



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PARAMETRIZACIÓN DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN Y
AGUA CALIENTE SANITARIA PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: MAURICIO OSWALDO CALLE CALLE

TUTOR: ING. JORGE LUIS ROJAS ESPINOZA, Mgtr.

Cuenca - Ecuador
2023

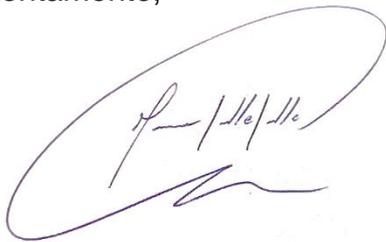
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mauricio Oswaldo Calle Calle con documento de identificación N° 0302116975, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de noviembre del 2023

Atentamente,



Mauricio Oswaldo Calle Calle

0302116975

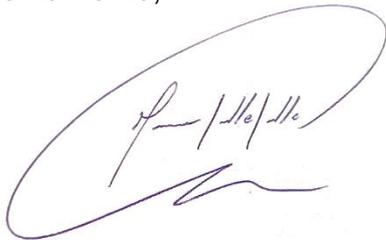
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Mauricio Oswaldo Calle Calle con documento de identificación N° 0302116975, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo académico: “Parametrización de un sistema térmico para calefacción y agua caliente sanitaria para edificaciones residenciales utilizando energía solar térmica”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de noviembre del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Oswaldo Calle Calle', enclosed within a large, loopy oval shape.

Mauricio Oswaldo Calle Calle

0302116975

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Luis Rojas Espinoza con documento de identificación N° 0301575866, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PARAMETRIZACIÓN DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, realizado por Mauricio Oswaldo Calle Calle con documento de identificación N° 0302116975, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de noviembre del 2023

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza, Mgtr.

0301575866

“PARAMETRIZACIÓN DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA”

“PARAMETERIZATION OF A THERMAL SYSTEM FOR HEATING AND DOMESTIC HOT WATER FOR RESIDENTIAL BUILDINGS USING SOLAR ENERGY”

Mauricio Oswaldo Calle Calle

Universidad Politécnica Salesiana
mcallec1@est.ups.edu.ec

Jorge Luis Rojas Espinoza

Universidad Politécnica Salesiana
jrojase@ups.edu.ec

Resumen

A partir de la investigación se desarrolló una parametrización de las inconstancias térmicas relacionadas con la implementación de sistemas de agua caliente sanitaria y calefacción a través de suelo radiante. En donde el objetivo es establecer la parametrización de un sistema térmico para calefacción y agua caliente sanitaria para edificaciones residenciales a partir del aprovechamiento de energía solar. El presente estudio es de tipo no experimental y exploratorio. Entre los principales resultados esta que toma como referencia la medición de datos climáticos hasta el 2015, por lo que pueden existir variaciones en relación a la información simulada, se utilizó el software T*Sol 2023, para la optimización y cálculo de sistemas solares basados en tecnología de transmisión térmica y calcular el rendimiento del calentamiento de agua sanitaria, apoyo a la calefacción, se concluye que existen normas y métodos para el cálculo del rendimiento medio estacional de calefacción y de los sistemas de calefacción en los edificios.

Palabras Claves: Parametrización, instalación térmica, calefacción, agua caliente sanitaria, energía solar

Abstract

*In the present work, a parameterization of the thermal variables associated with the implementation of domestic hot water systems ACS and underfloor heating was carried out. Where the objective is to establish the parameterization of a thermal system for heating and sanitary hot water for residential buildings from the use of solar energy. This study is non-experimental and exploratory. Among the main results is that it takes as a reference the measurement of climatic data up to 2015, so there may be variations in relation to the simulated information, the T*Sol 2023 software was used for the optimization and calculation of solar thermal systems and calculating the performance of domestic water heating, heating support, it is concluded that there are standards and methods for calculating the average seasonal heating performance and heating systems in buildings.*

Keywords: Parameterization, thermal system, heating, domestic hot water, solar energy.

1. Introducción

Desde el punto de vista teórico, el estudio aportará con bibliografía actualizada acerca del aprovechamiento de energía solar térmica a través de colectores solares, así como del agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción por suelo radiante (CSR). Bajo una perspectiva práctica, el estudio pretende simular las variables a partir del uso del software computacional para contrastación de resultados con base a la metodología planteada. Finalmente, la metodología propuesta en el estudio, tendrá como propósito ser replicada en futuras investigaciones, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos y alcanzar una conclusión generalizada.

El objetivo general es establecer la parametrización de un sistema térmico CSR y ACS para edificaciones residenciales a partir del aprovechamiento de energía solar.

El uso de energías no renovables ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente, puesto que la obtención de la misma, así como la transformación, genera contaminantes que contribuyen al efecto invernadero y los cambios climáticos que se perciben en la actualidad. Por esa razón, el estudio se desarrolló con el propósito de establecer la parametrización de un sistema

térmico para calefacción y ACS para edificaciones residenciales a partir del aprovechamiento de energía solar.

