.26	0.7585	0.12339	158.68	399.71	240.98	0.8560	1.8190
-22.00	194.32	0.7606	0.11855	160.00	400.34	239.95	0.8622	1.8176
-21.00	202.65	0.7627	0.11394	161.31	400.96	239.25	0.8674	1.8163
-20.00	211.26	0.7648	0.10954	162.63	401.58	238.95	0.8710	1.8149
-19.00	220.15	0.7670	0.10534	163.97	402.20	238.23	0.8762	1.8136
-18.00	229.33	0.7691	0.10134	165.32	402.82	237.50	0.8815	1.8123
-17.00	238.81	0.7713	0.09752	166.67	403.44	236.77	0.8867	1.8110
-16.00	248.59	0.7735	0.09387	168.02	404.06	236.03	0.8919	1.8098
-15.00	258.69	0.7757	0.09038	169.36	404.67	235.31	0.8970	1.8086
-14.00	269.10	0.7779	0.08705	170.72	405.28	234.55	0.9023	1.8073
-13.00	279.83	0.7801	0.08386	172.09	405.89	233.79	0.9075	1.8062
-12.00	290.89	0.7824	0.08082	173.47	406.49	233.03	0.9127	1.8050
-11.00	302.29	0.7846	0.07790	174.84	407.09	232.25	0.9179	1.8038
-10.00	314.04	0.7869	0.07511	176.23	407.69	231.47	0.9231	1.8027
-9.00	326.13	0.7892	0.07244	177.62	408.29	230.68	0.9283	1.8016
-8.00	338.59	0.7916	0.06988	179.01	408.89	229.88	0.9335	1.8005
-7.00	351.41	0.7939	0.06743	180.41	409.48	229.07	0.9387	1.7994
-6.00	364.60	0.7963	0.06508	181.81	410.07	228.26	0.9439	1.7983
-5.00	378.18	0.7986	0.06283	183.22	410.66	227.43	0.9491	1.7973
-4.00	392.14	0.8011	0.06066	184.60	411.24	226.74	0.9538	1.7962
-3.00	406.50	0.8035	0.05859	185.95	411.82	225.87	0.9591	1.7952
-2.00	421.26	0.8059	0.05660	187.38	412.40	225.02	0.9643	1.7942
-1.00	436.43	0.8084	0.05469	188.81	412.97	224.16	0.9696	1.7932
0.00	452.02	0.8109	0.05286	190.25	413.54	223.29	0.9748	1.7922
1.00	468.03	0.8134	0.05110	191.70	414.11	222.41	0.9800	1.7913
2.00	484.48	0.8159	0.04940	193.15	414.67	221.52	0.9852	1.7903
3.00	501.37	0.8185	0.04778	194.59	415.23	220.64	0.9904	1.7893
4.00	518.71	0.8211	0.04621	196.06	415.78	219.73	0.9956	1.7884
5.00	536.51	0.8237	0.04471	197.53	416.33	218.80	1.0008	1.7875
6.00	554.78	0.8263	0.04326	199.01	416.88	217.87	1.0061	1.7866
7.00	573.51	0.8290	0.04187	200.49	417.42	216.93	1.0113	1.7856
8.00	592.74	0.8316	0.04053	201.99	417.96	215.98	1.0166	1.7847
9.00	612.45	0.8343	0.03924	203.48	418.50	215.01	1.0218	1.7838

T °C	p kPa	v <sub>f</sub> dm <sup>3</sup> /kg	v <sub>g</sub> m <sup>3</sup> /kg	h <sub>f</sub> kJ/kg	h <sub>g</sub> kJ/kg	R kJ/kg	s <sub>f</sub> kJ/(kg K)	s <sub>g</sub> kJ/(kg K)
10.00	632.66	0.8371	0.03799	204.99	419.03	214.03	1.0271	1.7830
11.00	653.38	0.8398	0.03679	206.50	419.55	213.05	1.0323	1.7821
12.00	674.62	0.8426	0.03564	208.02	420.07	212.05	1.0376	1.7812
13.00	696.38	0.8455	0.03453	209.55	420.58	211.03	1.0428	1.7803
14.00	718.68	0.8483	0.03345	211.09	421.09	210.01	1.0481	1.7795
15.00	741.52	0.8512	0.03242	212.63	421.60	208.97	1.0534	1.7786
16.00	764.92	0.8541	0.03142	214.18	422.10	207.92	1.0587	1.7777
17.00	788.87	0.8570	0.03046	215.74	422.59	206.85	1.0640	1.7769
18.00	813.40	0.8600	0.02953	217.31	423.08	205.77	1.0693	1.7760
19.00	838.50	0.8630	0.02863	218.88	423.56	204.68	1.0746	1.7752
20.00	864.20	0.8661	0.02776	220.46	424.04	203.57	1.0799	1.7743
21.00	890.49	0.8691	0.02692	222.06	424.51	202.45	1.0852	1.7735
22.00	917.39	0.8722	0.02612	223.66	424.97	201.31	1.0906	1.7726
23.00	944.91	0.8754	0.02533	225.27	425.43	200.16	1.0959	1.7718
24.00	973.06	0.8786	0.02458	226.89	425.88	198.99	1.1013	1.7709
25.00	1001.84	0.8818	0.02385	228.51	426.32	197.81	1.1066	1.7701
26.00	1031.28	0.8851	0.02314	230.15	426.76	196.61	1.1120	1.7692
27.00	1061.37	0.8884	0.02245	231.80	427.19	195.39	1.1174	1.7684
28.00	1092.12	0.8917	0.02179	233.46	427.61	194.15	1.1228	1.7675
29.00	1123.56	0.8951	0.02115	235.13	428.02	192.90	1.1282	1.7667
30.00	1155.68	0.8986	0.02053	236.80	428.43	191.62	1.1337	1.7658
31.00	1188.51	0.9021	0.01993	238.49	428.82	190.33	1.1391	1.7649
32.00	1222.04	0.9056	0.01935	240.19	429.21	189.02	1.1446	1.7640
33.00	1256.29	0.9092	0.01879	241.90	429.59	187.69	1.1501	1.7631
34.00	1291.27	0.9128	0.01824	243.63	429.96	186.34	1.1556	1.7622
35.00	1327.00	0.9165	0.01771	245.36	430.33	184.96	1.1611	1.7613
36.00	1363.47	0.9202	0.01720	247.11	430.68	183.57	1.1666	1.7604
37.00	1400.72	0.9240	0.01670	248.87	431.02	182.15	1.1722	1.7595
38.00	1438.73	0.9279	0.01622	250.64	431.35	180.71	1.1777	1.7585
39.00	1477.54	0.9318	0.01575	252.43	431.67	179.25	1.1833	1.7576
40.00	1517.14	0.9358	0.01530	254.23	431.98	177.76	1.1889	1.7566
41.00	1557.55	0.9399	0.01486	256.04	432.28	176.24	1.1946	1.7556
42.00	1598.79	0.9440	0.01443	257.87	432.57	174.70	1.2002	1.7546
43.00	1640.85	0.9482	0.01401	259.71	432.85	173.14	1.2059	1.7536
44.00	1683.77	0.9524	0.01361	261.57	433.11	171.54	1.2117	1.7525
45.00	1727.54	0.9568	0.01322	263.44	433.36	169.92	1.2174	1.7515
46.00	1772.18	0.9612	0.01284	265.33	433.60	168.27	1.2232	1.7504
47.00	1817.71	0.9657	0.01247	267.24	433.82	166.58	1.2290	1.7493
48.00	1864.13	0.9703	0.01211	269.16	434.03	164.87	1.2348	1.7482
49.00	1911.47	0.9750	0.01176	271.11	434.23	163.12	1.2407	1.7470
50.00	1959.72	0.9798	0.01142	273.07	434.40	161.34	1.2466	1.7458
51.00	2008.91	0.9847	0.01108	275.05	434.57	159.52	1.2525	1.7446
52.00	2059.04	0.9897	0.01076	277.05	434.71	157.66	1.2585	1.7434
53.00	2110.14	0.9948	0.01045	279.07	434.84	155.77	1.2645	1.7421
54.00	2162.22	1.0000	0.01014	281.11	434.95	153.84	1.2706	1.7408
55.00	2215.28	1.0054	0.00985	283.18	435.04	151.86	1.2767	1.7395
56.00	2269.35	1.0108	0.00956	285.26	435.11	149.84	1.2828	1.7381
57.00	2324.43	1.0165	0.00927	287.38	435.16	147.78	1.2890	1.7367
58.00	2380.55	1.0223	0.00900	289.52	435.18	145.67	1.2953	1.7352
59.00	2437.71	1.0282	0.00873	291.68	435.19	143.51	1.3016	1.7337
60.00	2495.94	1.0343	0.00847	293.88	435.17	141.29	1.3080	1.7321
61.00	2555.24	1.0406	0.00821	296.10	435.12	139.02	1.3144	1.7305
62.00	2615.64	1.0471	0.00796	298.36	435.05	136.69	1.3210	1.7288
63.00	2677.14	1.0539	0.00772	300.64	434.95	134.31	1.3275	1.7271
64.00	2739.76	1.0608	0.00748	302.97	434.82	131.85	1.3342	1.7253
65.00	2803.52	1.0680	0.00725	305.33	434.66	129.33	1.3409	1.7234
66.00	2868.44	1.0755	0.00703	307.73	434.46	126.74	1.3478	1.7215
67.00	2934.52	1.0832	0.00680	310.17	434.23	124.06	1.3547	1.7194
68.00	3001.80	1.0913	0.00659	312.65	433.96	121.31	1.3617	1.7173
69.00	3070.28	1.0998	0.00637	315.19	433.65	118.46	1.3689	1.7151

