



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

ELÉCTRICA

**Sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calefacción
en una vivienda rural del distrito de Angamarca – La Libertad**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Almanza Armas, César Hugo (orcid.org/ 0000-0002-4944-7247)

Utus Cantorin, Merlin Amilcar (orcid.org/ 0000-0003-3728-4097)

ASESOR:

Ing. Castro Anticona, Walter Miguel (ORCID: 0000-0002-8127-4040)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de los Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestros padres por sus consejos brindados durante toda nuestra carrera para ser unos profesionales íntegros, sin olvidar de dónde somos y a donde vamos, a nuestras familias por el apoyo incondicional en todo momento, siempre impulsándonos a seguir adelante y sacando lo mejor de nosotros, a nuestras esposas por acompañarnos en estas largas noches de desvelos, compartiendo con nosotros el sacrificio y esfuerzo que implica las ganas de superación, sin olvidar a nuestros hijos que son nuestra razón de ser cada día.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de seguir esta carrera y permitarnos llegar hasta el lugar donde nos encontramos, a nuestros asesores que nos guiaron y nos dieron todo su apoyo para concluir nuestra tesis, a nuestros docentes por la formación impartida para sacar un buen producto profesional, y a todas las personas que han hecho posible la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	1
Agradecimiento	2
Índice de contenidos	3
Índice de tablas	5
Índice de gráficos y figuras	6
Resumen	7
Abstract.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos	18
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS	33
ANEXOS	36

Índice de tablas

Tabla 1 Temperatura medida en grados Celsius por ambiente.....	20
Tabla 2 Cálculo de la carga térmica en la vivienda muestra.	20
Tabla 3 Cálculo de la carga eléctrica en la vivienda muestra.....	21
Tabla 4 Parámetros de diseño.....	22
Tabla 5 Especificaciones de diseño del sistema.....	23
Tabla 6 Análisis de alternativas.....	23
Tabla 7 Parámetros del módulo termoeléctrico.....	24
Tabla 8 Parámetros del sistema fotovoltaico.....	27
Tabla 9 Presupuesto básico del sistema híbrido.....	27
Tabla 10 Matriz de operacionalización de variable: Sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier.....	36
Tabla 11 Matriz de operacionalización de variable: Temperatura de ambiente interior.....	37
Tabla 12 Parámetros físicos del ambiente dentro de la vivienda.....	43
Tabla 13 Radiación unitaria a través de las ventanas, según su orientación.....	46
Tabla 14 Equivalencias del hemisferio sur con el hemisferio norte.....	48
Tabla 15 Carga térmica de radiación en las paredes.....	53
Tabla 16 Infiltraciones sensibles.....	54
Tabla 17 Infiltraciones latentes.....	55
Tabla 18 Pérdida de calor sensible.....	55
Tabla 19 Pérdida de calor latente.....	56
Tabla 20 Carga sensible y latente debida a los ocupantes.....	56
Tabla 21 Selección de parámetros de celda Peltier según material.....	60

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Esquema de diseño de investigación.....	17
Figura 2 Distribución de vivienda típica.	19
Figura 3 Resistividad térmica para $T_c = 277.15$ K en unidades K/W	25
Figura 4 Temperatura de salida del módulo termoelectrico	26
Figura 5 COP del módulo termoelectrico.....	26
Figura 6 Coeficientes de transmisión global – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.....	44
Figura 7 Tabla de resistencias térmicas para el adobe – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.....	44
Figura 8 Tabla de aportaciones solares a través de vidrio sencillo – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.....	46
Figura 9 Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.....	49
Figura 10 Selección de ΔT_{es} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.....	49
Figura 11 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.....	50
Figura 12 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.....	51
Figura 13 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.....	52
Figura 14 Selección de ΔT_{es} y ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.....	53
Figura 15 Selección del caudal de aire.	55
Figura 16 Diagrama de parámetros de diseño en función de la temperatura.	58
Figura 17 Diagrama de calor y temperatura	59
Figura 18 Modelo de celda termoelectrica	61
Figura 19 Interfaz de ingreso de propiedades de la celda Peltier	61
Figura 20 Modelado de la celda termoelectrica.....	62
Figura 21 Calor absorbido por el lado frío	62

Resumen

La investigación realizada tuvo como objetivo diseñar un sistema híbrido fotovoltaico - celdas Peltier para un sistema de calefacción y un sistema eléctrico de una vivienda rural en el distrito de Angasmarca, por lo que se realizó un estudio del tipo aplicado, diseño experimental y de alcance explicativo. La población fue de 120 viviendas rurales, de las cuales se tomó como muestra de estudio una vivienda. El diseño se inició con las especificaciones, los cuales se obtuvieron con las fichas de registro y las encuestas a los habitantes de la vivienda tomando como guía la Norma VDI 2221. Después se hizo un análisis de alternativas en donde la opción óptima fue el módulo termoeléctrico.

El diseño paramétrico se llevó a cabo con el cálculo de la carga térmica, el cual alcanzó un resultado de 3.9 kW de potencia térmica y una potencia eléctrica de 1207 W, que adicionado a la potencia eléctrica de la vivienda 385 W, nos dio como resultado una potencia total de 1592 W.

Posteriormente se diseñó el sistema termoeléctrico y fotovoltaico que utilizará el sistema, la selección del número de paneles y módulos Peltier, se obtuvo mediante cálculos matemáticos. Seguidamente, se realizó el modelado ingresando los datos obtenidos al software Matlab, obteniendo las diferentes gráficas de funcionamiento. Finalmente, se obtuvo el presupuesto de nuestro diseño para su implementación.

Palabras clave: Celdas Peltier, generadores termoeléctricos, bombas de calor, termoeléctricos, sistemas fotovoltaicos.

Abstract

The research carried out had the objective of designing a hybrid photovoltaic system - Peltier cells for a heating system and an electrical system of a rural house in the Angasmarca district, for which a study of the applied type, experimental design and explanatory scope was carried out. The population was 120 rural dwellings, of which one dwelling was taken as a study sample. The design began with the specifications, which were obtained with the registration sheets and the surveys of the inhabitants of the house, taking the VDI 2221 Standard as a guide. Afterwards, an analysis of alternatives was made where the optimal option was the thermoelectric module. . The parametric design was carried out with the calculation of the thermal load, which achieved a result of 3.9 kW of thermal power and an electrical power of 1207 W, which added to the electrical power of the house 385 W, gave us as a result a total power of 1592 W. Subsequently, the thermoelectric and photovoltaic system that the system will use was increased, the selection of the number of panels and Peltier modules was obtained through mathematical calculations. Next, the modeling was carried out by entering the data obtained into the Matlab software, obtaining the different performance graphs. Finally, the budget of our design for its implementation was obtained.

Keywords: Peltier cells, thermoelectric generators, heat pumps, thermoelectric, Photovoltaic systems.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una gran demanda de energía en la actualidad debido a que todas las actividades del hombre se basan en ella. Esta demanda ha originado que las fuentes tradicionales de energía empiecen a limitarse no sólo por su contaminación sino por su costo. Muy por el contrario, las energías de fuentes renovables están siendo estudiadas por los investigadores, para mayor utilidad de las personas (Khanlari et al. 2020).

El dispositivo termoelectrico no presenta emisión de carbono por lo que a pesar de ser renovable también es ecológico, siendo añadido al mismo grupo que la energía solar, eólica y otras fuentes más. Los dispositivos termoelectricos se han ido empleando en diferentes campos, como la generación de energía, los sistemas de climatización y en la obtención de agua por proceso de condensación, en la cual aprovecha la propiedad de convertir energía térmica en energía eléctrica y viceversa (Kudva and Veerasha 2020).

En el ámbito internacional se ha buscado lograr el suministro de energía para ciertos edificios mediante un sistema de bombas de calor que utilizan las fuentes de aire, la cual busca reemplazar a las calderas de gas entre otras tecnologías convencionales (Vering et al. 2022) los métodos de diseño que se utilizan son basados en simulación con métodos de optimización. También se han utilizado compresores centrífugos para optimizar las bombas de calor llegando a descubrir que un compresor de dos etapas incrementa el rendimiento y el suministro de calor (Meroni et al. 2018).

En Latinoamérica se vienen realizando análisis de sistemas fotovoltaicos utilizando modelado y simulación computacional, esto con la finalidad de analizar la viabilidad, el rendimiento, la estimación de energía, entre otros (Benavides Padilla, Jurado y González 2018) de igual manera se han venido analizando sistema de calefacción a base de energía solar, además, de utilizar dichas fuentes para su uso en agua caliente para una vivienda (Hajipour 2020).

En las zonas rurales de Perú se tiene un gran problema con las bajas temperaturas, el cual se debe principalmente a la falta de dispositivos de calefacción que no funcionan con

energías convencionales (Trancossi, Cannistraro y Pascoa 2020) las condiciones de frío extremo que se tienen en algunas ciudades pueden causar problemas recurrentes tanto en la salud como en la economía de los ciudadanos (Wieser, Rodríguez-Larraín y Onnis 2021).

Las posibles causas del problema analizado se deberían principalmente a que, en las regiones del país, las Viviendas están construidas con materiales que no satisfacen las necesidades térmicas de los habitantes de la zona. El problema recae que en dichas zonas se pueden llegar a temperaturas de hasta 0° C por lo que se necesita un sistema de aislamiento o calefacción que supla esas deficiencias (Quispe, Silva and Silva 2021).

Esto ha hecho que incremente el interés por encontrar nuevos sistemas de calefacción o generación de calor como son las celdas Peltier. Al ser una tecnología relativamente nueva en el Perú, el no considerar toda la información necesaria impedirá poder analizar la factibilidad del sistema y no se podrá direccionar la investigación por el lado correcto (Chávez et al. 2019). La celda Peltier es un componente semiconductor, en su mayoría en forma de placa (longitud lateral de 20 a 80 mm y grosor aproximado de 4 mm). El elemento en sí consiste en una matriz de semiconductores P y N interconectados, cubiertos por placas cerámicas no conductoras en ambos lados. El elemento aprovecha el efecto Peltier cuando después de conectar la celda a un circuito de CC, un lado de los semiconductores (y la placa de cerámica adjunta) se calienta y el otro se enfría (Kny et al. 2019).

Dentro de los principales efectos físicos de transformación de energía sobresalen tres. El primero es el efecto Joule en el cual se relaciona la conducción de energía eléctrica con el calentamiento del conductor por el cual se transmite dicha energía. El segundo es el efecto Seebeck que consiste en la formación de un flujo de corriente producido por la unión de dos metales homogéneos distintos que se encuentran a distinta temperatura. Finalmente se tiene el efecto Peltier que consiste en el enfriamiento o calentamiento de una conexión entre dos conductores distintos cuando por ellos pasa una corriente eléctrica y que depende exclusivamente de la composición y temperatura de la unión. Este efecto es el que se viene utilizando en la gran mayoría de los dispositivos termoelectrónicos en cualquiera de las dos vías de transformación de energía (Mardini-Bovea et al. 2019).

La energía solar fotovoltaica es una de las principales alternativas de energía renovable para que los países logren una mayor diversidad en su matriz energética. Se beneficia de altos niveles de radiación solar incidente. Algunos sistemas de calefacción que se viene utilizando

son a base de la energía solar como el caso de los colectores de placa de polipropileno UV, con él logran temperaturas de confort con un rango de 28 – 32 °C. (Rivasplata Cabanillas et al. 2020). Sin embargo, el aumento de la temperatura que lo acompaña, junto con otras variables ambientales, reduce su rendimiento general. Una opción de enfriamiento es usar celdas termoeléctricas o Peltier (Nobrega De Araujo et al. 2019).

Por lo anterior mencionado se plantea el siguiente problema, ¿Cómo implementar un diseño híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calefacción en una vivienda ubicada en el distrito de Angasmarca – La Libertad? y a su vez las preguntas específicas: ¿Cuáles son las temperaturas del ambiente interior de la vivienda en la cual se instalará el sistema híbrido Fotovoltaico – Celdas Peltier (bomba de calor)?, ¿Cuál es la demanda de calor en la vivienda típica ubicada en el distrito de Angasmarca - La Libertad?, ¿Cuáles son los parámetros de diseño de ingeniería para el sistema híbrido?, ¿Cómo se diseña un sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calor? y ¿Cuál es el presupuesto para la fabricación e implementación del sistema híbrido?

La justificación del proyecto desde el punto de vista teórico está dada por el entendimiento del efecto Peltier y su aplicación en la industria, ya que en la región La Libertad las únicas fuentes de energía sustentable son la eólica y la solar por lo que daría un mayor enfoque. Dentro del aspecto tecnológico permitirá implementar un nuevo sistema para bombas de calor utilizando la fuente del sol y el calor que este produce. Finalmente, en el punto de vista económico el proyecto se justifica debido a la reducción del uso de combustibles fósiles que está en alza excesiva de sus precios formando una nueva fuente para los pobladores.

El objetivo general del proyecto es evaluar la implementación de un sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calefacción para vivienda ubicada en el distrito de Angasmarca – La Libertad. Para llegar a este objetivo general se ha planteado los siguientes objetivos específicos: Determinar las temperaturas del ambiente interior de la vivienda en el cual se instalará el sistema híbrido Fotovoltaico – Celdas Peltier, determinar la demanda de calor en la vivienda típica ubicada en el distrito de Angasmarca - La Libertad, determinar los parámetros del diseño de ingeniería para el sistema híbrido, diseñar un sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calor y elaborar un presupuesto para la fabricación e implementación del sistema híbrido.

Por lo descrito, esta investigación se centra en diseñar un sistema de calefacción utilizando un sistema híbrido fotovoltaico – Celdas Peltier (Marina et al. 2021) para una vivienda de la sierra de la Libertad considerando los parámetros de entrada del diseño. Así mismo la variable de análisis sería la temperatura interna del sistema (D’Agostino et al. 2022) teniendo como base la variable sistema híbrido fotovoltaico – Celdas Peltier (Freire et al. 2021).

II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la búsqueda de información, se tiene el artículo de Kny et al. (2019) quienes, en su investigación realizada en República Checa, diseñaron una unidad de tratamiento de aire (UTA) con celdas Peltier para caudales de aire fresco de 50 a 200 m³/h. La unidad fue diseñada para la ventilación de edificios residenciales y administrativos. Dentro de su metodología utilizaron simulaciones por computadora para diseñar la unidad (incluyendo CFD) y se realizaron muchas mediciones. El diseño utiliza el efecto Peltier, que transfiere el calor del aire extraído de la habitación al aire de suministro fresco, a la inversa, la unidad permite el enfriamiento previo del aire de suministro. La unidad de tratamiento de aire con elemento Peltier no logra la alta eficiencia de las unidades de ciclo compresor, pero es mucho más simple y tiene una vida útil más larga.