Para Calle et al. [1] El Agua Caliente Sanitaria (ACS) de uso doméstico es una necesidad imperativa, debido a las condiciones de temperaturas bajas en la ciudad de Cuenca. Con el propósito de suplir esta falencia, en la actualidad se están utilizando sistemas eléctricos que funcionan a partir del gas licuado, los cuales, durante su uso causan daños al medio ambiente debido a la emisión de monóxido de carbono. Por el contrario, el aprovechamiento de la energía brindada por el sol a partir de colectores solares para obtener ACS, ha sobresalido como una de las tecnologías que permiten la disminución del uso de materia prima no renovable. En el Ecuador, se distribuye colectores que han sido replicados y enviados a países de Norteamérica y países de Europa, en donde el clima y la localización difieren de las que se encuentran en el territorio del Ecuador.

El equipo se encuentra formado por un captador de tipo plano que se encuentra conectad al depósito, en donde el agua circula sin la necesidad de contar con una bomba de presión. Con frecuencia, el ACS se utiliza en un espacio doméstico unifamiliar, por ello, el agua que se encuentra en el interior se encuentra diferenciada, de manera en la que, el agua fría es más densa y se sitúa en el fondo, y, por el contrario, el agua caliente o menos densa, se encuentra en la parte superior de la misma. Durante la jornada diurna, en agua que se encuentra en el colector se calienta y asciende, mientras que el agua fría desciende hasta el fondo de este, por ello, se puede lograr una circulación por convección. Cuando la radiación solar es insuficiente (durante la noche, días nublados, primeras horas del día, entre otros el agua del panel se enfría y su densidad aumenta, con la cual desaparece la fuerza impulsora, el agua deja de circular y la contenida dentro del depósito se mantiene caliente; el depósito está aislado térmicamente, para reducir las fugas del calor al exterior [2].

Por ello, es necesario indicar que la energía solar es la más importante fuente renovable, por consiguiente, su uso resulta de gran importancia para obtener otras fuentes de energía limpia. De manera generalizada, la radiación ejercida por el sol sobre la tierra, es aprovechable de manera directa o convertirse en energía eléctrica o térmica para los diversos propósitos del individuo. Por consiguiente, es necesario conocer que, el planeta tierra recibe una total de 1,6

millones de kWh cada año, sin embargo, solo se aprovecha un 40%. El Ecuador, al encontrarse en la zona ecuatorial es un país que dispone de un importante recurso solar cuya magnitud en términos de irradiación global horizontal media anual, varía entre 2.8 kWh/m² /día a 6.4 kWh/m² /día, dependiendo de la localización [4].

Al realizar una comparativa de los diversos sistemas de calefacción, la que más se ajusta a las temperaturas del cuerpo humano corresponde al suelo radiante. Según dicho perfil, la temperatura a nivel de los pies debe ser ligeramente mayor a la que se encuentra en el aire en la zona de la cabeza. Esto quiere decir que el usuario del sistema recibirá una mejor sensación de calor, entrando en un estado de confort térmico [5].

Uno de los factores diferenciadores de este sistema con otras superficies radiantes, tales como a nivel de techo y paredes, así como otros medios para calefacción de los hogares, es que el suelo radiante permite obtener una temperatura óptima para alcanzar el confort de los individuos. Por esa razón, el colector solar constituye una superficie expuesta que permite transformar la radiación en energía térmica (calor), el cual es transportado a través del agua para el aprovechamiento de sistemas de calefacción y ACS. Los colectores pueden ser de Alta, Media y Baja temperatura; alta temperatura (≥ 400 °C), media temperatura (≤ 400 °C) y baja temperatura (≤ 100 °C) [2].

De igual manera, de acuerdo con Borja [7] el suelo radiante o también conocido como losa radiante, es un sistema de calefacción que, gracias a sus características especiales y beneficios, es uno de los sistemas más efectivos que proporcionan un nivel alto de confort a los usuarios, esto es debido a que, el calor emanado desde el suelo, brinda un mayor confort. Por el contrario, lo que ocurre del sistema convencional, en donde el calor proviene de otras partes, puesto que este sistema se encuentra formada por una red de tuberías de material de polietileno o poli butileno, que permite la circulación de agua caliente en un espacio cerrado con temperaturas de entre 30-45° C, la cual es impulsada a partir de una bomba, por lo cual, implica un ahorro de energía. La red es instalada sobre la losa de hormigón armado (dependiendo del diseño estructural) y sobre este se funde una pequeña capa de hormigón de baja resistencia autonivelante y con el tipo de terminado de piso deseado (piso flotante de madera, cerámica, entre otros) [8].