## ANEXO C: FICHA TÉCNICA DEL R407C



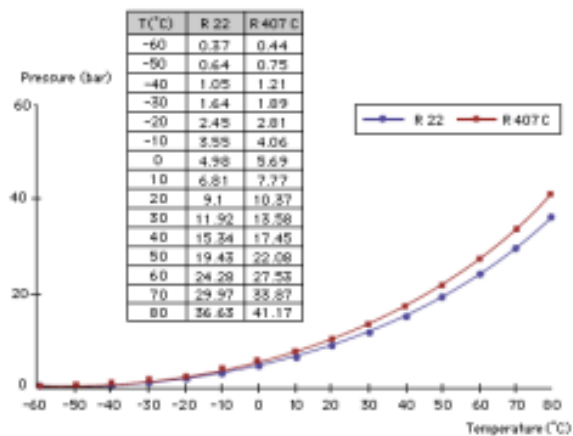
### FICHA TÉCNICA R-407C

#### Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	R-407C
Punto molecular	(g/mol)	86.2
Temperatura ebulición (a 1,013 bar)	(°C)	-43.5
Temperatura crítica	(°C)	86.74
Deslizamiento temperatura de ebulición (a 1,013 bar)	(K)	7.2
Presión crítica	(bar abs)	46.2
Densidad crítica	(Kg/m³)	527
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m³)	1134
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m³)	1325
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m³)	4.6
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	11.74
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	2.23
Calor de vaporización a punto de ebulición	(KJ/Kg)	245
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg K)	1.54
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg K)	0.83
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.082
Conductibilidad térmica del vapor (1 atm.)	(W/mK)	0.0131
Solubilidad con el agua	(ppm)	despreciable
Límite de inflamabilidad en aire a 1 atm.	(% vol)	Ninguna
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	1774*

\* De acuerdo con IPPCC-AR4/CIE (Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático)-2007

#### Gráfica comparativa temperatura/presión R-407C- R-22:





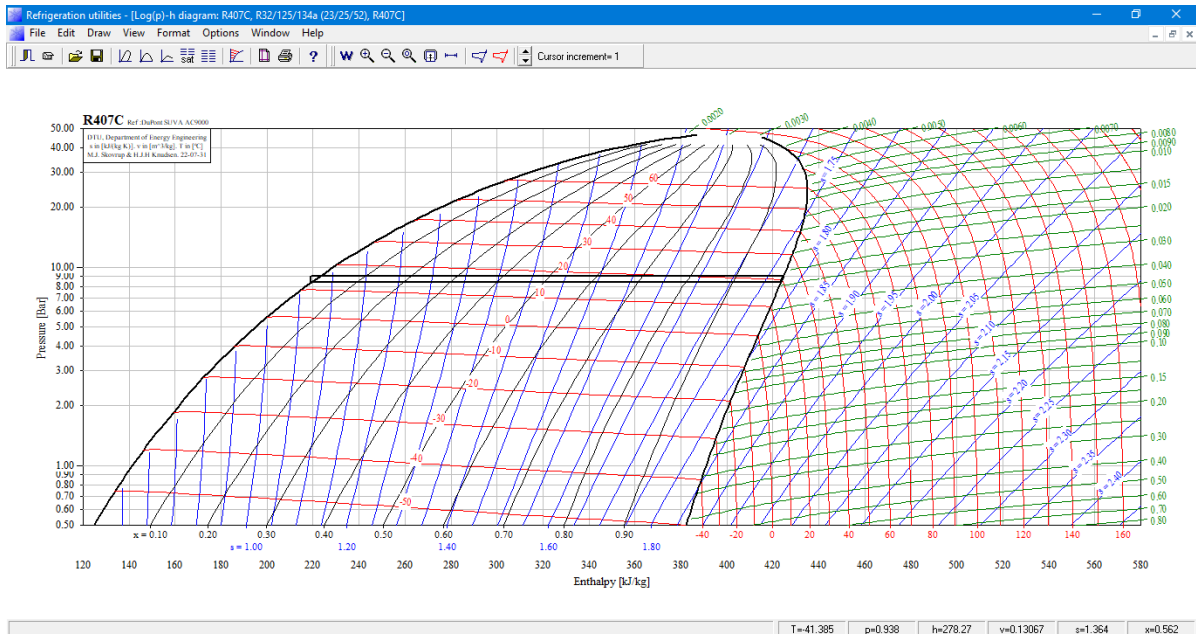
## ANEXO D: TABLA TERMODINÁMICA DEL AGUA VAPOR SATURADO

Temp., $T$ °C	Pres. sat., $P_{sat}$ kPa	Volumen específico, $m^3/kg$		Energía interna, $kJ/kg$			Entalpía, $kJ/kg$			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., $v_f$	Vapor sat., $v_g$	Líqu. sat., $u_f$	Evap., $u_{fg}$	Vapor sat., $u_g$	Líqu. sat., $h_f$	Evap., $h_{fg}$	Vapor sat., $h_g$	Líqu. sat., $s_f$	Evap., $s_{fg}$	Vapor sat., $s_g$
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