Prosiguiendo con la búsqueda se tiene el artículo de Trancossi, Cannistraro & Pascoa (2020) quienes estudiaron una bomba de calor que combina las contribuciones solar y termoeléctrica y evalúa su implementación en una Vivienda contenedor energéticamente eficiente para vivienda civil. Para iniciar el análisis, el edificio y el sistema de aire acondicionado fueron evaluados según la primera y segunda ley de la termodinámica. Consideraron diferentes opciones mediante un método holístico que tuvo como objetivo producir configuraciones de sistema arbitrarias como Industry 4.0 Digital Twin y diseño basado en leyes constructivas. El sistema constructivo fue estudiado considerando los datos climáticos en la localidad de Bolonia (Italia). El aporte solar se ha analizado mensualmente. Se han estimado las ganancias solares por elementos transparentes. La climatización se realizó mediante celdas Peltier y recuperación de calor con módulos fotovoltaicos en los meses de invierno. Aportaron un diseño y análisis completo de la propuesta.

Adicionalmente se tiene el artículo de Cannistraro and Trancossi (2019) quienes introdujeron un nuevo parámetro físico "temperatura radiante media local" el cual les permitió evaluar las condiciones de confort puntuales locales dentro de grandes ambientes interiores. Analizaron diferentes métodos para evaluar las condiciones de confort según los estándares actuales, para luego proponer y analizar una solución práctica para mejorar la distribución térmica. Incluye dos subsistemas principales: un subsistema de detección Wi-Fi que mide la velocidad del aire y la temperatura en varias posiciones y un sistema de aire acondicionado puntual activo hecho por celdas Peltier. El sistema de detección pilota la aclimatación local dentro del entorno de "espacio abierto" para aumentar las condiciones de confort y la calidad del aire con un notable ahorro de energía si se compara con cualquier planta de aire acondicionado tradicional. Las celdas Peltier producen el mismo efecto de una micro bomba de calor que proporciona climatización puntual y localizada. Se logró medir el confort térmico a través de parámetros tradicionales como PMV y PPD.

Posteriormente se tuvo el artículo de Martínez et al. (2021) quienes compararon nueve técnicas de modelado, según métodos estadísticos basados en análisis de incertidumbre, en términos de coeficiente de rendimiento previsto y potencia de refrigeración. Dichos modelos se obtuvieron mediante la combinación de tres modelos de simulación para módulos termoeléctricos (modelo simple, modelo mejorado, analogía eléctrica) y cinco métodos para implementar las propiedades termoeléctricas. Encontraron que no existe una diferencia estadística en los valores medios del coeficiente de rendimiento y la potencia de refrigeración proporcionados por los modelos mencionados, con un nivel de confianza del 95 %. Determinaron que la mejor opción es la compuesta por el modelo simple y expresiones dependientes de la temperatura para las propiedades termoeléctricas. Además, si se suministra valores bajos de relación de resistencia, se pueden utilizar expresiones empíricas de la literatura para la resistencia térmica de los intercambiadores de calor; sin embargo, para valores altos, se deben implementar pruebas experimentales, especialmente para el intercambiador de calor en el lado caliente.

Continuando se tiene el artículo de Ibáñez-Puy et al. (2018) quienes analizaron el rendimiento de una celda Peltier integrada en una caja adiabática para funcionar como unidad de calefacción y refrigeración. La caja fue una reproducción a pequeña escala de la estancia de un edificio donde se tenía que conseguir una determinada temperatura de confort. Este montaje

experimental era parte de un trabajo continuo en el que se desarrollaron varios prototipos a escala real. Lograron analizar y cuantificar la relación entre el calor cedido o absorbido por la celda Peltier y la temperatura ambiente, para poder optimizar el desempeño de la celda Peltier en relación al espacio acondicionado y aplicar este conocimiento en futuros prototipos arquitectónicos, ya que no se han encontrado desarrollos equivalentes en la integración en edificios y no sólo del desarrollo de equipos termoeléctricos.

Luego se tiene el artículo de De Mey, Kos and Górecki (2022) quienes presentaron una red térmica para modelar una estructura multicapa que consistía de una estructura semiconductor, una bomba de calor Peltier integrada y una aleta de refrigeración. Establecieron un criterio para determinar la corriente Peltier óptima para minimizar la temperatura del chip utilizando la disipación de potencia como parámetro de control. Los autores presentaron una fórmula matemática simple que se puede implementar fácilmente en el software de un procesador siendo enfriado para que el dispositivo pueda operar con la máxima eficiencia asumiendo la confiabilidad requerida.

Como siguiente punto se tiene la investigación de Miao et al. (2022) quienes diseñaron un sistema radiante panelizado, de fuente terrestre, para calefacción y refrigeración de espacios en edificios mediante la utilización del efecto Peltier. El sistema estaba equipado con tuberías de agua que se sujetan a un lado del panel y se conectan con un circuito de tierra para intercambiar calor entre los lados frío/caliente del módulo termoeléctrico y la región subterránea. El circuito de tierra se inserta en pozos, similares a los que se utilizan para un sistema de bomba de calor de fuente terrestre (GSHP) de circuito cerrado vertical, que podría tener más de cien metros de profundidad. Los resultados obtenidos fueron que los coeficientes de rendimiento de enfriamiento (COP) promedio del sistema son bajos (0.6 o menos) a pesar de que el suelo se usa como disipador de calor, además el sistema desarrollado utiliza la región subterránea como fuente de calor, tiene el potencial de satisfacer las cargas de calefacción para un edificio, manteniendo un coeficiente de rendimiento del sistema más alto (hasta ~3.0) para la calefacción de espacios, en comparación con los dispositivos de calefacción convencionales, como hornos o calderas, especialmente en una región con inviernos suaves y suelo relativamente cálido.

Finalmente, se tiene la investigación de Song, Yang and Zhou (2021) donde optimizaron el sistema de control de temperatura del termostato, usando semiconductores para generar

diferencias de temperatura y luego formar una bomba de calor. Usaron la conversión entre energía de valor alto y bajo para reemplazar el compresor para refrigeración y ajuste de temperatura, y al mismo tiempo, utilizaron las características del vórtice de gas para intercambiar gas, adaptar y mejorar la disipación de calor. Para ello diseñaron una incubadora que es excelente en términos de ahorro de energía, bajo nivel de ruido, vida útil, y mejora la utilización de energía y recursos. Al mismo tiempo, el control de temperatura de la incubadora tiene las ventajas de estabilidad y precisión, lo que puede resolver de manera efectiva el problema de los alimentos, el deterioro y la pérdida de suministros médicos.

Con el fin de profundizar sobre las variables de estudio se inició con la búsqueda bibliográfica empezando con bomba de calor que es un dispositivo que transfiere calor de un compartimento ambiental a otro, normalmente en contra de un gradiente de temperatura, el cual es utilizado para calefacción, refrigeración, ventilación y producción de ACS (Sevault, Vullum-Bruer y Tranås 2022).

Según Li et al. (2018) un Sistema Híbrido es la combinación del panel fotovoltaico con un módulo de Generación Termoeléctrico (TEG) que puede absorber exhaustivamente una amplia gama del espectro de radiación solar, ya sea en forma de energía infrarroja o ultravioleta. El concepto de sistema híbrido fotovoltaico-termoeléctrico es factible ya que el método de combinar PV con TEG puede utilizar completamente el espectro solar en teoría siendo ésta la mayor ventaja del sistema híbrido sobre la operación de un solo sistema PV y TEG, respectivamente.

También el caso de Beeri et al. (2015) quienes describen al sistema híbrido como aquel formado por una celda fotovoltaica y un dispositivo termoeléctrico. Su funcionamiento consiste en que la luz del sol se concentra e ilumina la celda generando energía eléctrica. La energía de entrada de la celda que no se convierte en energía eléctrica calienta un bloque de cobre que aplanan la temperatura y conduce parte del calor, hacia el lado caliente del TEG, mientras que parte del calor se pierde en el medio ambiente, convirtiendo una parte en energía eléctrica adicional mientras que el resto del calor se extrae del sistema a través de un disipador de calor de cobre conectado al lado frío del TEG.

Finalmente tenemos a Sahin et al. (2020) definen al sistema híbrido fotovoltaico – termoeléctrico como la opción de mejorar ambos tipos de sistemas, ya que la integración de un

dispositivo termoeléctrico en un convertidor fotovoltaico mejorará su eficiencia y disminuirá la cantidad de calor disipado.

Nuestra variable de salida sería la temperatura interior de los edificios construidos la cual es influenciada por las condiciones exteriores, ya que estos edificios tienen masas térmicas bajas y, por lo tanto, capacidades térmicas bajas para el almacenamiento de calor. Incluso con un buen aislamiento, la radiación solar a través de ventanas y puertas de vidrio puede ser una fuente importante de sobrecalentamiento, por lo tanto, se hacen necesarios procesos como el aire acondicionado Wu (2010).

Según la temperatura interior depende del gradiente que existe entre el interior y exterior de la vivienda combinado con la presencia de un alto espesor de aislamiento y los bajos valores de flujo de calor (especialmente para las técnicas de mampostería y madera-cemento). Además, el flujo no atraviesa completamente la pared, la mayor cantidad de calor o las ganancias proviene del lado interno (principalmente por el efecto invernadero a través de las superficies acristaladas), Stazi (2017).

Finalmente, tenemos que la temperatura interior mide la capacidad de almacenamiento de calor para un edificio, en la cual las fluctuaciones de la temperatura interior no se vean afectadas por la contribución solar, sino, que la energía se almacena primero en las superficies internas del edificio y luego se libera con un lapso conveniente para el confort térmico (Finocchiaro, Georges and Hestnes 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según la finalidad, la investigación es tipo aplicada porque busca la solución de un problema a través de la aplicación de los conocimientos adquiridos en un desarrollo teórico Coelho (2020). Además, se consideró un enfoque cuantitativo debido a que el análisis de la información es numérico con datos que se obtuvieron con cálculos y encuestas Vásquez (2020).

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, porque se manipuló la variable como en el caso de los parámetros de la bomba de calor; es de tipo longitudinal, ya que se analizó en dos tiempos al iniciar el diseño y al terminar el diseño. Por su alcance es explicativa, debido a que se analizó las causas que originan los cambios en la variable de salida, en este caso la temperatura de ambiente interior. (Hernández Mendoza y Samperio Monroy 2018)

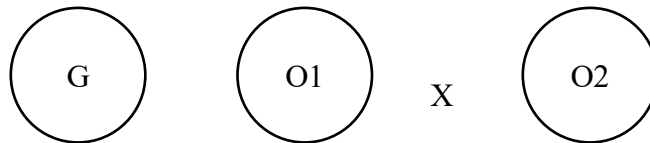


Figura 1 Esquema de diseño de investigación

Donde:

G: Vivienda

X: Sistema de Calefacción

O1: Temperatura del ambiente interior (pre-estímulo)

O2: Temperatura del ambiente interior (post-estímulo)

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Sistema Híbrido Fotovoltaico – Celdas Peltier

Es la combinación del panel fotovoltaico con un módulo TEG que puede absorber exhaustivamente una amplia gama del espectro de radiación solar, ya sea en forma de energía infrarroja o ultravioleta (Li et al. 2018).

Variable 2: Temperatura del ambiente interior

Es la temperatura ubicada dentro de la vivienda, la cual es influenciada por condiciones exteriores e interiores (Wu 2010).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población son 120 viviendas rurales del distrito de Angasmarca.

- **Criterios de inclusión:** Viviendas en zona rural de baja temperatura que no poseen energía eléctrica.
- **Criterios de exclusión:** Viviendas con exceso de área.

Muestra: Una vivienda rural de 70 m² del distrito de Angasmarca sin energía eléctrica.

Muestreo: No probabilístico por conveniencia.

Unidad de análisis: Una vivienda rural del distrito de Angasmarca sin energía eléctrica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

La investigación en primer lugar utilizó como técnica la observación, para la toma de datos de las dimensiones en la vivienda elegida para la implementación del diseño. Como segunda técnica se tuvo la encuesta que se realizó a los habitantes de la vivienda para poder obtener sus requerimientos con respecto al equipo.

Instrumentos de recolección de datos

En primer lugar, se utilizó una ficha de registro donde se ingresaron los datos de dimensiones, temperatura y otros parámetros de ingeniería. En segundo lugar, se elaboró un cuestionario de opción abierta con 10 preguntas sobre el confort de la vivienda.

3.5. Procedimientos

El estudio se inició con la visita al lugar de intervención y se realizó el levantamiento de información utilizando los instrumentos mencionados en el apartado anterior. En la segunda etapa correspondió al desarrollo del proyecto con el manejo de la data obtenida para poder realizar el diseño del sistema de calefacción a través de bomba de calor. Como última etapa se tuvo la contrastación del diseño a través de simulaciones y predicciones del modelo instalado en la vivienda.

3.6. Método de análisis de datos

En la investigación se planteó el tratamiento de la información de hojas de cálculo de Microsoft Excel y algunos programas elaborados en el software Matlab. Para el modelado del sistema de los módulos Peltier, se realizaron utilizando el Simulink (extensión del Matlab) para obtener los diagramas de funcionamiento en función a las características de las Celdas Peltier seleccionadas y los parámetros de operación.

3.7. Aspectos éticos

La investigación contempló las buenas prácticas de ética en la investigación donde todos los antecedentes han sido citados según Norma ISO. También se ha respetado la normativa vigente de la Universidad César Vallejo para el desarrollo del Proyecto.

IV. RESULTADOS

Objetivo específico 1: Determinar las temperaturas del ambiente interior de la vivienda, en el cual se instalará el sistema híbrido Fotovoltaico – Celdas Peltier.