Constituye un sistema de climatización formado por diversas estructuras que permitan alcanzar eficiencia y calidad del mismo. El mismo se encuentra formado por una estructura aislante térmica que permite disminuir la pérdida de temperatura descendente, además permite la fijación de la tubería en donde circula ACS que cede su energía a una capa superior de la estructura tubular. Dicha capa almacena la energía y ésta es cedida al pavimento de la vivienda, que a su vez la entrega al ambiente [9]

El suelo radiante es la tecnología de calefacción que sitúa el origen del calor debajo de nuestros pies. El procedimiento sencillo para calefacción permite ahorrar entre un 25-30% de la energía, puesto que no es necesario elevar la temperatura del techo para alcanzar una temperatura adecuada, como en el caso de radiadores comunes. Además, produce un confort óptimo y uniforme [10].

Al realizar una comparativa, de los diversos sistemas de calefacción que se encuentran en el mercado, el suelo radiante es el más óptimo en cuanto a la adaptación de la temperatura que, bajo la percepción del ser humano trae confort. De acuerdo a lo descrito, este perfil se centra en que la temperatura presente a nivel del aire que se encuentran en la altura del pie es mínimamente mayor a la que se encuentra a nivel de la cabeza. Por ello, el usuario, recibirá una mejor sensación térmica que permite alcanzar el confort adecuado [5].

Debido a que el sistema de calefacción a través de suelo radiante se centra en el uso de las temperaturas bajas, así como las diferencias de temperatura del es mínima, sin embargo, no es suficiente para producir corrientes fuertes a través de convección. Por ello, no se debe de estratificar el aire caliente que se encuentra en el recinto, el cual se concentra en la zona del techo y el aire frío se ubica en la zona baja del mismo. De esta manera es que se consigue una temperatura uniforme [11].

2. Métodos

Caso de estudio

La "Parametrización de un sistema térmico para calefacción y ACS, se realizó para evaluar la potencia al momento de aplicar la energía térmica en edificios residenciales para la producción de frío y calor utilizables en calefacción y agua caliente sanitaria.

En donde la energía solar térmica puede ser utilizada para proporcionar agua de temperatura elevada para calefacción, ACS, climatización para zonas recreativas como piscinas e inclusive refrigeración.

Por su parte el objetivo de la parametrización, consiste en diseñar e implementar un sistema que permita aprovechar la energía solar térmica para reducir el consumo de energía convencional en edificios residenciales

El presente estudio es de tipo no experimental y exploratorio, el mismo que tiene como finalidad establecer la parametrización de un CSR y ACS para edificaciones residenciales a partir del aprovechamiento de energía solar y simular procesos de calefacción y ACS en software computacional para contrastación de resultados con base a la normativa vigente.

Algunos aspectos relevantes relacionados con el diseño y simulación de sistemas térmicos solares y agua caliente sanitaria son:

Simulación optimizada: Se utiliza el software para realizar la simulación optimizada de la instalación completa, incluyendo el circuito primario, secundario y terciario

Diseño óptimo: El objetivo es establecer un diseño adecuado de un sistema térmico, solar o gas para calefacción y ACS para el uso en las viviendas.

Dimensionamiento: Se realiza a partir del diseño de un sistema de energía solar aplicado a ACS en establecimientos residenciales.

Consumo de agua caliente: Se analizan los perfiles de consumo de agua caliente residencial para aplicarlos en el diseño de un colector solar para calentamiento de agua

Cálculo del tamaño y diseño: Se deben tener en cuenta varios factores como el número de individuos dentro del espacio, el tamaño de la edificación, el tipo de colectores, las condiciones de subvención y la cobertura requerida al calcular el tamaño y diseño de sistemas solares térmicos

El estudio busca establecer la parametrización de un CSR y ACS en edificaciones residenciales utilizando energía solar. Se realiza la simulación y el diseño óptimo de estos sistemas, teniendo en cuenta el consumo de agua caliente y otros factores relevantes.

En donde, la energía solar térmica constituye un proceso tecnológico que permite el aprovechamiento de las radiaciones solares para transformarlo en

energía térmica y proporcionar agua caliente sanitaria y calefacción en edificios residenciales.

Este tipo de sistemas solares térmicos pueden ser utilizados tanto para uso doméstico como en edificios más grandes. Al utilizar energía solar como fuente de calor, se disminuye el uso de combustibles fósiles y la contaminación ambiental que ello produce.

En el estudio se busca establecer la parametrización de un sistema térmico que utilice energía solar para calefacción y agua caliente sanitaria en edificaciones residenciales. Esto implica determinar los parámetros necesarios para el diseño e implementación de dicho sistema, como la capacidad de captación solar, el almacenamiento de energía térmica y la distribución del calor en el edificio.

Sistema de calefacción

Coeficiente de transmisión térmica

Debe de calcularse de acuerdo a cada envolvente de la vivienda, es decir; suelo, paredes exteriores, techo, ventana/s y puerta/s, estos se encuentran íntimamente relacionados con el material en el que fueron elaborados cada uno de los envolventes.