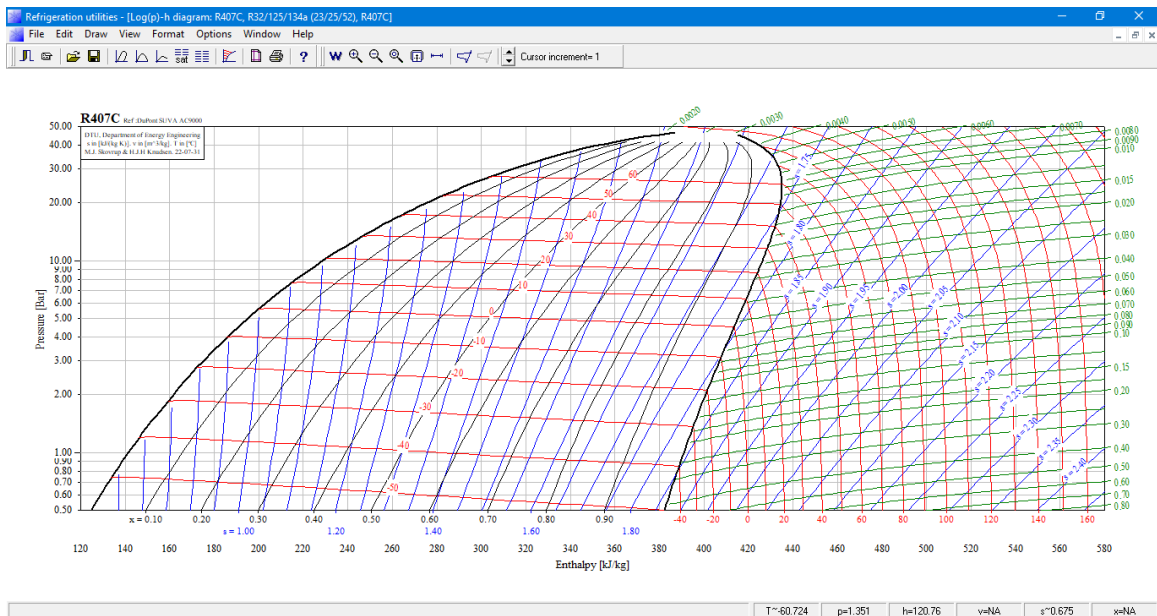
# ANEXO E: TABLA TERMODINÁMICA DEL AGUA TEMPERATURA SATURADA

Pres., <i>P</i> kPa	Temp. sat., <i>T</i> <sub>sat</sub> °C	Volumen específico, <i>m</i> <sup>3</sup> /kg		Energía interna, <i>kJ</i> /kg			Entalpía, <i>kJ</i> /kg			Entropía, <i>kJ</i> /kg · <i>K</i>		
		Líqu. sat., <i>v</i> <sub>f</sub>	Vapor sat., <i>v</i> <sub>g</sub>	Líqu. sat., <i>u</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>u</i> <sub>fg</sub>	Vapor sat., <i>u</i> <sub>g</sub>	Líqu. sat., <i>h</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>h</i> <sub>fg</sub>	Vapor sat., <i>h</i> <sub>g</sub>	Líqu. sat., <i>s</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>s</i> <sub>fg</sub>	Vapor sat., <i>s</i> <sub>g</sub>
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

## ANEXO F: SIMULACIÓN DEL CICLO EN COOLPACK

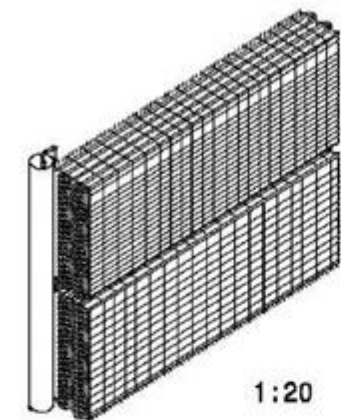


## ANEXO G: DIAGRAMA DE MOLLIER PARA EL REFRIGERANTE R407



## **ANEXO H: PLANO DEL EVAPORADOR**

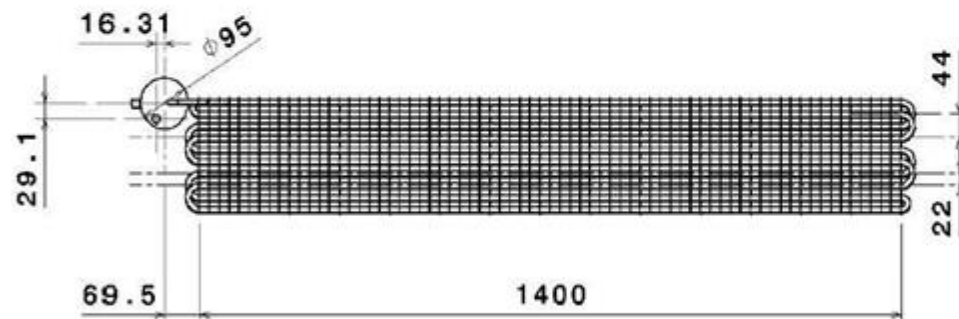
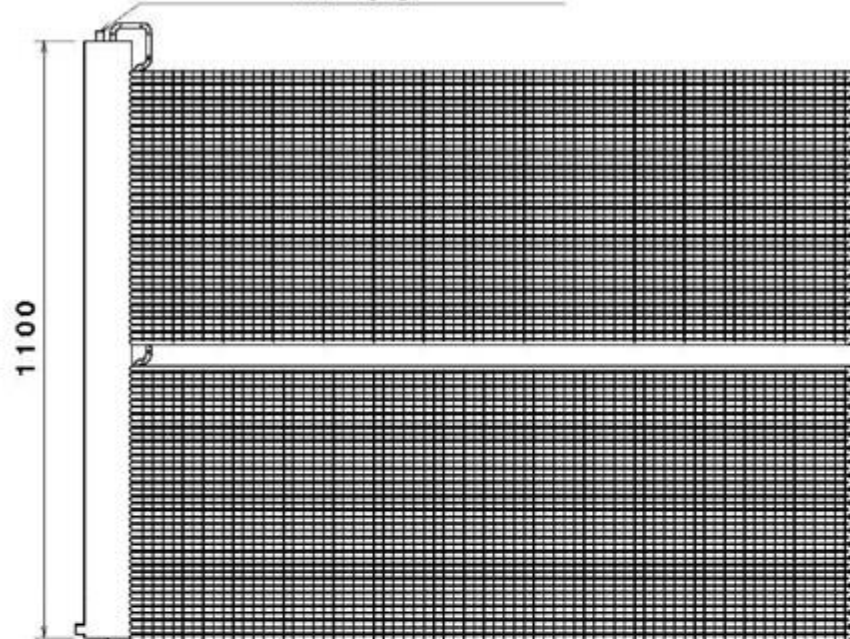
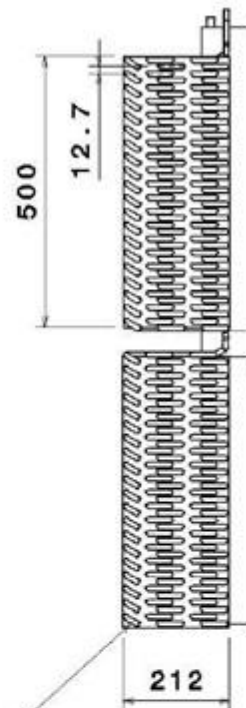