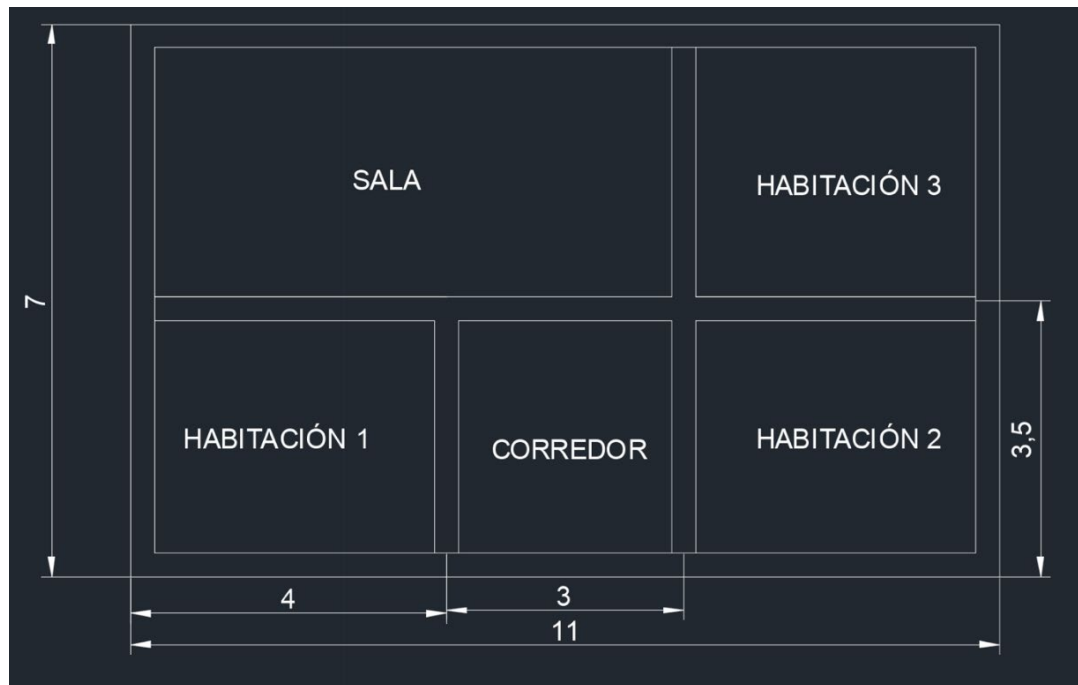


Figura 2 Distribución de vivienda típica.

Tabla 1 *Temperatura medida en grados Celsius por ambiente.*

Ambiente	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio
Sala	14.5	14.4	14.5	14.5	14.4	14.5
Corredor	14.4	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4
Habitación 01	14.5	14.5	14.5	14.4	14.4	14.5
Habitación 02	14.5	14.5	14.5	14.4	14.4	14.5
Habitación 03	14.4	14.4	14.3	14.3	14.4	14.4
PROMEDIO TOTAL						14.5

Interpretación

Para este caso se analizó la vivienda considerada como muestra, la cual se dividió en ambientes como se indica en la Figura 02, para poder hacer la toma de mediciones de temperatura y humedad un total de 5 veces por ambiente. Una vez realizada la toma de medidas se obtuvo la Tabla 01, donde se calculó la temperatura promedio por cada ambiente el cual nos dio un total de 14.5 °C, siendo tomada en las horas en que la temperatura desciende más, comprendida entre las horas de 4 am a 6 am.

Objetivo específico 2: Determinar la demanda de calor en una vivienda típica ubicada en el distrito de Angasmarca - La Libertad.

Tabla 2 *Cálculo de la carga térmica en la vivienda muestra.*

CONDICIONES DE DISEÑO EN LA VIVIENDA			
Mes	Setiembre	Hora	6:00 am
Latitud	8° 07' 45" SW	Longitud	78° 03' 10" W
T_{ext}	8 ° C	T_{int}	21° C
GANANCIA DE CALOR SENSIBLE			
			KCAL/H
Carga térmica a través de paredes y techo			836
Carga térmica por radiación a través de vidrios			0

Carga térmica por radiación a través de luminarias	0
Carga térmica debido a personas	791
Carga térmica debido a equipos	0
Carga térmica debido a infiltración	317.12
Carga por renovación de aire	445.54
$\dot{Q}_S. Total$	2389.66
GANANCIA CALOR LATENTE	
	KCAL/H
Carga térmica a través de paredes, piso y techo	0
Carga térmica por radiación a través de vidrios	0
Carga térmica por radiación a través de luminarias	26.87
Carga térmica debido a equipos	0
Carga térmica debido a infiltración	428.4
Carga por renovación de aire	381.15
$\dot{Q}_L. Total$	836.42
\dot{Q}_{TOTAL}	3226 kcal/h (3.7 kW)

Interpretación

Para el caso de la vivienda considerada como muestra, se obtuvo que requiere una carga térmica de 3.7 kW, por lo que la bomba de calor se diseñó, considerando una eficiencia del 95% dando lugar a una potencia calorífica de 3.9 kW. Los datos calculados se encuentran en el Anexo 04.

Tabla 3 Cálculo de la carga eléctrica en la vivienda muestra

Descripción	Cantidad (Und)	Potencia (W)
Lámparas led 10W	5	50
Tomacorrientes 150W	2	300
	Sub total	350
	Reserva 10 %	35
	TOTAL	385

Interpretación

En el cálculo de la carga eléctrica, se consideró una lámpara led de 10 W por cada ambiente de la vivienda, más dos tomacorrientes para toda la vivienda, que soportan una potencia de 150 W cada uno. Adicionando un 10 % de reserva, obtuvimos una potencia eléctrica total de 385 W.

Objetivo específico 3: Determinar los parámetros del diseño de ingeniería para el sistema híbrido.

Tabla 4 Parámetros de diseño

PARÁMETRO	DETALLE	VALOR
Temperatura de bulbo seco	Temperatura medida en el exterior de la vivienda	8 ° C
Radiación solar	Energía solar aprovechada por cada unidad de área	4800 W/m²
Humedad relativa interior	Porcentaje de moléculas de agua dentro de las moléculas de aire	65%
Temperatura de confort térmico	Temperatura que brinda la mejor sensación térmica	21 ° C

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Interpretación

Las especificaciones de diseño fueron consideradas tomando en cuenta los datos de carga térmica hallada en el objetivo 02.

Objetivo específico 4: Diseñar un sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calor.

Tabla 5 Especificaciones de diseño del sistema

SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO – CELDAS PELTIER		
Ítem	Condiciones de diseño	Opcional o requerimiento
Función	Suministrar una potencia calorífica y potencia eléctrica para alumbrado y tomacorriente	R
Energía	Utilizar energía obtenida por paneles solares	R
Ensamblaje y mantenimiento	De fácil montaje y mantenimiento	O
Dimensión	No mayor a 8.0 m ² de área	O
Peso	Máximo 60 kg.	O
Costo	Acorde al mercado nacional	O

Interpretación:

Conforme a la Norma VDI 2221, el diseño se inició con los requerimientos brindados por los habitantes de la vivienda, los cuales se visualizan en la Tabla 5. Entre los mencionados, los más importantes son la capacidad calorífica 3.9 kW de calor y la alimentación de las celdas Peltier a través los paneles solares.(Eggert 2005)

Tabla 6 Análisis de alternativas

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN							
Criterios de evaluación	Importancia (%)	Bomba de calor		Equipo de absorción		Módulo termoeléctrico	
		Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor
COP	30	5	1.50	3	0.90	3	0.90
Costo	25	2	0.50	2	0.50	5	1.25
Requerimientos	20	5	1.00	2	0.40	5	1.00
Instalación	15	3	0.45	2	0.30	5	0.45

Impacto ambiental	10	3	0.30	2	0.30	5	0.30
TOTAL			3.75		2.40		3.90

Interpretación:

Se elaboró el siguiente cuadro con tres alternativas, el cual nos indicó el sistema de climatización óptimo, para ello se utilizó un puntaje del 1 al 5, en donde 5 es excelente, 4 muy bueno, 3 bueno, 2 regular y 1 malo. Obteniendo un valor total al multiplicar la importancia por el puntaje asignado a cada equipo, dándonos como resultado la mejor opción.

Conforme al análisis que se realizó a cada una de las alternativas en sistemas de climatización, podemos visualizar que la opción óptima sería un módulo termoelectrico, siendo el factor económico el más importante motivo por el que se optó por él.

Considerando los cálculos mencionados en el Anexo 05 se llega a los parámetros de la Tabla 7

Tabla 7 Parámetros del módulo termoelectrico

PARÁMETROS	VALOR
Coefficiente de Seebeck	0.000219218 V/K
Número de módulos	95
Conductividad Térmica	0.0395 W/m.K
Resistividad específica del material	0.0007256 Ω .cm

Interpretación:

Conforme a los cálculos vistos desde el anexo 05 y 06 se obtuvo los valores de la Tabla 7. Con estos datos se podrá realizar la implementación del módulo termoelectrico. El coeficiente de Seebeck es característico de las celdas Peltier y fue utilizado en el modelado de nuestro sistema, al igual que la conductividad térmica que indica la facilidad que tiene el material para transferir calor a través de su estructura. Con dichas características se seleccionó el módulo TEC1-12706 que es de comercialización local.

Las condiciones de trabajo que tomarán dichas celdas son de:

- Voltaje de Trabajo: 7 a 8 V
- COP: entre 1.58 a 2
- Corriente de trabajo: 2 a 3 A
- Potencia de consumo: 1700 W

Para el caso de la simulación del módulo termoeléctrico tenemos el caso de los resultados obtenidos del modelado en Matlab.

Figura 3 Resistividad térmica para $T_c = 277.15$ en unidades K/W

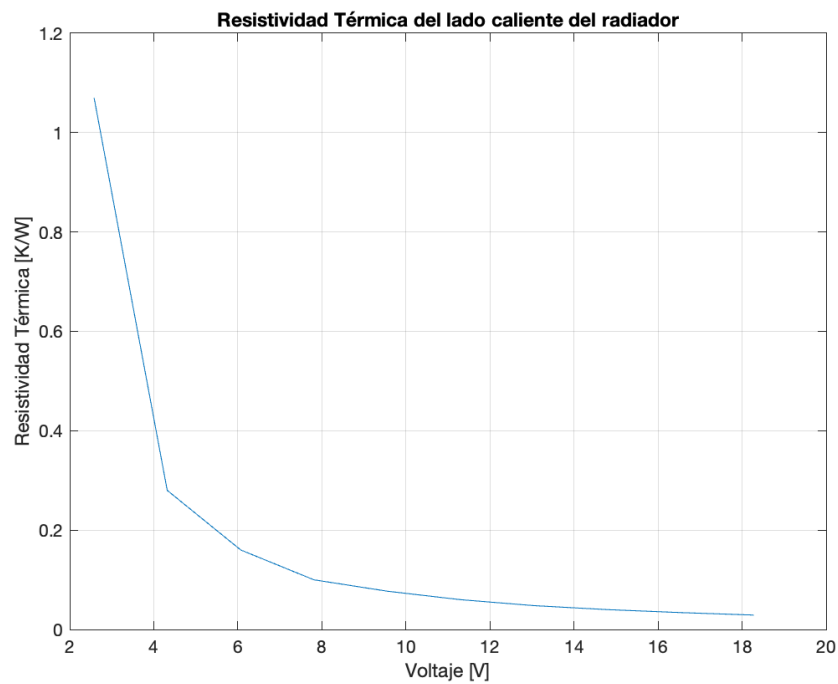


Figura 4 Temperatura de salida del módulo termoeléctrico

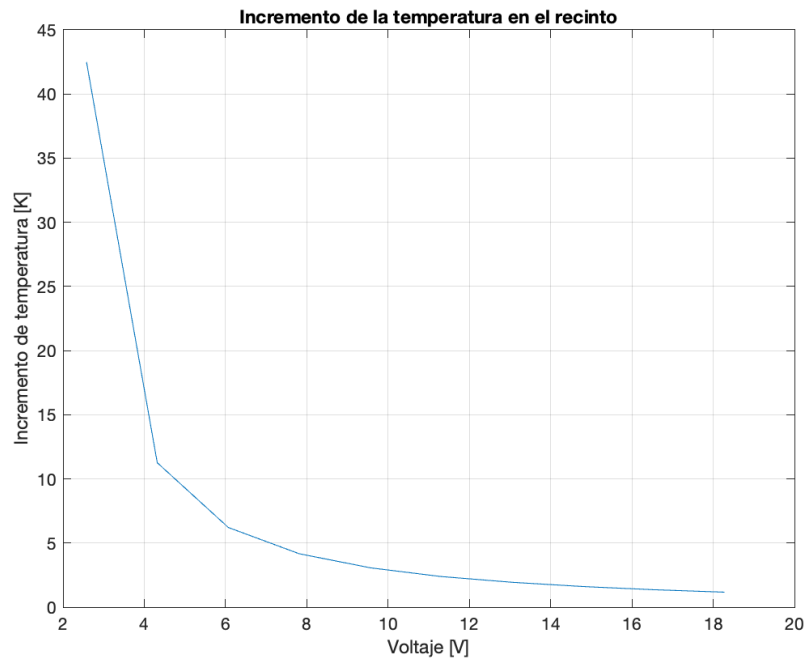
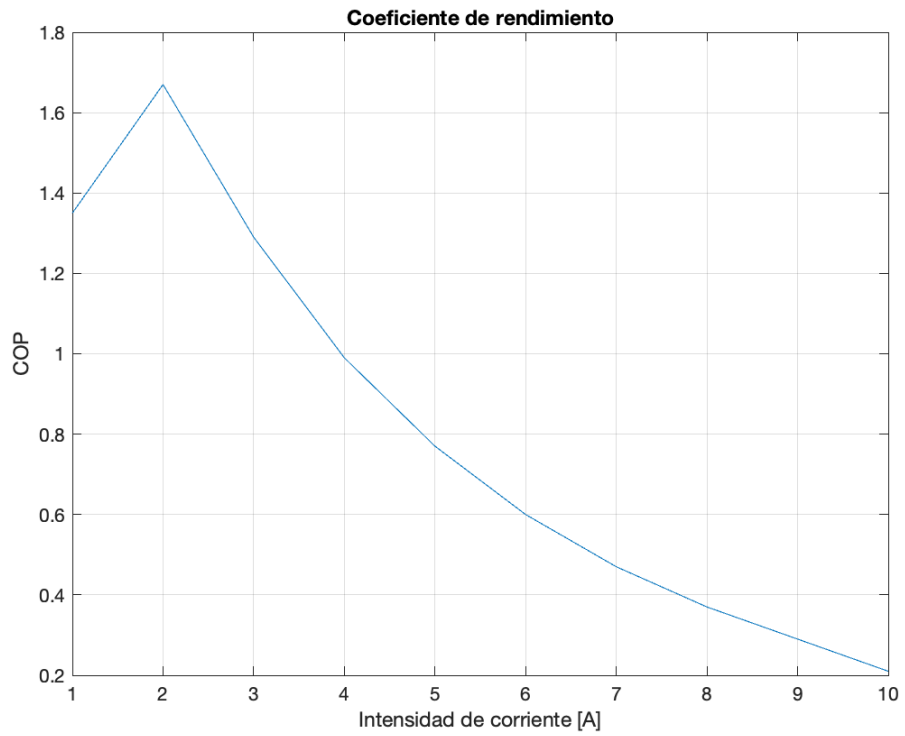


Figura 5 COP del módulo termoeléctrico



Interpretación:

Conforme a la figura 4 podemos visualizar que el incremento de temperatura necesario para nuestra bomba es un mínimo de 7 V de trabajo el cual se puede ir regulando.