Temperatura interior

Se debe tener en consideración que la temperatura presente en el interior, recomendada por la norma UNE-EN 1264 corresponde a 19-20°C, la misma que se encuentra asociada a la temperatura para brindar confort.

Temperatura exterior

La temperatura exterior se puede analizar en base a distintos softwares que permiten establecer un promedio de temperatura exterior en un punto determinado de la ciudad.

Pérdidas por transmisión sin suplementos (Q_{to}):

Se realizará a partir de la relación del coeficiente de transmisión térmica, a partir de la respuesta anterior y teniendo en consideración las áreas y cada uno de los materiales envolventes utilizados en toda la vivienda:

$$Q_{to} = \Sigma[U * A * (T_i - T_e)](W) \quad (1)$$

Suplemento por interrupción de servicio (ZIS):

Se toma en consideración un porcentaje aproximado del 5%.

Suplemento por orientación (ZO):

Para hallar el suplemento por orientación, se debe considerar las paredes exteriores que se encuentran expuestas al sol.

Carga térmica de transmisión de calor (Qt):

Se utilizará la fórmula:

$$Q_t = Q_{to}(1 + ZIS + ZO) (W) \quad (2)$$

Carga térmica de ventilación (Qv):

Este obtiene a partir de la fórmula:

$$Q_v = \eta * Va * p * Cp * (Ti - Te)(W) \quad (3)$$

Ganancia interna de calor (Qi):

Considerando las condiciones más desfavorables se tiene que: $Q_i = 0(W)$

Cargas térmicas de calefacción (Q):

La carga térmica de calefacción se calcula a partir de la ecuación:

$$Q = Q_t + Q_v + Q_i(W) \quad (4)$$

Cálculo para la implementación del Suelo Radiante.

Primero se debe de determinar el tamaño de la calefacción por suelo radiante y determinar el área y el volumen del espacio de su casa que desea calentar. A partir del cálculo de la carga térmica de transferencia de calor de cada espacio, se calcula la carga térmica de cada una de las habitaciones contenidas en la vivienda, según el volumen de cada uno de ellos, de acuerdo a la ecuación:

$$Q_v = \eta * Va * p * Cp * (Ti - Te)(W) \quad (5)$$

Agua caliente sanitaria

Para el correcto funcionamiento de un sistema de ACS con energía solar térmica, además de la cantidad de agua consumida cada día, también se debe tener en cuenta el número de habitantes de la vivienda. Al iniciar el análisis, es importante considerar el factor de simultaneidad relacionado con el uso de ACS, el cual se puede obtener mediante:

$$k = \sqrt{n - 1} \quad (6)$$

Donde:

k: Factor de simultaneidad.

n: Número de llaves de agua caliente.

Cantidad de agua a usar en todo el sistema térmico

Para ello se debe de establecer la cantidad de agua usada en el sistema ACS, la cantidad usada en el sistema de calefacción y la suma de ambas, brindará como resultado el total de agua a consumir.

Selección del Calentador Solar Térmico.

De acuerdo a la cantidad de agua a usar, se debe de seleccionar un calentador con un sistema acorde al consumo. La eficacia y cantidad de calentadores de agua utilizados en el sistema térmico se calculan en base a las características técnicas de los calentadores solares de agua y a los datos climáticos de irradiancia máxima mensual, promedio de horas de sol y temperatura.

Simulación

Cada una de las características expuestas servirá como datos iniciales para realizar la simulación en el software para sistema térmico para calefacción y agua caliente sanitaria, la cual permitirá establecer semejanzas y diferencias entre los estudios. Así como también, permitirá demostrar la eficiencia del proceso de parametrización propuesto.

El software para sistema térmico para calefacción y agua caliente sanitaria es una herramienta que permite diseñar y calcular un sistema de CSR y ACS. Este software permite optimizar la eficiencia del sistema y garantizar un funcionamiento adecuado.

Entre las razones por las que se lo selecciono están es que este software permite realizar un diseño detallado del sistema de calefacción y agua caliente sanitaria, teniendo en cuenta factores como la distribución de calor, la capacidad de los radiadores o suelo radiante, y la demanda de agua caliente.

Además, permite realizar simulaciones y análisis para evaluar el rendimiento del sistema en diferentes escenarios, como variaciones de temperatura exterior o cambios en la demanda de calefacción y agua caliente sanitaria.

En conclusión, TSOL 2023 es un programa de simulación dinámica para el diseño, optimización y cálculo de sistemas solares térmicos y permite calcular el rendimiento, ya sea para ACS, piscinas o calor de proceso.