1:20

Tubos de cobre 3/8''  
De = 9.52 mm  
Di = 8.72 mm

Tubos de cobre  
5/8''  
De = 15.87 mm  
Di = 15.07

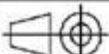


### Aletas:

Espesor: 0.3302 mm  
Paso: 3.175 mm

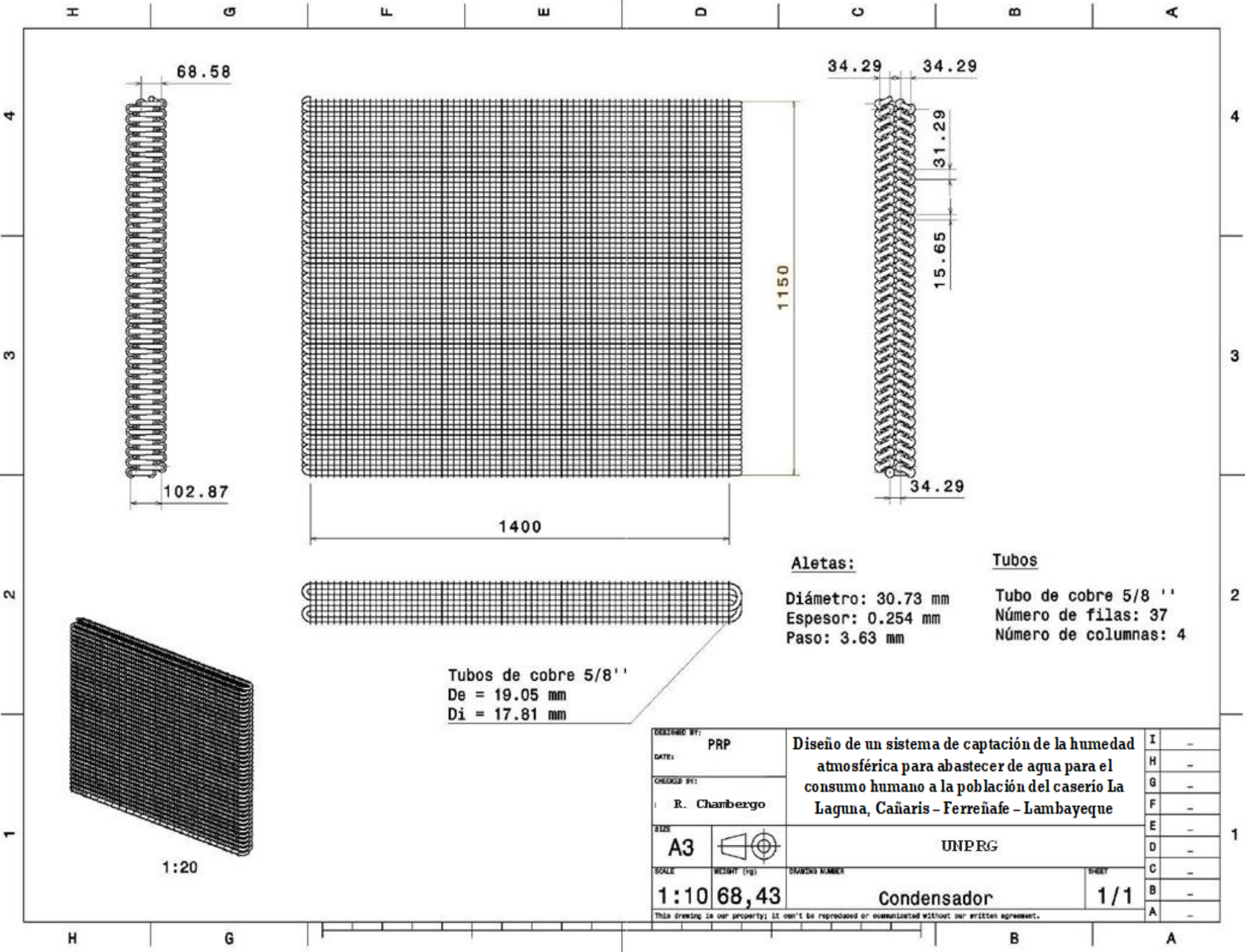
### Tubos:

Tubo de cobre 3/8''  
Número de filas: 48  
Número de columnas: 9

DESIGNADO BY: <b>PRP</b>		<b>Diseño de un sistema de captación de la humedad atmosférica para abastecer de agua para el consumo humano a la población del caserío La Laguna, Cañaris – Ferreñafe – Lambayeque</b>		I	–
DATE:				H	–
CHECKED BY: <b>R. Chambergo</b>				G	–
SIZE <b>A3</b>				F	–
				E	–
		<b>UNPRG</b>		D	–
SCALE <b>1:10</b>	WEIGHT (Kg) <b>143,8</b>	<b>Evaporador</b>		C	–
DRAWING NUMBER				B	–
		<b>1/1</b>		A	–
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.					



## **ANEXO I: PLANO DEL CONDENSADOR**




**Aletas:**

Diámetro: 30.73 mm  
Espesor: 0.254 mm  
Paso: 3.63 mm

**Tubos**

Tubo de cobre 5/8 ''  
Número de filas: 37  
Número de columnas: 4

Tubos de cobre 5/8 ''  
De = 19.05 mm  
Di = 17.81 mm

DESIGNED BY: <b>PRP</b>		<b>Diseño de un sistema de captación de la humedad atmosférica para abastecer de agua para el consumo humano a la población del caserío La Laguna, Cañaris - Ferreñafe - Lambayeque</b>		I	-
DATE:				H	-
CHECKED BY: <b>R. Chambergo</b>				G	-
SIZE <b>A3</b>			<b>UNPRG</b>	F	-
SCALE <b>1:10</b>		DRAWING NUMBER <b>68,43</b>		E	-
WEIGHT (kg) <b>1:10</b>		SHEET <b>1/1</b>		D	-
		<b>Condensador</b>		C	-
				B	-
				A	-

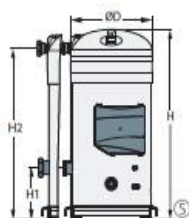
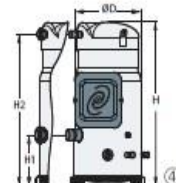
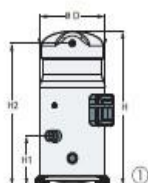
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

## ANEXO J: DATOS TÉCNICOS DEL COMPRESOR



### Quick reference

### Product range single compressors



	Model	Motor voltage code				Dimensions (inch)			
		200-230V/3~60Hz	400V/3~50Hz-460V/3~60Hz	500V/3~50Hz-575V/3~60Hz	380V/3~60Hz	D	H	H1	H2
①	SM/SZ084-090-100	•	•	•	•	100	200	56	18.3
	SM/SZ110-120	•	•	•	•	100	220	70	20.3
②	SM/SZ148-161	•	•	•	•	105	233	71	21.9
③	SM112	•	•	•	•	96	211	109	19.8
	SM124-147	•	•	•	•	96	213	109	20.0
④	SM/SZ175-185	○ •	○ •	○ •	○ •	124	267	71	25.2
	SY185	○ •	○ •	○ •	○ •	124	267	71	25.2
	SY/SZ240	○ •	○ •	○ •	○ •	135	286	77	25.8
⑤	SY/SZ300	○ •	○ •	○ •	○ •	135	291	77	26.2
	SZ380	○ •	○ •	○ •	○ •	135	300	77	27.1