Con los requerimientos de energía de la celda Peltier se seleccionaron los equipos que formarán el sistema fotovoltaico.

Tabla 8 Parámetros del sistema fotovoltaico

Parámetros	Valor
Potencia unitaria de panel solar	200 W
Número de paneles	8
Batería	12 V – 779 Ah

Interpretación:

Conforme a los cálculos vistos desde el anexo 07 se obtuvo los valores de potencia eléctrica total que se requieren para el funcionamiento del sistema híbrido y alimentación eléctrica de la vivienda, se realizó la sumatoria de la potencia eléctrica de la bomba de calor y la potencia eléctrica que consume la vivienda, el resultado lo dividimos entre la potencia de un panel solar (200 W) a lo que se obtuvo un total de 8 paneles.

Objetivo específico 5: Elaborar un presupuesto para la fabricación e implementación del sistema híbrido.

Tabla 9 Presupuesto básico del sistema híbrido

ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Celdas Peltier	95	S/24.00	S/2,280.00

Inversor	1	S/ 6,575.00	S/ 6,575.00
Panel solar	8	S/550.00	S/4,400.00
Estructura	1	S/1,500.00	S/1,500.00
Batería	1	S/5,600.00	S/5,600.00
TOTAL			S/20,355.00

Interpretación:

Conforme a los cálculos vistos desde el anexo 04 en adelante se obtuvo los valores de la Tabla 9. Con estos datos se podrá realizar la implementación de nuestro sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier en la vivienda.

V. DISCUSIÓN

El desarrollo de la tesis se inició por el análisis de cada uno de los objetivos específicos, en el primer caso la temperatura en el ambiente interior de la vivienda nos arroja una lectura de 14.5 °C, el cual es constante en los meses de mayor frío dentro de la región. Estos datos son similares a los obtenidos por (Freire et al. 2021) en la que analizaron la temperatura en la ciudad de Papallacta en Quito, Ecuador. Los valores que obtuvieron fueron de 10 °C durante el año, sin embargo, el valor mínimo encontrado es de 6.5 °C los cuales son muy cercanos a nuestros datos obtenidos experimentalmente. En el caso de la temperatura que se tuvo como objetivo, para el caso de la tesis fue de 21 °C, esta fue dada por el confort térmico dispuesto por los habitantes, al comparar con el trabajo mencionado líneas arriba, es más bajo, ya que ellos adicionan a su carga las aguas termales propios de la zona, con temperaturas que oscilan entre 30 y 70 °C.

El segundo objetivo fue el cálculo de la demanda de calor de nuestro sistema que nos dio un valor de 3.9 kW, el cual alimenta a nuestro sistema híbrido. La metodología utilizada fue la misma para cualquier sistema de calefacción para viviendas. En el caso de (Liu et al. 2022) plantearon una metodología para poder realizar el cálculo de la carga térmica a través de un modelo analítico. Para su diseño de sistemas de calefacción en oficinas utilizaron dos diseños en su evaluación, el primero de ellos fue validado para un valor de 10 kW y el segundo fue para un valor de 17.5 kW, en ambos se analizó una potencia constante en las 24 horas del día a pesar de que el valor presente es variable. De igual manera en nuestra investigación se ha considerado una carga térmica constante en todo el día incluyendo el factor de seguridad que se ha tomado.

El tercer objetivo específico consistente en determinar los parámetros de diseño de ingeniería del sistema híbrido, se obtuvo como resultado la temperatura de bulbo seco con un valor de 8 °C y una humedad relativa del 65%, los cuales fueron hallados de manera experimental tomando los datos mediante un equipo debidamente validado y certificado.

Comparado con la investigación que realizó (Al-Rawi 2021) quien a través de la toma de datos en el Software SolidWorks 2021, obtuvo los valores tanto la humedad relativa como la temperatura en cada una de las zonas en la vivienda. Así mismo, la Temperatura de confort fue calculada analíticamente utilizando la ecuación del valor medio previsto (PVM por sus siglas en inglés) a diferencia de nuestra investigación, se trabajó en función de la comodidad de los habitantes, el autor realizó un cálculo y simulación para cada zona de la vivienda.

El cuarto objetivo específico consiste en el diseño del sistema híbrido fotovoltaico en el cual obtuvimos un valor de 95 celdas Peltier para nuestra bomba de calor termoeléctrica, además, se logró llegar a la potencia requerida tanto para el sistema de calefacción, como para el sistema de alimentación eléctrica. Para el caso del modelado y simulación se usó el software Matlab (Licencia educativa) para poder obtener las curvas de comportamiento de nuestro sistema termoeléctrico. (Ivaylo Belovski et al. 2017) al igual que nuestro caso, también coinciden en el uso del modelado por medio del software Matlab, donde obtuvieron los distintos comportamientos de las características de trabajo. Así mismo, también se obtuvieron distintos datos de funcionamiento a través del tiempo y con variación de las condiciones de entrada. (Khamil et al. 2020) en su investigación también utilizaron el mismo software para calcular el desempeño de los módulos Peltier.

VI. CONCLUSIONES

En nuestra investigación se obtuvo en primer lugar la temperatura ambiente interior de 14.5 °C el cual fue obtenido mediante una medición experimental a través de un termómetro digital calibrado para viviendas.

La demanda de calor requerida por nuestra vivienda fue de 3.9 kW el cual se calculó considerando todos los ambientes del primer piso de la vivienda que fue considerada en el análisis.

Los parámetros de diseño a considerar fueron la temperatura de bulbo seco de 8 °C y la temperatura interna de la vivienda de 14.5 °C, además, la temperatura de confort considerada fue 21 °C y la humedad obtenida fue de 65 %.

El diseño del sistema híbrido fue realizado a través de la norma VDI 2221 iniciando con las especificaciones de diseño y el posterior análisis de alternativa, donde se compararon tres sistemas diferentes de calefacción, quedando elegido el sistema termoeléctrico. En la parte del diseño paramétrico se obtuvieron la cantidad de 95 módulos Peltier y de 8 paneles solares para alimentar una potencia eléctrica total de 1592 W, dadas por las potencias tanto de la bomba de calor, como la potencia eléctrica de la vivienda.

El costo básico de nuestro diseño es de S/ 20,355.00, el cual es menor al valor de una bomba de calor convencional y un sistema fotovoltaico, para alimentación eléctrica en la vivienda.

VII. RECOMENDACIONES

Habiendo realizado el análisis de los resultados en la investigación se plantea las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

Validar las mediciones de temperatura a través de un modelo matemático o de un software de simulación para poder tener más puntos de obtención, debido que en nuestro caso solo obtuvimos 5 mediciones.

Modelar la carga térmica obtenida a través de software para darle una mejor precisión a los cálculos y algunas hipótesis que no se hayan considerado.

Analizar la posibilidad de implementación de sistemas más pequeños para zonas localizadas, lo que disminuirá la carga térmica y en consecuencia el precio del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- AL-RAWI, M., 2021. The thermal comfort sweet-spot: A case study in a residential house in Waikato, New Zealand. *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 28. ISSN 2214157X. DOI 10.1016/j.csite.2021.101530.
- BEERI, O., ROTEM, O., HAZAN, E., KATZ, E.A., BRAUN, A. y GELBSTEIN, Y., 2015. Hybrid photovoltaic-thermoelectric system for concentrated solar energy conversion: Experimental realization and modeling. *Journal of Applied Physics*, vol. 118, no. 11. ISSN 10897550. DOI 10.1063/1.4931428.
- BENAVIDES PADILLA, D.J., JURADO, F. y GONZÁLEZ, L.G., 2018. Data analysis and tools applied to modeling and simulation of a PV system in Ecuador. *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 4. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n4.389.
- CANNISTRARO, M. y TRANCOSI, M., 2019. Enhancement of indoor comfort in the presence of large glazed radiant surfaces by a local heat pump system based on Peltier cells. *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 14. ISSN 24519049. DOI 10.1016/j.tsep.2019.100388.
- CHÁVEZ, J.M., ESPEJEL-BLANCO, D.F., HERNÁNDEZ-AGUIRRE, F.A. y RASCÓN-BARCELÓ, L.E., 2019. Generador de Agua mediante el uso de Celdas Peltier y Energía Solar. *Revista de Ingeniería Innovativa*, pp. 22-28. DOI 10.35429/joie.2019.11.3.22.28.
- CHENG, F., 2016. Calculation Methods for Thermoelectric Generator Performance. *Thermoelectrics for Power Generation - A Look at Trends in the Technology*. S.l.: s.n.,
- COELHO, F., 2020. Metodología de la investigación. *Significados.com*, no. September.
- D'AGOSTINO, D., LANDOLFI, R., NICOLELLA, M. y MINICHIELLO, F., 2022. Experimental Study on the Performance Decay of Thermal Insulation and Related Influence on Heating Energy Consumption in Buildings. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 5. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su14052947.
- DE MEY, G., KOS, A. y GÓRECKI, K., 2022. Optimal Temperature Regulation of Integrated Circuits with Peltier Heat Pumps. *Energies*, vol. 15, no. 3. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en15031125.
- EGGERT, R., 2005. *Engineering Design*. 2. S.l.: s.n.
- FINOCCHIARO, L., GEORGES, L. y HESTNES, A.G., 2016. Passive solar space heating. *Advances in Solar Heating and Cooling*. S.l.: s.n.,
- FREIRE, L.O., NAVARRETE, L.M., CORRALES, B.P. y CASTILLO, J.N., 2021. Efficiency in thermoelectric generators based on Peltier cells. *Energy Reports*, vol. 7, pp. 355-361. ISSN 23524847. DOI 10.1016/j.egy.2021.08.099.
- HAIPOUR, A., 2020. Sistema de energía solar para calefacción y suministro de agua caliente doméstica con bomba de calor conectada en términos de ventilación fotovoltaica. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, DOI 10.46377/dilemas.v33i1.2201.
- HERNÁNDEZ MENDOZA, S.L. y SAMPERIO MONROY, T.I., 2018. Enfoques de la Investigación. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, vol. 7, no. 13. DOI 10.29057/icea.v7i13.3519.
- IBÁÑEZ-PUY, E., MARTÍN-GÓMEZ, C., BERMEJO-BUSTO, J. y ZUAZUA-ROS, A., 2018. Thermal and energy performance assessment of a thermoelectric heat pump integrated in an adiabatic box. *Applied Energy*, vol. 228. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2018.06.097.
- IVAYLO BELOVSKI, LILIYA STANEVA, ANATOLIY ALEKSANDROV y PAVLIK RAHNEV, 2017. Mathematical Model of Thermoelectric Peltier Module. *Journal of*

Communication and Computer, vol. 14, no. 2. ISSN 15487709. DOI 10.17265/1548-7709/2017.02.002.

JOGA, V.S., NATH, S.R., KUMAR, K.R., KUMAR, G.P. y SIMON, J., 2019. Design and Simulation of Thermoelectric Heat Pump. . S.l.: s.n.,

JUTGLAR BANYERAS, L.V.L.M.M.B.A.L., 2015. *Manual de Aire Acondicionado de Carrier*. S.l.: Marcombo.

KHAMIL, K.N., YUSOP, A.M., MOHAMED, R., SENSOR, A., CONTROL, E. y TEKNIKAL, U., 2020. Modelling and Simulation of the Performance Analysis for Peltier Module and Seebeck Module using MATLAB/Simulink. *Jurnal Kejuruteraan*, vol. 32, no. 2. ISSN 0128-0198.

KHANLARI, A., SÖZEN, A., AFSHARI, F., ŞIRIN, C., TUNCER, A.D. y GUNGOR, A., 2020. Drying municipal sewage sludge with v-groove triple-pass and quadruple-pass solar air heaters along with testing of a solar absorber drying chamber. *Science of the Total Environment*, vol. 709. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136198.

KHIRE, R.A., MESSAC, A. y VAN DESSEL, S., 2005. Design of thermoelectric heat pump unit for active building envelope systems. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 48, no. 19-20. ISSN 00179310. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.04.028.

KNY, M., MAZANEC, V., ADAMOVSÝ, D. y VČELÁK, J., 2019. Air Handling Unit with Heat Pump. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. S.l.: s.n., DOI 10.1088/1755-1315/290/1/012078.

KUDVA, N. y VEERESHA, R.K., 2020. A Review on Thermoelectric (Peltier) Module. *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering.*, vol. Volume-1, no. 4.

LI, G., SHITTU, S., DIALLO, T.M.O., YU, M., ZHAO, X. y JI, J., 2018. *A review of solar photovoltaic-thermoelectric hybrid system for electricity generation*. 2018. S.l.: s.n.

LIU, Y., ZHAO, Y., CHEN, Y., WANG, D., LI, Y. y YUAN, X., 2022. Design optimization of the solar heating system for office buildings based on life cycle cost in Qinghai-Tibet plateau of China. *Energy*, vol. 246. ISSN 03605442. DOI 10.1016/j.energy.2022.123288.

MARDINI-BOVEA, J., TORRES-DÍAZ, G., SABAU, M., DE-LA-HOZ-FRANCO, E., NIÑO-MORENO, J. y PACHECO-TORRES, P.J., 2019. A review to refrigeration with thermoelectric energy based on the peltier effect. *DYNA (Colombia)*, vol. 86, no. 208, pp. 9-18. ISSN 00127353. DOI 10.15446/DYNA.V86N208.72589.

MARINA, A., SPOELSTRA, S., ZONDAG, H.A. y WEMMERS, A.K., 2021. An estimation of the European industrial heat pump market potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 139. ISSN 18790690. DOI 10.1016/j.rser.2020.110545.

MARTINEZ, A., DÍAZ DE GARAYO, S., ARANGUREN, P., ARAIZ, M. y CATALÁN, L., 2021. Simulation of thermoelectric heat pumps in nearly zero energy buildings: Why do all models seem to be right? *Energy Conversion and Management*, vol. 235. ISSN 01968904. DOI 10.1016/j.enconman.2021.113992.

MERONI, A., ZÜHLSDORF, B., ELMEGAARD, B. y HAGLIND, F., 2018. Design of centrifugal compressors for heat pump systems. *Applied Energy*, vol. 232. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2018.09.210.

MIAO, R., HU, X., YU, Y., ZHANG, Q., LIN, Z., BANAWI, A. y MEGRI, A.C., 2022. Experimental study to analyze feasibility of a novel panelized ground-source thermoelectric system for building space heating and cooling. *Energies*, vol. 15, no. 1. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en15010209.