Caso de estudio

Para realizar el análisis comparativo entre el estudio realizado y la simulación a partir del software T*Sol 2023, es importante tener en cuenta los siguientes datos:

Tabla 1 Características generales de la vivienda

Ubicación de la vivienda	Ciudad Cuenca - Sector El Vecino.
Latitud:	-2,90055° Latitud Norte.
Longitud:	-79,00453° Longitud Oeste.
Elevación:	2550 m.
Área de Terreno:	102,75 m ²
Área de construcción de la vivienda:	83,43 m ²
Área útil:	10 m ²

Los ambientes o espacios específicos de cada área se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 2 Área y volumen de cada espacio de la vivienda a calentar

ESPACIOS	A(m) ²	V(m) ³
<i>PLANTA BAJA</i>		
Cocina-Comedor	22,2	66,6
Sala	7,85	23,56
<i>PLANTA ALTA</i>		
Recamara Principal	9,35	28,04
Recamara 1	9,69	29,07
Recamara 2	9,69	29,07

De igual manera, se tomó en consideración los datos fueron captados por la estación de la UPS – Cuenca:

Tabla 3 Promedio de Irradiación mensual máxima

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Prom	4,96	4,88	4,89	3,96	4,37	4,20	3,68	5,13	4,41	4,66	4,92	5,04

Tabla 4 Promedio de temperatura ambiente

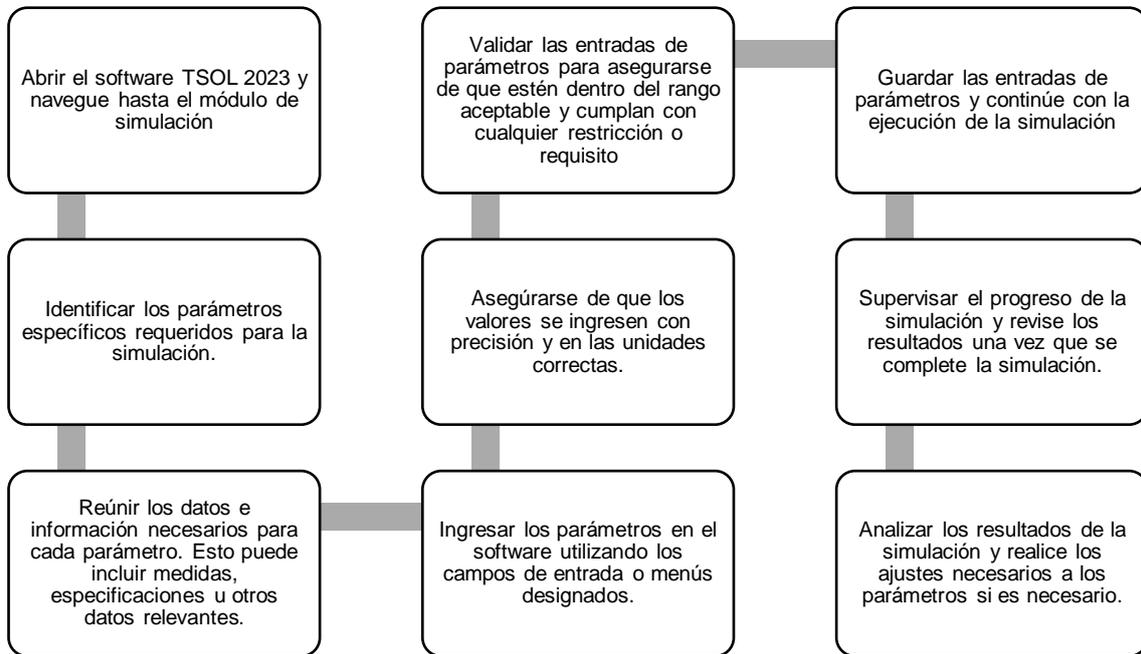
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Prom	16,1	16,5	16,2	15,2	15,9	15,0	14,2	14,5	14,4	14,7	14,8	15,5

Tabla 5 Principales resultados obtenidos

Características	Resultado
Temperatura interior	19°C
Temperatura exterior	14°C
Suplemento por interrupción del servicio	5%
Suplemento por orientación	26,8%
Carga térmica por transmisión de calor	5070,49 W
Carga térmica de calefacción	6128,53 W
Emisión térmica total	534,21 W/m ²
Longitud de tubería total	329,90
Temperatura media de superficie del suelo	27,90 °C
Temperatura media del agua de las tuberías	35,47 °C
Temperatura de impulsión	36,38 °C
Temperatura de retomo	26,38 °C
Caudal del agua	0,1465 l/s o 0,527 m ³ /h
Cantidad de grifos	3
ACS por persona	50 l/día
Cantidad de agua usada en todo el sistema térmico	150 l/día
Cantidad de agua usada en el sistema de calefacción	66,33 l/día
Total de agua a consumir	206,33 L
Calentador solar térmico	
Temperatura de almacenamiento	50°C
Temperatura de agua de entrada	9°C
Eficiencia del calentador	57%
# de calentadores	1