○ Rotolock version • Brazed version

### Technical specifications

Model		Nominal Cap. 60Hz	Nominal cooling capacity ①		Powerinput	Max. Operat- ing current	COP ①		EER ①	Sound power	Swept volume	Displacement ②	Oil charge	Net weight ③
		TR	W	Btu/h	kW	A ②	W/W	Btu/h /W	dBA	cu.ft/rev	cu.ft/h	oz	lbs	
R22 single	SM084	7	24600	84000	7.4	17	3.34	11.4	74	6.99	849	110	141	
	SM090	7.5	26400	90100	7.8	17	3.37	11.5	75	7.35	894	110	143	
	SM100	8	27500	93900	8.1	18	3.38	11.5	75	7.76	943	110	143	
	SM110	9	31600	107800	9.3	20	3.38	11.5	78	8.80	1069	110	161	
	SM112	9.5	34000	116000	9.6	21	3.53	12.1	78	9.25	1124	112	141	
	SM120	10	36700	125300	10.8	24	3.4	11.6	78	10.17	1236	110	161	
	SM124	10.5	37700	128700	10.6	23	3.56	12.2	77	10.34	1257	112	142	
	SM147	12	43600	148800	12.2	26	3.58	12.2	78	11.81	1435	112	148	
	SM148	12	43800	149500	13	29	3.37	11.5	83	12.14	1476	122	194	
	SM161	13	47600	162500	14.1	31	3.39	11.6	84	13.22	1606	122	194	
	SM175	14	51100	174400	15.3	34	3.34	11.4	82.5	14.22	1728	210	220	
	SM/SY185	15	55300	188700	16.3	35	3.39	11.6	82.5	15.25	1853	210	220	
	SY240	20	74100	252900	22.1	47	3.35	11.4	85	21.22	2579	272	331	
	SY300	25	94500	322500	27.5	58	3.43	11.7	86	26.70	3245	272	346	
	SY380	30	115300	393500	33.4	69	3.46	11.8	92	32.42	3939	285	348	
R407C single	SZ084	7	22500	76800	7.1	17	3.19	10.9	74	6.99	849	110	141	
	SZ090	7.5	24400	83300	7.6	17	3.2	10.9	77	7.35	894	110	143	
	SZ100	8	26500	90400	8.2	18	3.24	11.1	77	7.76	943	110	143	
	SZ110	9	30100	102700	9.3	20	3.24	11.1	81	8.80	1069	110	161	
	SZ120	10	34800	118800	10.7	24	3.24	11.1	81	10.17	1236	110	161	
	SZ148	12	42600	145400	13.3	29	3.19	10.9	83	12.14	1476	122	194	
	SZ161	13	46000	157000	14.3	31	3.21	11.0	83	13.22	1606	122	194	
	SZ175	14	48700	166200	15.3	34	3.19	10.9	84	14.22	1728	210	220	
	SY/SZ185	15	51800	176800	16.4	35	3.15	10.8	84	15.25	1853	210	220	
	SY/SZ240	20	71100	242700	22.7	47	3.14	10.7	87	21.22	2579	272	331	
	SY/SZ300	25	87900	300000	27.5	58	3.2	10.9	87.5	26.70	3245	272	346	
	SZ380	30	107300	366200	33.5	69	3.2	10.9	91	32.42	3939	285	348	

① at ARI standard rating conditions: 45°F evaporating temperature, 130°F condensing temperature, 15°F subcooling, 20°F superheat

② for 45°F evap. temp.; 130°F cond. temp. under nominal voltage 460V / 3/60Hz, -10%

③ displacement at nominal speed: 3500 rpm at 60 Hz

④ net weight with oil charge

TR = Ton of Refrigeration  
COP = Coefficient Of Performance  
EER = Energy Efficiency Ratio



# Quick reference Performance data SZ R407C

Model	To	0			10			20			30			40			45			50		
	Tc	Qo	Pe		Qo	Pe		Qo	Pe		Qo	Pe		Qo	Pe		Qo	Pe		Qo	Pe	
SZ084	100	30900	4.80		41900	4.80		54 800	4.80		69700	4.80		86800	4.80		96 300	4.80		106400	4.70	
	130	-	-	-	-	-	-	39 700	7.10		53 100	7.10		68500	7.10		76 900	7.10		86000	7.00	
SZ090	100	33900	5.10		45200	5.20		58 700	5.30		74500	5.30		92800	5.30		103 000	5.30		113900	5.20	
	130	-	-	-	-	-	-	44 800	7.60		58500	7.60		74500	7.60		83 300	7.60		92800	7.60	
SZ100	100	37100	5.50		48900	5.60		63 000	5.70		79800	5.70		99500	5.70		110 500	5.70		123400	5.70	
	130	-	-	-	-	-	-	50 500	8.10		64600	8.10		81200	8.20		90 500	8.20		100500	8.20	
SZ110	100	42600	6.30		55900	6.30		71 900	6.40		90800	6.50		112900	6.50		125 300	6.50		138700	6.50	
	130	-	-	-	-	-	-	57 600	9.20		73500	9.30		92200	9.30		102 800	9.30		114100	9.30	
SZ120	100	48800	7.20		65100	7.30		83 500	7.40		105200	7.50		130700	7.50		144 900	7.40		160100	7.40	
	130	-	-	-	-	-	-	66 900	10.70		85300	10.80		106800	10.80		118 900	10.80		131900	10.70	
SZ148	100	61 000	8.90		79300	9.00		101 200	9.10		127200	9.30		158000	9.40		175 300	9.40		194000	9.50	
	130	-	-	-	-	-	-	82 600	13.10		104700	13.20		130700	13.30		145 400	13.40		161400	13.40	
SZ161	100	65800	9.50		85600	9.70		109 200	9.80		137300	9.90		170500	10.00		189 100	10.10		209300	10.10	
	130	-	-	-	-	-	-	89 200	14.10		112900	14.20		141000	14.30		156 900	14.30		174100	14.40	
SZ175	100	71000	10.10		92100	10.30		117 600	10.40		147800	10.60		183300	10.70		203 200	10.70		224600	10.70	
	130	-	-	-	-	-	-	94 100	14.90		119400	15.10		149300	15.20		166 200	15.30		184300	15.40	
SY/SZ185	100	75500	10.90		98000	11.10		125 100	11.20		157200	11.40		195000	11.50		216 100	11.50		238900	11.50	
	130	-	-	-	-	-	-	100 100	16.00		127100	16.20		158900	16.40		176 800	16.40		196100	16.50	
SY/SZ240	100	99700	14.90		131000	15.30		168 500	15.70		213100	16.00		265800	16.40		295 500	16.60		327500	16.70	
	130	-	-	-	105600	21.20		137 000	21.70		174200	22.10		218100	22.50		242 800	22.70		269500	22.90	
SY/SZ300	100	130800	17.90		167400	18.30		211 600	18.70		264900	19.10		329000	19.40		365 400	19.60		405100	19.80	
	130	-	-	-	134100	25.60		170 800	26.10		215300	26.70		269100	27.20		300 000	27.50		333800	27.80	
SZ380	100	157800	21.70		202900	22.20		257 100	22.80		321700	23.40		398000	24.00		440 900	24.30		487300	24.60	
	130	-	-	-	164300	31.30		210 000	31.90		264700	32.50		329600	33.20		366 300	33.50		406000	33.90	
SZ170	100	60900	9.50		82600	9.60		107 900	9.60		137300	9.60		171000	9.60		189 700	9.50		209500	9.40	
	130	-	-	-	-	-	-	78 300	14.10		104600	14.20		134800	14.10		151 500	14.10		169400	14.10	
SZ180	100	66800	10.30		89100	10.40		115 700	10.50		146800	10.50		182900	10.50		203 000	10.50		224500	10.50	
	130	-	-	-	-	-	-	88 300	15.20		115300	15.20		146700	15.30		164 200	15.30		182900	15.30	
SZ200	100	73200	11.00		96400	11.20		124 200	11.30		157200	11.40		196000	11.50		217 700	11.50		241100	11.50	
	130	-	-	-	-	-	-	99 600	16.10		127300	16.30		159900	16.30		178 300	16.40		198100	16.40	
SZ220	100	83900	12.50		110200	12.70		141 600	12.80		178800	12.90		222500	12.90		246 900	12.90		273100	12.90	
	130	-	-	-	-	-	-	113 400	18.40		144800	18.50		181700	18.60		202 400	18.60		224700	18.60	
SZ242	100	98000	14.50		128300	14.70		164 500	14.80		207300	14.90		257400	14.90		285 400	14.90		315400	14.80	
	130	-	-	-	-	-	-	131 700	21.40		168000	21.50		210500	21.50		234 300	21.50		259900	21.40	
SZ268	100	109100	16.10		142300	16.30		181 900	16.50		229000	16.70		284300	16.90		315 300	16.90		348800	16.90	
	130	-	-	-	-	-	-	147 300	23.80		187100	23.90		234000	24.10		260 400	24.10		288900	24.20	
SZ271	100	106800	15.80		139400	16.00		178 400	16.20		224700	16.30		279200	16.50		309 800	16.50		342800	16.60	
	130	-	-	-	-	-	-	144 500	23.30		183600	23.50		229800	23.60		255 800	23.60		283800	23.70	
SZ281	100	113800	16.70		148400	17.00		189 800	17.20		238900	17.30		296600	17.50		329 000	17.50		363900	17.50	
	130	-	-	-	-	-	-	153 700	24.80		195200	25.00		244100	25.10		271 700	25.10		301400	25.10	
SZ296	100	120200	17.80		156200	18.00		199 300	18.20		250600	18.50		311200	18.80		345 300	18.90		382200	18.90	
	130	-	-	-	-	-	-	162 800	26.20		206200	26.30		257500	26.60		286 500	26.70		317900	26.80	
SZ322	100	129700	19.00		168600	19.30		215 100	19.50		270500	19.80		335800	20.00		372 600	20.10		412400	20.20	
	130	-	-	-	-	-	-	175 600	28.10		222400	28.40		277800	28.60		309 100	28.70		343000	28.70	
SZ350	100	139800	20.20		181500	20.60		231 600	20.90		291200	21.10		361100	21.30		400 300	21.40		442400	21.50	
	130	-	-	-	-	-	-	185 300	29.80		235300	30.10		294200	30.40		327 300	30.60		363000	30.70	
SZ370	100	148700	21.80		193100	22.10		246 400	22.40		309700	22.70		384100	22.90		425 800	23.00		470600	23.10	
	130	-	-	-	-	-	-	197 200	32.00		250300	32.40		313000	32.70		348 200	32.90		386200	33.00	