NOBREGA DE ARAUJO, R.M., ALISSON ALVES DA COSTA, H., DE CARVALHO NETO, J.T., MAGNUS GUIMARAES, A. y SALAZAR, A.O., 2019. Development of a Hybrid PV-

Thermoelectric System. *2019 IEEE 15th Brazilian Power Electronics Conference and 5th IEEE Southern Power Electronics Conference, COBEP/SPEC 2019*. S.l.: s.n., DOI 10.1109/COBEP/SPEC44138.2019.9065298.

QUISPE, D.K.P., SILVA, J.C.R. y SILVA, C.F. e, 2021. Confort térmico en viviendas sociales en la zona Mesoandina de Perú – soluciones para mejorar la calefacción pasiva usando materiales autóctonos. *Revista Latino-americana de Ambiente Construido & Sustentabilidade*, vol. 2, no. 6. DOI 10.17271/rlass.v2i6.2980.

RIVASPLATA CABANILLAS, C.E., ESTALLA LLANQUE, F.J., COAQUIRA MIRANDA, E.E., ARIAS SANTANA, V.A. y MENA ORDOÑEZ, S.S., 2020. Data experimental en la calefacción solar de una piscina cerrada con envolvente de policarbonato. *TECNIA*, vol. 30, no. 1. ISSN 0375-7765. DOI 10.21754/tecnia.v30i1.855.

SAHIN, A.Z., ISMAILA, K.G., YILBAS, B.S. y AL-SHARAFI, A., 2020. *A review on the performance of photovoltaic/thermoelectric hybrid generators*. 2020. S.l.: s.n.

SEVAULT, A., VULLUM-BRUER, F. y TRANÁS, O.L., 2022. Active PCM-Based Thermal Energy Storage in Buildings. *Encyclopedia of Energy Storage*. S.l.: s.n.,

SONG, F., YANG, C. y ZHOU, L., 2021. High-Efficiency and Energy-Saving Thermostat Combining Peltier Effect and Air Vortex Characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. S.l.: s.n., DOI 10.1088/1755-1315/769/4/042002.

STAZI, F., 2017. Chapter Four - New Envelopes. *Thermal Inertia in Energy Efficient Building Envelopes*. S.l.: s.n.,

TRANCOSSI, M., CANNISTRARO, G. y PASCOA, J., 2020. Thermoelectric and solar heat pump use toward self sufficient buildings: The case of a container house. *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 18. ISSN 24519049. DOI 10.1016/j.tsep.2020.100509.

VÁSQUEZ, W., 2020. Metodología de la investigación, Manual de estudiante. *Universidad San Martín de Porres*,

VERING, C., MAIER, L., BREUER, K., KRÜTZFELDT, H., STREBLOW, R. y MÜLLER, D., 2022. Evaluating heat pump system design methods towards a sustainable heat supply in residential buildings. *Applied Energy*, vol. 308. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2021.118204.

WIESER, M., RODRÍGUEZ-LARRAÍN, S. y ONNIS, S., 2021. Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo de vivienda. Puno, Perú. *Estoa*, vol. 10, no. 19. ISSN 13907263. DOI 10.18537/est.v010.n019.a01.

WU, S., 2010. Heat energy storage and cooling in buildings. *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings*. S.l.: s.n.,

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 10 Matriz de operacionalización de variable: Sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>Variable Independiente: Sistema Híbrido Fotovoltaico – Celdas Peltier</p>	<p>Es la combinación del panel fotovoltaico con un módulo TEG que puede absorber exhaustivamente una amplia gama del espectro de radiación solar, ya sea en forma de energía infrarroja o ultravioleta (Li., 2018).</p>	<p>La variable tiene como muestra una única vivienda en la que se tomará datos a través de mediciones de magnitudes en condiciones normales.</p>	<p>Eficiencia</p>	<p>COP (Coeficiente de rendimiento)</p>	<p>Razón</p>

Tabla 11 Matriz de operacionalización de variable: Temperatura de ambiente interior

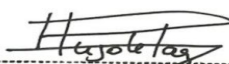
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>Variable Dependiente: Temperatura del Ambiente Interior</p>	<p>Es la temperatura ubicada dentro de la vivienda la cual es influenciada por condiciones exteriores e interiores (Wu 2010).</p>	<p>La variable tiene como muestra una sola vivienda donde se instalará el Sistema. Para el análisis de datos, se utilizará software de manejo de datos y simuladores de transferencia de calor</p>	<p>Temperatura Interna</p>	<p>Variación de temperatura Humedad relativa</p>	<p>Intervalo</p>

Anexo 03: Cuestionario de entrevista

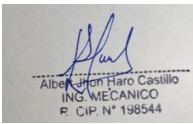
Nombre:

1. ¿Cuántas horas habitan al día en su vivienda?
2. ¿Cuántas personas habitan en esta vivienda?
3. ¿Cuáles son los meses del año en los que se siente más frío?
4. ¿Cuáles son las horas del día o noche en las que se siente más frío?
5. ¿En qué época del año se tiene los mejores niveles de temperatura en su vivienda?
6. ¿Cuenta usted con energía eléctrica en su vivienda?
7. ¿Cuenta con algún sistema de calefacción dentro de su vivienda?
8. Si fuera el caso, ¿cuánto es su gasto mensual que utiliza en el sistema de calefacción?
9. ¿Usted utilizaría energías no convencionales en su vivienda?
10. ¿Cuenta con espacio en su vivienda para ubicar una bomba de calor?


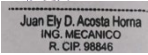
Ficha para validación de instrumentos.

Nombre del instrumento	Guía de observación
Objetivo del instrumento	Evaluar la temperatura actual y de confort de la vivienda
Apellidos y nombres del experto	Peláez Chávez Víctor Hugo
Documento de identificación	47026994
Tiempo de experiencia profesional	5 años
Grado académico	Master en Ciencias e Ingeniería de Materiales
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Docente
Número de teléfono	951603668
Firma y sello	 Victor Hugo Peláez Chávez ING. MECANICO R. CIP. N° 197130
Fecha de validación	05-09-2022

Ficha para validación de instrumentos.

Nombre del instrumento	Guía de observación
Objetivo del instrumento	Evaluar la temperatura actual y de confort de la vivienda
Apellidos y nombres del experto	Haro Castillo Albet Jhon
Documento de identificación	46430091
Tiempo de experiencia profesional	5 años
Grado académico	Master en Gestión de Proyectos
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Jefe de Proyectos
Número de teléfono	997859605
Firma y sello	
Fecha de validación	05-09-2022

Ficha para validación de instrumentos.

Nombre del instrumento	Encuesta
Objetivo del instrumento	Evaluar la temperatura actual y de confort de la vivienda
Apellidos y nombres del experto	Acosta Horna Juan Elí David
Documento de identificación	18156999
Tiempo de experiencia profesional	22 años
Grado académico	Ingeniero Mecánico
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Docente
Número de teléfono	931728539
Firma y sello	 
Fecha de validación	05-09-2022

Anexo 04: Cálculo de la carga térmica (Jutglar Banyeras 2015)

1.1. Paso 1 – Determinación de los parámetros físicos del ambiente

Tabla 12 Parámetros físicos del ambiente dentro de la vivienda

PARÁMETROS FÍSICOS DEL AMBIENTE DENTRO DE LA VIVIENDA	
Temperatura	14.5°C
Humedad relativa exterior	65 %
Altura sobre nivel del mar	2900 msnm
Variación térmica diaria	9 °C
Tipo de recinto	VIVIENDA

1.2. Paso 2 – Cálculo de coeficientes de transmisión global en la estructura externa de la vivienda

Se determinará los coeficientes globales

1.2.1. Pared

De acuerdo con figura 6, se obtiene:

$$U_{PARED} = 0.59 \frac{kal}{h.m^2.°C}$$




TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ESPESOR (cm) y peso (kg/m ²)	REVESTIMIENTO INTERIOR									
		Ninguno	Reveque de yeso 10 mm (10)	Enlucido 15 mm		Entramado metálico sobre forro		Yeso 10 mm o entramado madera sobre forro		Panel aislante sin enlucido o con enlucido sobre forro	
				De arena (30)	Ligero (15)	Enlucido de arena 20 mm (36)	Enlucido ligero 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (35)	Enlucido ligero 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)
 LADRILLO MACIZO Paramento ordinario Ordinario solamente	20 (425)	2,34	2,00	2,20	2,00	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,78
	30 (600)	1,71	1,51	1,61	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,68
	40 (846)	1,32	1,22	1,27	1,22	1,02	0,93	0,98	0,93	0,78	0,63
	20 (391)	2,00	1,76	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,73
	30 (586)	1,51	1,37	1,46	1,32	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
	40 (781)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,93	0,88	0,88	0,88	0,78	0,59
 ADOQUINES	20 (488)	3,27	2,68	3,07	2,59	1,90	1,66	1,71	1,56	1,27	0,88
	30 (732)	2,68	2,29	2,54	2,25	1,66	1,51	1,51	1,42	1,17	0,83
	40 (976)	2,29	2,00	2,20	1,95	1,37	1,37	1,32	1,32	1,07	0,78
	60 (1466)	1,76	1,56	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
 ADOBE O LADRILLO	20 (127)	1,66	1,46	1,56	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,88	0,59
	30 (195)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,98	0,88	0,88	0,88	0,73	0,60

Figura 6 Coeficientes de transmisión global – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.

1.2.2. Techo

De acuerdo con la figura 7:

$$R_p = 3.2 \frac{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}{kcal}$$

REVESTIMIENTO DEL SUELO				
Losas de asfalto		1920	2,6	426
Alfombra y almohadillado de caucho				252
Baldosas cerámicas			0,6	
Baldosas de corcho		400	17,9	
Filtro				12,3
Adobes			3,2	
Lino		1260		
Soporte de contraplacado		544	10,7	
Baldosas de caucho o plástico		1760	1,3	
Terrazolita		2240	0,65	
Soporte de madera		512	10,3	
Parquet de madera dura		720	7,4	

Figura 7 Tabla de resistencias térmicas para el adobe – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.

En nuestro caso, se tiene 20 cm de espesor del techo, por lo tanto:

$$R_p = \text{Resistencia del techo} = 0.20 * 3.2 = 0.64 \frac{h.m^2.\text{°C}}{kcal}$$

$$U = \frac{1}{R_p} = 1.56 \frac{kcal}{h.m^2.\text{°C}}$$

1.2.3. Piso

De acuerdo con la Figura 7 mostrada anteriormente:

$$R_p = \text{Resistencia del piso} = 3.2 \frac{h.m^2.\text{°C}}{kcal}$$

En nuestro caso se tiene 20 cm de espesor, por lo tanto:

$$R_p = \text{Resistencia del piso} = 0.2 * 3.2 = 0.64 \frac{h.m^2.\text{°C}}{kcal}$$

$$U = \frac{1}{R_p} = 1.56 \frac{kcal}{h.m^2.\text{°C}}$$

1.3. Paso 3 – Cálculo de radiación solar – ventanas

En base a la Figura 8, se obtiene la carga térmica de radiación solar de ventanas, con la siguiente fórmula:

$$QRV = \text{Calor radiación ventanas} = R_u \cdot A_v \cdot F_c \cdot F_a$$

Donde:

R_u : radiación solar, en base a la orientación de la ventana, mes de cálculo y hora solar

A_v : área de la ventana en m^2

F_c : factor de corrección [parte inferior de la tabla 15]

F_a : factor de atenuación [tabla 16 – Carrier]

Determinar la radiación solar:

0° 0°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR											
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época													
21 Junio	N	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0	22 Diciembre	S	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0		SE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0		E	0	314	398	366	252	116	38	38	35	29	16	0	
	SE	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0		NE	0	100	113	73	40	38	38	38	35	29	16	0	
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0	
22 Julio y 21 Mayo	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0	21 Enero y 21 Noviembre	NO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0
	O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0		O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0
	NO	0	16	29	35	38	54	143	267	360	417	483	322	0		SO	0	16	29	35	38	54	143	267	360	417	483	322	0
	Horizontal	0	75	235	398	518	588	612	588	518	398	235	75	0		Horizontal	0	75	235	398	518	588	612	588	518	398	235	75	0
	N	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0		S	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0
24 Agosto y 20 Abril	NE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0	20 Febrero y 23 Octubre	SE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0
	E	0	328	410	377	260	116	38	38	38	35	29	16	0		E	0	328	410	377	260	116	38	38	35	29	16	0	
	SE	0	124	141	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0		NE	0	124	141	97	48	38	38	38	35	29	16	0	
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	48	97	141	124	0		NO	0	16	29	35	38	38	38	48	97	141	124	0	
22 Septiembre y 22 Marzo	O	0	16	29	35	38	38	38	116	260	377	412	328	0	22 Marzo y 22 Septiembre	NO	0	16	29	35	38	44	116	233	336	406	414	320	0
	NO	0	16	29	35	38	44	116	233	336	406	414	320	0		SO	0	16	29	35	38	44	116	233	336	406	414	320	0
	Horizontal	0	78	246	409	528	605	631	604	528	409	263	84	0		Horizontal	0	78	246	409	528	605	631	604	528	409	263	84	0
	N	0	46	75	84	89	92	92	92	89	84	75	46	0		S	0	46	75	84	89	92	92	92	89	84	75	46	0
	NE	0	298	382	360	276	165	65	38	38	35	32	16	0		SE	0	298	382	360	276	165	65	38	38	35	32	16	0
22 Septiembre y 22 Marzo	E	0	349	442	401	279	125	38	38	38	35	32	16	0	22 Septiembre y 22 Marzo	E	0	349	442	401	279	125	38	38	38	35	32	16	0
	SE	0	181	214	176	94	41	38	38	38	35	32	16	0		NE	0	181	214	176	94	41	38	38	38	35	32	16	0
	S	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		N	0	16	32	35	38	38	38	38	35	32	16	0	
	SO	0	16	32	35	38	38	38	40	94	176	214	181	0		NO	0	16	32	35	38	38	38	40	94	176	214	181	0
	O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0		O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0
22 Septiembre y 22 Marzo	NO	0	16	32	35	38	38	65	165	276	360	382	298	0	22 Septiembre y 22 Marzo	NO	0	16	32	35	38	38	65	165	276	360	382	298	0
	Horizontal	0	84	263	406	558	634	664	634	558	406	263	84	0		Horizontal	0	84	263	406	558	634	664	634	558	406	263	84	0
	N	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		S	0	16	32	35	38	38	38	38	35	32	16	0	
	NE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0		SE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0
	E	0	563	452	409	290	127	38	38	38	35	32	16	0		E	0	563	452	409	290	127	38	38	38	35	32	16	0
22 Septiembre y 22 Marzo	SE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0	22 Septiembre y 22 Marzo	SE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0
	S	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		N	0	16	32	35	38	38	38	38	35	32	16	0	
	SO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0		NO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0
	O	0	16	32	35	38	38	38	127	290	409	452	363	0		O	0	16	32	35	38	38	38	127	290	409	452	363	0
	NO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0		SO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0
22 Septiembre y 22 Marzo	Horizontal	0	86	263	442	569	650	678	650	569	442	271	86	0	Horizontal	0	86	263	442	569	650	678	650	569	442	271	86	0	

Figura 8 Tabla de aportaciones solares a través de vidrio sencillo – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company.