Figura 1

Flujograma del proceso de ingreso de parámetros para la simulación en software



Resultados de la simulación

Tabla 6
Resultados de la simulación anual

Resultados de la simulación anual	
Potencia de colectores instalada	0,450 kW
Superficie de colectores instalada (bruta)	1m ²
Irradiación a la superficie colector	1.359,47 kWh/m ²
Energía suministrada por los colectores	733,64 kWh/m ²
Energía suministrada por los circuitos del colector	644,61 kWh/m ²
Sum. de energía para la producción de agua caliente	2.033,31 kWh
Suministro de energía para calef	3.628,96 kWh
Energía del sistema solar para el ACS	0,00 kWh
Energía suministrada por la calefacción auxiliar	5.077,7 kWh

Nota. En la tabla 6 se observan los resultados de la simulación.

Fuente: T*SOL 2023

Tabla 7

Resultados específicos de la simulación anual

Especificación	
Datos climáticos	
Ubicación	Cuenca
Datos climáticos	Cuenca
Suma anual de la radiación global	1741,408 kWh/m ²
Latitud	-2,89
Longitud	79,01
Agua caliente sanitaria	
Consumo medio diario	0,39 m ³
Temperatura deseada	26,38°C
Perfil de carga	Casa unifamiliar
Temperatura del agua fría	Febrero 14°C Agosto 14°C
Recirculación	No
Calefacción	
Demanda estándar de calor de calefacción del edificio	3,8 kW
Temperatura estándar de proyecto al exterior	4,24°C
Temperatura de proyecto	40°C/25

Nota. En la tabla 7 se observan los resultados de la simulación anual.

Fuente: T*SOL 2023

Tabla 8
Resultados de instalación

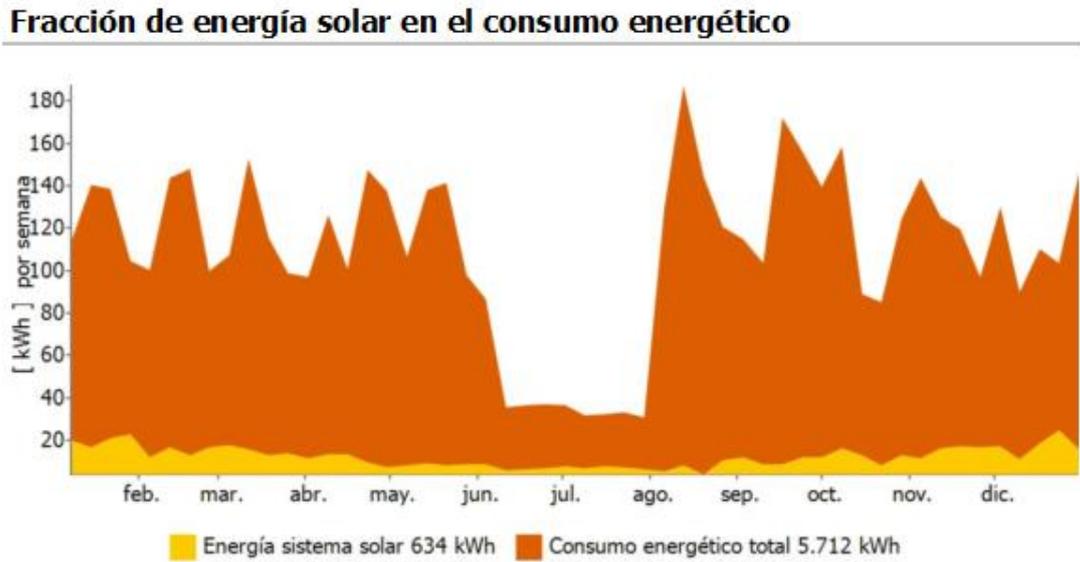
Instalación	
Datos climáticos	
Circuito del colector	
Fabricante	Estándar
Tipo	Colector plano estándar
Número	1,00
Superficie total bruta	1m ²
Superficie total de referencia	1m ²
Ángulo de inclinación	45°
Orientación	180°
Acimut	180°
Depósito intermedio para calefacción	
Fabricante	Estándar
Tipo	Depósito intermedio para calefacción
Volumen	0,19m ³
Depósito de ACS bivalente	
Fabricante	Estándar
Tipo	Depósito de ACS bivalente
Volumen	
Calefacción auxiliar	
Fabricante	Estándar
Tipo	Caldera de gas
Potencia nominal	31,32 kW

Nota. En la tabla 8 se observan los resultados de la instalación.