To: Evaporating temperature in °F  
Tc: Condensing temperature in °F  
Qo: Cooling capacity in Btu/h  
Pe: Power input in kW  
Superheat = 20 °F  
Subcooling = 15 °F  
Voltage: 460 V / 3 / 60 Hz

## ANEXO K: DATOS TÉCNICOS DEL VENTILADOR

### HB 112 T6 2,2kW (A6:6)



modelo

HB 112 T6 2,2kW (A6:6)

código

2602066620P

#### VENTILADOR HELICOIDAL MURAL DE PALA VARIABLE

##### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS:

- Ventilador helicoidal de marco redondo reforzado con nervio intermedio.
- Montaje modular del conjunto motor hélice que permite una total versatilidad en caso de cualquier cambio.
- Protegidos contra la corrosión mediante recubrimiento en polvo de resina epoxy.
- Motor asincrónico normalizado de jaula de ardilla con protección IP-55 y aislamiento clase F. Voltajes Standard 230V 50Hz para motores monofásicos, 230/400V 50Hz para motores trifásicos hasta 4kW y 400/690V 50Hz para potencias superiores.
- **HB:** Hélice de poliamida reforzada con fibra de vidrio de ángulo variable en origen.
- **HBA:** Hélice en fundición de aluminio de ángulo variable en origen.

##### APLICACIONES:

- Diseñados para montaje en pared o en conducto, son indicados para:
- Renovación de aire en todo tipo de edificios e industrias.
  - Temperatura máxima de trabajo en continuo: monofásicos 50°C, trifásicos 60°C.

##### BAJO DEMANDA:

- Hélice impelente (sentido de aire hélice-motor).
- Hélice reversible 100%.
- Ventiladores para trabajar a 60Hz y voltajes especiales.
- Envolverte en chapa galvanizada en caliente o acero inoxidable.

#### ventilador

Grados	peso aprox.	caudal máx.
20	100 kg	32500 m <sup>3</sup> /h

#### motor

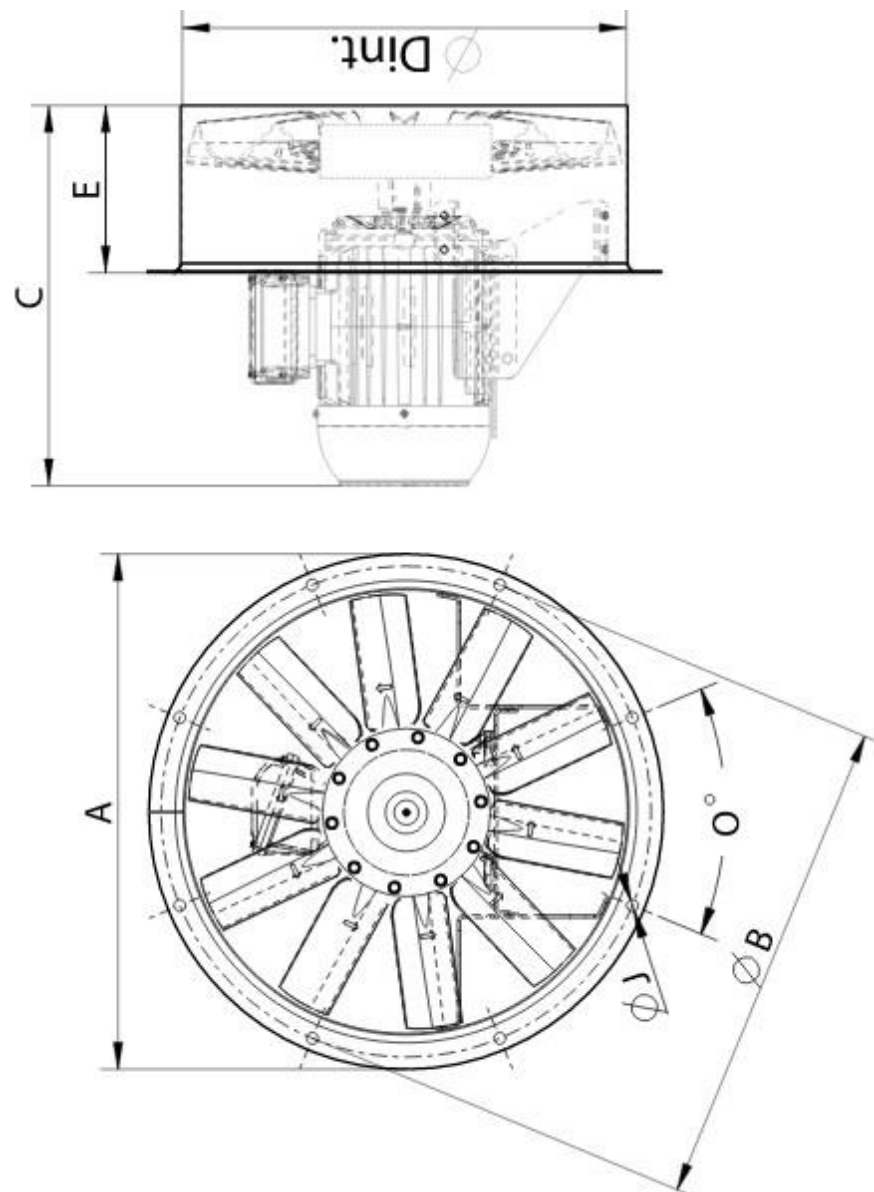
potencia	RPM motor	imax 230V	imax 400V
2,2 kW	965	10,3 A	5,94 A
tamaño motor	peso aprox. motor	eficiencia	FP
112M	38 kg	83,5 %	0,64