A continuación, se muestran los cálculos respectivos realizados a las 6:00 a.m.

Para efectos prácticos se asume una Latitud Sur 10°

Tabla 13 Radiación unitaria a través de las ventanas, según su orientación.

ORIENTACIÓN DE VENTANAS	RAD. UNITARIA Kcal/h.m ²
NORTE	0
SUR	0
ESTE	0
OESTE	0

Debido a esto el aporte en las ventanas es $Q_{RV} = 0$

1.4.Paso 4 – Cálculo de la radiación solar – paredes

Para determinar la radiación solar de paredes se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$QRP = \text{Calor radiación paredes} = \Delta T_e \cdot U \cdot A_p$$

Donde:

ΔT_e : Diferencia de temperatura equivalente, se obtiene en base a los sgtes. parámetros

U : coeficiente global de transferencia de calor de la pared en $\frac{kcal}{h.m^2.^{\circ}C}$

A_p : Área neta de la pared en m^2

Determinación de la diferencia equivalente de temperatura

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + b \cdot R_s \cdot (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) / R_m$$

Donde:

a : corrección proporcionada por la tabla 20 – Carrier

ΔT_{es} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada a la pared a la sombra.

ΔT_{em} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada a la pared soleada.

Los valores de ΔT_{es} y ΔT_{em} se sacan de la tabla 19 del libro de Carrier, en la orientación correspondiente.

Como las tablas están hechas para la Latitud Norte, se deben realizar los siguientes cambios:

Tabla 14 Equivalencias del hemisferio sur con el hemisferio norte.

Hemisferio sur	Orientación equivalente en el hemisferio norte
Noreste	Sureste
Este	Este
Sureste	Noreste
Sur	Norte (sombra)
Suroeste	Noroeste
Noroeste	Suroeste
Norte (sombra)	Sur
Oeste	Oeste

***b**: coeficiente que considera el color de la cara exterior de la pared.*

- $b=1$; para paredes de color oscuro.
- $b=0.78$; para paredes de color medio.
- $b=0.55$; para paredes de color claro.

R_s : máxima insolación $\frac{kcal}{h.m^2}$, correspondiente al mes y latitud supuesto

R_m : máxima insolación $\frac{kcal}{h.m^2}$, correspondiente al mes y latitud supuestos.

❖ **Cálculo ΔT_e norte:**

a: corrección del factor considerando la diferencia de temperatura durante el día.

$$a = 6.3^{\circ}C$$

TABLA 20A. CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA (°C)

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																					
	5	6	7	8	9	-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8				
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8				
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8				
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8				
0	-5,0	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,0	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6				
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7				
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7				
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4,0	-4,5	-5,0	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8				
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2,0	-2,5	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8				
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2,0	-2,8	-3,3	-3,9				
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8				
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2				
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2				
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2				
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2				
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,3				

Figura 9 Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura – extraído de: Manual de aire acondicionado, Carrier Air Company

TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
Muros soleados o en sombra*

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO (kg/m²)	HORA SOLAR																								
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1		
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5		
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8		
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9		
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7		
	300	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0		
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3		
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7		
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,1	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	3,9	
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0	
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0	0	-0,5		
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	2,8		
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	

Figura 10 Selección de ΔT_{es} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.

ΔT_{es} : Utilizando la Figura 10, con una orientación fija del Sur y tomando en cuenta un peso del muro de 500 kg/m²

$$\Delta T_{es} = 2.2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{em} = 2.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$b = 0.78, \text{ pared color medio}$$

$$R_s = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2}; \text{ tabla 15, página 1 - 38 del libro de Carrier}$$

$$R_m = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2}; \text{ tabla 15, página 1 - 41 del libro de Carrier}$$

Como es pared a sombra:

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es}$$

$$\Delta T_e = 6.3 + 2.2 = 8.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

❖ Cálculo ΔT_e sur:

De manera similar al cálculo anterior, se determinan los siguientes valores:

$$a = 6.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

NO	100	-1.7	-2.2	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	5.5	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6	18.9	16.0	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	50	
	300	-1.1	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7	11.7	16.7	17.2	17.8	11.7	6.7	4.4	3.3	2.2	1.7	0.5	0	-0.5		5
	500	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5.0	6.7	9.4	11.1	11.7	12.2	7.8	4.4	3.9	3.9	3.3	3.3	2.8		
	700	4.4	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.0	5.5	7.8	10.0	10.6	11.1	8.9	7.2	6.1	5.5	5.0		
N (en la sombra)	100	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	5	
	300	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1		
	500	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1	1.1	0.5		
	700	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	3.9	3.3	2.2	1.7	1.1	1.1	0.5		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
		MAÑANA					TARDE										MAÑANA										
		HORA SOLAR																									

Figura 11 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.

$$\Delta T_{es} = 2.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{em} = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$b = 0.78, \text{ pared de color medio}$$

$$R_s = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{h. m}^2}$$

$$R_m = 0 \frac{kcal}{h \cdot m^2}$$

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + b \cdot R_s \cdot (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) / R_m$$

$$\Delta T_e = 6.3 + 2.2 + 0$$

$$\Delta T_e = 8.5^\circ C$$

❖ Cálculo ΔT_e oeste:

$$a = 6.3^\circ C$$

O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,9	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5	0	
	300	-1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1		
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4		
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2		
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	16,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	50	
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5		
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8		
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0		
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	S	
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1		
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1		0,5
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
		MAÑANA					TARDE										MAÑANA										
		HORA SOLAR																									

Figura 12 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.

$$\Delta T_{es} = 2.2^\circ C$$

$$\Delta T_{em} = 3.9^\circ C$$

$b = 0.78$, pared de color medio

$$R_s = 0 \frac{kcal}{h \cdot m^2}$$

$$R_m = 0 \frac{kcal}{h \cdot m^2}$$

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + b \cdot R_s \cdot (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) / R_m$$

$$\Delta T_e = 6.3 + 2.2 + 0$$

$$\Delta T_e = 8.5^\circ C$$

❖ Cálculo ΔT_e este:

$$a = 6.3^\circ C$$

TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
Muros soleados o en sombra*

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																								
		MAÑANA												TARDE												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE	100	2,8	3,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	SUR	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	SE
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8	E
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9	NE
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	E	
	300	-0,5	0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0	E
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3	E
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,2	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	E
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	NE
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	NE
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	NE
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0	NE

Figura 13 Selección de ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.

$$\Delta T_{es} = 2.2^\circ C$$

$$\Delta T_{em} = 2.8^\circ C$$

$$b = 0.78, \text{pared de color medio}$$

$$R_s = 0 \frac{kcal}{h.m^2}$$

$$R_m = 0 \frac{kcal}{h.m^2}$$

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + b.R_s.(\Delta T_{em} - \Delta T_{es})/R_m$$

$$\Delta T_e = 6.8 + 2.2 + 0$$

$$\Delta T_e = 2.5^\circ C$$

Por lo tanto, tenemos:

Tabla 15 Carga térmica de radiación en las paredes

PAREDES	ΔT_e [°C]	U [$\frac{kcal}{h.m^2.^\circ C}$]	A_p [m^2]	QRP [$\frac{kcal}{h}$]
NORTE	8.5	0.59	15.4	77.231
SUR	8.5	0.59	15.4	77.231
OESTE	8.5	0.59	24.2	121.353
ESTE	8.5	0.59	24.2	121.353
TOTAL EN PAREDES				397.188

1.5.Paso 5 – Cálculo de la radiación solar – techo

En el caso del techo, la radiación solar se calcula de manera similar al caso de las paredes:

$$a = 6.3^\circ C$$

TABLA 20. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
TECHO SOLEADO O EN SOMBRA *

Valadero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h., mes de Julio y 40° de latitud Norte **

CONDICIONES	PESO DEL TECHO (kg/m²)	HORA SOLAR																																										
		MAÑANA												TARDE								MAÑANA																						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5																			
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25,0	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	1,1	3,3	5,5	7,2	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1				
	100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1	0	2,2	4,4	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1					
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3	4,4	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0					
	300	5,0	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15,0	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2	6,1	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0						
400	7,2	6,7	4,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	20,6	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15,0	12,8	11,1	10,0	7,8	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0								
Cubierto de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	5,5	8,9	10,4	12,2	11,1	10,0	8,9	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2	-2,8	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,7	7,8	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	2,2	4,4	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0				
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,9	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0	3,3	5,5	7,8	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0					
Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	-1,7	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,7	7,8	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	
	200	-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5,0	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	-0,5	-0,5	-0,5	2,2	4,4	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0				
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	3,3	5,5	7,8	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0					
en la sombra	100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5,0	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	-2,8	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	2,2	4,4	6,7	8,9	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0				
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	3,3	5,5	7,8	10,0	10,0	9,4	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0					
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5																					

Figura 14 Selección de ΔT_{es} y ΔT_{em} – extraído de: Manual de aire acondicionado Carrier Air Company.

$$\Delta T_{es} = -2.8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{em} = 2.2^{\circ}\text{C}$$

$$b = 0.78, \text{pared de color medio}$$

$$R_s = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2}$$

$$R_m = 0 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2}$$

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + b \cdot R_s \cdot (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) / R_m$$

$$\Delta T_e = 6.3 - 2.2$$

$$\Delta T_e = 4.1^{\circ}\text{C}$$

Por lo tanto:

$$QRT = \text{Calor radiación techo} = \Delta T_e \cdot U \cdot A_p$$

$$QRT = 4.1 * 1.39 * 77 = 438.823 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Finalmente:

$$QRT_{\text{PAREDES Y TECHO}} = 397.188 + 438.823 = 836 \text{ kcal /h}$$

1.6.Paso 6 – Infiltraciones sensibles y latentes

Tabla 16 Infiltraciones sensibles

Volumen del Recinto (m3)	Renovación/hora	Densidad del Aire Kg/m3	Cp. Aire Kcal/Kg°C	Variación T° °C	Calor Kcal/h
169.4	1	1,2	0,24	6.5	317.12

El volumen del recinto se obtuvo por geometría y las renovaciones por hora, van desde 1.0 a 1,5 renovaciones/hora.

Tabla 17 Infiltraciones latentes

Volumen del recinto (m ³)	Renovación/hora	Diferencia Humedad Específica	Densidad*Calor latente	Calor
		g/Kg _{aire}	Kcal/m ³ °C	Kcal/h
169.4	1,25	2.5	0.72	381.15

1.7.Paso 7 – Pérdida de calor por renovación de aire, sensibles y latentes

Tabla 18 Pérdida de calor sensible

Caudal total (m ³ /h)	Densidad del Aire	Cp Aire	Variación T°	Calor
	Kg/m ³	Kcal/Kg°C	°C	Kcal/h
238	1,2	0,24	6.5	445.54

El caudal total de aire se calcula multiplicando el valor obtenido en la Figura 15 por el número de habitantes dando un total de 238 m³/h.

TABLA 45. CAUDALES DE AIRE EXTERIOR

APLICACION	NÚMERO DE FUMADORES	m ³ /h POR PERSONA		m ³ /h por m ² de superficie de suelo Mínima *
		Recomendada	Mínima *	
Apartamento	Normal	34	25	-
	Lujo	51	42	6,0
Hall de banco	Pequeño	17	13	-
Barbería	Grande	25	17	-
Salón de belleza	Muy pequeño	17	13	-

Figura 15 Selección del caudal de aire.

Tabla 19 Pérdida de calor latente

Caudal total (m ³ /h)	Diferencia Humedad Específica	Densidad*Calor latente	Calor
	g/Kg _{aire}	Kcal/m ³ °C	Kcal/h
238	2.5	0.72	428.4

1.8.Paso 8 – Cargas térmicas de las personas en función de la temperatura de la vivienda

Estos factores se determinan de la tabla 48 del libro de Carrier. Además, se considera un aforo de 7 personas, que se encuentran de pie, marcha lenta.

Tabla 20 Carga sensible y latente debida a los ocupantes.

AFORO	Aplicación	Calor Sensible a 21°C (Kcal/h)	Calor Latente a 21°C (Kcal/h)
7	Vivienda	71	42

En total tenemos

$$Q_s = 7 * 71$$

$$Q_s = 497 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_l = 7 * 42$$

$$Q_l = 294 \text{ Kcal/h}$$

La carga resultante es:

$$Q = 497 + 294 = 791 \text{ Kcal/h}$$

1.9.Paso 9 – Cargas térmicas debidas al alumbrado

$$Q_s = 5 \text{ focos} * 5W * 1.25 * 0.86$$

$$Q_s = 26.87 \text{ Kcal/h}$$

1.10. Paso 10 – Cargas térmicas debidas a aparatos o utensilios diversos.

No existe

Anexo 05: Diseño de celda termoeléctrica

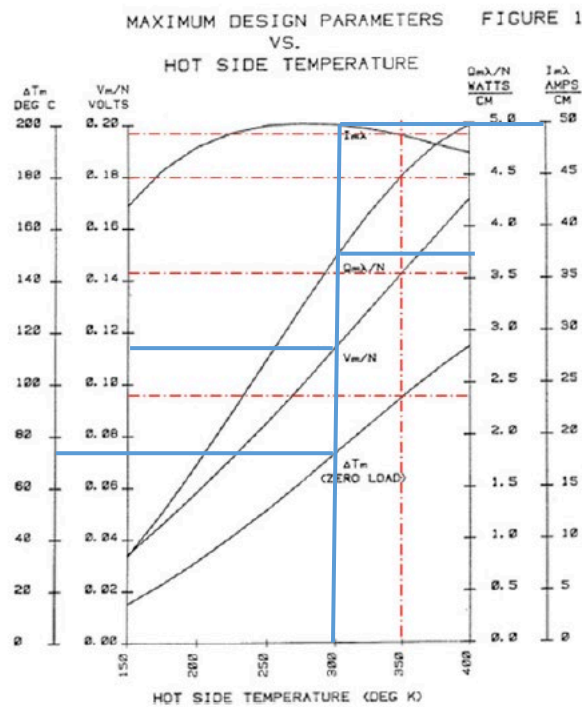
Para iniciar el diseño consideraremos los parámetros de entrada de nuestro sistema: (Joga et al. 2019)

$$T_H = 21 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (294 K)}$$

$$T_C = 4 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (277 K)}$$

En función de la temperatura de lado caliente se calculan los parámetros de máximo diseño.