Fuente: T*SOL 2023

Figura 2

Fracción de energía solar en el consumo energético

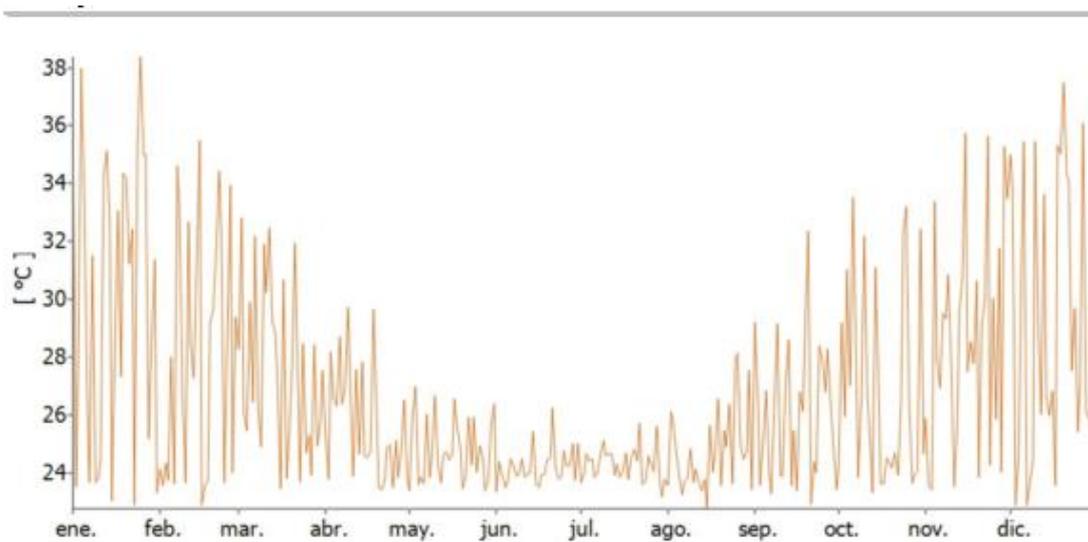


Nota. En la figura se observa la fracción de energía solar en el consumo energético.

Fuente: T*SOL 2023.

Figura 3

Temperaturas máximas diarias en el colector



Nota. En la figura se observa las Temperaturas máximas diarias en el colector.

Fuente: T*SOL 2023

embargo, es necesario tener en consideración cada una de las variables que requiere el mismo, como datos para la simulación. La ausencia del mismo, genera diferencias significativas entre los resultados de la simulación realizada con los resultados obtenidos a partir del uso de formulaciones específicas.

Sin embargo, se pudo evidenciar que varios de los datos finales que arrojó el programa a través de la simulación guardan cierta similitud con los resultados obtenidos en el estudio previo. Por lo que se considera que su aplicación resulta válida como un método inicial de la investigación asociada al agua caliente sanitaria y calefacción. Sin embargo, en materia práctica, resulta necesario tomar en consideración, el realizar un contraste a partir de la obtención de datos de forma manual.

Se puede concluir que el sistema solar térmico instalado tiene una potencia baja (0,450 kW) y una superficie de colectores pequeña (1 m²). La irradiación a la superficie del colector es alta (1.359,47 kWh/m²), lo que indica que el sistema está ubicado en una zona con buena radiación solar. La energía suministrada por los colectores (733,64 kWh/m²) y por los circuitos del colector (644,61 kWh/m²) es alta, lo que indica que el sistema es eficiente en la captación y transferencia de energía solar.

En donde, la suma de energía para la producción de agua caliente (2.033,31 kWh) es baja en comparación con el suministro de energía para calefacción (3.628,96 kWh). Además, la energía suministrada por la calefacción auxiliar (5.077,7 kWh) es mayor que la energía del sistema solar para el ACS (0,00 kWh), lo que indica que el sistema no está siendo eficiente en la generación de agua caliente sanitaria y está dependiendo en gran medida de la calefacción auxiliar.

Es decir que los datos muestran que el sistema solar térmico instalado tiene una baja potencia y superficie de colectores, pero es eficiente en la captación y transferencia de energía solar. Sin embargo, el sistema no está siendo eficiente en la generación de agua caliente sanitaria y está dependiendo en gran medida de la calefacción auxiliar.

4. Discusión

Un punto importante de la presente investigación, es la fracción solar, que de acuerdo a Tapetado [12] es una medida que indica la cantidad de energía solar

obtenida a través de la tecnología solar utilizada, dividido por el total de la energía requerida.

Según lo expresado por el autor la fracción solar, se trata de la relación entre la energía solar y la energía total consumida. Esta medida se utiliza para evaluar la eficiencia de los sistemas de energía solar y su capacidad para reducir el consumo de energía convencional. En algunos casos, la fracción solar se utiliza para evaluar la eficiencia de los sistemas de energía solar térmica.

En lo que respecta a las temperaturas máximas diarias en el colector solar de acuerdo con Camayo, Camargo, Torres, Massipe y Quispe [13], se refieren a la temperatura más alta que se alcanza en el colector durante el día. En el caso de los colectores solares más difundidos, la temperatura de trabajo máxima no supera los 60°C con eficiencias del 50% y temperatura ambiente de 23°C.