#### DATOS ERP

	Ficha ventilador		
Tipo de ventilador	Ventilador axial		
Categoría instalación	A	Aspiración e impulsión libre	
Categoría eficiencia	Estática		
El Vent debe ser instalado con VF	No		
Pot. motor (kW)	2,2		
	Valores Casals	Requisitos	
		2013	2015
MAX Eficiencia (%)	50.77	32.25	36.25
Grado eficiencia (N)	54.53	36	40
P <sub>abs</sub> (kW)	2.56		
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	19469.18		
Ps (Pa)	226.39		
Velocidad (rpm)	967		
Ratio específico	1.00		

# HB 112 T6 2,2kW (A6:6)

C	E	O	ØA	ØB	ØDint	ØJ
760	340	16x22,5°	1234	1190	1132	12



## ANEXO L: DATOS TÉCNICOS DEL KIT DE PANELES SOLARES

**ENERGÍA SOLAR**

BOMBAS DE AGUA

Blog Cursos Paneles Solares Contacto Buscar en AutoSolar...

Kits Solares Fotovoltaicos Paneles Solares Baterías Solares Inversores Solares Controladores de Carga Iluminación

(01) 715 1357

Comercial: 993 943 927

[autosolar@autosolar.pe](mailto:autosolar@autosolar.pe)

SECCIÓN ENERGÍA SOLAR

- Kits Solares Fotovoltaicos
  - Kits Solares de Aislada
  - Kits Solares Conectados a Red**
- Kits Bombeo Agua Solar
- Paneles Solares
- Soportes Paneles Solares
- Baterías Solares
- Inversores Solares
- Controladores de Carga

### Kit Solar Conectado Red 10000W 54000Whdia Trifásico

**S/.43.277,10** SIN IGV  
S/. 36.675,86

Descuento 2% (S/. 44.367,98 sin descuento)

Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: Recójalos el lunes 23 de mayo en agencia Marvisur o Shalom de provincias

Fabricante: Fronius | Cod. Artículo: 4001217

Cantidad: - 1 +

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**

2 años de garantía 14 días de devolución 100% pago seguro Secured by GeoTrust

Contactar vía WhatsApp Dejar un mensaje

48m<sup>2</sup>

Cinefina nanosolar

Descripción	Ficha Técnica	Instalaciones	Opiniones (3)	Preguntas (2)
<p>Número de Paneles Solares del Kit Solar: 24</p> <p>Potencia de los Paneles Solares: 450W</p> <p>Garantía del Inversor del Kit Solar: 1 año</p> <p>Potencia Generada al día: 54000Wh al día de media anual</p> <p>Marca del Panel Solar del Kit Solar: EcoGreen</p> <p>Marca del Inversor del Kit Solar: Fronius</p> <p>Potencia Máxima del Inversor: 10000W</p> <p>Garantía de Paneles Solares: 10 años</p> <p>Inyección Cero: Sí (configurable)</p> <p>Máxima Corriente de Entrada del Inversor: 27 + 16,5A</p> <p>Mínima Tensión de Entrada del Inversor: 200V</p> <p>Máxima Tensión de Entrada: 1000V</p> <p>Número de Seguidores MPP: 2</p> <p>Número de Entradas CC: 3 + 3</p> <p>Factor de Potencia del Inversor: 0.85-1</p> <p>Dimensiones del Inversor: 725 x 510 x 225 mm</p> <p>Información Adicional: Protección IP66</p>				

ENVIAR

LAS OPERACIONES DE PAGO A PARTIR DE S./ 2,000 O US\$ 500 SE DEBERÁ UTILIZAR MEDIOS DE PAGO.

TRANSFERENCIAS BANCARIAS, TARJETAS DE CRÉDITO Y DÉBITO, DEPÓSITO EN CUENTA Y/O CHEQUES.