Figura 16 *Diagrama de parámetros de diseño en función de la temperatura.*



De la Figura 16 obtenemos:

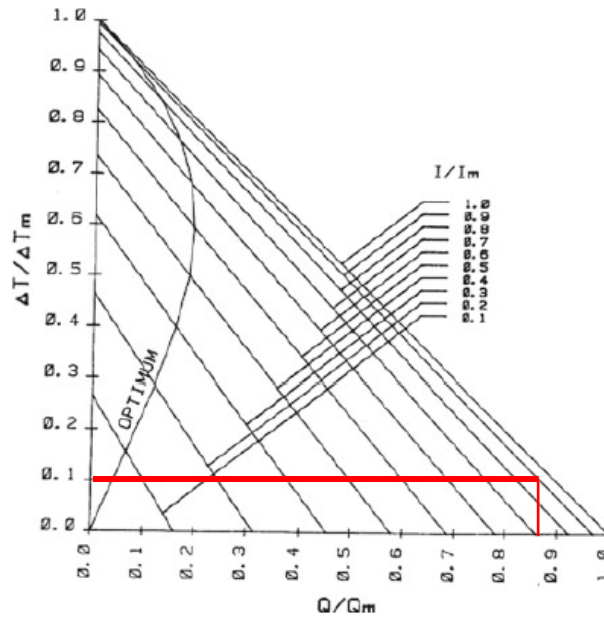
- Máximo diferencial de temperatura (ΔT_m): 70 K
- Capacidad de bombeo de calor ($\frac{Q_m\lambda}{N}$): 3.75 W/cm
- Capacidad de voltaje máximo ($\frac{V_m}{N}$): 0.115 V
- Capacidad máxima de corriente ($I_m\lambda$): 50 A/cm

Con los datos anteriores podemos tener los siguientes cálculos:

$$\Delta T = T_H - T_c = 6.5 \text{ K}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_m} = \frac{6.5}{70} = 0.0929$$

Figura 17 Diagrama de calor y temperatura



De la Figura 17 obtenemos:

$$\frac{Q}{Q_m} = 0.87 \quad \dots \quad (\text{Ecuación 01})$$

Donde:

Q = Potencia calorífica

Qm = Flujo máximo de calor

Pero de la gráfica anterior teníamos que:

$$\left(\frac{Q_m \lambda}{N}\right) = 3.75 \text{ W/cm} \quad \dots \quad (\text{Ecuación 02})$$

Despejando la Ecuación 01:

$$Q_m = \frac{Q}{0.87} \dots \text{(Ecuación 03)}$$

Reemplazando la Ecuación 03 en la Ecuación 02:

$$\frac{Q * \lambda}{0.87 * N} = 3.75$$

$$\frac{Q\lambda}{N} = 3.2625 \frac{W}{cm}$$

Reemplazando la potencia calorífica de 3900 W:

$$\frac{N}{\lambda} = 1195.4$$

Para obtener los valores de α : (Cheng 2016)

Tabla 21 Selección de parámetros de celda Peltier según material

Material	Parameters	Values
p-Bi _{0.5} Sb _{1.5} Te ₃	$\alpha/V \cdot K^{-1}$	$-1.791 \times 10^{-11}T^3 + 1.763 \times 10^{-8}T^2 - 5.714 \times 10^{-6}T + 8.304 \times 10^{-4}$
	$\rho/Ohm \cdot m$	$-7.929 \times 10^{-13}T^3 + 7.992 \times 10^{-10}T^2 - 1.947 \times 10^{-7}T + 1.728 \times 10^{-5}$
	$\lambda/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	$3.342 \times 10^{-5}T^2 - 2.24 \times 10^{-2}T + 5.118$
n-Bi ₂ Te _{2.85} Se _{0.15}	$\alpha/V \cdot K^{-1}$	$1.321 \times 10^{-11}T^3 - 1.383 \times 10^{-8}T^2 + 4.81 \times 10^{-6}T - 7.774 \times 10^{-4}$
	$\rho/Ohm \cdot m$	$-7.618 \times 10^{-13}T^3 + 8.098 \times 10^{-10}T^2 - 2.537 \times 10^{-7}T + 3.207 \times 10^{-5}$
	$\lambda/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	$3.264 \times 10^{-5}T^2 - 2.228 \times 10^{-2}T + 5.302$

$$\alpha = 0.000219218 \frac{V}{K}$$

En el mercado el valor de λ : (Khire, Messac y van Dessel 2005)

$$\lambda = 7.9 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

Reemplazando:

$$N = 95 \text{ módulos}$$

Figura 20 Modelado de la celda termoeléctrica

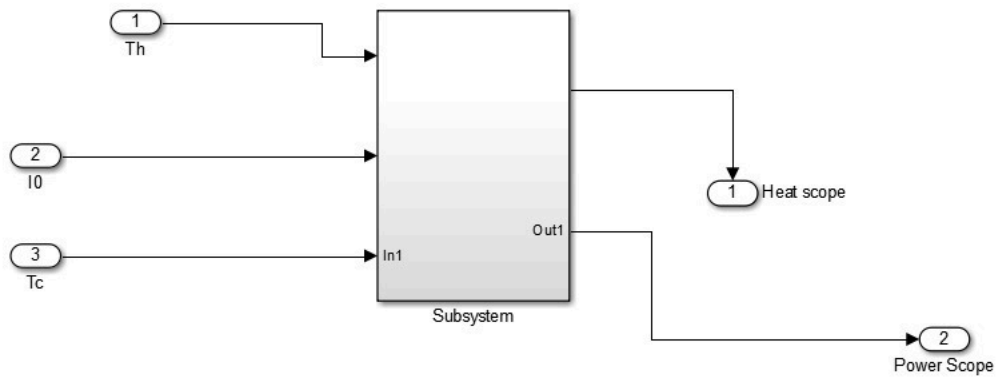
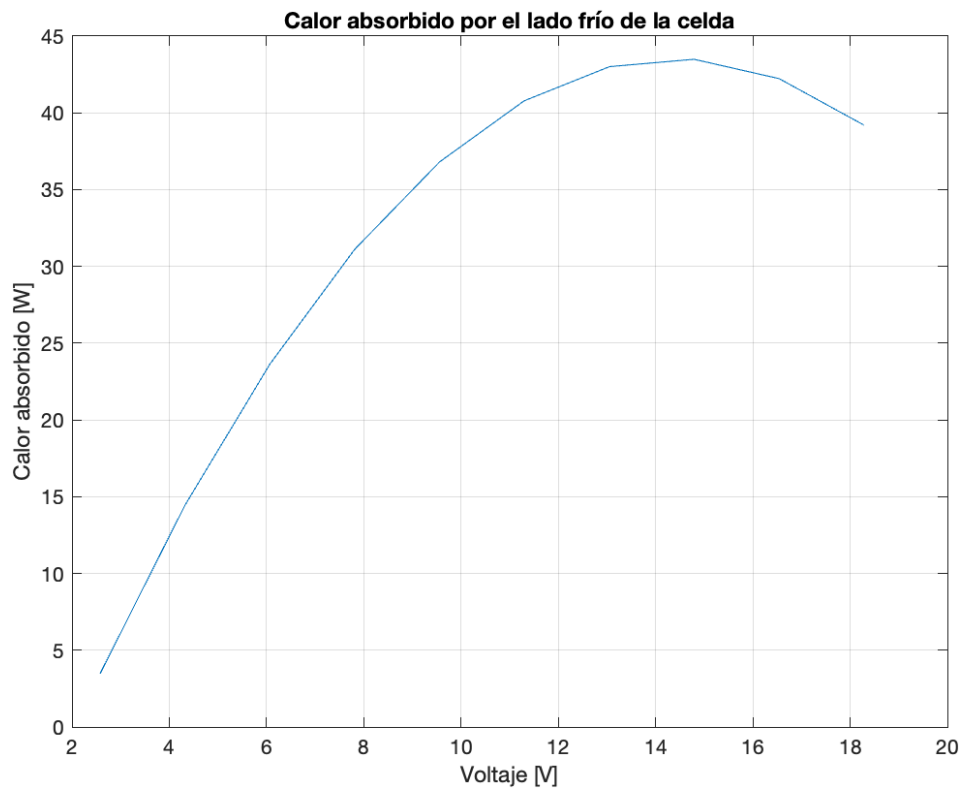


Figura 21 Calor absorbido por el lado frío



Anexo 07: Diseño de Sistema Fotovoltaico

Considerando los datos obtenidos del diseño de la bomba de calor:

$$COP = \frac{Q}{P_e} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{21}{21 - 14.5} = 3.23$$

Despejando:

$$P_e = \frac{Q}{COP} = \frac{3900}{3.23}$$

$$P_e = 1207.43 \text{ W}$$

Además, se consideró que el sistema fotovoltaico también alimentará el consumo eléctrico mínimo para la vivienda, el cual incluye luminarias y tomacorrientes.

$$\text{Potencia de luminarias} = 10 \text{ W} \times 5 \text{ lámparas leds} = 50 \text{ W}$$

$$\text{Potencia de tomacorrientes} = 150 \text{ W} \times 2 \text{ puntos de conexión} = 300 \text{ W}$$

$$\text{Potencia total} = (300 + 50) \text{ W} \times 110 \% = 385 \text{ W}$$

El cálculo nos arroja un total de 385 W en la demanda de energía eléctrica, todo esto sumado a la potencia del sistema híbrido, nos entrega una potencia total de 1592 W.

Por tanto, considerando paneles solares de 12 V / 200 W como potencia unitaria. se tiene:

$$n = \frac{P_e}{P_u} = \frac{1592}{200} = 7.96 = 8 \text{ paneles}$$

Por tanto, se seleccionaron 8 Paneles solares Policristalinos 12 V / 200 W.

Para seleccionar la batería necesitamos el consumo en kWh, por lo que se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Consumo de la bomba de calor} = \frac{1207.43 \text{ W} \times 12 \text{ horas}}{1000} = 14.489 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo Circuito Eléctrico} = \frac{385 \text{ W} \times 3 \text{ horas}}{1000} = 1.155 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo total} = 14.489 \text{ kWh} + 1.155 \text{ kWh} = 15.644 \text{ kWh}$$

Para el cálculo de la batería se consideró una autonomía de medio día, por lo que se obtuvo un consumo de 7 822 kWh y para obtener el tipo de batería se dividió entre el voltaje:

$$\text{Consumo} = \frac{7\,822 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 651.83 \text{ Ah}$$

Por la continuidad se recomendó una batería tipo EnerSol T 760 estacionaria de 12 V y 779 Ah. Finalmente, para que pueda ser utilizada en la vivienda se debe instalar un inversor de 12 VDC/220 VAC y que pueda alimentar la máxima demanda que es 385 W.

Anexo 08: Fotos de medición de temperaturas y humedad (Interior y exterior).





Anexo 09: Ficha Técnica Panel Solar

EOS POLY






200W

156.75 mm Cell - 72 Cells





KEY FEATURES

-  PERC Cells Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Lower temperature coefficient

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	200 W
Power tolerance	0~+5 W
Module efficiency	15.27 %
Maximum power voltage (Vmp)	18.54 V
Maximum power current (Imp)	10.79 A
Open circuit voltage (Voc)	22.51 V
Short circuit current (Isc)	11.75 A

*Standard Test Conditions (STC) : Irradiance : 1,000 W / m² • Cell temperature : 25°C • AM: 1.5

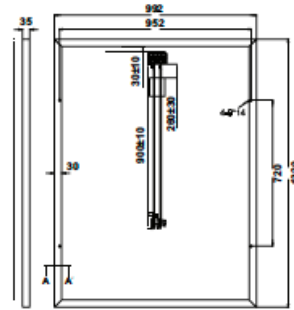
ELECTRICAL DATA AT NOCT**

Power output (Pmax)	147.96 W
Maximum power voltage (Vmp)	17.12 V
Maximum power current (Imp)	8.63 A
Open circuit voltage (Voc)	20.90 V
Short circuit current (Isc)	9.54 A

**Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) : Irradiance: 800 W / m² • Environment temperature : 20°C • AM : 1.5 • Wind speed : 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline (156.75x104mm)
Number of cells	72
Dimensions	1,320x992x35mm
Weight	15.0 kg
Glass	3.2 mm Tempered Glass, High Transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68
Cable	4mm ² , 900mm (+) 900mm (-); Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5,400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2,400 Pa



Anexo 10: Ficha Técnica Celdas Peltier



**Thermoelectric
Cooler**

TEC1-12706

Performance Specifications

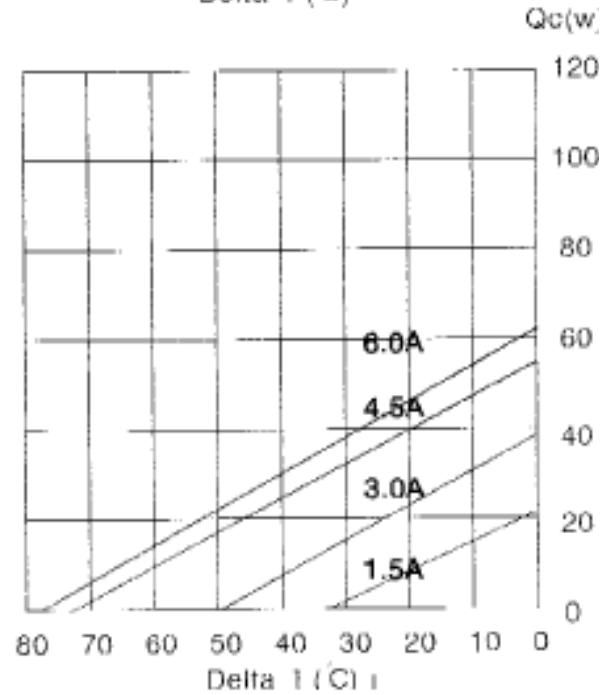
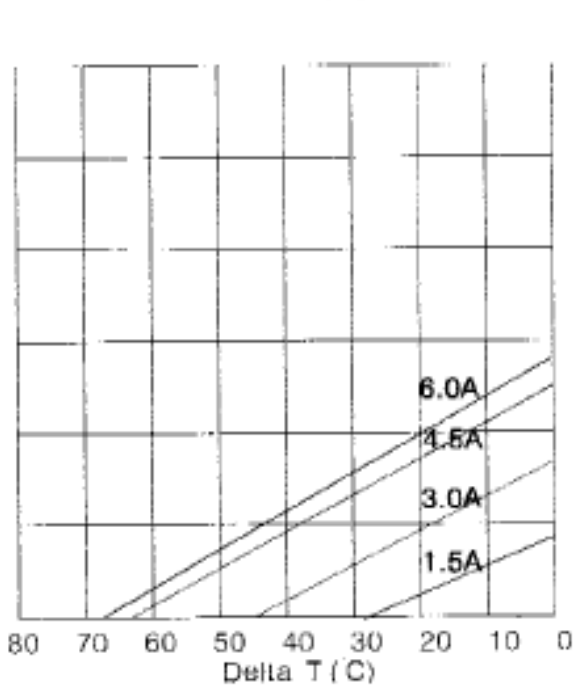
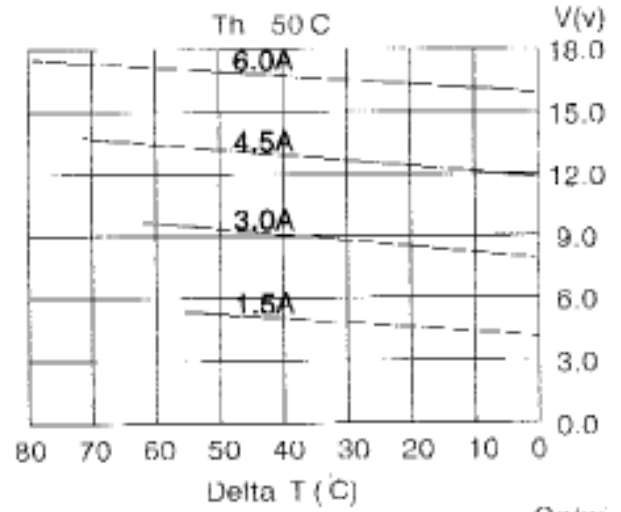
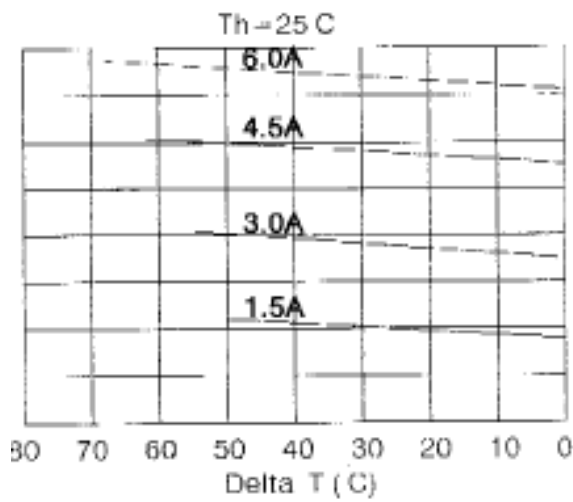
Hot Side Temperature (° C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (° C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



Performance curves on page 2

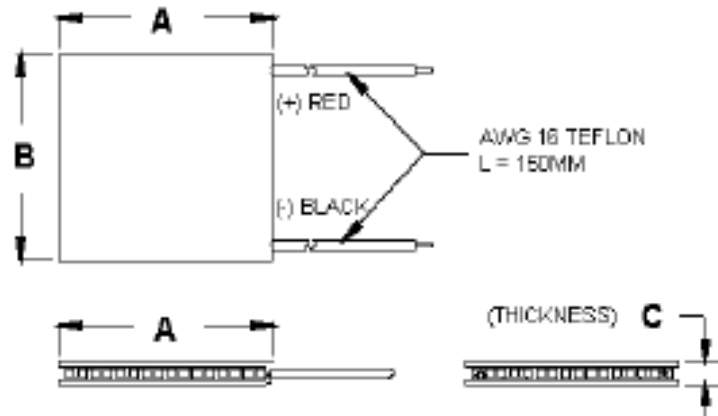


TEC1-12706





TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (Bi/Sn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

Anexo 11: Ficha Técnica Batería

Classic EnerSol T

Technical data, Drawings

Technical characteristics and data

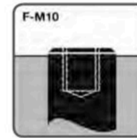
Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{100} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l)	Width (b/w)	Height* (h)	Installed length (L)	Weight incl. acid	Weight acid**	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
				max. mm	max. mm	max. mm	max. mm	approx. kg	approx. kg				
EnerSol T 370	NVTS020370WC0FA	2	376	83.0	199	445	93.0	17.3	5.10	0.70	2900	F-M10	1
EnerSol T 460	NVTS020460WC0FA	2	452	101	199	445	111	21.0	6.30	0.56	3625	F-M10	1
EnerSol T 550	NVTS020550WC0FA	2	542	119	199	445	129	24.7	7.50	0.46	4350	F-M10	1
EnerSol T 650	NVTS020650WC0FA	2	668	119	199	508	129	29.5	8.60	0.45	4500	F-M10	1
EnerSol T 760	NVTS020760WC0FA	2	779	137	199	508	147	31.0	10.0	0.38	5250	F-M10	1
EnerSol T 880	NVTS020880WC0FA	2	897	137	199	556	147	38.0	11.0	0.43	4660	F-M10	1
EnerSol T 1000	NVTS021000WC0FA	2	1025	155	199	556	165	43.1	12.6	0.38	5325	F-M10	1
EnerSol T 1130	NVTS021130WC0FA	2	1154	173	199	556	183	47.7	14.1	0.34	5991	F-M10	1
EnerSol T 1250	NVTS021250WC0FA	2	1282	191	199	556	201	52.8	15.6	0.30	6657	F-M10	1

* The above mentioned height can differ depending on the used vent(s).
 ** Acid density $d_4 = 1.26 \text{ kg/l}$

Type	$C_{1.75}$ 1.75 V/C	$C_{1.8}$ 1.80 V/C	$C_{1.8}$ 1.80 V/C	$C_{1.8}$ 1.80 V/C	$C_{1.8}$ 1.80 V/C	$C_{1.8}$ 1.80 V/C	$C_{1.85}$ 1.85 V/C	$C_{1.85}$ 1.85 V/C	$C_{1.85}$ 1.85 V/C
EnerSol T 370	260	280	294	333	361	368	369	376	383
EnerSol T 460	327	350	367	416	437	460	444	452	478
EnerSol T 550	393	425	441	499	524	553	533	542	574
EnerSol T 650	492	527	552	625	656	668	647	668	719
EnerSol T 760	574	615	645	729	766	780	755	779	839
EnerSol T 880	654	714	742	840	854	953	869	897	966
EnerSol T 1000	755	809	848	960	1008	1089	993	1025	1104
EnerSol T 1130	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1154	1242
EnerSol T 1250	944	1011	1060	1200	1260	1361	1241	1282	1380

The capacities are given in Ah at 25 °C after 5 cycles.

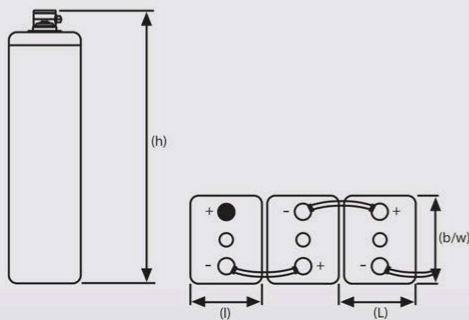
Terminal and torque



25 Nm



Drawings with terminal position



Not to scale!

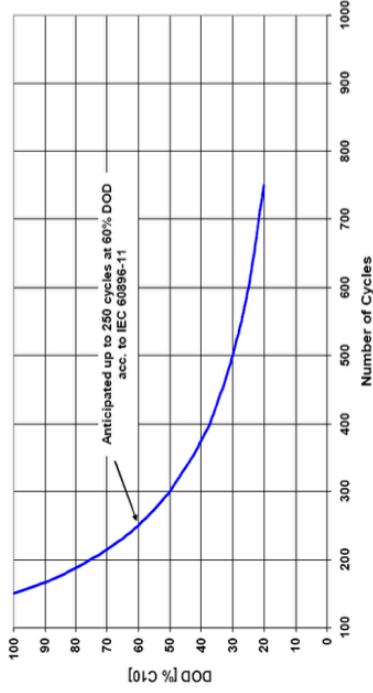


EnergSol			
	Vida en ciclos: 250 ciclos según IEC 60896-11		
	Placa Plana		
	Bajo mantenimiento		
	Reciclable		

TIPO	VOLTS	C120 1,85VpC 25°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA	PESO Kg
EnergSol 250	12	256	518 276 242	63,0



Densidad 1,28Kg/l a 25°C



Aplicaciones

Fotovoltaica

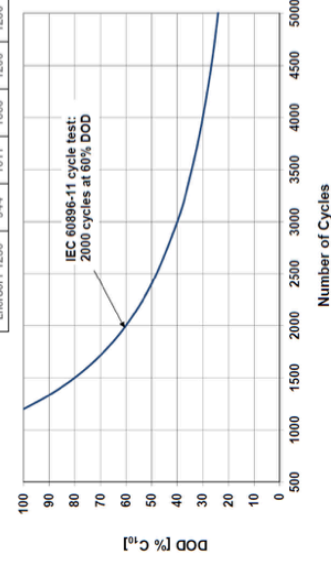
EnergSol T	
	Vida en ciclos: 2000 ciclos según IEC 60896-11
	Placa Tubular
	Bajo mantenimiento
	Reciclable

Type	C ₁ 1,75 V/C	C ₂ 1,80 V/C	C ₃ 1,80 V/C	C ₄ 1,80 V/C	C ₅ 1,80 V/C	C ₆ 1,80 V/C	C ₇ 1,85 V/C	C ₈ 1,85 V/C
EnergSol T 370	260	280	294	333	361	368	369	376
EnergSol T 460	327	350	367	416	437	460	444	452
EnergSol T 550	393	425	441	499	524	553	533	542
EnergSol T 650	492	527	552	625	656	668	647	668
EnergSol T 760	574	615	645	729	766	780	755	779
EnergSol T 880	654	714	742	840	854	953	869	897
EnergSol T 1000	755	809	848	960	1008	1089	993	1025
EnergSol T 1130	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1154
EnergSol T 1250	944	1011	1060	1200	1260	1361	1241	1282



TIPO	VOLTS	C120 1,85VpC 25°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA	PESO Kg
EnergSol T 370	2	376	83 199 445	17,3
EnergSol T 460	2	452	101 199 445	21,0
EnergSol T 550	2	542	119 199 445	24,7
EnergSol T 650	2	668	119 199 508	29,5
EnergSol T 760	2	779	137 199 508	31,0
EnergSol T 880	2	897	137 199 556	38,0
EnergSol T 1000	2	1025	155 199 556	43,1
EnergSol T 1130	2	1154	173 199 556	47,7
EnergSol T 1250	2	1282	191 199 556	52,8

Densidad 1,26Kg/l a 25°C



Anexo 12: Certificado de Calibración del equipo

Certificate # 343575



Manufacturing Certificate of Compliance

DeltaTrak, Inc. certifies that the instrumentation listed below has been manufactured and tested for calibration accuracy to meet the published specifications. This calibration testing was performed in accordance with national system guidelines of ANSI/NCSL Z540 and ISO-10012. Our measurement instruments are certified against National Institute for Standards and Technology (NIST) by a Primary Standards Laboratory.

Where applicable, DeltaTrak electronic data loggers, digital devices and software comply with CFR 21 part 11

Reference Standard:

Temperature:	+0.05 over a range of -10°C to +50°C Fisher Scientific NIST Traceable 15-077-8 (or equivalent)
Humidity:	+10.0% over a range of 10.07% to 90.45% RH Rotronic HP 23 (or equivalent)

Reference Standard certificates are on file at DeltaTrak Inc.

These DeltaTrak instruments have been purchased with a warranty period of one year against defects in material, calibration, and workmanship from date of purchase.

*For complete accuracy specifications of products please refer to the published Technical Specifications on our website at www.deltatrak.com

Date of Purchase: June 26, 2021

Product: JUMBO DISPLAY THERMO-HYGROMETE

Model: 13309

<u>Serial / Lot No</u>		<u>Confir Date</u>
20104754	70	october 2022

DELTATRAK SOUTH AMERICA S.A.

Gloria Poling
QA Manager

DeltaTrak, Inc. 1236 Doker Drive, Modesto, CA 95351
Tel: (925) 249-2250 or (800) 962-6776 Fax: (925) 249-2251

Anexo 13: Ficha Técnica del Inversor



Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter
24/5000



Phoenix Inverter Compact
24/1600

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia Phoenix no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

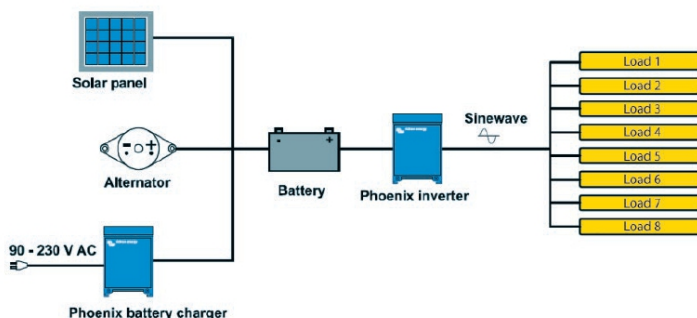
Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz de comunicaciones

Estos modelos más grandes de inversor Phoenix vienen con un puerto VE.Bus. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK3-USB VE.Bus a USB (ver el apartado "Accesorios"). Junto con VictronConnect o el software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio web, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a un dispositivo GX (como Cerbo GX) para seguimiento y control.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 / 48V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375 x 214 x 110		520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el Interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 VCA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX

Proporciona monitorización y control de forma local y remota en el [Portal VRM](#).



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB

Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure](#))



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000

Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



Monitor de baterías BMV-700

El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTRO ANTICONA WALTER MIGUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Sistema híbrido fotovoltaico – celdas Peltier para suministro de calefacción en una vivienda rural del distrito de Angasmarca – La Libertad", cuyos autores son ALMANZA ARMAS CESAR HUGO, UTUS CANTORIN MERLIN AMILCAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo 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 César Vallejo.

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

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTRO ANTICONA WALTER MIGUEL DNI: 18173382 ORCID: 0000-0002-8127-4040	Firmado electrónicamente por: CASTROA el 20-12- 2022 17:40:55

Código documento Trilce: TRI - 0475496