Según lo expresado por los autores antes mencionados, la temperatura máxima diaria en un colector de acuerdo al tipo de colector y de las condiciones del ambiente en las que se encuentra. En general, la temperatura máxima de uso de un colector solar no supera los 60°C para evitar quemaduras.

Morán y Shapiro [14], indican que el esquema del balance energético se refiere a la cantidad de energía que entra y sale de un sistema, en este caso, de la Tierra. El balance energético se mantiene gracias a la atmósfera, que recibe la radiación solar y emite radiación infrarroja devolviendo al espacio la misma energía que recibe del Sol.

De acuerdo con lo anteriormente expresado el propósito del balance energético es proporcionar datos completos y conciliados sobre la energía que se consume y se produce en un sistema, lo que puede ser útil para el diseño de planes dirigidos a orientar y tomar de decisiones.

5. Conclusiones

- Los sistemas de ACS (agua caliente sanitaria) suelen contar con depósitos de acumulación, desde donde se distribuye el agua hasta las viviendas por tuberías exclusivas para este fin
- Es importante identificar los diferentes equipos para calefacción y ACS a partir de fotos, por ejemplo, y conocer los conceptos de potencia y rendimiento de estos equipos

- El diseño y dimensionamiento de una instalación de aprovechamiento de energía solar es clave para el abastecimiento de ACS en una edificación de viviendas
- Existen normas y métodos para el cálculo del rendimiento medio estacional de calefacción y de los sistemas de calefacción en los edificios
- La energía solar térmica puede ser una opción para la producción de frío y calor utilizables en edificio

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Calle, Fajardo y Sánchez, «Agua caliente sanitaria de uso doméstico con,» 2019. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8359/1/Agua%20caliente%20sanitaria%20de%20uso%20dom%C3%A9stico%20con%20energ%C3%ADa%20solar.pdf..>
- [2] Hinojosa, «Diagnóstico térmico para la instalación de un sistema para calentamiento de agua de uso sanitario unifamiliar utilizando energía solar térmica en la comunidad de río blanco, provincia de Tungurahua,» 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26998/1/Tesis%20I.%20M.>
- [3] Universidad de Burgos, «Agua caliente solar <https://www.ubu.es/del-laboratorio-los-recursos-digitales-abiertos-en-ingenieria-energetica/agua-caliente-solar,>» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ubu.es/del-laboratorio-los-recursos-digitales-abiertos-en-ingenieria-energetica/agua-caliente-solar.>
- [4] Urdiales, Espinoza y Peláez, «Energía Solar en el Ecuador,» *In ResearchGate*, 2015.
- [5] O. J. Alpaca, «Evaluación de un sistema de calefacción por suelo radiante implementado en un módulo educativo-experimental construido con materiales alternativos a escala pequeña para la enseñanza superior,» 2022. [En línea]. Available: <https://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/1370.>
- [6] R. Fuentes, «Diseño de un sistema de calefacción y A.C.S mediante energía solar para mejorar el confort térmico de neonatos en el área de pediatría del hospital Santa María – Cutervo,» 2020. [En línea]. Available: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2961329.>
- [7] Borja, «Sistema de calentamiento solar y aerotermia para sistema de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción por suelo radiante aplicado a una edificación de hasta 4 pisos en la ciudad de Quito,» 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/19649/TESIS%20%282.>
- [8] Rivas, «Calefacción por suelo radiante: Confort y ahorro energético,» 2019. [En línea]. Available: [https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-suelo-radiante/..](https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-suelo-radiante/)

- [9] E. J. Segura, «Diseño y construcción de un sistema de calefacción de suelo radiante hidráulico aplicado a criadero porcino del barrio “La Delicia” del Cantón Salcedo,» 2016. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Tesis%20I.M.%20346%20-%20Segura%20Lara%20%20Edison%20Jefferson.pdf>.
- [10] O. J. Alpaca, «Implementación de un módulo de suelo radiante por agua para el laboratorio de termo-fluidos de la Universidad Católica de Santa María,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11127>.
- [11] O. J. Alpaca, «Implementación de un módulo de suelo radiante por agua para el laboratorio de termo-fluidos de la Universidad Católica De Santa María,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11127>.
- [12] P. Tapetado, «Estudio de fiabilidad de sistemas de generación eléctricas de potencia futuros con alta integración de fuentes de energía renovable,» Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.139>. [Último acceso: Agosto 2023].
- [13] B. Camayo, P. Camargo, E. Torres, J. Massipe y M. Quispe, «Velocidad de secado en tres tipos de secadores solares del Aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*),» *Ingeniare. Rev. chil. ing*, vol. 28, nº 2, 2020.
- [14] M. Morán y H. Shapiro, *Fundamentos de termodinámica técnica*, Reverte, 2018.