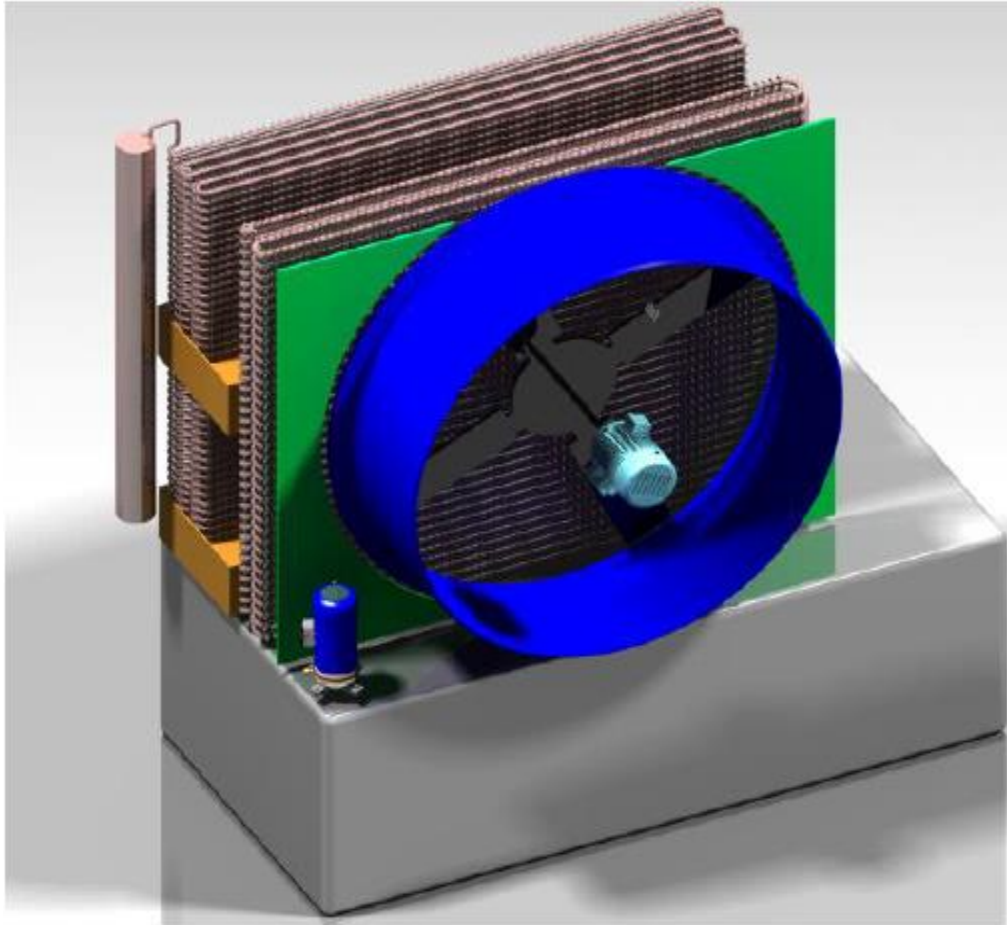
LEY DE BANCARIZACIÓN NO. 28194

**ENTREGAMOS GRATIS A PROVINCIAS DEL PERÚ**

ENVÍO GRATUITO A LA OFICINA DE



## ANEXO M: GRÁFICO REFERENCIAL DEL DISPOSITIVO





## ANEXO N: COSTOS DE PROYECTO DE PREINVERSIÓN EN EL CASERIO LA LAGUNA

### ***COSTO DE INVERSIÓN DE AGUA POTABLE***

ALTERNATIVA unica SISTEMA DE AGUA POTABLE: INVERSION TOTAL A PRECIOS DE MERCADO							
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE LAS LOCALIDADES ALCANFOR, LA LAGUNA, CHIRIMOYAPAMPA Y HUAMACHUCO, DISTRITO CAÑARIS - FERREÑAFE-LAMBAYEQUE							
Partida	DESCRIPCION	Sub Total	Gastos Generales y Utilidad	Costo Parcial	I.G.V.	Expediente Técnico Supervisión	Inversión Total a Precios de Mercado
			18%	S/.	18%	9.00%	S/.
1.00	OBRAS PROVISIONALES, GLB	95,260.16	16,671	111,930.6880	20,148	8,573	140,652
2.00	CAPTACIÓN QUEBRADA , UND	25,263.16	4,421	29,684.2130	5,343	2,274	37,301
3.00	SEDIMENTADOR , GBL	28,837.46	5,047	33,884.0155	6,099	2,595	42,579
4.00	PREFILTRO , UND	73,907.40	12,934	86,841.1950	15,631	6,652	109,124
5.00	CAMARAS Y VALVULAS, GBL	40,578.47	7,101	47,679.7023	8,582	3,652	59,914
6.00	LINEA DE CONDUCCION L=9,094.62 M, M	402,515.57	70,440	472,955.7948	85,132	36,226	594,314
7.00	LINEA DE ADUCCION Y DISTRIBUCION L=12,700.53 M, M	558,189.22	97,683	655,872.3335	118,057	50,237	824,166
8.00	RESERVORIO DE CONCRETO CIRCULAR DE 15 M3 (01 UND), UND	35,906.65	6,284	42,190.3138	7,594	3,232	53,016
9.00	RESERVORIO DE CONCRETO CIRCULAR DE 10 M3 (01 UNID), UND	31,685.60	5,545	37,230.5800	6,702	2,852	46,784
10.00	RESERVORIO DE CONCRETO CIRCULAR DE 08 M3 (02 UND), UND	44,739.82	7,829	52,569.2885	9,462	4,027	66,058
	<b>TOTAL</b>	<b>1,336,883.51</b>	<b>233,954.61</b>	<b>1,570,838.12</b>	<b>282,750.86</b>	<b>120,319.52</b>	<b>1,973,908.503</b>



**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°001-2023-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 09:00 a.m. del día miércoles 04 de enero de 2023. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/xie-gjyr-kjk>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°248-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 30 de diciembre de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

**Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA**  
**M.Sc. Ing. OSCAR MÉDEZ CRUZ**  
**ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO**  
**ING. ROBINSON TAPIA ASENJO**

**PRESIDENTE**  
**SECRETARIO**  
**MIEMBRO**  
**ASESOR**

Se recibió la Tesis titulada:

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA PARA ABASTECER DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO A LA POBLACIÓN DEL CASERÍO LA LAGUNA - CAÑARIS - LAMBAYEQUE"**

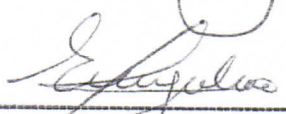
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **CHAMBERGO BANCES RONALD AUGUSTO.**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO.**

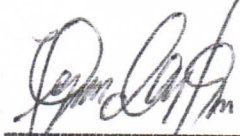
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

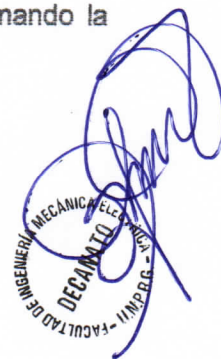
Siendo las 09:45 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
Dr. Ing. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA  
PRESIDENTE

  
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
MIEMBRO

  
M.Sc. Ing. OSCAR MÉDEZ CRUZ  
SECRETARIO

  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR




Lambayeque, 06 de marzo de 2023

## **CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Por intermedio del presente el Suscrito: **ROBINSON TAPIA ASENJO**, Docente y Asesor de tesis, del Señor Bach. **RONALD AUGUSTO CHAMBERGO BANCES**, con Código Universitario N° 155149-I,

Titulada: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA PARA ABASTECER DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO A LA POBLACIÓN DEL CASERÍO LA LAGUNA – CAÑARIS - LAMBAYEQUE**”, luego de la revisión exhaustiva del documento he constatado que la misma tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.



.....  
ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR

"Diseño de un sistema de captación de la humedad atmosférica para abastecer de agua para el consumo humano a la población del caserío La Laguna, Cañarís - Ferreñafe - Lambayeque"

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	oa.upm.es Fuente de Internet	3%
2	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	gestion.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1%

repositorio.umsa.bo

  
ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR

8	Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	dominiodelasciencias.com Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.udch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.riti.es Fuente de Internet	<1 %
14	noesis.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to University of Wales central institutions Trabajo del estudiante	<1 %
16	guao.org Fuente de Internet	<1 %
17	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

  
 .....  
 ROBINSON TAPIA ASENJO  
 DNI: 16742683  
 ASESOR



19	Submitted to Universidad Autonoma de Chile Trabajo del estudiante	<1 %
20	biblioteca.usbbog.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1 %
21	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Sergio Arboleda Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
25	Jose Enrique Priego De Los Santos. "Análisis y predicción de lluvias intensas en la Comunidad Valenciana basados en la estimación del contenido de vapor de agua atmosférico obtenido con técnicas GNSS", Universitat Politecnica de Valencia, 2012 Publicación	<1 %
26	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	

ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR

		<1 %
29	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	<1 %
30	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
32	estrucplan.com.ar Fuente de Internet	<1 %
33	miliarium.com Fuente de Internet	<1 %
34	www.dailycurlz.com Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
36	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
37	ebin.pub Fuente de Internet	<1 %
38	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR

39	<a href="http://www.pj.gob.pe">www.pj.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://repositorio.autonoma.edu.pe">repositorio.autonoma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ronald Augusto Chambergo Bances  
Título del ejercicio: Revisión  
Título de la entrega: "Diseño de un sistema de captación de la humedad atmosférica..."  
Nombre del archivo: INFORME\_FINAL\_-\_RONALD\_CHAMBERGO\_BANCES.docx  
Tamaño del archivo: 5.19M  
Total páginas: 122  
Total de palabras: 14,621  
Total de caracteres: 77,613  
Fecha de entrega: 20-oct.-2022 05:34p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1930965959



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
III Programa de Elaboración de Tesis

### TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Diseño de un sistema de captación de la humedad atmosférica para abastecer de agua para el consumo humano a la población del caserío La Laguna, Cañaris - Ferreñafe - Lambayeque"

Autor:

Bach. Chambergo Bances Ronald Augusto

Asesor:

Ing. Tapia Asenjo Robinson

LAMBAYEQUE - PERÚ

Octubre - 2022

ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR