



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA
MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE UN
COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA CON LA VARIACIÓN DE
ALTURA EN LA SUPERFICIE COLECTORA**

Protocolo previo a la obtención del título de Magister en Electromecánica

Autor:

Edison Patricio Iza Toapanta

Tutor:

PhD. Enrique Torres Tamayo

LATACUNGA – ECUADOR

2021

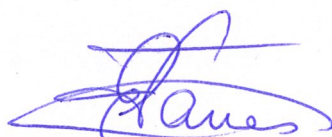
AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación denominado “Análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora” presentado por “Iza Toapanta Edison Patricio”, para optar por el título magíster en Electromecánica.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, noviembre, 11, 2021

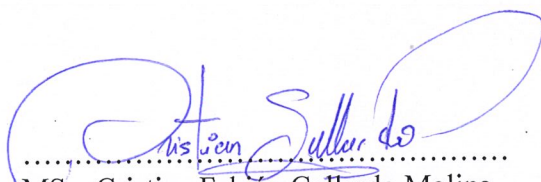


.....
PhD. Enrique Torres Tamayo
C.C.: 1757121940

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora” ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electromecánica; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

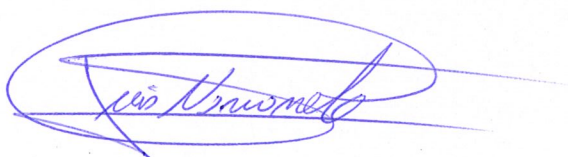
Latacunga, noviembre, 30, 2021



.....
MSc. Cristian Fabián Gallardo Molina
C.C.: 0502847692
Presidente del tribunal



.....
MSc. Byron Paúl Corrales Bastidas
C.C.: 0502347768
Lector 2



.....
MSc. Luis Miguel Navarrete López
C.C.: 1803747284
Lector 3

DEDICATORIA

A mi padre Ángel Iza (+) y a mi madre Nancy Toapanta, quienes con su ejemplo de superación, dedicación y perseverancia me han sabido dar ese apoyo incondicional que necesitaba para llegar a esta instancia de mi logro académico.

A mi novia, Mayra Sánchez, quien ha sabido entender que este logro académico será un pilar fundamental en el ejercicio profesional, ya que se abrirán muchas puertas y surgirán mejores oportunidades laborales, tanto en el sector público como en el ámbito profesional privado, siendo esto el complemento para lograr un mejor porvenir familiar.

Finalmente, quiero plasmar mi sentimiento de gratitud y un mensaje de aliento a mi hermano y hermanas, para que este triunfo sea un ejemplo de superación, un sueño por cumplir, una meta a lograr; pues, en las diferentes etapas de la vida hay caminos duros por recorrer, que no son fáciles, pero tampoco imposibles, pues habrá días donde se nos pondrá a prueba y es ahí donde se debe demostrar de qué estamos hechos.

Edison

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo, que con su don de Sabiduría ha sabido guiarme con los mejores docentes, los mismos que han sido capacitados dentro del ámbito educativo y profesional en cada uno de los módulos de formación recibidos.

Al Colegio de Bachillerato “Once de Noviembre”, que, en mi etapa de docente, me acogió en su institución educativa para impartir mis conocimientos en Educación Básica y Bachillerato Técnico, especialidad de Mecánica Automotriz, dejando plasmado una nueva visión a los jóvenes en su etapa de formación educativa y formación profesional, para una mejor sociedad.

Finalmente, a la empresa privada representada en Cyfoil Cia. Ltda. Construcciones y Facilidades Petroleras Compañía Limitada, donde actualmente me encuentro prestando mis servicios profesionales, porque me han permitido poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en las aulas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Edison

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, noviembre, 11, 2021



.....
Edison Patricio Iza Toapanta
C.C.: 0502677099

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 11, 2021



.....
Edison Patricio Iza Toapanta
C.C.: 0502677099

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, noviembre, 30, 2021



.....
MSc. Cristian Fabián Gallardo Molina
C.C.: 0502847692

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Título: Análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora.

Autor: Edison Patricio Iza Toapanta

Tutor: PhD. Enrique Torres Tamayo

RESUMEN

El proyecto de investigación consistió en realizar una comparación entre los rendimientos térmicos de un colector solar de placa plana con una variación de altura en la superficie colecta, estas alturas se consideraron de 30 mm y de 50 mm, el lugar de ejecución del proyecto fue en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga, precisamente en la terraza del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la construcción del colector solar se utilizaron materiales mecánicos como: la estructura, cubierta de vidrio de 4 mm, una plancha de poliuretano como aislador térmico y una superficie de captación, se implementaron equipos electrónicos como microcontroladores y sensores de temperatura para la adquisición y registro de datos como temperatura en el vidrio, temperatura en la cámara de colección y temperatura en la placa colectora, adicional se incluyó una estación meteorológica, con la necesidad de registrar la radiación solar, la dirección y la velocidad del viento, se puede constatar que para una variación de altura de 30 mm del colector solar se obtiene una temperatura promedio en la cubierta de vidrio de 20,9 °C, una temperatura promedio en la placa colectora de 24,30 °C, una temperatura promedio de salida de 20,88 °C, la cantidad de calor máxima alcanzada es de 93,88 W y un rendimiento promedio del 64,61%, mientras que con una altura de 50 mm se obtiene una temperatura promedio en la cubierta de vidrio de 19,78 °C, una temperatura promedio en la placa colectora de 22,73 °C, una temperatura promedio de salida de 21,35 °C, la cantidad de calor máxima alcanzada es de 196,86 W y un rendimiento promedio del 63,39 %.

PALABRAS CLAVE: colector, radiación solar, temperatura, calor útil y rendimiento térmico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Title: Comparative analysis of the thermal performance of a flat plate solar collector with varying collector Surface height.

Author: Edison Patricio Iza Toapanta

Tutor: PhD. Enrique Torres Tamayo

ABSTRACT

The research project consisted in making a comparison between the thermal performance of a flat plate solar collector with a variation of height in the collecting surface, these heights were considered 30 mm and 50 mm, the place of execution of the project was in the province of Cotopaxi, city of Latacunga, precisely on the terrace of the old block of the Technical University of Cotopaxi, for the construction of the solar collector were used mechanical materials such as: the structure, 4 mm glass cover, a polyurethane sheet as thermal insulator and a collection surface, electronic equipment such as microcontrollers and temperature sensors were implemented for the acquisition and recording of data such as temperature in the glass, temperature in the collection chamber and temperature in the collector plate, additionally a weather station was included, with the need to record solar radiation, wind direction and speed, it can be seen that for a height variation of 30 mm of the solar collector an average temperature is obtained in the glass cover of 20,9 °C, an average collector plate temperature of 24.30 °C, an average outlet temperature of 20.88 °C, the maximum heat quantity reached is 93.88 W and an average efficiency of 64.61%, while with a height of 50 mm an average glass cover temperature of 19.78 °C, an average collector plate temperature of 22.73 °C, an average outlet temperature of 21.35 °C, the maximum heat quantity reached is 196.86 W and an average efficiency of 63.39% is obtained.

KEYWORD: collector, solar radiation, temperature, useful heat and thermal efficiency.

Yo, Mg. Marco Paúl Beltran Semblantes con cedula de identidad número: 050266614 Licenciado en Ciencias de la Educación Especialización Ingles con número de registro de la SENESCYT: 1020-06-701921 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés el resumen del trabajo de investigación con el título: Análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora de: Edison Patricio Iza Toapanta, aspirante a Magister en Electromecánica.

Mg. Marco Paúl Beltran Semblantes
0502666514



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, 09 diciembre del 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
1.1. Introducción y objetivo del capítulo.....	8
1.2. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.....	8
1.3. Investigaciones precedentes relacionadas con los colectores solares planos .	9
1.3.1. Diseño y construcción de colectores solares planos	11
1.3.1.1. Normativas.....	15
1.3.2. Tipos de calentador de aire solar.....	16
1.3.2.1. Clasificación de los tipos de calentadores	16
1.3.3. Partes de construcción de un calentador de aire solar.....	17
1.3.3.1. Conductos	18
1.3.3.2. Acristalamiento.....	18
1.3.3.3. Soplador.....	20
1.3.3.4. Bandeja absorbente.....	21
1.3.3.5. Aislamiento.....	21
1.3.4. Radiación térmica.....	23
1.3.4.1. Radiación de cuerpo negro	24
1.3.4.2. Intensidad de radiación	25
1.3.4.3. Radiación incidente.....	26
1.3.5. Análisis de los colectores solares planos como objeto de modelación de matemática.....	27
1.3.6. Análisis estructural de las regiones climáticas del Ecuador.....	29
1.3.6.1. Análisis de estudios existentes de recursos en el Ecuador.....	30
1.4. Conclusiones del Capítulo I	33
2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. Introducción y objeto del capítulo.....	35
2.2. Procedimiento para la construcción del colector de placa plana.....	35
2.2.1. Estructura metálica.....	35
2.2.2. Aislante térmico	36
2.2.3. Superficie de captación	37

2.2.4.	Cubierta de vidrio.....	38
2.2.5.	Ventilador.....	38
2.2.6.	Recepción de datos.....	39
2.2.7.	Estación metereológica	41
2.2.8.	Inclinación y orientación de los colectores	42
2.3.	Ubicación geográfica.....	43
2.3.1.	Datos de radiación solar en la UTC	44
2.4.	Memoria de cálculo	44
2.4.1.	Cantidad de calor recibido por el colector solar.....	45
2.4.2.	Área de la placa colectora	45
2.4.3.	Variación de temperatura	46
2.4.4.	Balance de energía	46
2.4.4.1.	Transferencia de calor.....	46
2.4.4.2.	Coefficiente de transferencia de calor por convección	47
2.4.5.	Balance de energía	48
2.4.5.1.	Energía en la cubierta de vidrio	48
2.4.5.2.	Energía en la placa colectora del sistema	49
2.4.5.3.	Energía en la interior del colector.....	49
2.4.6.	Flujo de aire en el colector solar	50
2.4.6.1.	Número de Nusselt	50
2.4.6.2.	Número de Reynolds	50
2.4.6.3.	Número de Prandlt.....	51
2.4.7.	Calor útil	51
2.4.7.1.	Calor útil en 30 mm de variación	51
2.4.7.2.	Calor útil en 50 mm de variación	52
2.4.8.	Rendimiento de los colectores solares	54
2.4.8.1.	Rendimiento óptico del colector	54
2.4.8.2.	Rendimiento en el colector solar con 30 mm de variación.....	55
2.4.8.3.	Rendimiento en el colector solar con 50 mm de variación.....	56
3.	CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
3.1.	Introducción y objeto del capítulo.....	59

3.2.	Análisis de los resultados	59
3.2.1.	Temperatura ambiente.....	59
3.2.2.	Datos de temperatura con una variación de 30 mm de alto	61
3.2.2.1.	Temperatura en el vidrio.....	61
3.2.2.2.	Temperatura en la placa colectora	62
3.2.2.3.	Temperatura a la salida.....	63
3.2.3.	Datos de temperatura con una variación de 50 mm de alto	64
3.2.3.1.	Temperatura en el vidrio.....	64
3.2.3.2.	Temperatura en la placa colectora	65
3.2.3.3.	Temperatura a la salida.....	66
3.2.4.	Temperatura de salida vs radiación solar	67
3.2.4.1.	Comportamiento a 30 mm de variación.....	67
3.2.4.2.	Comportamiento a 50 mm de variación.....	68
3.2.5.	Comparación de temperaturas de salida del aire.....	70
3.2.6.	Comparación del calor útil entre colectores.....	71
3.2.7.	Rendimiento entre colectores.....	72
3.3.	Valoraciones de la investigación	74
3.3.1.	Valoración económica.....	74
3.4.	Conclusiones de capítulo III.....	75
4.	CONCLUSIONES GENERALES.....	76
5.	RECOMENDACIONES.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Partes de un colector solar de placa plana de aire	18
Figura 1.2 Soplador	20
Figura 1.3 Plancha de poliuretano	22
Figura 1.4 Espectro de ondas electromagnéticas	23
Figura 1.5 Radiación térmica sobre los objetos	24
Figura 1.6 Cuerpo negro como emisor difuso.....	25
Figura 1.7 Variación de energía de la radiación con respecto a una dirección	25
Figura 1.8 Descripción de una rebanada de sandía de ángulo sólido	26
Figura 1.9 Radiación incidente sobre una superficie en la dirección	26
Figura 1.10 Esquema del colector plano.....	28
Figura 1.11 Esquema de los componentes del colector plano	29
Figura 1.12 a) mapa de insolación global CIE; b) mapa de la velocidad del viento a 40 m	32
Figura 2.1 Estructura metálica.....	36
Figura 2.2 Plancha de poliuretano	37
Figura 2.3 Superficie de captación	37
Figura 2.4 Cubierta de vidrio.....	38
Figura 2.5 Ventilador	39
Figura 2.6 Módulo electrónico recolector de datos.....	39
Figura 2.7 Termocupla tipo “K”	40
Figura 2.8 Distribución de la medición de las temperaturas	40
Figura 2.9 a) microcontrolador Atmega 2560; b) microcontrolador 328 SMD.....	41
Figura 2.10 Estación meteorológica	42
Figura 2.11 Ángulo de inclinación del colector solar	42
Figura 2.12 Ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi	43
Figura 2.13 Radiación solar 24/09/2021	44
Figura 2.14 Calor útil a 30 mm.....	52

Figura 2.15 Calor útil a 50 mm.....	53
Figura 2.16 Rendimiento del colector solar a 30 mm	56
Figura 2.17 Rendimiento del colector solar a 50 mm	57
Figura 3.1 Datos de temperatura ambiental	60
Figura 3.2 Gráfica de la temperatura en el vidrio a 30 mm de variación	61
Figura 3.3 Gráfica de la temperatura en la placa colectora a 30 mm de variación	62
Figura 3.4 Gráfica de la temperatura a la salida del colector solar a 30 mm de variación	63
Figura 3.5 Gráfica de la temperatura a la salida del colector solar a 30 mm de variación	64
Figura 3.6 Gráfica de la temperatura en la placa colectora a 50 mm de variación	65
Figura 3.7 Gráfica de la temperatura de salida a 50 mm de variación.....	66
Figura 3.8 Temperatura de salida vs radiación solar a 30 mm de variación	68
Figura 3.9 Temperatura de salida vs radiación solar a 50 mm de variación.....	69
Figura 3.10 Temperatura de salida a 30 mm vs Temperatura de salida a 50 mm.....	70
Figura 3.11 Temperatura de salida a 30 mm vs Temperatura de salida a 50 mm.....	72
Figura 3.12 Rendimiento a 30 mm vs rendimiento a 50 mm	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Características del ventilador	38
Tabla 2.2	Características de la estación metereológica.....	41
Tabla 2.3	Características geográficas.....	43
Tabla 2.4	Cálculo del calor útil a 30 mm de variación	51
Tabla 2.5	Cálculo del calor útil a 50 mm de variación	53
Tabla 2.6	Valores típicos de rendimiento en colectores solares	55
Tabla 2.7	Cálculo del rendimiento del colector solar a 30 mm de variación	55
Tabla 2.8	Cálculo del rendimiento del colector solar a 50 mm de variación	57
Tabla 3.1	Datos de temperatura ambiente.....	60
Tabla 3.2	Datos de temperatura en el vidrio a 30 mm de variación.....	61
Tabla 3.3	Datos de temperatura en la placa colectora a 30 mm de variación	62
Tabla 3.4	Datos de temperatura a la salida a 30 mm de variación	63
Tabla 3.5	Datos de temperatura en el vidrio a 50 mm de variación.....	64
Tabla 3.6	Datos de temperatura en la placa colectora a 50 mm de variación	65
Tabla 3.7	Datos de temperatura a la salida a 50 mm de variación	66
Tabla 3.8	Datos de temperatura a la salida vs radiación a 30 mm de variación.....	67
Tabla 3.9	Datos de temperatura a la salida vs radiación a 50 mm de variación.....	69
Tabla 3.10	Datos de temperatura a la salida a 30 y 50 mm de variación	70
Tabla 3.11	Datos del calor útil a 30 y 50 mm de variación.....	71
Tabla 3.12	Rendimiento del colector solar a 30 mm y 50 mm de variación	73
Tabla 3.13	Descripción económica de los elementos mecánicos.....	74
Tabla 3.14	Descripción económica de los elementos eléctricos y/o electrónicos	75
Tabla 3.15	Descripción económica total	75

INTRODUCCIÓN

Los **ejes referenciales** del presente trabajo de investigación están enmarcados en el *Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021: “Toda una Vida”*, para el período 2017 - 2021, distribuido en tres Ejes Programáticos y nueve Objetivos Nacionales de Desarrollo, mismos que basan su accionar en la **sustentabilidad ambiental** y en el desarrollo territorial.

En el Primer Eje del Plan “Derechos para todos durante toda la vida”, se puede destacar el objetivo 3, que se propone *garantizar* los derechos de la **naturaleza para las actuales y futuras** generaciones; la protección y el cuidado de las reservas naturales y de los ecosistemas frágiles y amenazados por la degradación ambiental y la rampante ambición del ser humano. Destaca, además, que frente a aquellas consecuencias ambientales que son producto de la intervención del ser humano, es necesario un marco de bioética, bioeconomía y bioconocimiento para el desarrollo; es decir, **la investigación y generación de conocimiento de los recursos del Ecuador**.

El Segundo Eje se enfoca sobre la “Economía al servicio de la sociedad”, que busca consolidar el sistema económico social y solidario, con el fin de generar empleo, redistribuir equitativamente la riqueza y garantizar la soberanía alimentaria y los derechos fundamentales; mientras que el Tercer Eje promueve “Más sociedad, mejor Estado”. Con este eje se busca proyectar un Estado cercano, con servicios de calidad y calidez, abierto al diálogo social permanente, así como la soberanía y la paz, posicionando estratégicamente al Ecuador en el mundo.

En consonancia con lo anterior, los **antecedentes** están relacionados con la línea de investigación de **Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental**, Artículo 21 del *Reglamento del Trabajo de Titulación de Postgrados* de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que abarca tres grandes ejes para su accionar investigativo, que están en correspondencia con los objetivos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en esta área. Se integran, pues, todas aquellas investigaciones que busquen promover el

aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (eficiencia energética) en los diferentes sectores (industrial, residencial, público, transporte y agrícola) y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos, en correspondencia con el Art. 22 del *Reglamento de Régimen Académico*.

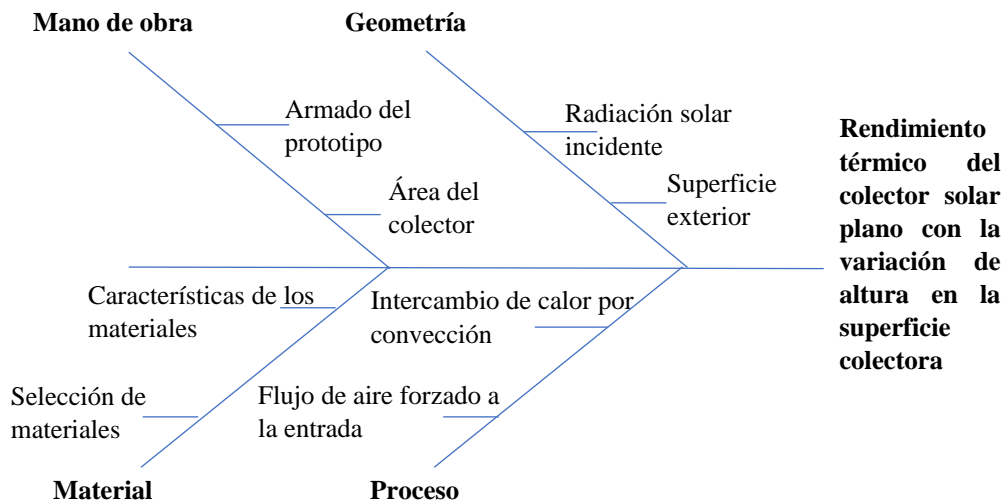
El presente trabajo de investigación recae sobre la sublínea N. 3 que menciona la: **Eficiencia energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía**. Dentro de la sublínea seleccionada, el trabajo investigativo se enfoca en el “**análisis comparativo del rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora**”, en la parte superior del colector se presentará una altura determinada para desarrollar la comparación del rendimiento, obteniendo la cantidad de energía acumulada en el captador.

El avance tecnológico del aprovechamiento de las fuentes de energías alternativas a nivel mundial ha permitido establecer estudios comparativos, así como también dar pautas para el aprovechamiento de las fuentes inagotables de energías renovables, como son: el sol, el viento, la energía geotérmica, entre otros. Por ejemplo, a nivel mundial, uno de los avances tecnológicos en el aprovechamiento de la energía solar y almacenamiento de la misma, ha sido el desarrollo, ejecución, modelación, fabricación, implementación y uso de paneles solares de forma plana. En efecto, los captadores solares planos han sido una de las variantes de estudio que ha permitido aprovechar la energía de la radiación solar, permitiendo la transferencia de calor. Estos captadores solares se han utilizado para el secado de granos, calentamiento de agua, climatización de piscinas, entre otras.

De ahí que, la **situación problémica** del presente trabajo de investigación se enfoque en el **captador solar plano con una variación de altura en la superficie colectora**, con el cual se procura, por una parte, **determinar las pérdidas de energía provocadas por la variación de altura en la parte superficial del captador solar** y, por otra parte, **controlar las pérdidas de radiación solar incidente en la superficie del captador**

producidas por el flujo natural del viento. Por tal motivo, para la formulación del problema se tiene en cuenta el diagrama de ISHIKAWA, llamado también diagrama de causa – efecto, como herramienta útil que permite identificar los problemas y darles una solución, pero de forma gráfica y concisa.

Figura 1: Diagrama ISHIKAWA (causa - efecto)



El esquema de Ishikawa, como metodología, tiene un gran valor, por cuanto permite vislumbrar los problemas en sus distintos niveles, analizarlos y optimizarlos para llegar a las soluciones, dado que se basa en la premisa de que la causa o la falla solo es el efecto de algo mal en un proceso, y que la solución está en identificar de dónde parten las acciones que están provocando el problema. Por eso, siguiendo el esquema, la **formulación del problema** se plantea de la forma siguiente: **¿Cómo incide la variación de altura en la superficie colectora en el rendimiento térmico de un colector plano?**

El **objeto de estudio** del presente trabajo de investigación consiste en el análisis de la curva de comportamiento del colector solar plano convencional después del montaje de 2 tipos de niveles de altura sobre la superficie colectora, el **campo de acción** tiene

lugar al rendimiento térmico que provoca esta variación de altura en la parte superficial del captador solar.

El **Objetivo general** planteado para el presente trabajo de investigación persigue lo siguiente:

- Comparar el rendimiento térmico de un colector solar de placa plana con la variación de altura en la superficie colectora.

En cambio, los **Objetivos específicos** planteados para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

- Detallar los fundamentos teóricos relacionados con los colectores solares planos para el calentamiento del flujo de aire y su importancia.
- Establecer los parámetros para el diseño, construcción de un prototipo experimental de un colector solar de forma plana y el montaje de la variación de altura en el sistema de captación para su análisis comparativo.
- Analizar las curvas del comportamiento del rendimiento energético del colector solar de la forma plana y la variación de altura en el sistema de captación.

A continuación, se plantea las siguientes tareas en relación a los objetivos específicos:

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Detallar los fundamentos teóricos relacionados con los colectores solares planos para el	Descripción de los fundamentos teóricos y modelos de colectores solares.	Selección de un modelo experimental.	Técnica: Observación, Investigación bibliográfica Instrumentos de medición:

calentamiento del flujo de aire y su importancia.			N/A
	Evaluación de las condiciones meteorológicas del lugar de montaje del prototipo.	Mapa de Insolación directa en el Ecuador.	Técnica: Observación, Investigación bibliográfica Instrumentos de medición: Termohigrómetro Anemómetro
Establecer los parámetros para el diseño, construcción de un prototipo experimental de un colector solar de forma plana y el montaje de la variación de altura en el sistema de captación para su análisis comparativo.	Descripción del procedimiento de cálculo para la construcción del colector y selección de materiales.	Modelo matemático Selección de materiales adecuados	Técnica: Investigación bibliográfica Instrumentos de medición: Flexómetro Calibrador pie de rey.
	Diseño del prototipo.	Construcción del prototipo experimental.	Técnica: Investigación bibliográfica Instrumentos de medición: Flexómetro Calibrador pie de rey.

	Dimensionamiento de los niveles de altura en la superficie colectora.	Implementación de 2 capas a distintos niveles.	Técnica: Investigación bibliográfica Instrumentos de medición: Flexómetro Calibrador pie de rey.
Analizar las curvas del comportamiento del rendimiento energético del colector solar de la forma plana y la variación de altura en el sistema de captación.	Registro de las condiciones ambientales	Radiación solar incidente en el lugar de experimentación. Temperatura Velocidad del viento.	Técnica: Investigación bibliográfica Instrumentos de medición: Medidor de radiación solar. Anemómetro
	Estimación de la ganancia del flujo másico forzado en el interior del colector solar.	Datos del flujo másico. Temperatura de salida	Técnica: Investigación Evaluación de las gráficas
	Evaluación de la ganancia o pérdida de la eficiencia energética.	Curvas características de la eficiencia térmica del colector solar de	Técnica: Investigación Evaluación de las gráficas

		placa plana con la variación de altura.	Instrumentos de medición: Termocupla.
	Valoración económica de la implementación del prototipo experimental	Presupuesto para mano de obra, materiales equipos e instrumentos.	Técnica: Investigación Evaluación económica y precios unitarios

El trabajo de investigación, aplicado en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Ecuador, se **justifica**, por cuanto el sistema de captación solar permite obtener datos reales mediante un prototipo experimental, con materiales seleccionados y aptos para la obtención de dichos datos provenientes de la radiación solar, el flujo másico del aire en el interior del colector plano, el flujo másico del aire en la periferia del colector plano, pérdidas energéticas por convección de acuerdo a las condiciones meteorológicas que predominan en la región Sierra Centro del país.

La implantación del prototipo de experimentación procura evaluar la irradiación de la energía solar del medio ambiente que predomina en el lugar de investigación, permitiendo de esta manera aprovechar el recurso de la energía solar, esto debido a que no se encuentra utilizado en la mayor proporción como se debería aprovechar este recurso, con la implementación en la superficie colectora a distintos niveles de altura se pretende analizar el rendimiento térmico del colector solar. Para esto es necesario tener en cuenta los estudios que anteceden al proyecto de investigación, lo que permitirán su mejora debido a las variantes de la superficie en la parte superior del colector convencional plano.

Finalmente, la **hipótesis** planteada para el presente trabajo de investigación es: “Por medio de la variación de altura en la superficie colectora y el análisis de los principales parámetros térmicos el captador solar obtendrá un mejor rendimiento energético”.

1. CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Introducción y objetivo del capítulo

En la mayoría de los procesos ambientales (naturales) la radiación solar desempeña un papel importante. Pues su fuente de energía “electromagnética” hace posible la vida y el desarrollo de toda clase de animales, incluido el ser humano, plantas y organismos en el planeta. Según teorías expuestas por los especialistas, la radiación solar se origina en las reacciones termonucleares producidas en el núcleo del sol. Estas reacciones se proyectan al espacio como radiaciones de luz de onda corta. Cuando estas radiaciones encuentran un material adecuado, éste la refleja, la transmite o la absorbe y puede ser aplicada a diferentes tecnologías, por ejemplo, para generación de *energía eléctrica* limpia a partir de paneles fotoeléctricos o fotovoltaicos, y para generación de *energía térmica* a través de colectores solares térmicos.

En el presente capítulo –“Análisis referencial de los Colectores solares planos”– se propone desarrollar las generalidades, los fundamentos teóricos, las investigaciones relacionadas con el intercambio térmico, el análisis, el diseño y construcción de los colectores solares planos.

El **objetivo**, por su parte, se enfoca en establecer los parámetros obtenidos de investigaciones científicas precedentes que ayuden con la información necesaria para la realización y desarrollo del proyecto investigativo.

1.2. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte

La energía solar es un recurso (renovable) infinito en la tierra, pues el sol produce una gran cantidad de energía que, proyectada al espacio como ondas radioactivas, se convierte en calor, que puede ser almacenado y aprovechado en todo momento. Las primeras civilizaciones se dieron cuenta de este beneficio. En el siglo V a. C., por ejemplo, los griegos aprovechaban la energía solar al diseñar sus edificios de forma tal que les permitiera capturar el máximo calor del sol en condiciones climáticas frías.

Posteriormente, los romanos se esforzaron por mejorar la arquitectura de los edificios ubicando las ventanas hacia el sur con un vidrio transparente para evitar disipar el calor captado en las horas de sol [1]. A medida que las civilizaciones han evolucionado, también ha evolucionado las técnicas para aprovechar la energía solar.

Según la técnica de uso, los sistemas de energía solar se pueden clasificar en dos tipos: sistemas de energía pasiva (directa) y activa (térmica). La energía solar pasiva se encarga de la recolección simple de luz y calor. El diseño de este tipo de energía solar pasivo se utiliza, generalmente, en la construcción de edificios que buscan obtener un mayor rendimiento energético al reducir la necesidad de iluminación diurna y minimizar la cantidad de energía necesaria para calefacción y refrigeración.

La energía solar activa, por su parte, se emplea, a través de paneles solares, para el almacenamiento de esta energía, su conversión y uso posterior, ya sea como electricidad fotovoltaica o energía térmica [2].

Revisando fuentes de información, se puede observar que a nivel mundial se han desarrollado amplios estudios sobre el aprovechamiento de la energía solar a través de sistemas solares de calefacción de aire desde 1877 hasta el día de hoy. En ellos se pueden destacar algunas patentes muy novedosas de los calentadores de aire solar [3]. Los llamados colectores solares planos forman parte del principal sistema de utilización de la energía solar, con la particularidad de que utilizan la irradiación solar convirtiéndola en energía térmica en la superficie absorbente de un panel y luego esta energía es transferida a un fluido que atraviesa el colector, para luego salir por los conductos a los espacios requeridos.

1.3. Investigaciones precedentes relacionadas con los colectores solares planos

El aparato más representativo de la tecnología solar térmica es el *colector solar de placa plana*, que está constituido básicamente por un marco metálico (aluminio preferentemente), una cubierta transparente vidriada, una placa térmica colectora enrejada con aletas de cobre (absorbedor), cabezales de alimentación y descarga de

agua, aislamiento térmico (poliéster, lana mineral, fibra de vidrio) y caja galvanizada del colector, conectado a un termotanque de almacenamiento, controlado por dispositivos termostáticos que evitan el congelamiento o pérdida de calor [4].

El primer colector solar plano fue diseñado por Nicholas Horace de Saussure, en 1767, diseño que estaba compuesto por una placa metálica ennegrecida, encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico y cubierta de vidrio.

Este colector solar fue construido para cocinar alimentos que se introducían en el interior [5]. Mientras que el calentador solar almacenado en hierro (absorbedor), según lo dan a conocer Daniels y Duffie [6], se utilizó por primera vez en 1877.

En cambio, el primer Calentador de Aire acreditado fue diseñado y producido por Edward Morse (naturalista estadounidense) en 1881. Este diseño consistía en un gabinete simple con marco de madera, dispuesto sobre la pared exterior de un edificio, forrado en el fondo con una lámina metálica de color negro y cubierto con un vidrio transparente; funcionaba puramente por convección, pues el aire caliente se emitía a través de un absorbedor solar fabricado en acero dentro del gabinete del sistema [7]. Entre 1946 y 1949, dos residencias en Massachusetts exploraron un nuevo nivel de calentamiento solar del aire mediante el uso de compuestos químicos que absorbían y liberaban calor según su necesidad (calentar o refrigerar), al cambiar su estado de sólido a líquido.

Thomas D. Cabot (1938) marcará el comienzo de la investigación moderna en calefacción solar en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) al diseñar el Calentador de Aire Solar (SAHs por sus siglas en inglés) para transportar aproximadamente dos tercios de las cargas totales de calefacción de invierno en Boston. En cambio, desde 1970 se desarrollarán diferentes tipos de sistemas experimentales para calentar el aire, medir su efectividad y reportar su desempeño. Después de eso, W. Weiss (2003) pondrá en discusión el diseño y la optimización de muchos “sistemas combinados solares” europeos [8].

1.3.1. Diseño y construcción de colectores solares planos

El repositorio de patentes disponibles en el área de la energía solar en todo el mundo presenta algunos diseños novedosos, junto con su característica única. Estas patentes, junto con los informes técnicos, demuestran notablemente que los descubridores no solo se centraron en el análisis del desempeño de un calentador de aire solar (SAH), sino que también hicieron esfuerzos por desarrollar, describir y mejorar sus diversos fundamentos. Pues, a partir de los informes disponibles de invenciones / patentes, se puede conocer la existencia de teorías completas que se centran en el rendimiento de todo el sistema.

En efecto, con la ayuda del informe técnico de la patente registrada, se pasa a seleccionar la singularidad de algunos diseños de SAH de forma cronológica (pues la selección de patentes se la realiza sobre la base del diseño), teniendo en cuenta las características de los materiales con que se encuentran fabricados, la calidad, el rendimiento y comportamiento termodinámico, la novedad del invento, sus limitaciones, entre otros.

La primera patente registrada por Lof y Cole, en 1954, menciona que el aire se puede calentar a un valor predeterminado " T_0 " hasta 27 °C con / sin recirculación del aire en la totalidad o en parte de una conversión de energía " η " comparativamente alta. Las partes principales de la invención fueron: una serie de láminas superpuestas de vidrios de ventana con lámina de aluminio desde la parte inferior, una cámara impelente, aislamiento de lana mineral y los conductos de entrada y salida [9]. Veintitrés años después, Mária Telkes, en 1977, registra su patente (*Dover Sun House*), en la que presenta (inventa) un Calentador Solar de Aire (SAH) novedoso, mismo que va a funcionar durante todo el año al utilizar tanto el anverso como el reverso del diseño.

El sistema se ubicó verticalmente (en el techo de la casa) y estaba compuesto de una variedad de listones dispuestos de forma recta y paralela, como si se tratara de una persiana veneciana. Los listones se colocaron en ángulo agudo, mirando al sol, mientras

que el aire se lo hizo circular a través del calentador entre los listones, suministrando el espacio adecuado a través de los conductos [10].

Al año siguiente, 1978, George patenta un Calentador Solar de Aire que comprende una serie de conductos modulares de canalización de aire, estructuralmente rígidos, que se conectan en flujo paralelo con un cabezal. El tamaño de cada conducto creaba una matriz para facilitar el ensamblaje con materiales de stock y para colocarlos en un techo, opcionalmente asistido por ayudas mecánicas [11]. Lyon y Harrison, et al., al año siguiente, en 1979, patentan un Calentador Solar de Aire que tenía una pluralidad de láminas translúcidas sustancialmente coextensivas, paralelas y espaciadas, y un paso de aire enrevesado. La energía solar se acumulaba en un absorbedor ennegrecido. El aire que circulaba en el sistema estaba por encima de la temperatura ambiente (T_{amb}), pero perdía calor hacia la cubierta frontal por conducción, y esta pérdida reducía el rendimiento superficial (η_{over}) [12].

O. W. Vicent, en 1980, se inventa y patenta un Calentador Solar de Aire en forma de cúpula, con una cubierta exterior e interior transparente. Esta invención proporcionó un área colectora (A_{col}) casi constante al sol, debido a su forma redonda. La estructura del domo recolecta la energía solar en ángulos bajos de rayos solares temprano en la mañana y al final de la tarde. La conversión fue casi alta en invierno y también en verano [13].

T. L. Ryan, et al., en el año 1981 inventa una Calentador Solar de Aire de convección forzada. El sistema incluye un panel solar, un absorbedor corrugado, una tapa dispuesta sobre el otro extremo de la base y el absorbedor, una cubierta translúcida sobre el absorbedor, un colector de salida acoplado a la otra tapa del extremo del panel solar, una unidad TES acoplada al colector de salida, y una bomba de acoplamiento a la unidad TES, para suministrar aire caliente [14].

R. W. McCullough, en el mismo año, 1981, patenta un Calentador Solar de Aire que incluye una carcasa que tiene una pared frontal transparente y una entrada y salida para establecer una ruta de flujo del aire hacia una placa colectora absorbente de radiación

porosa y calentada, colocada a lo largo de la ruta de flujo y dispuesta para aceptar la radiación solar incidente a través de la pared frontal [15].

J. J. Secamiglio, et al., en el año de 1983 patenta el descubrimiento inmediato, se refiere a un Calentador Solar de Aire que se instaló fácilmente y tenía una carcasa generalmente en forma de cuña adaptada para montarse externamente en el edificio con el extremo cónico de la carcasa en la parte superior y un enlace operativo con una abertura de ventana u otra abertura en la pared del edificio [16].

F. J. Brandenburg Jr., patenta, en el año de 1985, un dispositivo de calefacción de aire de seguimiento solar para viviendas que desean mantener un nivel de temperatura agradable en periodos climáticos relativamente fríos. Este sistema de calefacción incluye un colector solar montado en el techo del edificio, apoyado de manera pivotante e impulsado por un mecanismo para que el colector solar pueda seguir al sol mientras se mueve, desde el alba hasta el ocaso. Incluye, además, doble acristalamiento, una pluralidad de rejillas de pantalla y un conjunto de serpentín o tubo provisto de aletas salientes en lados opuestos que están orientados en relación angular. El conjunto de conducto flexible, que se extiende a través de un abertura hermética en el techo para facilitar el movimiento del colector con una válvula de retención y un ventilador que se emplean para hacer circular el aire, fue la característica de calidad de este sistema [17].

S. Komano, et al., en el año de 2004, patenta un dispositivo de Calentador Solar de Aire capaz de controlar el funcionamiento del soplador que recibe energía eléctrica de las células solares, de tal forma que la temperatura del aire recolectado por convección no sea demasiado alta en verano y pueda ajustarse dentro del rango deseado en invierno [18].

P. M. Doherty, en el año de 2007, patenta un sistema de colector que se ocupa de dos características únicas (es decir, secciones y particiones aisladas) para aumentar el "Para". Este diseño resolvió, por un lado, el problema de la técnica anterior de la mezcla

de aire frío entrante con el aire caliente dentro del calentador, y, por otro lado, proporcionó el insospechado beneficio de un aumento de η_{sys} [19].

J. Fairstein, en el año 2009, patenta un sistema que incluye un Calentador Solar de Aire montado en el techo. Lo novedoso es el invento de un absorbedor con un colector de aire integrado estructuralmente con el absorbedor solar. La velocidad aerodinámica perfeccionada, en combinación con los tubos de entrada y salida de aire integrados, mejora el desplazamiento del aire calentado por el sol y la desestratificación de la temperatura en los edificios, dando como resultado una mayor conversión de calor η y el desplazamiento del aire [20].

J. P. McClendon, en el año 2010, patenta un Calentador Solar de Aire compuesto por un módulo de calefacción solar, con un cerramiento de paneles que delimitan un pleno. El colector se configuró para transferir calor al aire que se comunicaba desde el medio ambiente a la cámara de calentamiento a través de los conductos. El dispositivo de movimiento de aire se adaptó para aplicar una presión negativa en la cámara de calentamiento eficaz para extraer el aire del medio ambiente [21].

C. Vachon, en el año 2010, patenta un colector de calor solar que comprende un acristalamiento expuesto al ambiente, mismo que puede utilizarse simultáneamente para calefacción solar y recuperación de calor. El acristalamiento se separó de una superficie posterior para definir un pleno con él. La pluralidad de perforaciones fueron definidos mediante el acristalamiento para permitir la entrada de aire exterior al pleno y mantener el acristalamiento en el T_{amb} , proporcionando así una η_{therm} más alta [22].

P. R. Ardnt, en el año 2010, patentó un Calentador Solar de Aire que involucraba un panel transparente con un panel frontal translúcido; involucramiento que comprendía un primer paso de flujo; estos primeros pasos de flujo se alargaban sustancialmente y se extendían a lo largo de la superficie del panel frontal. La presente invención tenía como objetivo impulsar e invertir el flujo de aire a través del colector, logrando, de esta manera, que la calefacción y ventilación de una habitación o un edificio conectado al SAH sea más eficiente [23].

C. R. MacKay, et al., en el año 2011, patentó su invención, en la que se describía un Calentador Solar de Aire Modular del método de calentamiento del aire con energía solar. Este sistema se configuró en diferentes tamaños para diferentes aplicaciones, y se montó en diferentes planos en ángulo para encararlo en la dirección general de la trayectoria del sol [24].

I. Tarakcioglu, en el año 2011, patentó un Calentador Solar de Aire a base de textil, de tipo activo. El dispositivo contaba con una superficie textil homogénea no tejida de una sola capa negra. El movimiento del aire en el colector y el transporte al espacio a calentar o al medio de secado se lo realizaba mediante convección forzada. El objetivo de la invención era incrementar la 'h' desde la placa absorbente negra hasta el aire a calentar [25].

T. D. Ryan, en el año 2011, patenta un sistema de calefacción que incluía un pleno y un absorbedor solar que define un límite del pleno (permeable al aire), accionado por un mecanismo para hacer fluir el aire dentro de la cámara. El sistema contaba con una superficie de apoyo, un mecanismo para el flujo de aire, que incluía una cámara impelente, un absorbedor solar, un reflector y un método de fabricación de SAHS [26].

W. Hao, en el año 2013, patenta un modelo de utilidad que se relaciona con un rendimiento de SAH en energía solar con alta absorción de calor η . El sistema incluye un marco, una hoja de vidrio, una placa calefactora en forma de vela, un eje, un soporte y dos conductos (comunicados con el techo y la parte inferior de un invernadero) [27].

1.3.1.1. Normativas

En nuestro país, Ecuador, de acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 705, del 24 de marzo del 2011, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) coordina el trabajo para la elaboración de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC). Los Lineamientos dispuesto en la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece un conjunto de especificaciones mínimas, organizadas por capítulos, dentro de tres ejes de

acción: Seguridad Estructural (NEC-SE); Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC-SB) [28].

En el marco del Eje de Habitabilidad y Salud (NEC-HS), la Norma Ecuatoriana de la Construcción ha desarrollado el capítulo NEC-HS-ER: Energías Renovables, SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) - APLICACIONES MENORES A 100 °C [29], y con base a esta Normativa, que se encuentra vigente en el país, el presente trabajo de investigación tendrá en cuenta los estándares que insisten en aprovechar el consumo energético que proceda de fuentes de energía renovable (como lo es la energía solar); y en consonancia con las características de construcción, uso y mantenimiento del *colector solar plano* en el proyecto de investigación, la incorporación de mecanismos y sistemas de captación, almacenamiento y utilización de fuentes de energías renovables es fundamental.

1.3.2. Tipos de calentador de aire solar

Los diferentes tipos de calentadores de aire solar (SAHs por sus siglas en inglés) recolectan (absorben) energía solar radiante y la transforman en calor a través de una serie de dispositivos que interactúan dentro del sistema. Según el dispositivo, existen 3 tipos de calentadores solares: **los planos, tubos al vacío y de concentración.**

El estudio y análisis del sistema indica que la energía absorbida fluye a través de un colector solar y el calor del sol aumenta naturalmente la temperatura del fluido (el aire) hasta cierto nivel, permitiendo la calefacción o ventilación de los espacios (edificios, viviendas, fábricas, invernaderos, piscinas).

1.3.2.1. Clasificación de los tipos de calentadores

- Calentador de aire convencional
- Calentadores de aire con aletas
- Calentador de aire corrugado en V
- Calentadores de doble exposición

- Calentador de aire solar de doble flujo
- Calentador de aire solar de dos pasos.

Hay que precisar aquí, con respecto a la clasificación, que los calentadores de aire con absorbedor poroso tienen una desventaja importante frente al absorbente no poroso, y es la necesidad de capturar toda la radiación solar entrante sobre el área proyectada a través de una capa delgada sobre la superficie del absorbente. Si se utilizan algunos revestimientos selectivos, las pérdidas por radiación del absorbedor pueden minimizarse y, a menos que la eficiencia de recolección siga siendo baja, el ΔP a lo largo del conducto formado entre la placa absorbente y el aislamiento trasero también puede ser prohibitivo, especialmente en el caso de aletas añadidas para aumentar el área de transferencia de calor y la tasa de turbulencia.

Los SAH de absorbentes porosos pueden clasificarse como se indica a continuación:

- Calentador de aire solar de cama empaquetada
- Calentador de aire de placa de vidrio superpuesto
- Calentador de aire de matriz
- Calentador de aire de lecho poroso de panel
- Todos los calentadores de aire solares de plástico.

1.3.3. Partes de construcción de un calentador de aire solar

El análisis térmico del colector solar plano se basa en que la placa absorbedor posea una gran capacidad de absorción de la energía solar y una baja emisividad, que el medio de transporte sea capaz de tomar la mayor cantidad de esa energía del absorbedor y que la cubierta sea capaz de neutralizar la energía infrarrojo desde el absorbedor.

Existen varios tipos de calentadores solares, y los componentes clave de estos sistemas son: un absorbedor ennegrecido (normalmente fabricado con una lámina de aluminio fina), un vidrio transparente (acristalamiento), los conductos, un soplador de aire o ventiladores y material aislante. En resumen, se utiliza vidrio transparente para permitir

la radiación solar dentro del SAH y un Al o G.I. (a veces, también se usa estaño) y una lámina delgada ennegrecida para almacenar la energía solar en una buena cantidad.



Figura 1.1 Partes de un colector solar de placa plana de aire

Fuente: [1]

1.3.3.1. Conductos

En los SAH, los conductos son utilizados para suministrar aire fresco (ventilación) y evacuación de aire caliente (calefacción) mediante convección natural y forzada. Es necesario acotar que la velocidad del aire es un factor importante en los parámetros que afectan la eficiencia de un SAH. Muchos experimentos se han llevado a cabo en varios diseños de los conductos (en SAH) para investigar la mejora de la eficiencia y notar la mejora en la tasa de transferencia de calor. Los fundamentos detallados por ASHRAE describen que los conductos de forma rectangular y circular son los más adecuados para la transferencia del aire, tanto en aplicaciones de calefacción y refrigeración. Además de esto, los conductos ovalados planos, los conductos de vidrio fibroso, los conductos anulares concéntricos y otros conductos flexibles, son utilizados también con el mismo propósito.

1.3.3.2. Acristalamiento

El acristalamiento (tapa de vidrio transparente) juega un papel vital para permitir que la radiación solar incidente ingrese al dispositivo y restrinja sustancialmente las pérdidas de energía infrarroja a través de la radiación. Pues, la recolección razonable

de energía solar radiante a temperaturas moderadas es uno de los desafíos típicos que enfrentan los investigadores en el campo de la utilización de energía solar.

De ahí que, primero, el acristalamiento transparente permite el logro de una alta transmisividad de la radiación solar al espectro solar, ya sea de longitud de onda muy opaca o larga (infrarroja). Y para esto es necesario contar con una o más láminas de vidrio transparente, mismas que ayudan a transferir la energía del sol al colector o absorbedor solar dentro del sistema. Segundo, el acristalamiento ayuda, también, a reducir las pérdidas de energía calorífica por convección del absorbedor al medio ambiente mediante la restricción de la capa de fluido estancado entre el absorbedor y el acristalamiento.

El acristalamiento también reduce las pérdidas de radiación del colector solar (debido a un vidrio transparente) a la radiación de onda corta recibida del sol, pero es casi opaco a la radiación térmica de onda larga emitida por el absorbedor. Los materiales de acristalamiento incluyen vidrio, plásticos, acrílicos, fibra de vidrio y otros materiales transparentes. Generalmente, los diferentes materiales de acristalamiento tienen aplicaciones muy limitadas, pero el uso de un vidrio transparente ha sido probado como un candidato prometedor.

Pues, un vidrio transparente de un solo panel es común en los tipos de acristalamiento y tiene una alta transmisión solar. Las estructuras con acristalamiento simple se experimentan típicamente para grandes cambios de temperatura, corrientes de aire, alta condensación y brindan una protección nominal del ambiente exterior. Por lo tanto, una unidad de doble panel es el producto de vidrio más comúnmente utilizado en la actualidad. Esto se puede definir simplemente como dos cristales fabricados como unidad individual. Por otro lado, el vidrio aislado incluye un bloque espaciador entre los paneles y completamente sellado con un material de silicona. El espaciador desarrolla un planetario de aire muerto entre los cristales. Este espacio de aire tiende a aumentar la resistencia a la transferencia de calor. Mientras que un espacio de aire

voluminoso puede aumentar la transferencia de calor por convección dentro del sistema y provocar una pérdida de calor.

1.3.3.3. Soplador

La transferencia de calor a los fluidos que recorren en las tuberías y conductos es un tema de gran importancia práctica. El movimiento de los fluidos es dominante en la transferencia de calor por convección y está relacionado con dos clasificaciones básicas de flujo: (i) convección forzada, en la que el movimiento del fluido se genera mecánicamente mediante el uso de un ventilador, soplador, bomba, etc.; y (ii) convección natural, en la que el movimiento del fluido es generado por campos gravitacionales. Beisdies predijo que, en la convección natural, la variación de densidad se debe principalmente a diferencias de temperatura. La convección forzada no solo mejora la tasa de transferencia de calor, sino que también proporciona una buena tasa de flujo de aire caliente para la calefacción de espacios en comparación con la convección natural.

Para obtener esta tasa de transferencia de calor mejorada a lo largo de una buena velocidad del escape en SAH, es necesario un soplador / ventilador o una bomba que funcione con electricidad y haga que el sistema solar sea "híbrido". El primer paso en el diseño de un sistema de ventilador / soplador / bomba es el cálculo de la cantidad de aire a manipular y la cantidad de calor que se le debe impartir. Mientras que, en algunos casos, el sistema de ventiladores está diseñado para hacerse cargo de una parte de las pérdidas de calor únicamente, y el resto se suministra mediante radiación directa.



Figura 1.2 Soplador

Fuente: [1]

1.3.3.4. Bandeja absorbente

Una bandeja / placa absorbente es el componente principal de un SAH y tiene un efecto trascendental en el rendimiento térmico de un sistema térmico solar. Muchos aspectos de los materiales (principalmente la capacidad de absorción del calor solar) y sus propiedades tienen un efecto significativo sobre el rendimiento general y el costo de un dispositivo de energía solar. La principal preocupación serán los diferentes materiales aplicados a los colectores solares, con un reflejo de las propiedades de los materiales, ya que afectan el rendimiento general.

Los estudios básicos, por razones de absorptividad, han sugerido numerosos mecanismos para una selección de superficies absorbentes de energía. Estos mecanismos incluyen: (i) índice de constantes ópticas variantes (refractiva y absorptiva) con longitud de onda (λ) para un material de superficie particular; (ii) dimensiones de la rugosidad de la superficie de gran comparativa hasta un valor de extensión de ' λ ', pero que dependen ligeramente de la radiación de onda larga; (iii) recubrimientos de partículas pequeñas de medidas mayores que " λ ", pero menores que la radiación de onda larga; (iv) una capa fina antirreflejo para aumentar la absorptividad; y (v) películas semiconductoras gruesas.

Aunque las superficies selectivas tienen un efecto significativo en el rendimiento de los SAH, los SAH que llevan una placa absorbente ennegrecida todavía se utilizan exclusivamente debido a la dificultad de producir superficies selectivas por parte de los inexpertos.

1.3.3.5. Aislamiento

El aislamiento térmico es esencial para lograr una economía en el uso de energía, especialmente en sistemas solares térmicos. Este material cumple funciones importantes, como conservar energía, reducir la pérdida o ganancia de calor, mantener un funcionamiento eficiente del sistema (o reacción química).

Los materiales aislantes convencionales son a menudo opacos y se clasifican adecuadamente en materiales fibrosos, celulares, granulares y reflectantes. Los materiales de aislamiento térmico de uso común son: vidrio, fibra, silicato de alúmina, lana mineral y silicato de calcio, entre los cuales se ha observado que la lana de vidrio es el más utilizado en la elaboración de los colectores solares de aire. La naturaleza del material, así como sus características esenciales, determinan el valor de su uso, haciendo de estos materiales que sean más o menos favorables en la conductividad térmica y su confortabilidad.

Por otro lado, el uso de material de aislamiento transparente (TIM) también es una buena inversión, ya que al rellenar con estructuras de panal (lexan, vidrio y acrílico en su mayoría) en el espacio entre el absorbedor y la cubierta ayudan a restringir el transporte de calor por convección (el aire). Rommel y Wagner realizaron investigaciones en dos colectores solares diferentes utilizando TIM y encontraron un efecto significativo en el rendimiento térmico de los sistemas. Las propiedades térmicas y ópticas de un material de nido de abeja de policarbonato se compararon con respecto al diseño de FPC mejorados y colectores solares TES integrados con TIM. Además de esto, Bahadori y Vuthaluru habían debatido la importancia del grosor del aislamiento en aplicaciones térmicas y un método simple desarrollado para estimar el grosor del aislamiento térmico que se requería para llegar a un flujo de calor deseable o el 'Tp' para placa plana, para superficies y para los conductos y tuberías.



Figura 1.3 Plancha de poliuretano

Fuente: [1]

1.3.4. Radiación térmica

La radiación electromagnética que, en forma de rayos, incide en la atmósfera abarca una amplia gama de longitudes de onda, que varían desde menos de 10^{-10} μm para los rayos cósmicos, y hasta más de 10^{10} μm para las ondas de energía eléctrica. El espectro electromagnético también incluye los rayos gamma, los rayos X, la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, la radiación térmica, las microondas y las ondas de radio, como se muestra en la figura 1.4.

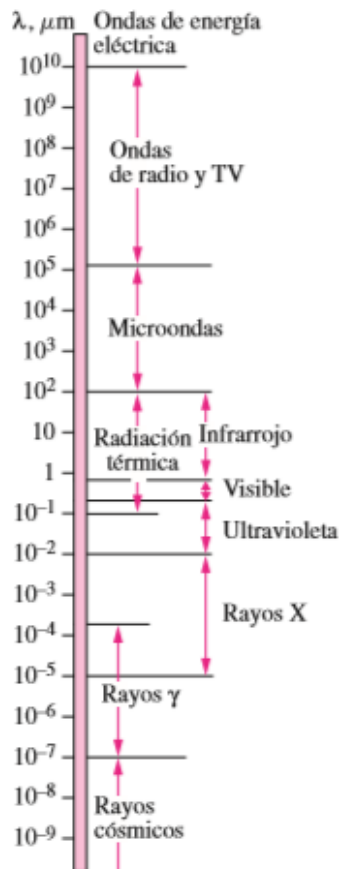


Figura 1.4 Espectro de ondas electromagnéticas

Fuente: [1]

El tipo de radiación electromagnética que resulta pertinente para la transferencia de calor es la radiación térmica emitida como resultado de las transiciones energéticas de las moléculas, los átomos y los electrones de una sustancia. La temperatura es una

medida de la intensidad de estas actividades en el nivel microscópico y la rapidez de la emisión de radiación térmica se incrementa al aumentar la temperatura. La radiación térmica es emitida en forma continua por toda la materia, cuya temperatura está por arriba del cero absoluto. Es decir, todo lo que nos rodea, como las paredes, los muebles, las plantas, las personas, constantemente emiten (y absorben) radiación (figura 1.5).

La radiación térmica también se define como la parte del espectro electromagnético que se extiende desde alrededor de 0.1 hasta 100 mm, dado que la emitida por los cuerpos, debido a su temperatura, cae casi por completo en este rango de longitudes de onda.

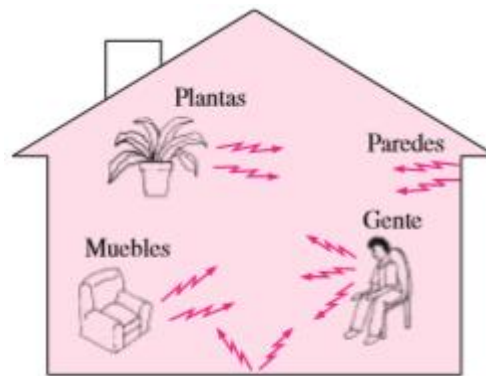


Figura 1.5 Radiación térmica sobre los objetos

Fuente: [1]

1.3.4.1. Radiación de cuerpo negro

La *radiación de cuerpo negro* tiene que ver con el objeto o sistema que absorbe toda la radiación que incide sobre dicho cuerpo, y re-irradia energía, que es una característica propia y específica de este sistema radiante. Por eso, un cuerpo negro se define como un emisor y absorbedor perfecto de la radiación.

A una temperatura y una longitud de onda específica, ninguna superficie puede absorber ni emitir más energía que un cuerpo negro. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente, sin importar la longitud de onda ni la radiación.

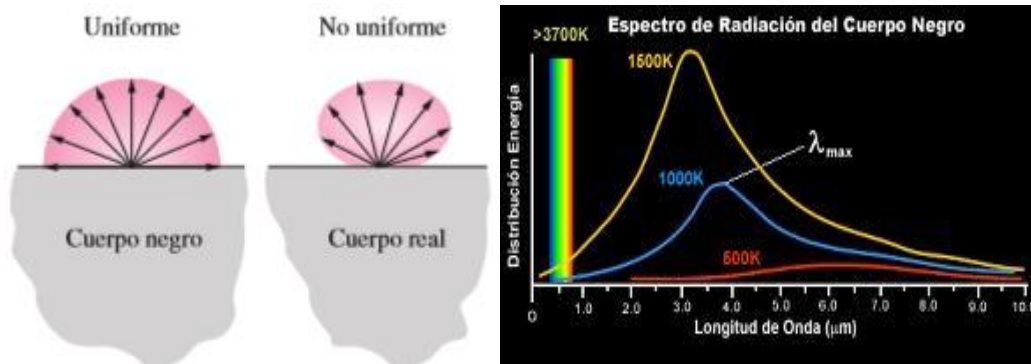


Figura 1.6 Cuerpo negro como emisor difuso

Fuente: [1]

1.3.4.2. Intensidad de radiación

La radiación es emitida por todas las partes de una superficie plana en todas direcciones hacia el hemisferio que está arriba de ésta, y la distribución direccional de la radiación emitida (o incidente) suele no ser uniforme. Por lo tanto, necesitamos una cantidad que describa la magnitud de la radiación emitida (o incidente) en una dirección específica en el espacio. Esta cantidad es la intensidad de radiación, denotada por I . La mejor manera de describir la dirección de la radiación que pasa por un punto es en coordenadas esféricas, en términos del ángulo cenital u y el ángulo azimutal f , como se muestra en la figura 1.7. Se usa la intensidad de radiación para describir de qué manera la radiación emitida varía con los ángulos cenital y azimutal.

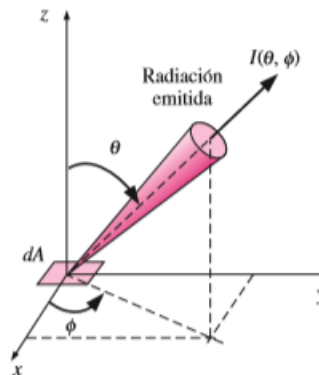


Figura 1.7 Variación de energía de la radiación con respecto a una dirección

Fuente: [1]

- **Ángulo sólido**

El ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio limitado por las rectas proyectantes (ondas electromagnéticas) desde el objeto hacia el observador, constituye el ángulo sólido, que se denota por ω y su unidad es el estereorradián (sr). En analogía con el ángulo plano, podemos decir que el área de una superficie sobre una esfera de radio unitario es equivalente en magnitud al ángulo sólido que subtende (ambos son 4π para una esfera de radio $r = 1$).

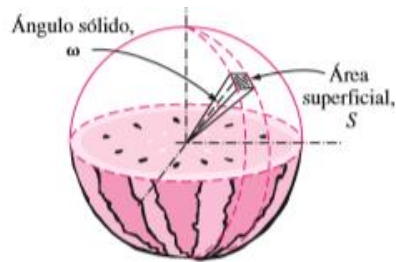


Figura 1.8 Descripción de una rebanada de sandía de ángulo sólido

Fuente: [1]

1.3.4.3. Radiación incidente

La intensidad de la radiación incidente, $I_i(\theta, \phi)$ se define como la razón a la cual la energía de radiación dG incide desde la dirección (θ, ϕ) por unidad de área de la superficie receptora normal a esta dirección y por unidad de ángulo sólido alrededor de esta última (figura 1.9). Aquí, θ es el ángulo entre la dirección de la radiación incidente y la normal a la superficie.

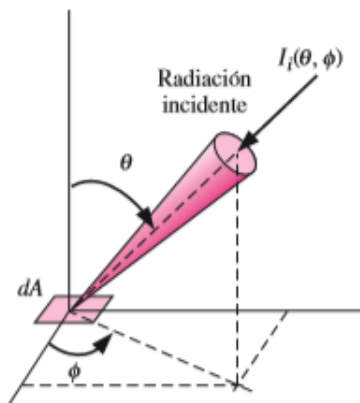


Figura 1.9 Radiación incidente sobre una superficie en la dirección

Fuente: [1]

1.3.5. Análisis de los colectores solares planos como objeto de modelación de matemática

El calentador solar de aire, en su proceso funcional, recolecta la energía de la radiación solar y la transforma en energía térmica (calorífica) a través de una corriente másica de aire que fluye dentro del sistema. El proceso indica que el flujo másico circula a través de un colector solar y el calor del sol aumenta naturalmente la temperatura del fluido (el aire) hasta un cierto nivel (por encima de la temperatura exterior), este flujo se puede determinar por medio de la siguiente expresión matemática.

$$\dot{m} = A_f \cdot V \cdot \rho \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- A_f : Área de flujo [m^2]
- V : velocidad del aire [m/s]
- ρ : Densidad del aire en función de la temperatura [kg/m^3]

Es necesario determinar la cantidad de calor que se genera en el colector solar de placa plana, por lo tanto, se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$Q_u = \dot{m}_{\text{flujo}} \cdot CP_{\text{fluido}} \cdot (T_s - T_e) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- \dot{m}_{flujo} : Caudal másico del aire [kg/s]
- CP_{flujo} : Calor específico del aire [$\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$]
- T_s : Temperatura del aire a la salida [$^\circ\text{C}$]
- T_e : Temperatura del aire a la entrada [$^\circ\text{C}$]

El rendimiento energético es el cociente entre la energía que se obtiene (calor útil) y la energía que incide en el colector por el área; matemáticamente se expresa por la siguiente fórmula.

$$\eta = \frac{Q_u}{H_t \cdot A_c} \cdot 100\%$$

Ec. 3

Donde:

- η : Rendimiento energético [%]
- Q_u : Calor útil ganado por el fluido de trabajo [W]
- H_t : Energía solar total incidente sobre el colector [W/m^2]
- A_c : Área efectiva del colector [m^2]

En el esquema que se presenta a continuación (figura 1.10) se ve como, en el colector plano con cubierta, el sol incide sobre el vidrio del colector –el vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar– dejando pasar la mayor parte de la energía; esta energía solar absorbida calienta la placa colectora, transformando la energía solar en energía térmica, calentando así el flujo másico del aire. La placa colectora tiene unos conductos (de entrada y salida) por los que circula un fluido caloportador que se calienta y transporta esa energía térmica a donde sea necesario [30].

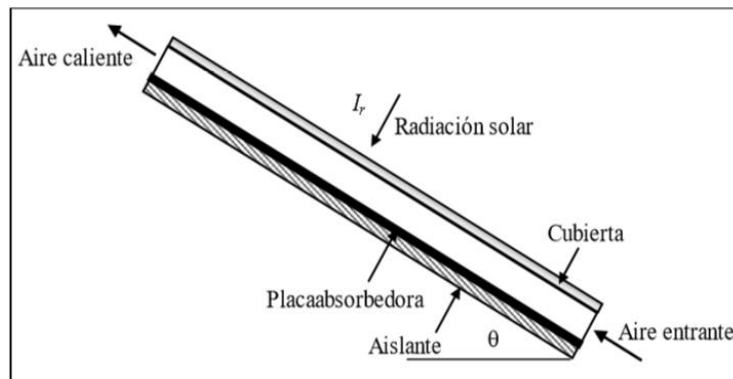


Figura 1.10 Esquema del colector plano

Fuente: [1]

Para calentar el flujo de aire, el colector solar plano cuenta con un cajón de extremos abierto, la parte exterior está cubierta con una lámina de vidrio transparente, el fondo cubierto con una lámina de aluminio de color negro, en un extremo está el ingreso de

flujo de aire forzado mediante un ventilador, la periferia del colector se encuentra cubierta con una capa de aislante térmico que realiza la función de retención del calor absorbido, evitando disminuir las pérdidas de calor hacia el medio ambiente. La función de la lámina de vidrio en la parte superior permite el ingreso de la radiación solar hasta la placa de absorción [31].

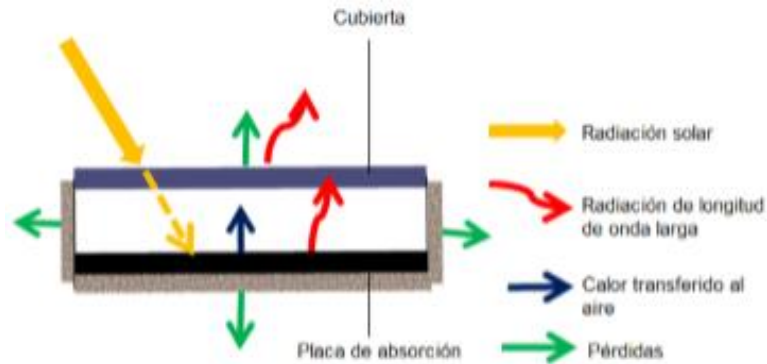


Figura 1.11 Esquema de los componentes del colector plano

Fuente: [1]

1.3.6. Análisis estructural de las regiones climáticas del Ecuador

La República del Ecuador se encuentra ubicado en la costa noroeste del océano Pacífico, localizado en la región intertropical (zona Tórrida) de Sudamérica, entre los meridianos 75°11'E y 81°02'E y entre los paralelos 1°21'N y 5°S, con una extensión territorial de 283.561 km². En el territorio continental, la Cordillera de los Andes atraviesa el país de Norte a Sur, dividiéndolo en tres regiones naturales con características climatológicas diferentes. Estas regiones son llamadas: Costa, Sierra y Oriente.

La parte Costa, conocida también como Región Litoral, es una zona que se extiende desde el perfil costanero hasta unos 1000 m de elevación en las estribaciones occidentales de los Andes (por lo cual se le puede considerar como una región llana). Limita con el Océano Pacífico al Oeste y con la cordillera Occidental al Este. El clima de la zona depende del comportamiento del océano (corriente del Niño y Humboldt), y se caracteriza, en su mayoría, por ser un clima tropical muy húmedo, al norte, de seco

a húmedo hacia el centro-sur, acompañado de pequeñas zonas de bosque con clima tropical seco (árido) al suroeste.

La franja de la Sierra, llamada también Región Interandina, se encuentra localizada entre las cordilleras Occidental y Central, conformada de hileras de montes, nevados, volcanes, páramos altos andinos, cumbres, valles y lagunas, con elevaciones mayores a los 3000 metros de altura. Se caracteriza por tener un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y amazonía, templado semihúmedo a húmedo en la zona interandina, cálido y seco en los valles interandinos y frío de alta montaña en los páramos, sobre los 3000 m de altitud; con una temperatura que puede llegar a ser menor de 10 °C, inclusive.

El Oriente, denominada Región Amazónica, empieza en los límites de la Cordillera de los Andes orientales al oeste, aproximadamente a 1000 metros sobre el nivel del mar (alta Amazonía), hasta los límites con Perú y Colombia al este, menor a 1000 m de altura (llanura Amazónica). Esta región presenta un relieve relativamente plano, con clima de bosque tropical muy húmedo en toda la región, con un grado de precipitación considerable y retención de humedad por los grandes bosques Amazónicos [32].

Esta variación en el relieve continental y las características a escala regional, local y temporal de las condiciones climatológicas condicionan la disponibilidad de energía, además de dificultar la caracterización y cuantificación detallada de los recursos en el Ecuador.

1.3.6.1. Análisis de estudios existentes de recursos en el Ecuador

El Ecuador cuenta con una gran variedad y cantidad de recursos renovables, entre los que sobresalen los recursos solares, de biomasa y eólicos. Fueron las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) quienes realizan los primeros estudios relacionados a la evaluación del recurso solar en el Ecuador, registrados en 8 puntos del territorio continental, desde 1962 aproximadamente, registrando información sobre insolación global (Wh/m²/día) y

heliofanía (h/día) en forma muy dispersa. El trabajo de las estaciones se centró en la insolación global a nivel del suelo, con instrumentación básica y registro manual de datos, con una duración diaria de insolación directa en las estaciones de primer orden y la insolación directa mensual en estaciones de segundo orden (heliofanía diaria y mensual).

A partir de esta información, tanto el Instituto Nacional Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) como el Instituto Nacional de Energía (INE), ambos desaparecidos actualmente, elaboran el primer “Estudio del Potencial Solar y Eólico del Ecuador”. Dicho estudio, que recopiló la información desde el año 1968 hasta el año 1980, siendo publicado en el año 1981, en su informe preliminar, no fue tan concluyente debido a la falta de información temporal en la mayoría de las estaciones seleccionadas, por lo que planteó la necesidad de tener una red de estaciones solarimétricas en el país [34].

En lo relacionado al recurso eólico –cuyo flujo considerable de aire se encuentra en mayor cantidad en la región de los Andes debido a las alturas de esta cordillera y su geografía–, el estudio del INECEL, que calculó la existencia de un potencial bruto de 1.670 MW a una altura de 3.500 msnm con corrientes de aire mayores a los 7 m/s, se basó en la información de alrededor de 150 estaciones del INAMHI, en las cuales se realizaban la medición en forma sinóptica (7:00, 13:00, 19:00) en algunos casos; pero la falta de información horaria precisa no permitió realizar una evaluación totalmente confiable del recurso eólico. Además, se estimó que la región ecuatoriana no posee zonas con vientos de alta velocidad, existiendo lugares dentro de micro-zonas de la región sierra y costera que pueden ser de interés. Hasta la fecha no existe una metodología para el inventario de recursos eólicos, aunque mediante datos meteorológicos se han identificado regiones con velocidades medias superiores a 5 m/s.

Dentro del Proyecto de transferencia de energías limpias y renovables (OPET) para América Latina y el Caribe, el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) realizó, en el año 2005, un levantamiento de la información existente, local e internacional, de la radiación solar, estimando que el Ecuador, debido a su

situación geográfica privilegiada, tiene un alto potencial solar. La radiación media es alrededor de 4 y 6 kWh/m² por día. Detalló, también, que las zonas con mayor incidencia solar en el país son el suroccidente y el norte de los Andes, ambas superando los 5,5 kWh/m² [35].

En agosto de 2008, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), presenta al público interesado el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”. Este Atlas fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética - CIE, teniendo en cuenta la información proporcionada por el Centro Nacional Renewable Energy Laboratory (NREL) de los Estados Unidos, cabe recalcar aquí que, si bien su información sirve a nivel referencial, su validación no ha sido realizada ni corroborada. Pues, según el CONELEC, expresado en el Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020, es necesario instalar medidores de radiación solar que permita detallar mejor los niveles de radiación solar y consolidar la base de datos del atlas solar ecuatoriano [36].

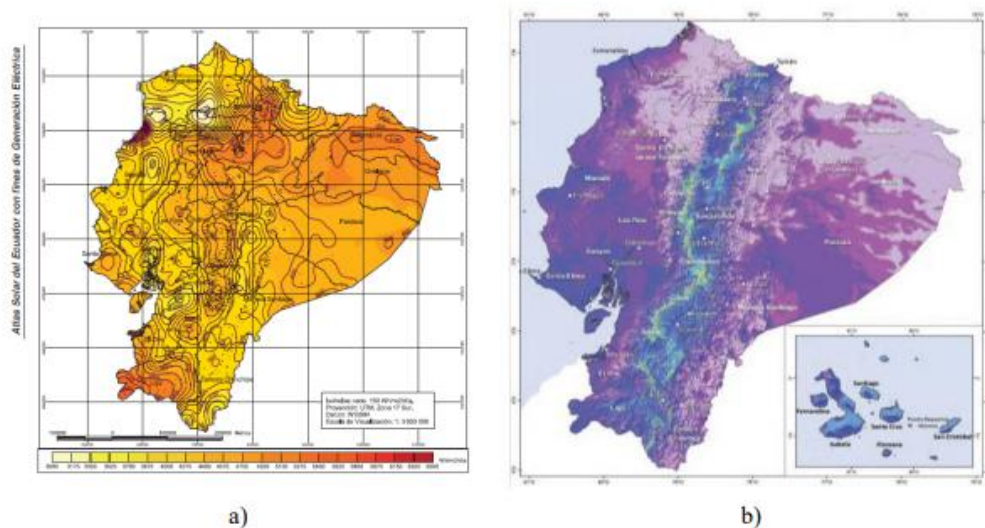


Figura 1.12 a) mapa de insolación global CIE; b) mapa de la velocidad del viento a 40 m

Fuente: [1]

Tras años de investigación, finalmente en el año 2013, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador (MEER), en conjunto con la empresa AWS

TruePower, presenta el “Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica”, empleando el sistema MesoMap en conjunto a la simulación de física de la atmósfera y bases de datos internacionales. Este proyecto representó un gran avance en el campo de la energía eólica, sin dejar de resaltar que los resultados obtenidos del *Atlas* son referenciales y no han sido validados o contrastados con información local [37].

1.4. Conclusiones del Capítulo I

- Los fundamentos teóricos expuestos por los diferentes autores, reseñados en las patentes registradas, y recogidos en el presente capítulo, brindan una visión amplia de los diferentes prototipos que se pueda utilizar, tomando éstos como réplicas, para evaluar el trabajo investigativo, sobre todo en lo que tiene que ver que ver con la variación de altura en el interior en el colector solar plano, las condiciones específicas del SAH, la incidencia de la radiación solar en el lugar donde se ejecuta el proyecto, sentando así las bases para futuras investigaciones.
- Muchos aspectos de los materiales (principalmente la capacidad de absorción de la energía solar) y sus propiedades tienen un efecto significativo sobre el rendimiento general (y el costo) de un dispositivo de energía solar. La principal preocupación será, entonces, los materiales que se aplicarán en el diseño y construcción del colector solar de placa plana que se utilizará como prototipo, pues, las propiedades de los materiales inciden directamente en el rendimiento general del dispositivo y, por ende, en la obtención y análisis de los resultados investigados.
- Con respecto a las investigaciones relacionadas con el intercambio térmico, los parámetros obtenidos de las investigaciones científicas precedentes proporcionan las pautas necesarias para la realización y desarrollo del prototipo que servirá, bajo las condiciones propias del lugar, para la experimentación, con la extracción de datos de las condiciones climáticas, las variables de entrada y

variables de salida de la energía térmica, con el fin de verificar la curva de comportamiento de la captación y retención de la energía en el colector solar plano convencional después de la implementación de la variación de altura de la superficie colectora.

- En cuanto a la radiación térmica que, en forma de rayos, incide en la atmósfera, y abarca una amplia gama de longitudes de onda, resulta pertinente tener en cuenta las condiciones climáticas predominantes en el lugar de la experimentación, cuya información se obtiene del mapa de insolación global (CIE); pues, si se mira el historial de las condiciones climáticas que son predominantes en el lugar de la investigación, es importante contar con la información necesaria (cantidad de energía electromagnética incidente en el lugar) para la implantación de la unidad experimental, con el objeto de extraer los datos necesarios para su análisis y aplicación de las modificaciones requeridas en el prototipo experimental.
- Por último, para que el colector solar, en su proceso funcional, recolecte la energía de la radiación solar y la transforme en energía térmica (calorífica), es necesario determinar la cantidad de calor que se debe generara al interior del mismo (calor absorbido por la placa recolectora [cuerpo negro]), con el fin de determinar el rendimiento energético, que es el resultado del cociente entre la energía que se obtiene (calor útil) y la energía que incide en el colector por el área. Es decir, que, a mayor área, mayor absorción del calor.

2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción y objeto del capítulo

En el presente capítulo se detallan los métodos, materiales, procedimientos y condiciones experimentales que fundamentan la variación de altura en la superficie colectora y su incidencia en el rendimiento térmico de los colectores solares de placa plana, así como también el desarrollo de expresiones matemáticas que permitan comparar el comportamiento de las variables físicas (temperatura) a través de datos calculados y obtenidos por medio de sistemas de control.

El **objetivo** de este capítulo radica en *establecer* las diferentes metodologías para la construcción del colector solar de placa plana, con el fin de generar una memoria de cálculo, obteniendo valores como cantidad de calor, pérdidas de calor, temperatura, entre otras.

2.2. Procedimiento para la construcción del colector de placa plana

Para la obtención de los datos de temperatura en cada una de las áreas importantes de la investigación, es necesario realizar la construcción del prototipo del “colector solar”, por tal razón, se consideraron los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de materiales en el mercado local
- Costo de materiales
- Herramientas necesarias para la construcción del diseño
- Resistencia y durabilidad
- Conductividad térmica de los materiales

2.2.1. Estructura metálica

La estructura en la que va a reposar el colector solar de placa plana es de tipo metálica, como se muestra en la figura 2.1, ésta posee una regulación para seleccionar el ángulo

de inclinación, de esa manera se puede obtener 0, 10, 20 y 30 grados según se requiera para desarrollar los estudios requeridos, adicional presenta las siguientes dimensiones:

- Alto: 90 cm
- Largo: 100 cm
- Ancho: 45 cm



Figura 2.1 Estructura metálica

2.2.2. Aislante térmico

El material seleccionado como aislante térmico es el poliuretano, como se muestra en la figura 2.2. Se eligió este tipo de material, por cuanto presenta características favorables como:

- Mejorar el rendimiento energético
- Alta resistencia, extensa vida útil
- Baja conductividad térmica (0,036 W/m.K)
- No presentan emisión de orgánicos a elevadas temperaturas

- Reducción de las pérdidas de calor por conducción, convección y radiación, entre otros. (Ver anexo 1)



Figura 2.2 Plancha de poliuretano

2.2.3. Superficie de captación

La superficie de captación está compuesta por materiales de alta conductividad térmica para incrementar al máximo la transferencia de calor. Generalmente, se utiliza una plancha de aluminio $k: 237 \text{ W/m.K}$ [1] pintada de color negro para captar la mayor cantidad de radiación y convertirla en calor. En la figura 2.3 se presenta la superficie de captación. En el inferior y a los lados va colocado el aislante térmico, mientras que en la parte superior va la cubierta de vidrio.

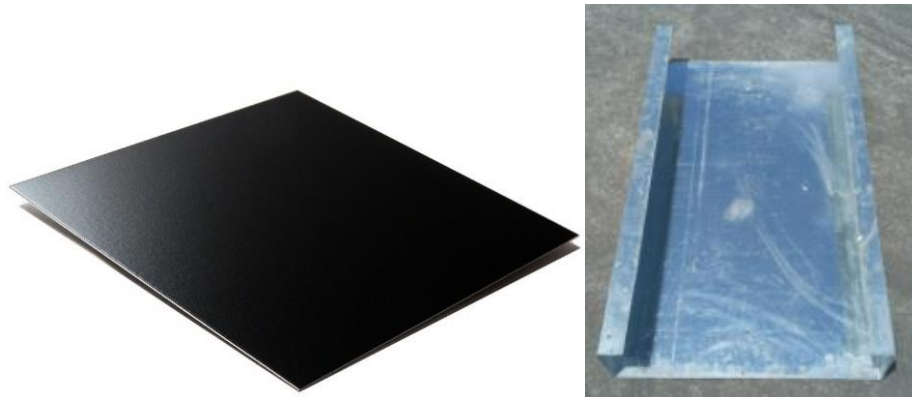


Figura 2.3 Superficie de captación

2.2.4. Cubierta de vidrio

Es importante conocer que la cubierta de vidrio debe ser del tipo templado, ya que sus propiedades ópticas permiten el paso de la radiación solar, esta cubierta reduce las pérdidas térmicas por convección en el absorbedor, mejorando el rendimiento del colector. La cubierta de vidrio seleccionada presenta una dimensión de 45 cm de ancho, 100 cm de largo y un espesor de 4 mm.



Figura 2.4 Cubierta de vidrio

2.2.5. Ventilador

Este instrumento se emplea para impulsar el aire caliente que se produce en la cámara del colector solar. En la siguiente tabla se presentan las características principales del ventilador y en la figura 2.5 se observa una imagen del mismo.

Tabla 2.1 Características del ventilador

Descripción	Valor
Flujo máximo	3,5 m ³ /h
Potencia	600 W
Consumo en operación	0,47946 kWh
Velocidad angular máxima	16000 rpm



Figura 2.5 Ventilador

2.2.6. Recepción de datos

En el prototipo del colector solar es necesario realizar una serie de recepción de datos de las diferentes variables, como son: temperatura y flujo de aire, con el fin de un análisis posterior; estos datos son extraídos por medio de sensores y tarjetas electrónicas insertadas en la estructura del colector.



Figura 2.6 Módulo electrónico recolector de datos

Los datos de temperatura son receptados todo el día, las 24 horas, por medio de sensores de temperatura tipo “K”, que posee un rango de temperatura que va de 0 a 1260 °C, su comportamiento térmico eléctrico se presenta en el anexo 2 y su forma física se presenta en la figura 2.7.



Figura 2.7 Termocupla tipo “K”

Existen 3 puntos de distribución de las temperaturas en el colector solar. Estos son: en el ingreso de la placa colectora (“T1”), en el vidrio (“T2”) y la cámara de colección (“T3”). En la figura 2.8 se puede presenciar su distribución.

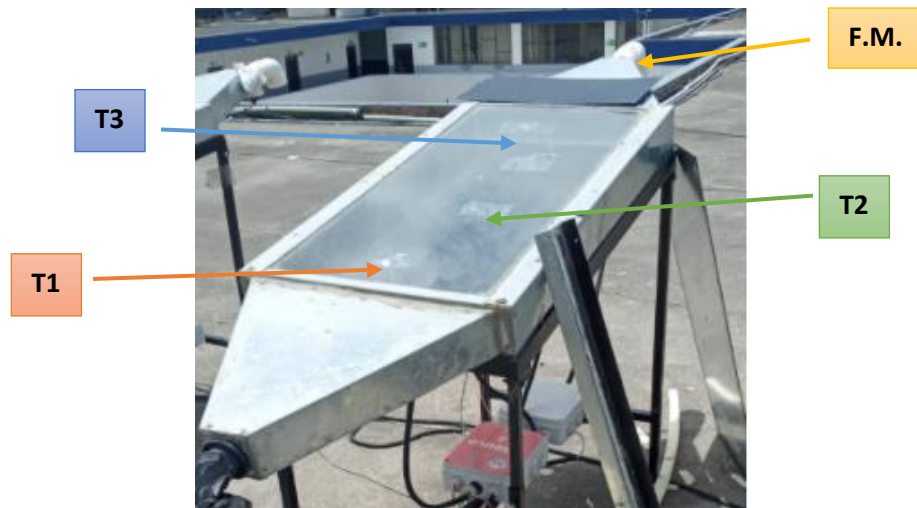
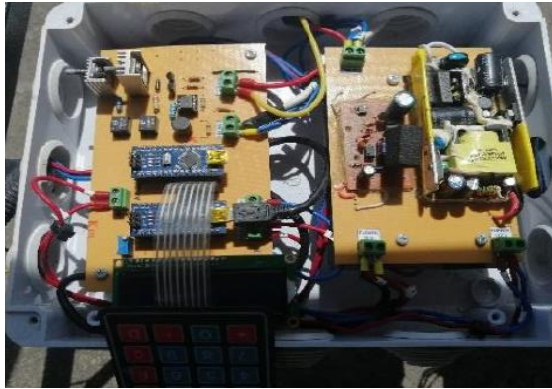


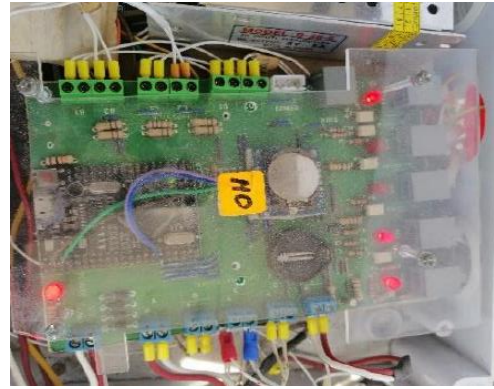
Figura 2.8 Distribución de la medición de las temperaturas

Para determinar la cantidad de masa de aire que se obtiene a la salida del colector solar se utiliza un sensor de flujo másico “F.M.”, denominado sensor MAF; este sensor tiene una alimentación de 12 Vdc, una precisión del 1% y su conversión a señal eléctrica es de 0 – 5 Vdc.

Los sensores mencionados anteriormente envían los datos hacia dos tarjetas electrónicas que son: microcontrolador Atmega 2560 y el microcontrolador 328 SMD, estas tarjetas reciben y almacenan estos datos para un posterior análisis.



a)



b)

Figura 2.9 a) microcontrolador Atmega 2560; b) microcontrolador 328 SMD

2.2.7. Estación meteorológica

Con el propósito de obtener datos reales de la radiación solar se implementó una estación meteorológica, precisamente en la terraza del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con los siguientes resultados:

Tabla 2.2 Características de la estación meteorológica

Descripción	Valor
Rango de sensor de temperatura exterior	-40 a 149 °F
Precisión de temperatura exterior	± 2 °F
Rango de humedad exterior	De 10 a 99%
Precisión de humedad exterior	± 5%
Rango de velocidad del viento	0 a 100 mph
Precisión de la velocidad del viento	± 2,2 mph

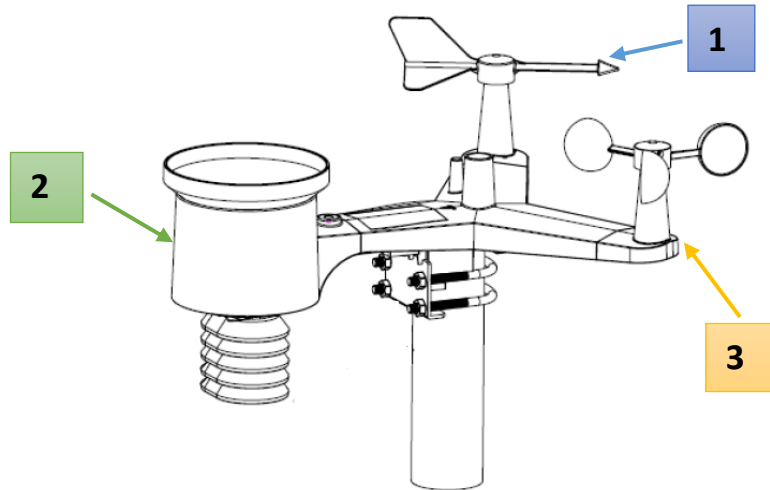


Figura 2.10 Estación meteorológica

De la figura 2.10 se puede observar los elementos principales de la estación meteorológico implementada en la terraza, en la cual se puede obtener lo siguiente:

- 1: Medición de la dirección del viento
- 2: Colector de lluvia
- 3: Velocidad del viento

2.2.8. Inclinación y orientación de los colectores

El ángulo de inclinación que generalmente se recomienda para Ecuador es entre 5° a 10° . La estructura metálica que se construyó para el prototipo de colector solar se analizará en un ángulo de 10° ; además, este prototipo se ubica en un lugar en el cual no existe la presencia de obstáculos que causen sombras.

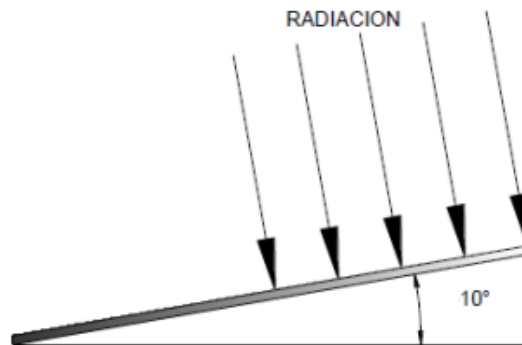


Figura 2.11 Ángulo de inclinación del colector solar

2.3. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica del lugar donde se encuentra instalado el sistema está en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga, en la terraza del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Las características del lugar son las siguientes:

Tabla 2.3 Características geográficas

Norte	Cantón Mejía y Sigchos
Sur	Cantón Salcedo y Pujilí
Oriente	Archidona y Tena
Occidente	Saquisilí, Pujilí y Sigchos
Latitud	0°59'47.68''
Longitud	78°37'41.938''
Nivel del mar	2770 msnm
Superficie	264,9 Km ²
Clima (temperatura promedio)	12 °C



Figura 2.12 Ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.3.1. Datos de radiación solar en la UTC

Por medio de la estación meteorológico implementada en la Universidad se pudo obtener los datos de radiación solar en el lugar específico de la investigación. Estos datos fueron registrados por medio de una computadora portátil, precisamente el jueves 24 de septiembre del 2021 en un horario de 10:11 a.m. hasta las 15:41 p.m. Los datos se presentan en el anexo 3.

El valor promedio de la radiación solar obtenida que incide sobre el lugar de la investigación es de $301,3 \text{ W/m}^2$, mientras que el valor mínimo que se registra es de $132,2 \text{ W/m}^2$, exactamente a las 15:41 p.m. y el valor máximo que se obtiene de radiación es de $788,3 \text{ W/m}^2$ registrado a las 14:04 p.m.

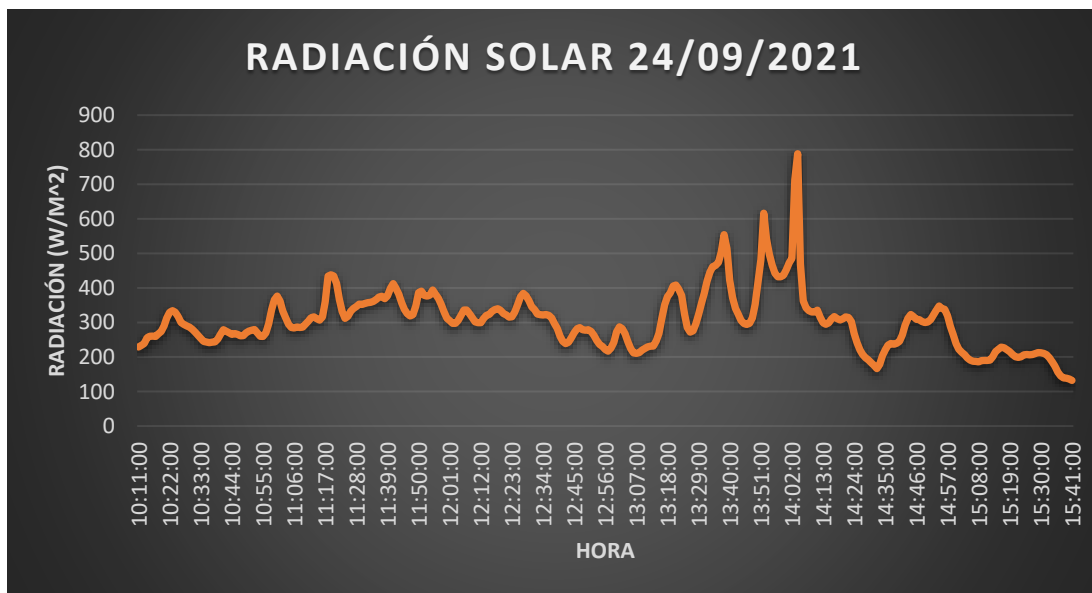


Figura 2.13 Radiación solar 24/09/2021

2.4. Memoria de cálculo

En el anterior capítulo se presentaron 3 expresiones matemáticas utilizadas de manera general para los colectores solares como: el flujo másico, la cantidad de calor generada por el colector y el rendimiento térmico. Como es un sistema que consta de una variación de altura, se presentan a continuación las ecuaciones que justifican la

investigación para determinar el rendimiento térmico entre las variaciones de altura efectuadas en la placa colectora del colector solar de placa plana en distancias de 30 mm y 50 mm.

2.4.1. Cantidad de calor recibido por el colector solar

Para determina la cantidad de calor que el sol emite hacia el colector solar, se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$Q_{sol \rightarrow colector} = A_c \cdot \sigma \cdot (t_c)^4 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- $Q_{sol \text{ al colector}}$: Calor transferido del sol al colector [W]
- A_c : Área efectiva del colector [m^2]
- σ : Constante Stefan-Boltzmann [$5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$]
- T_c : Temperatura del colector [K]

2.4.2. Área de la placa colectora

Es importante conocer el área de trabajo de la placa colectora; ésta se obtiene del producto de la base por la altura, representada por la siguiente expresión matemática:

$$A_c = b \cdot h \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

- A_c : Área efectiva del colector [m^2]
- b : base [m]
- h : altura [m]

2.4.3. Variación de temperatura

La variación de la temperatura es la diferencia de la temperatura de salida del colector con la temperatura de entrada del colector, este valor puede ser en unidades °C y °K, dependiendo de las unidades de los otros términos.

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- ΔT : Variación de temperatura [°C] o [°K]
- T_2 : Temperatura de salida del aire del colector solar [°C] o [°K]
- T_1 : Temperatura de entrada del aire del colector solar [°C] o [°K]

2.4.4. Balance de energía

El balance de energía viene representado por un sistema en el que la energía que entra se transforma o se junta con la energía que el sistema almacena y sale; por lo tanto, para los colectores solares se aplica la misma lógica, es decir:

$$E_{\text{entrada}} = E_{\text{salida}} + E_{\text{acumulada}} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- E_{entrada} : Energía que ingresa [W]
- E_{salida} : Energía que sale [W]
- $E_{\text{acumulada}}$: Energía que se acumula [W]

2.4.4.1. Transferencia de calor

La cantidad de calor que pierde un colector solar es por medio de la conducción, convección o radiación.

La transferencia de calor por conducción menciona que el calor se distribuye de la región de mayor temperatura hacia la menor, provocando que el flujo de calor sea proporcional al gradiente de temperatura.

$$q_{conducción} = -k \cdot A \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

- $q_{conducción}$: Transferencia de calor por conducción [W]
- ∂t : Gradiente de temperatura [K]
- ∂x : distancia en la dirección del flujo de calor [m]
- k : Coeficiente de conductividad térmica [W/m.K]
- A : Área de transferencia de calor [m²]

Cuando existe la presencia de un movimiento que puede ser un líquido o un gas, se relaciona con la transferencia de calor por convección, este fluido sobrepasa la temperatura ambiente incidiendo con la superficie.

$$q_{convección} = h \cdot A \cdot (t_s - t_a) \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

- $q_{convección}$: Transferencia de calor por convección [W]
- h : Coeficiente de transferencia de calor [W/m².K]
- T_s : Temperatura de salida [K]
- T_a : Temperatura ambiente [K]
- A : Área de transferencia de calor [m²]

Finalmente, para la transferencia de calor por radiación se utiliza la expresión matemática (4), considerando la radiación del sol. Las pérdidas de calor se definen como la sumatoria de las transferencias de calor:

$$q_{perd} = q_{conducción} + q_{convección} + q_{radiación} \quad \text{Ec. 10}$$

2.4.4.2. Coeficiente de transferencia de calor por convección

Este coeficiente se determina realizando el producto entre el número de Nusselt, con la división de la conductividad térmica entre la longitud de la placa.

$$h_{ac} = \frac{k}{L} \cdot Nu \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

- h_{ac} : Coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m².K]
- k : Conductividad térmica [W/m.K]
- L : Longitud de la placa [m]
- Nu : Número de Nusselt

2.4.5. Balance de energía

El balance de energía viene representado por un sistema en el que la energía que entra se transforma o se junta con la energía que el sistema almacena y sale, por lo tanto, para los colectores solares se aplica la misma lógica, es decir:

$$E_{entrada} = E_{salida} + E_{acumulada} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

- $E_{entrada}$: Energía que ingresa [W]
- E_{salida} : Energía que sale [W]
- $E_{acumulada}$: Energía que se acumula [W]

2.4.5.1. Energía en la cubierta de vidrio

En la cubierta de vidrio del colector solar queda almacenado una energía en forma de calor, se la puede representar por medio de la siguiente expresión matemática:

$$E_{vidrio} = M_v \cdot C_v \cdot \frac{dt_v}{dt} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

- E_{vidrio} : Energía almacenada en el vidrio [W]

- M_v : Masa de la cubierta de vidrio [kg]
- C_v : Calor específico del vidrio [kJ/kg.K]
- dT_v : Variación de temperatura en la cubierta de vidrio [K]
- dT : Variación del tiempo [s]

2.4.5.2. Energía en la placa colectora del sistema

En la placa colectora existe una cantidad determinada de calor, por lo que se puede calcular utilizando la siguiente expresión matemática:

$$E_{placa} = M_{pl} \cdot C_{pl} \cdot \frac{dt_{pl}}{dt} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

- E_{placa} : Energía almacenada en la placa colectora [W]
- M_{pl} : Masa de la placa colectora [kg]
- C_{pl} : Calor específico de la placa colectora [kJ/kg.K]
- dT_{pl} : Variación de temperatura en la placa colectora [K]
- dT : Variación del tiempo [s]

2.4.5.3. Energía en la interior del colector

El valor de la energía en forma de calor presente en el interior del colector solar se puede calcular a través de la siguiente expresión matemática:

$$E_{int} = M_{int} \cdot C_{int} \cdot \frac{dt_{int}}{dt} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

- E_{int} : Energía almacenada en interior del colector [W]
- M_{int} : Masa del interior del colector [kg]
- C_{int} : Calor específico del interior del colector [kJ/kg.K]
- dT_{int} : Variación de temperatura en el interior del colector [K]

- dT: Variación del tiempo [s]

2.4.6. Flujo de aire en el colector solar

La placa del colector solar cumple la función de absorber la radiación solar que incide sobre ella, para cumplir con este proceso es necesario la presencia de un flujo de aire proveniente del ventilador; tratándose de una transferencia de calor por convección se relacionan con el número de Nusselt, número de Reynolds y el número de Prandlt.

2.4.6.1. Número de Nusselt

EL número de Nusselt es un valor adimensional y se puede determinar por medio de la siguiente expresión matemática:

$$N_u = \frac{h \cdot L}{k} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

- N_u : Número de nusselt
- h : Coeficiente convectivo de transferencia de calor [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
- L : Longitud de la placa [m]
- k : Coeficiente de conductividad térmica [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]

2.4.6.2. Número de Reynolds

El número de Reynolds es el cociente de las fuerzas de inercia entre las fuerzas viscosas, este valor es adimensional y se puede determinar por medio de la siguiente expresión matemática:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds
- ρ : Densidad del fluido [kg/m^3]

- L: Longitud de la placa [m]
- μ : Viscosidad absoluta [kg.s/m²]

2.4.6.3. Número de Prandlt

El número de Prandlt es un valor adimensional que presenta variables como el calor específico, la viscosidad absoluta y el coeficiente de conductividad térmica.

$$P_r = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \quad \text{Ec. 18}$$

2.4.7. Calor útil

Para determinar la cantidad de calor útil en el colector solar es necesario aplicar la expresión matemática 2, que implican las variables como flujo másico, capacidad calorífica del aire, temperatura ambiente y temperatura de salida.

2.4.7.1. Calor útil en 30 mm de variación

En la siguiente tabla se pueden observar los datos por cada media hora que fueron registrados para obtener el cálculo del calor útil, teniendo una variación de 30 mm de altura. Se considera que el flujo másico es un valor constante de 0,0196 ks/s y la capacidad calorífica del aire es de 1,005 kJ/kg.K.

Tabla 2.4 Cálculo del calor útil a 30 mm de variación

Flujo másico [kg/s]	Capacidad calorífica [kJ/kg.K]	Temp. Ambiente [°C]	Temp. Salida [°C]	Calor útil [W]
0,0196	1,005	12	17,83	114,84
0,0196	1,005	12,20	17,18	98,21
0,0196	1,005	12,80	18,53	112,87
0,0196	1,005	13,60	19,79	121,88
0,0196	1,005	14,60	21,42	134,39
0,0196	1,005	14,90	21,45	129,14

0,0196	1,005	14,60	20,90	124,14
0,0196	1,005	14,90	20,12	105,03
0,0196	1,005	16	23,27	143,28
0,0196	1,005	16	23,84	154,55
0,0196	1,005	15,60	21,25	111,41
0,0196	1,005	15,50	20,7	104,75

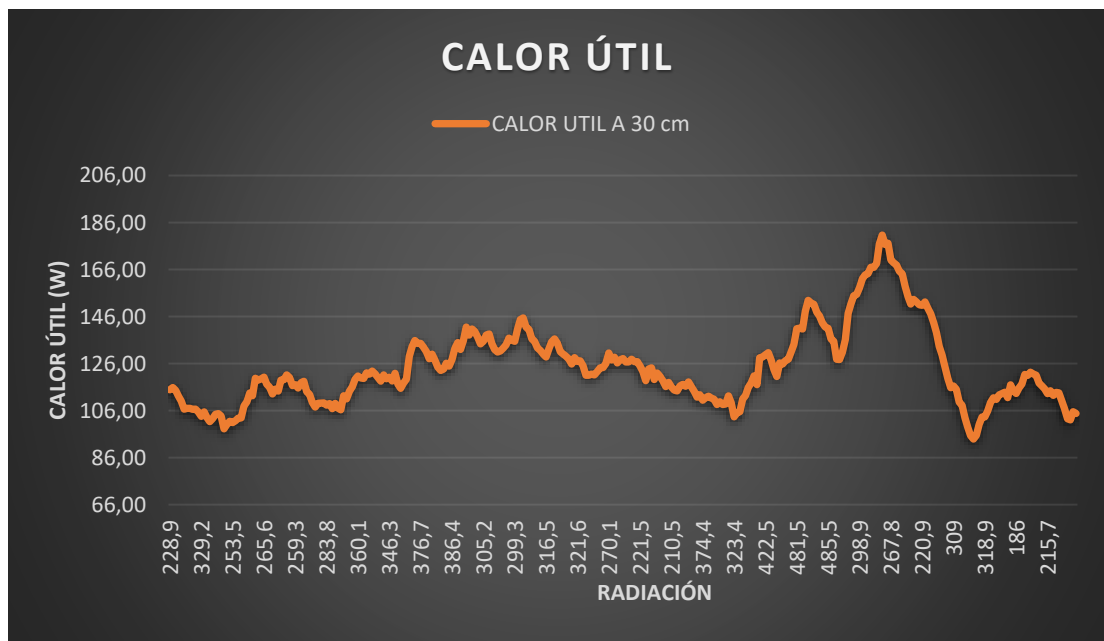


Figura 2.14 Calor útil a 30 mm

2.4.7.2. Calor útil en 50 mm de variación

En la siguiente tabla se pueden observar los datos por cada media hora que fueron registrados para obtener el cálculo del calor útil teniendo una variación de 50 mm de altura. Se considera que el flujo másico es un valor constante de 0,0196 ks/s y la capacidad calorífica del aire es de 1,005 kJ/kg.K.

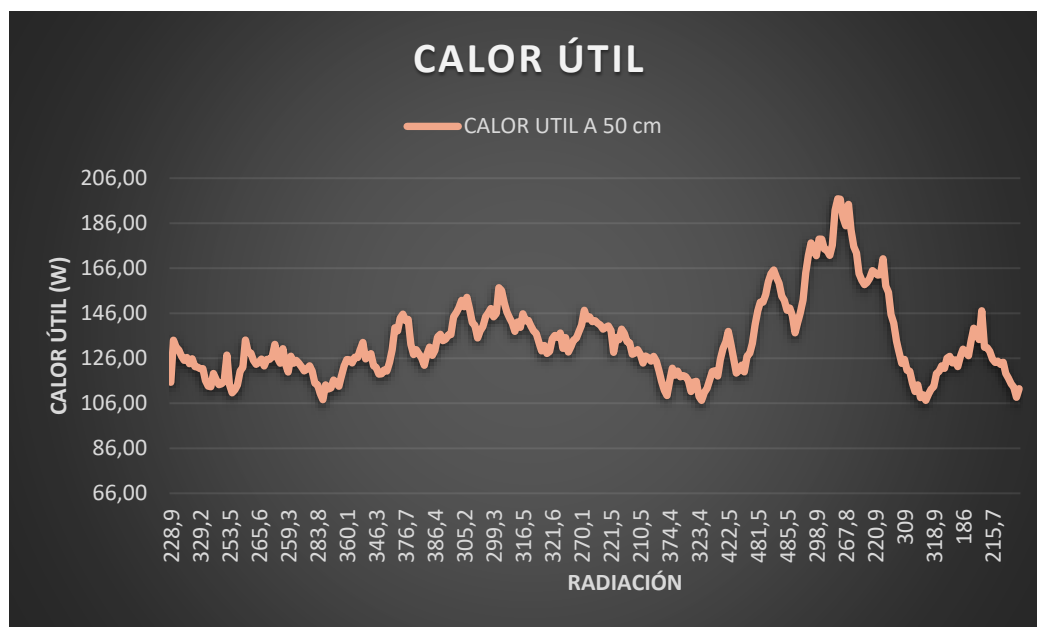


Figura 2.15 Calor útil a 50 mm

Tabla 2.5 Cálculo del calor útil a 50 mm de variación

Flujo másico [kg/s]	Capacidad calorífica [kJ/kg.K]	Temp. Ambiente [°C]	Temp. Salida [°C]	Calor útil [W]
0,0196	1,005	12	17,85	115,33
0,0196	1,005	12,20	18,01	114,60
0,0196	1,005	12,80	19	122,18
0,0196	1,005	13,60	19,64	119,09
0,0196	1,005	14,60	22,30	151,72
0,0196	1,005	14,90	21,46	129,26
0,0196	1,005	14,60	21,65	138,95
0,0196	1,005	14,90	20,34	107,28
0,0196	1,005	16	23,79	153,57
0,0196	1,005	16	24,15	160,70
0,0196	1,005	15,60	21,82	122,68
0,0196	1,005	15,50	21,04	112,51

2.4.8. Rendimiento de los colectores solares

Para determinar el rendimiento que se tiene en los colectores solares, es necesario conocer las variables como: calor útil, rendimiento óptico, cantidad de irradiación que incide sobre el colector solar y el área del colector.

$$\eta_c = \frac{Q_u}{\eta_o \cdot I_r \cdot A} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

- Q_u : Calor útil [W]
- η_o : Rendimiento óptico del colector solar
- I_r : Irradiación solar [W/m²]
- A : Área del colector solar [m²]

Utilizando las pérdidas de calor que existen en el colector solar, de igual forma existe una expresión matemática que permite determinar el valor del rendimiento, la cual se detalla a continuación:

$$\eta_c = 1 - \frac{Q_{perd}}{\eta_o \cdot I_r \cdot A} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

- Q_{perd} : Pérdida de calor útil [W]
- η_o : Rendimiento óptico del colector solar
- I_r : Irradiación solar [W/m²]
- A : Área del colector solar [m²]

2.4.8.1. Rendimiento óptico del colector

Utilizando el factor de remoción de calor del colector solar y el producto de la transmitancia - absortancia se puede encontrar el rendimiento con la expresión matemática **Ec. 21**. Los valores alcanzados se presentan en la siguiente tabla.

$$\eta = F_R \cdot (\tau\alpha) - F_R \cdot (U_L) \frac{(T_s - T_a)}{I_r} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

- n: Rendimiento del colector solar
- I_r: Irradiación solar [W/m²]
- T_s: Temperatura de salida [°K]
- T_a: Temperatura ambiente [°K]

Tabla 2.6 Valores típicos de rendimiento en colectores solares

TIPO COLECTOR	RANGO (°C)	$F_R \cdot (\tau\alpha)$	$F_R \cdot (U_L)$
Sin cubierta	10-40	0,9	15-25
Cubierta simple	10-60	0,8	7
Cubierta doble	10-80	0,65	5
Superficie selectiva	10-80	0,8	5
Tubos de vacío	10-130	0,7	2

2.4.8.2. Rendimiento en el colector solar con 30 mm de variación

En la siguiente tabla se pueden observar los datos por cada media hora que fueron registrados para obtener el cálculo del rendimiento del colector solar que tiene una variación de 30 mm de altura, se consideran los datos de una cubierta simple 0,8 y 7 respectivamente.

Tabla 2.7 Cálculo del rendimiento del colector solar a 30 mm de variación

Irradiación	Temp. Ambiente [°C]	Temp. Salida [°C]	Rendimiento	$\frac{(T_s - T_a)}{I_r}$
228,9	12	17,83	0,6217	0,025
280	12,20	17,18	0,6754	0,018

376	12,80	18,53	0,6933	0,015
352	13,60	19,79	0,6770	0,018
311,9	14,60	21,42	0,6469	0,022
345,2	14,90	21,45	0,6671	0,019
272,4	14,60	20,90	0,6381	0,023
356	14,90	20,12	0,695	0,015
452,8	16	23,27	0,6875	0,016
183,7	16	23,84	0,5010	0,043
238,6	15,60	21,25	0,6341	0,024
212,9	15,50	20,7	0,6274	0,025

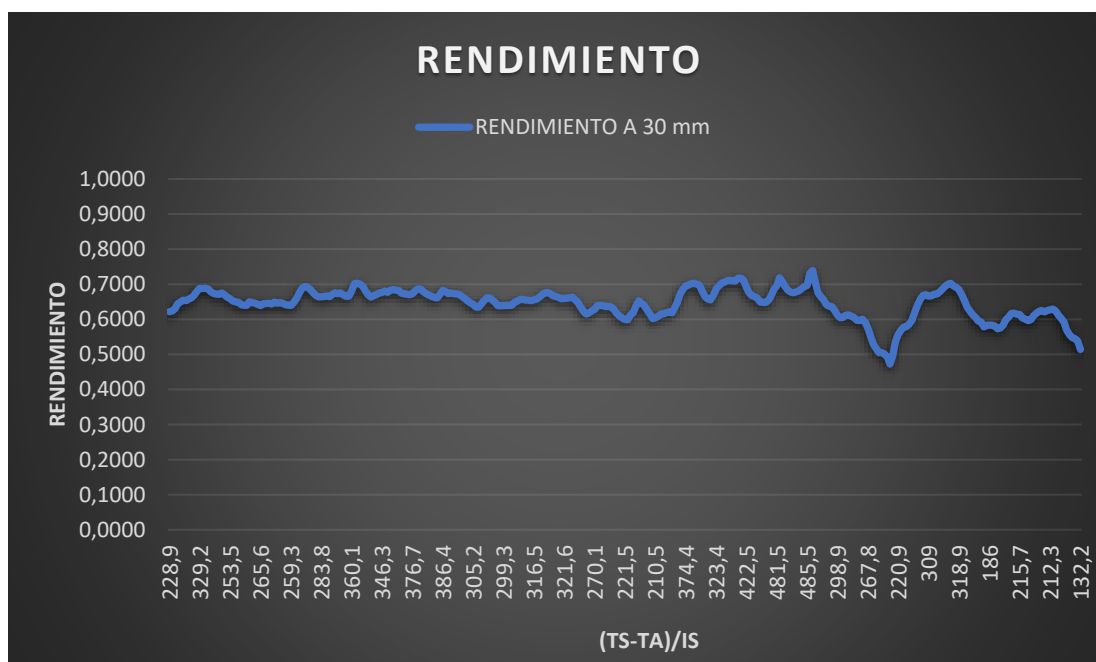


Figura 2.16 Rendimiento del colector solar a 30 mm

2.4.8.3. Rendimiento en el colector solar con 50 mm de variación

Utilizando la expresión matemática **Ec. 21**, se puede determinar el rendimiento del colector solar a 50 mm de variación, utilizando variables como la irradiación, temperatura ambiente y temperatura de salida.

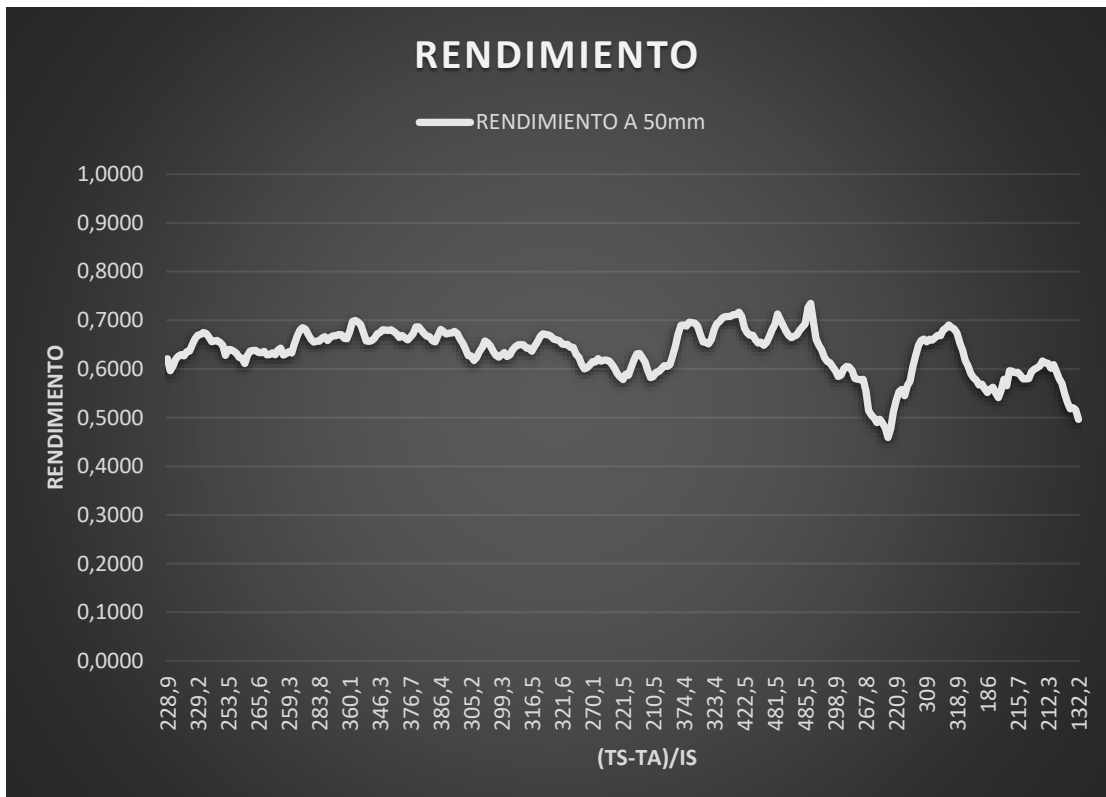


Figura 2.17 Rendimiento del colector solar a 50 mm

Tabla 2.8 Cálculo del rendimiento del colector solar a 50 mm de variación

Irradiación	Temp. Ambiente [°C]	Temp. Salida [°C]	Rendimiento	$\frac{(T_s - T_a)}{I_r}$
228,9	12	17,85	0,6209	0,026
280	12,20	18,01	0,6546	0,021
376	12,80	19	0,6845	0,016
352	13,60	19,64	0,6798	0,017
311,9	14,60	22,30	0,6271	0,025
345,2	14,90	21,46	0,6669	0,019
272,4	14,60	21,65	0,0618	0,026
356	14,90	20,34	0,6929	0,015
452,8	16	23,79	0,6795	0,017
183,7	16	24,15	0,4891	0,044
238,6	15,60	21,04	0,6173	0,026

212,9	15,50	17,85	0,6113	0,027
-------	-------	-------	--------	-------

2.7. Conclusiones

- Se propone un método matemático para el cálculo del calor útil y el rendimiento específico en el colector solar, con la variación de altura de 30 y 50 mm respectivamente, teniendo en cuenta el análisis de ecuaciones primordiales que permiten elaborar un modelo matemático.
- Se establecen procedimientos y condiciones experimentales que fundamentan las propiedades a investigar, con la finalidad de argumentar el rendimiento de los colectores solares con las variaciones de altura propuestas.

3. CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Introducción y objeto del capítulo

En el presente capítulo se pasa a detallar los diferentes valores tabulados obtenidos en el prototipo del colector solar con las variaciones de altura de 30 y 50 mm; adicional a esto se presentan las gráficas del comportamiento de la temperatura ambiente, temperatura en el vidrio, temperatura en la placa colectora, temperatura a la salida del aire, cantidad de calor útil y el rendimiento del colector solar; los valores obtenidos permiten la interpretación de los resultados del trabajo de investigación realizado.

Se plantea, además, ejecutar una comparación del rendimiento a través de criterios técnicos entre el colector solar con una variación de altura de 30 mm con el colector solar que tiene una variación de altura de 50 mm, de tal manera que se pueda analizar su funcionalidad.

3.2. Análisis de los resultados

A continuación, se realiza una comparación entre los resultados obtenidos a través de los diferentes tipos de sensores de instrumentación entre el colector solar con 30 mm de variación de altura con el colector solar que presenta 50 mm de variación de altura en la placa colectora, para lo cual se consideran los parámetros de temperatura ambiente, temperatura en el vidrio, temperatura en la placa colectora y temperatura a la salida del colector.

Estos parámetros son utilizados con el objeto de tabular la variación del rendimiento y representar gráficamente los valores obtenidos. Dentro de estas comparaciones se tiene en cuenta: temperatura de salida de aire, cantidad de calor útil y rendimiento.

3.2.1. Temperatura ambiente

Es necesario conocer la temperatura ambiente del lugar en el que se está implementado el colector solar, para lo cual –a través de los sensores instalados como la *termocupla*,

que se encarga de la medición de la temperatura ambiental– se enlistan los valores de la temperatura ambiente obtenida por hora a lo largo del día 24/09/2021 en la siguiente tabla (en el anexo 4 se enlistan los valores completos).

Tabla 3.1 Datos de temperatura ambiente

10h00	12 °C
11h00	12,8 °C
12h00	14,6 °C
13h00	14,6 °C
14h00	16 °C
15h00	15,6 °C

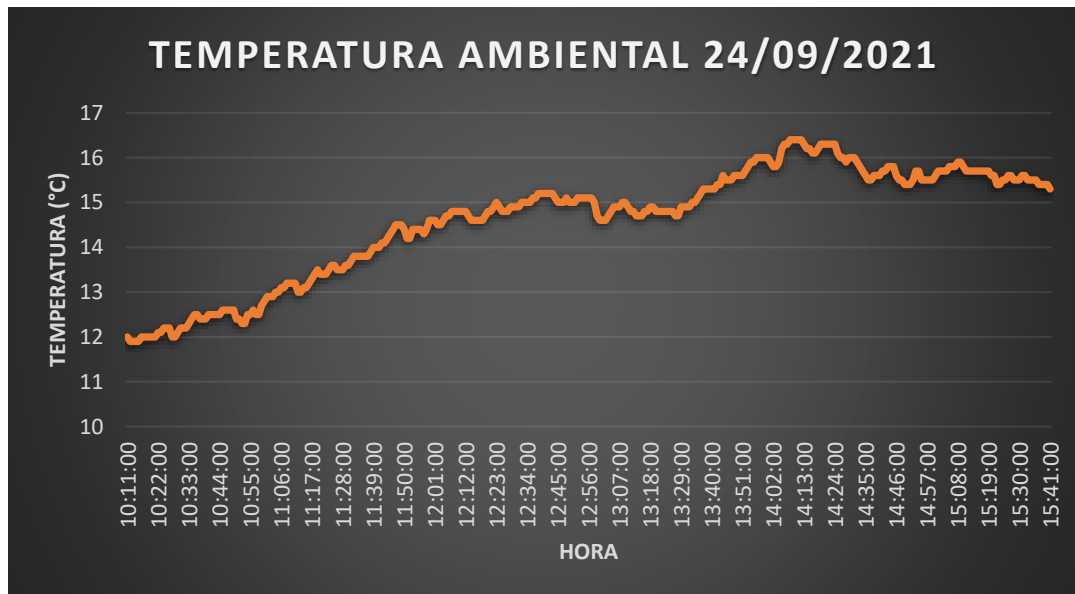


Figura 3.1 Datos de temperatura ambiental

El valor promedio de la temperatura ambiental presente en el lugar de la investigación es de 14,60 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 11,9 °C y el valor máximo que se obtiene es de 16,4 °C.

3.2.2. Datos de temperatura con una variación de 30 mm de alto

A continuación, se detallan los valores registrados de temperatura en el vidrio, en la placa colectora y a la salida en el colector solar, con variación de 30 mm de altura.

3.2.2.1. Temperatura en el vidrio

Los valores de la temperatura por hora en el vidrio del colector solar, con una variación de altura de 30 mm, se enlistan en la tabla 3.2 (en el anexo 5 se puede observar el listado completo).

Tabla 3.2 Datos de temperatura en el vidrio a 30 mm de variación

10h00	17,21 °C
11h00	18,61 °C
12h00	21,46 °C
13h00	20,96 °C
14h00	23,07 °C
15h00	21,49 °C

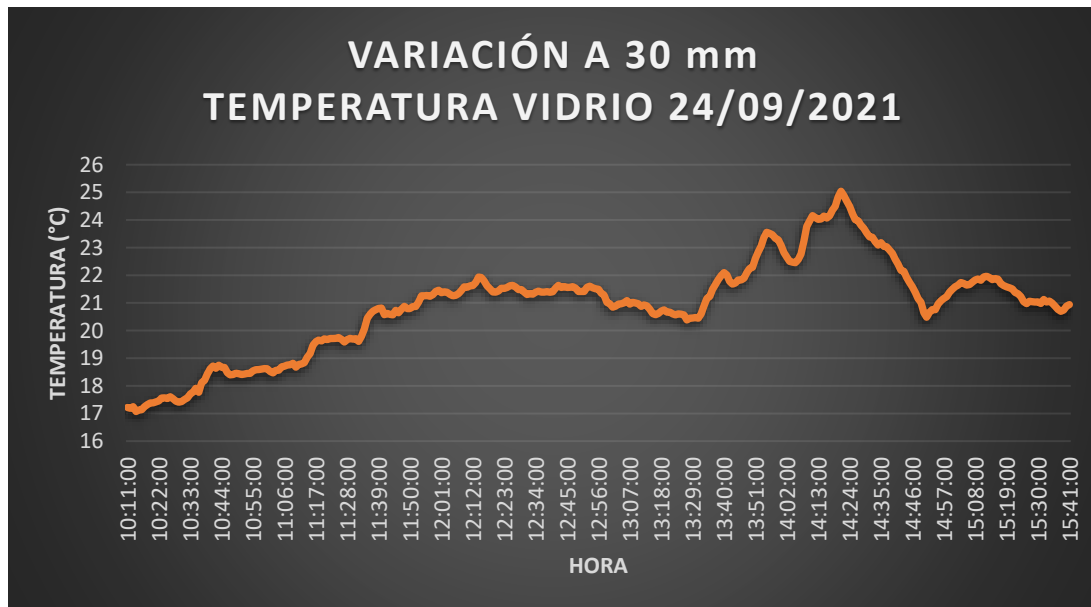


Figura 3.2 Gráfica de la temperatura en el vidrio a 30 mm de variación

El valor promedio de la temperatura en el vidrio, con una variación de 30 mm en el colector es de 20,90 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 17,07 °C y el valor máximo que se obtiene es de 25,04 °C.

3.2.2.2. Temperatura en la placa colectora

En la placa colectora se obtienen los siguientes valores de temperatura por hora, tabla 3.3, y en la figura 3.3 se obtiene una gráfica del comportamiento de la temperatura a lo largo del día (los datos tabulados completamente se encuentran en el anexo 6).

Tabla 3.3 Datos de temperatura en la placa colectora a 30 mm de variación

10h00	24,95 °C
11h00	21,49 °C
12h00	25,44 °C
13h00	23,89 °C
14h00	26,91 °C
15h00	24,69 °C

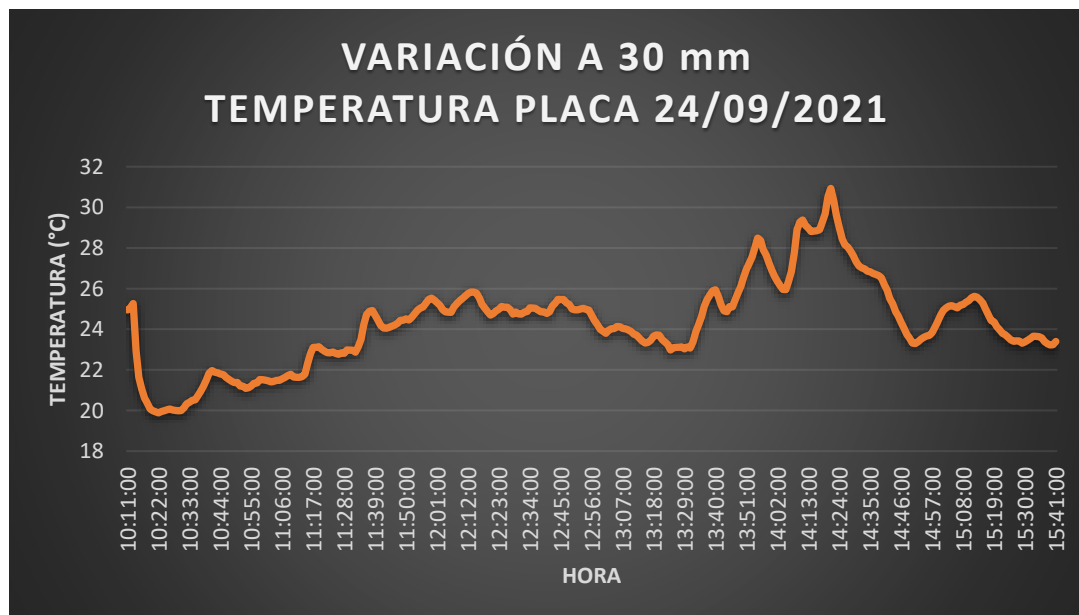


Figura 3.3 Gráfica de la temperatura en la placa colectora a 30 mm de variación

El valor promedio de la temperatura en la placa colectora con una variación de 30 mm de altura es de 24,30 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 19,88 °C y el valor máximo que se obtiene es de 30,93 °C.

3.2.2.3. Temperatura a la salida

Los valores de la temperatura por hora a la salida del colector se registran en la tabla 3.4, y en la figura 3.4 se presenta el comportamiento de la temperatura en función de cada minuto del día (los valores tabulados en su totalidad se encuentran en el anexo 7).

Tabla 3.4 Datos de temperatura a la salida a 30 mm de variación

10h00	17,83 °C
11h00	18,53 °C
12h00	21,42 °C
13h00	20,90 °C
14h00	23,27 °C
15h00	21,25 °C

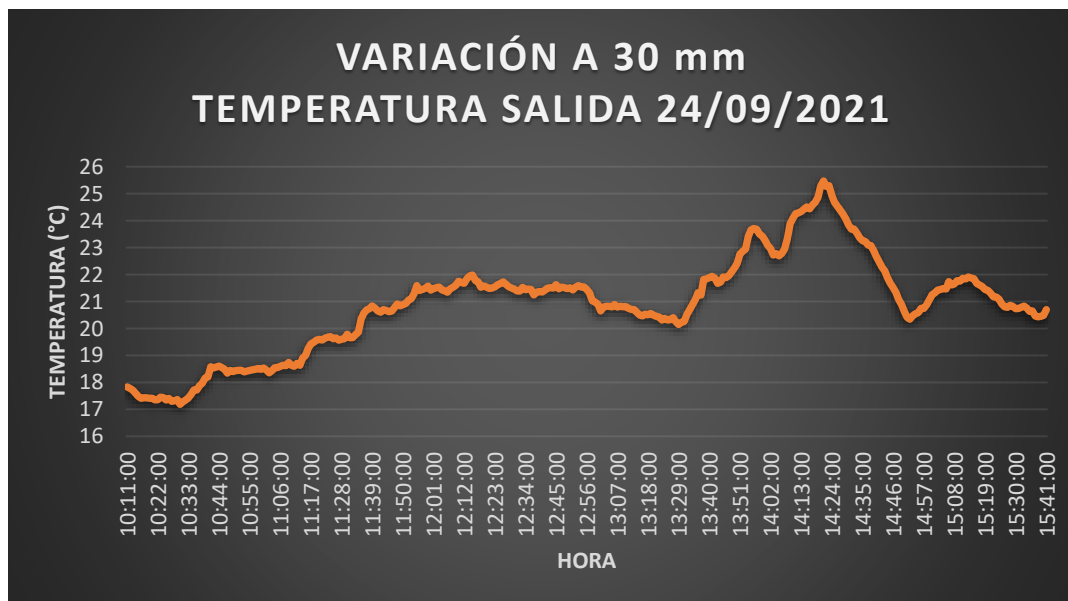


Figura 3.4 Gráfica de la temperatura a la salida del colector solar a 30 mm de variación

El valor promedio de la temperatura a la salida del colector solar con una variación de 30 mm de altura es de 20,88 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 17,47 °C y el valor máximo que se obtiene es de 17,18°C.

3.2.3. Datos de temperatura con una variación de 50 mm de alto

A continuación, se detallan los valores registrados de temperatura en el vidrio, en la placa colectora y a la salida en el colector solar con variación de 50 mm de altura.

3.2.3.1. Temperatura en el vidrio

A 50 mm de variación de altura se obtiene los siguientes valores de temperatura por hora en el vidrio, que se detallan en el cuadro 3.5, mientras que en la figura 3.5 se presenta el comportamiento de la temperatura en función al tiempo transcurrido (los valores completos se encuentran en el anexo 8).

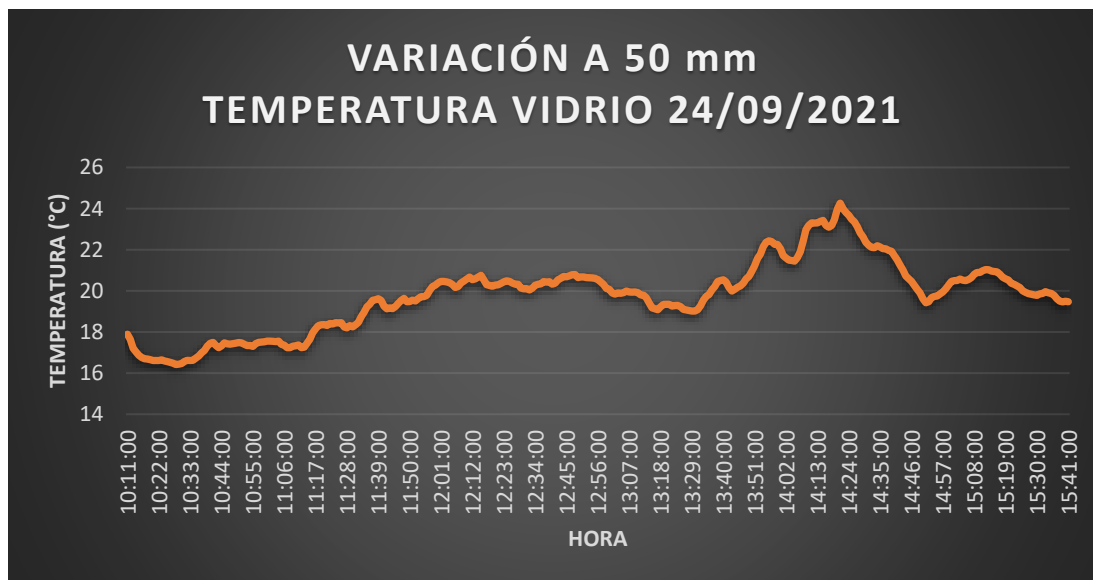


Figura 3.5 Gráfica de la temperatura a la salida del colector solar a 30 mm de variación

Tabla 3.5 Datos de temperatura en el vidrio a 50 mm de variación

10h00	17,89 °C
11h00	17,56 °C
12h00	20,39 °C

13h00	20,07 °C
14h00	22,05 °C
15h00	20,46 °C

El valor promedio de la temperatura en el vidrio, con una variación de 50 mm en el colector, es de 19,78 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 16,42 °C y el valor máximo que se obtiene es de 24,26 °C.

3.2.3.2. Temperatura en la placa colectora

A 50 mm de variación de altura, En la placa colectora, a 50 mm de variación de altura, se obtienen los valores de temperatura por hora que se detallan en la tabla 3.6, mientras que en la figura 3.6 se observa el comportamiento de la temperatura en función del tiempo (la tabulación completa de la temperatura se encuentra en el anexo 9).

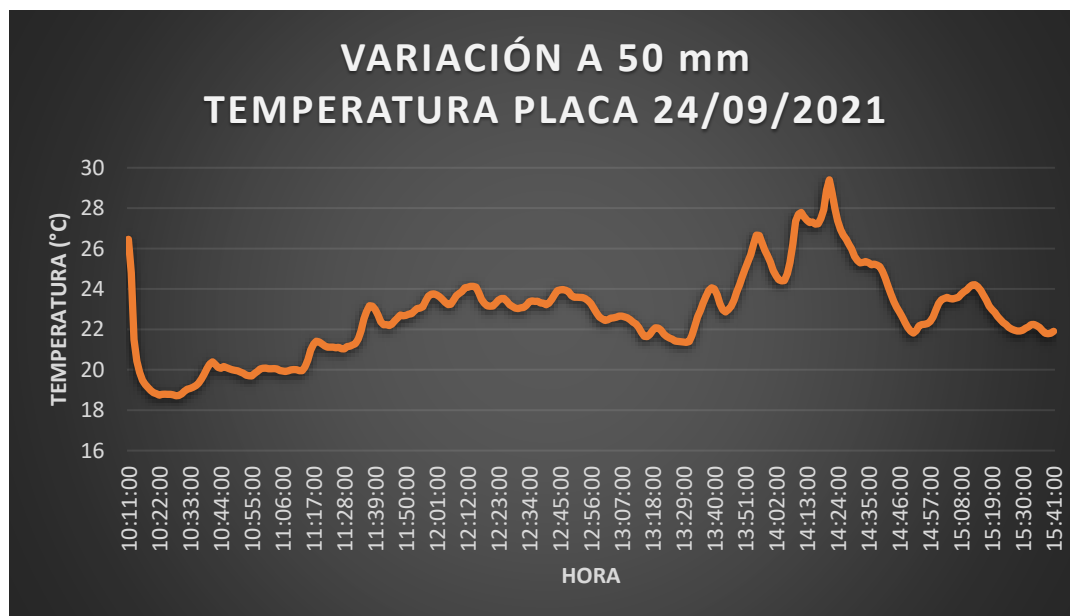


Figura 3.6 Gráfica de la temperatura en la placa colectora a 50 mm de variación

Tabla 3.6 Datos de temperatura en la placa colectora a 50 mm de variación

10h00	26,46 °C
11h00	20,08 °C

12h00	23,76 °C
13h00	22,52 °C
14h00	25,32 °C
15h00	23,28 °C

El valor promedio de la temperatura en la placa colectora a 50 mm de variación de altura es de 22,73 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 18,71 °C y el valor máximo que se obtiene es de 29,40 °C.

3.2.3.3. Temperatura a la salida

En el colector solar que presenta una variación de altura de 50 mm, los valores de la temperatura de salida por hora se registran en la tabla 3.7, y en la figura 3.7 se grafica el comportamiento de la temperatura en función del tiempo transcurrido (ver anexo 10 con el valor total de la temperatura de salida).

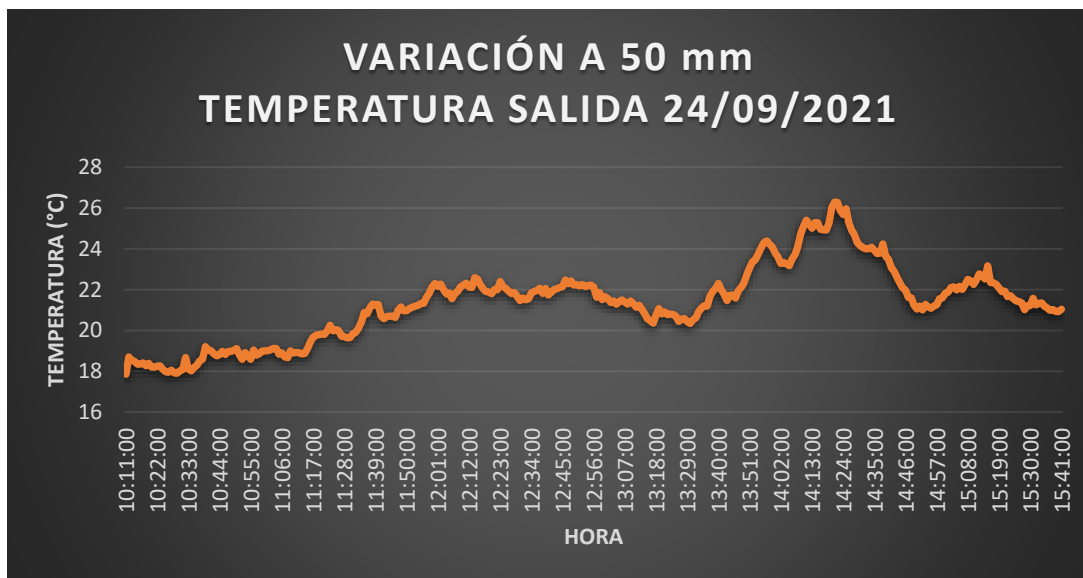


Figura 3.7 Gráfica de la temperatura de salida a 50 mm de variación

Tabla 3.7 Datos de temperatura a la salida a 50 mm de variación

10h00	17,85 °C
11h00	19 °C

12h00	22,30 °C
13h00	21,65 °C
14h00	23,79 °C
15h00	21,82 °C

El valor promedio de la temperatura a la salida del colector solar con una variación de 50 mm de altura es de 21,35 °C, mientras que el valor mínimo que se registra es de 17,85 °C y el valor máximo que se obtiene es de 26,29 °C.

3.2.4. Temperatura de salida vs radiación solar

En las siguientes tablas y las gráficas se pasa a mostrar el comportamiento de la temperatura de salida del aire del colector solar a 30 y 50 mm de variación de altura en la placa colectora con el comportamiento de la radiación solar.

3.2.4.1. Comportamiento a 30 mm de variación

En la tabla y figura 3.8 se presentan los valores de la temperatura de salida del aire del colector solar que tiene una variación de altura de 30 mm y los datos de la radiación solar obtenida por la estación meteorológico, estos valores están en función del tiempo.

Tabla 3.8 Datos de temperatura a la salida vs radiación a 30 mm de variación

Tiempo	Temperatura de salida (°C)	Radiación (W/m ²)
10h11	17,83	228,9
10h30	17,18	280
11h00	18,53	376
11h30	19,79	352
12h00	21,42	311,9
12h30	21,45	345,2
13h00	20,90	272,4
13h30	20,12	356
14h00	23,27	452,8

14h30	23,84	183,7
15h00	21,25	238,6
15h41	20,7	132,2

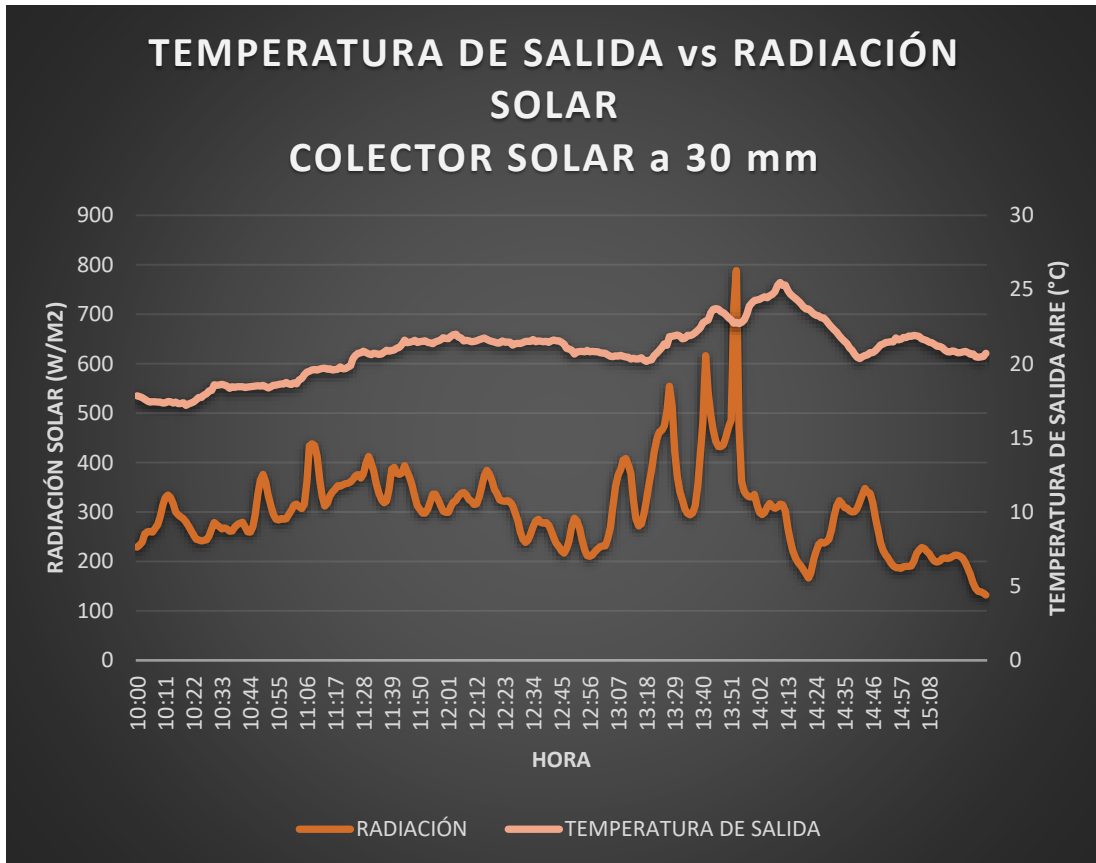


Figura 3.8 Temperatura de salida vs radiación solar a 30 mm de variación

Con una radiación solar de 788,3 W/m² se obtiene una temperatura de salida máxima de 25,47 °C, y con una radiación mínima de 132,2W/m² se tiene una temperatura de salida mínima de 17,18 °C.

3.2.4.2. Comportamiento a 50 mm de variación

Los valores de la temperatura de salida del aire del colector solar, que tiene una variación de altura de 50 mm, y los datos de la radiación solar obtenida por la estación

meteorológica, que están en relación con la función del tiempo, se representan en la tabla y figura 3.9.

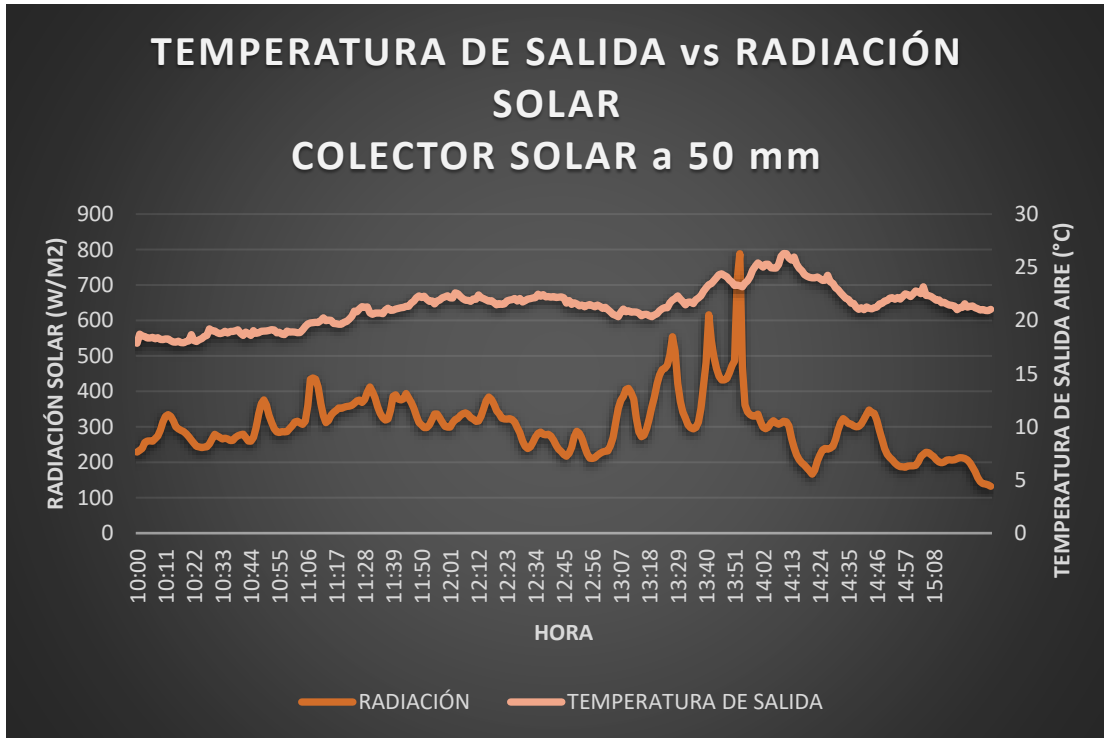


Figura 3.9 Temperatura de salida vs radiación solar a 50 mm de variación

Tabla 3.9 Datos de temperatura a la salida vs radiación a 50 mm de variación

Tiempo	Temperatura de salida (°C)	Radiación (W/m ²)
10h11	17,85	228,9
10h30	18,01	280
11h00	19	376
11h30	19,64	352
12h00	22,30	311,9
12h30	21,46	345,2
13h00	21,65	272,4
13h30	20,34	356
14h00	23,79	452,8
14h30	24,15	183,7

15h00	21,82	238,6
15h41	21,04	132,2

Con una radiación solar máxima de $788,3 \text{ W/m}^2$ se obtiene una temperatura de salida máxima de $26,29 \text{ }^\circ\text{C}$, y con una radiación mínima de $132,2 \text{ W/m}^2$ se tiene una temperatura de salida mínima de $17,85 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2.5. Comparación de temperaturas de salida del aire

A continuación, se presenta una comparación entre los rangos de temperaturas de salida de aire a 30 y 50 mm de la variación de altura del colector solar en función del tiempo transcurrido.

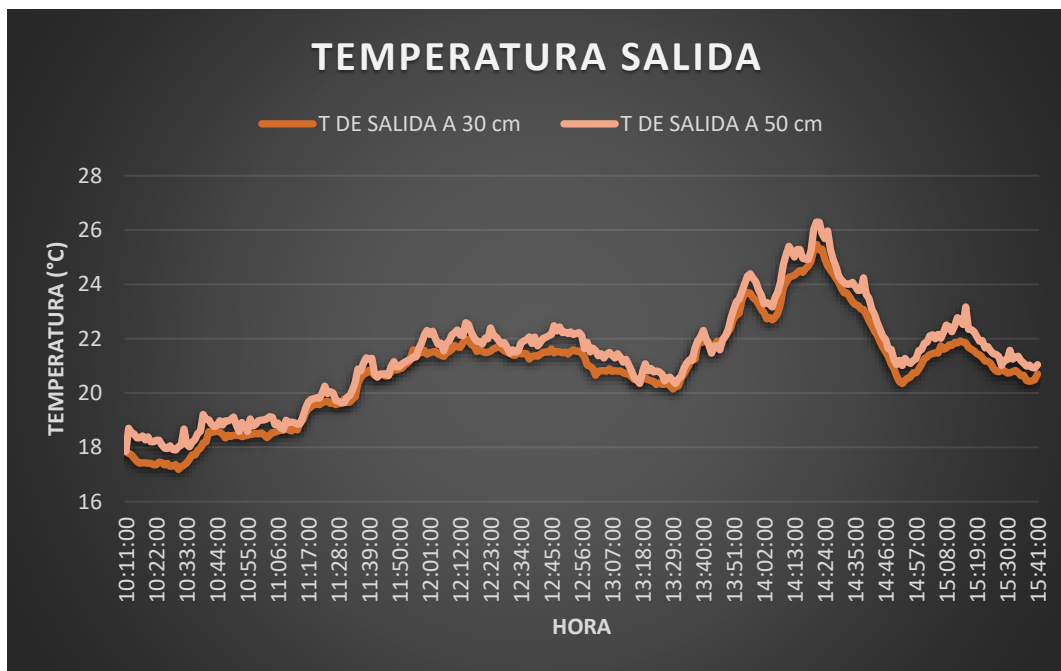


Figura 3.10 Temperatura de salida a 30 mm vs Temperatura de salida a 50 mm

Tabla 3.10 Datos de temperatura a la salida a 30 y 50 mm de variación

Tiempo	T. de salida a 30 mm ($^\circ\text{C}$)	T. de salida a 50 mm ($^\circ\text{C}$)
10h11	17,83	17,85
10h30	17,18	18,01

11h00	18,53	19
11h30	19,79	19,64
12h00	21,42	22,30
12h30	21,45	21,46
13h00	20,90	21,65
13h30	20,12	20,34
14h00	23,27	23,79
14h30	23,84	24,15
15h41	21,25	21,04

De la figura 3.10 se puede determinar que el colector solar que presenta una variación de 50 mm de altura tiene una mayor incidencia de temperatura a la salida, logrando alcanzar una temperatura máxima de 26,29 °C, mientras que el colector solar que tiene 30 mm de altura solamente presenta una temperatura máxima de 25,47 °C.

3.2.6. Comparación del calor útil entre colectores

A continuación, se presenta una comparación del calor útil del colector solar de 30 mm de variación con el colector solar de 50 mm de variación, los datos son tabulados en la tabla 3.11 cada media hora, mientras que los datos completos se pueden observar en el anexo 11.

Tabla 3.11 Datos del calor útil a 30 y 50 mm de variación

Radiación (W/m²)	Calor útil 30 mm (W)	Calor útil 50 mm (W)
228,9	114,84	115,33
280	98,21	114,60
376	112,87	122,18
352	121,88	119,09
311,9	134,39	151,72
345,2	129,14	129,26
272,4	124,14	138,95

356	105,03	107,28
452,8	143,28	153,57
183,7	154,55	160,70
238,6	111,41	122,68
212,9	104,75	112,51

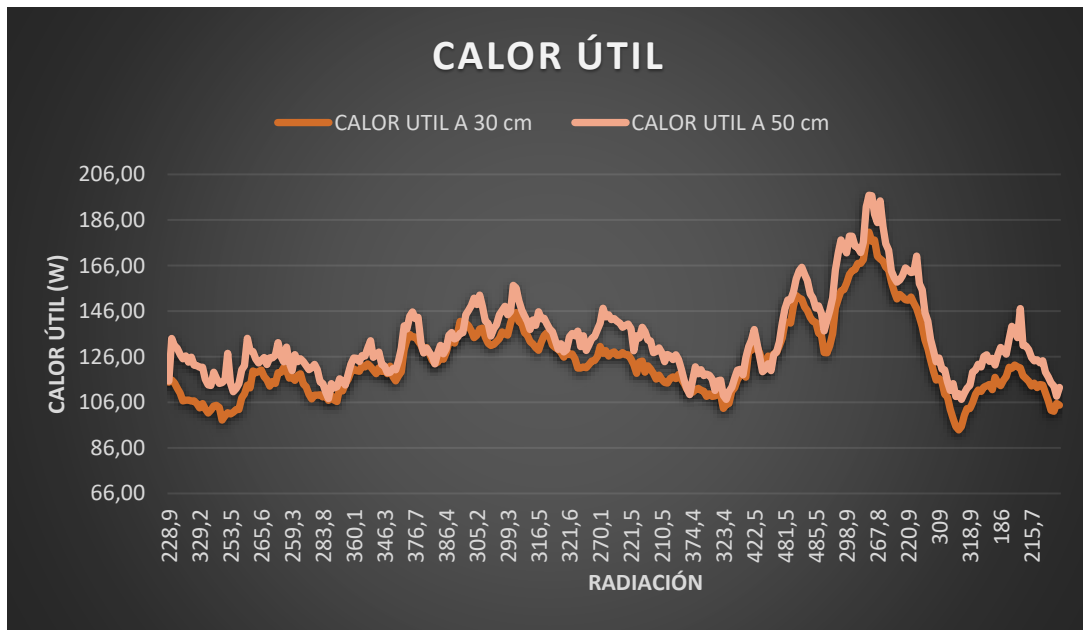


Figura 3.11 Temperatura de salida a 30 mm vs Temperatura de salida a 50 mm

De la figura 3.11 se puede determinar que el colector solar que presenta una variación de 50 mm de altura tiene valores mayores de calor útil logrando alcanzar 196,86 W de calor útil, en cambio el colector solar que tiene 30 mm de altura solamente presenta 93,88 W de calor útil máximo.

3.2.7. Rendimiento entre colectores

En la siguiente tabla se presentan los valores de la radiación solar, los valores del rendimiento del colector solar a 30 mm de variación y del colector solar a 50 mm de variación.

Tabla 3.12 Rendimiento del colector solar a 30 mm y 50 mm de variación

Radiación solar (W/m²)	Rendimiento a 30 mm	Rendimiento a 50 mm
228,9	0,6217	0,6209
280	0,6754	0,6546
376	0,6933	0,6845
352	0,6770	0,6798
311,9	0,6469	0,6271
345,2	0,6671	0,6669
272,4	0,6381	0,0618
356	0,695	0,6929
452,8	0,6875	0,6795
183,7	0,5010	0,4891
238,6	0,6341	0,6173
212,9	0,6274	0,6113

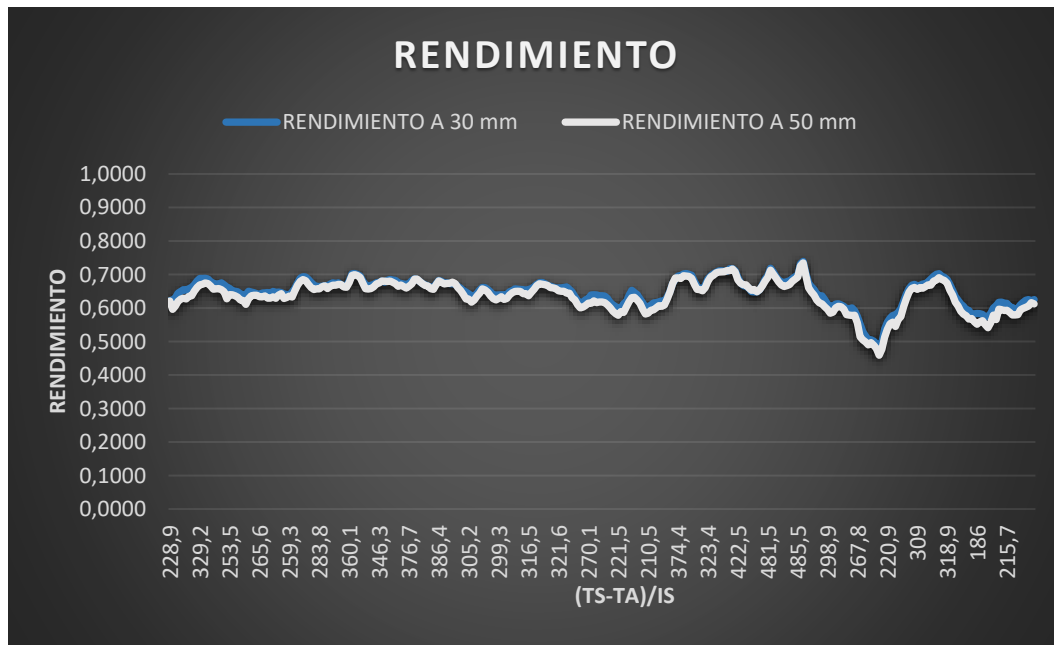


Figura 3.12 Rendimiento a 30 mm vs rendimiento a 50 mm

De la figura 3.12 se puede determinar que el colector solar que presenta una variación de 50 mm de altura presenta un rendimiento máximo de 73,46 %, un rendimiento mínimo de 45,90 % y un rendimiento promedio del 63,39 %, mientras que el colector solar de 30 mm de variación tiene un rendimiento máximo del 73,89 %, un rendimiento mínimo del 47,25 % y un rendimiento promedio del 64,61 %.

3.3. Valoraciones de la investigación

3.3.1. Valoración económica

En la construcción del prototipo del colector solar de placa plana, con una variación de altura de 30 mm y 50 mm, se utilizaron partes mecánicas como: estructura de soporte, parte electrónica para la recepción de datos, elementos aislantes como el poliuretano, cubierta de vidrio, entre otros, con los siguientes costos económicos.

Tabla 3.13 Descripción económica de los elementos mecánicos

Elementos mecánicos				
N.	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Ángulo de acero para estructura 40 x 40 x 3 mm	6 metros	\$ 8,00	\$ 8,00
2	Cubierta de vidrio 90 x 45 cm y 4 mm de espesor	1	\$ 7,00	\$ 7,00
3	Plancha de poliuretano	1	\$ 22,00	\$ 22,00
4	Plancha de aluminio 1,1 mm de espesor	1	\$ 27,00	\$ 27,00
5	Silicón	6	\$ 2,50	\$ 15,00
6	Tornillos autoperforantes	100	\$ 0,03	\$ 3,00
7	Lámina de acero galvanizado 2 mm de espesor	1	\$ 24,00	\$ 24,00
8	Electrodos E 6011 1/8	3 kg	\$ 4,00	\$ 12,00
9	Remaches 3/16 x 1/4	50	\$ 0,02	\$ 1,00
10	Pintura esmalte negro (medio litro)	1	\$ 5,00	\$ 5,00

11	Tinher (medio litro)	1	\$ 2,50	\$ 2,50
TOTAL				\$ 126,50

Tabla 3.14 Descripción económica de los elementos eléctricos y/o electrónicos

Elementos eléctricos y/o electrónicos				
N.	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Ventilador marca Stanley	1	\$ 68,00	\$ 68,00
2	Termómetro infrarrojo	1	\$ 350,00	\$ 350,00
3	Estación metereológica	1	\$ 540,00	\$ 540,00
4	Microcontrolador arduino	1	\$ 20,00	\$ 20,00
5	Sensor de temperatura	4	\$ 15,00	\$ 60,00
6	Sensor de flujo másico	1	\$ 10,00	\$ 10,00
7	Cables para microcontroladores	1	\$ 5,00	\$ 5,00
TOTAL				\$ 1053,00

Tabla 3.15 Descripción económica total

N.	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Elementos mecánicos	1	\$ 126,50	\$ 126,50
2	Elementos eléctricos y/o electrónicos	1	\$ 1053,00	\$ 1053,00
3	Imprevistos	1	\$ 100,00	\$ 100,00
TOTAL				\$ 1279,00

El proyecto de investigación de los colectores solares tiene una valoración económica de \$ 1279,00.

3.4. Conclusiones de capítulo III

- Se analizó cada uno de los resultados obtenidos de las dos variaciones de altura en el colector solar de placa plana, realizando una comparación en parámetros como temperatura de salida de aire, cantidad de calor útil y rendimiento.

- Los datos obtenidos del colector solar con su respectiva variación de altura se consiguieron en condiciones climáticas no favorables, razón por la cual se determina bajos rendimientos térmicos.

4. CONCLUSIONES GENERALES

- El colector solar cumple la función de captar la radiación proveniente del sol y la transforma en energía térmica. Para determinar su rendimiento se realizaron modificaciones en función a la altura de la placa colectora, diseñando un colector solar de 30 mm y 50 mm de variación para analizar el comportamiento del aire a la salida del colector, considerando las condiciones climáticas y ubicación geográfica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que fue el lugar en el que se implementó el prototipo.
- Se establecieron los elementos para el diseño y la construcción del colector solar de placa plana, en el que se incluyó materiales mecánicos como la estructura, cubierta de vidrio de 4 mm, una plancha de poliuretano como aislador térmico y una superficie de captación; además, se implementaron equipos electrónicos como microcontroladores y sensores de temperatura para la adquisición y registro de datos como temperatura en el vidrio, temperatura en la cámara de recolección y temperatura en la placa colectora, también se incluyó una estación meteorológica con la necesidad de registrar la radiación solar en el lugar de la ubicación del proyecto (Universidad Técnica de Cotopaxi).
- Por medio de un análisis comparativo entre la variación de altura del colector solar se pudo determinar que, con una altura de 30 mm, se obtiene una temperatura promedio en la cubierta de vidrio de 20,9 °C, una temperatura promedio en la placa colectora de 24,30 °C, una temperatura promedio de salida de 20,88 °C, la cantidad de calor máxima alcanzada es de 93,88 W y un rendimiento promedio del 64,61%; mientras que, con una altura de 50 mm, se

obtiene una temperatura promedio en la cubierta de vidrio de 19,78 °C, una temperatura promedio en la placa colectora de 22,73 °C, una temperatura promedio de salida de 21,35 °C, la cantidad de calor máxima alcanzada es de 196,86 W y un rendimiento promedio del 63,39 %,

5. RECOMENDACIONES

- Como primer punto de las recomendaciones, en el análisis, diseño y desarrollo del prototipo experimental, según las investigaciones científicas precedentes, es importante tener en cuenta las propiedades de los materiales (principalmente los que tienen que ver con la capacidad de absorción de la energía solar), ya que estos tienen un efecto significativo en el rendimiento general del colector solar de placa plana.
- Se recomienda utilizar las expresiones matemáticas planteadas y las gráficas del comportamiento de los diferentes parámetros establecidos, como metodología para futuras investigación o diseños en construcción, en el que se requiera de especificaciones puntuales sobre la transformación de la energía solar por medio de un colector de placa plana a energía térmica.
- Los elementos eléctricos y electrónicos que están implementados en el colector solar deben estar correctamente ubicados para no verse perjudicados significativamente en su correcto funcionamiento, al ser expuestos a la radiación solar y a la lluvia.
- Para futuras investigaciones que busquen mejorar el rendimiento de los colectores solares de placa plana, con un ángulo de incidencia, se recomienda considerar (aplicar) una variación de altura aproximada de 80 mm de altura entre la placa colectora y el acristalamiento, con la finalidad de analizar el comportamiento térmico, respecto a las dos mediciones que se realizaron en este proyecto de investigación.

REFERENCIAS:

- [1] S. Combs, The Energy Report, Texas Comptroller of Public Accounts, May, 2008.
- [2] A. Saxena, Varun y A. El-Sabaii, «A thermodynamic review of solar air heaters,» *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 43, n° -, pp. 863-890, 2015.
- [3] D. Farrington, J. A. Duffie y S. F. Singer, «Solar Energy Research,» *Physics Today*, vol. 9, n° -, p. 30, 1956.
- [4] ENERCITY, «Colector Solar Plano,» 23 enero 2020. [En línea]. Available: <https://energitysa.com/blog/colector-solar-plano/>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [5] G. Solare, «Historia de la energía solar,» 17 abril 2017. [En línea]. Available: <https://globalsolare.com/blog/historia-energi-asolar/>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [6] D. Farrington, J. A. Duffie y S. F. Singer, «Solar Energy Research,» *Physics Today*, vol. 9, p. 30, 1956.
- [7] F. Daniels y J. Duffie, «Solar energy research,» *Univesity of Wisconsin press*, 1955.
- [8] J. A. Duffie y W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [9] G. O. G. Lof y B. Colo, «SOLAR HEATING APPARATUS AND METHOD». United States Patente 2,680,565, 8 June 1954.
- [10] M. Telkes, «SOLAR HEATING METHOD AND APPARATUS». United States Patente 4,034,736, 12 July 1977.
- [11] G. Kurudamannil A. y P. Levinttown, «SOLAR AIR HEATER ARRAY». United States Patente 4,091,797, 30 May 1978.
- [12] F. A. Lyon y H. Harrison, «AIR-HEATING SOLAR COLLECTOR». United States Patente 4,155,344, 22 May 1979.
- [13] O. W. Vincent, «DOME SOLAR AIR HEATER». United States Patente 4,236,507, 2 December 1980.

- [14] T. L. Ryan, G. T. Kalisz y A. Winslow, «FORCED AIR SOLAR HEATING SYSTEM». United States Patente 4,278,072, 14 July 1981.
- [15] R. W. McCullough y T. A. Hewett, «SOLAR AIR HEATER». United States Patente 4,262,675, 21 April 1981.
- [16] J. J. Secamiglio, E. T. Secamiglio y A. J. Secamiglio, «WEDGESHAPED SOLAR AIR HEATING». United States Patente 4,416,255, 22 November 1983.
- [17] F. J. Brandenburg Jr., «SUN TRACKING SOLAR AIR HEATING SYSTEM». United States Patente 4,497,311, 5 February 1985.
- [18] S. Komano y K. Suzuki, «AIR TYPE SOLAR SYSTEM». United States Patente US2004/0154615A1, 12 August 2004.
- [19] P. M. Doherty, «SOLAR AIR HEATER». United States Patente US2007/0199562A1 , 30 August 2007.
- [20] J. Fairstein, «SOLAR AIR HEATING SYSTEM». United States Patente US2009/0194095A1, 6 August 2009.
- [21] J. P. McClendon, «SOLAR HEATING SYSTEM AND ARCHITECTURAL STRUCTURE WITH SOLAR HEATING SYSTEM». United States Patente US7,677,243B2, 16 March 2010.
- [22] C. Vachon, «PERFORATED TRANSPARENT GLAZING FOR HEATRECOVERY AND SOLAR AIR HEATING». United States Patente US2010/0000520A1, 7 January 2010.
- [23] P. R. Arndt, «SOLAR AIR HEATER FOR HEATING AIR FLOW». United States Patente US2010/0186734A1, 29 July 2010.
- [24] C. R. MacKay, «SOLAR AIR HEATING DEVICE». United States Patente US2011/0180058A1, 28 July 2011.
- [25] I. Tarakcioglu, «TEXTILE BASED AIR HEATER SOLAR COLLECTOR». United States Patente US2011/0297144A1, 8 December 2011.
- [26] T. D. Ryan, «CURVED TRANSPARENT SOLAR AIR HEATER AND CONDUIT». United States Patente US2011/0120449A1, 26 May 2011.
- [27] W. Hao, «Solar energy air heater». Patente CN202973585U, 2013.
- [28] M. d. D. U. y. Vivienda, «Norma Ecuatoriana de la Construcción,» Infraestructura Civil Común en Telecomunicaciones (ICCT), febrero 2018. [En

- línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-TE-Final.pdf>. [Último acceso: 18 febrero 2021].
- [29] G. E. Macchiavello Almeida y A. V. Estupiñán Trujillo, «<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>» Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 18 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-laconstruccion/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2020].
- [30] A. Koulibaly y J. J. Gonzalez Bayón, «Modelación de un colector solar para calentamiento de aire,» *Ingeniería Energética*, vol. XXXVI, n° 3, pp. 282 - 293, 2015.
- [31] A. Nieves, F. DaSilva y J. Bracamonte, «ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y DE OPERACIÓN SOBRE LA TEMPERATURA DE DESCARGA Y EFICIENCIA TÉRMICA DE UN COLECTOR SOLAR PLANO DE UNA SOLA CUBIERTA PARA CALENTAMIENTO DE AIRE,» *jifi 2014 Jornadas de Investigación Encuentro Académico Industrial*, vol. III, n° -, pp. -, 2014.
- [32] G. R. y N. Defines, «Zonas y patrones climáticos en la Región Andina,» *Revista de Economía, Universidad de Los Andes, Venezuela*, pp. 165-183, 1996.
- [33] J. Peralta, Á. López, A. Barriga, I. Sosa y E. Delgado, «Análisis estadístico de la información meteorológica para la explotación de energías renovables en el Ecuador,» de *Primer Congreso Internacional y Expo Científica Investigación Sostenible Energía Renovables y Eficiencia Energética*, Quito Ecuador, 2013.
- [34] INECEL, «Estudio del Potencial Solar y Eólico del Ecuador,» Quito, 1981.
- [35] IDAE, «Proyecto OPET América Latina y Caribe: Informe sintético,» WP4 Ecuador, España, 2005.
- [36] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020,» Quito, 2009.
- [37] J. Peralta, «Identificación y evaluación del potencial de Recursos renovables en el Ecuador y su variabilidad de desarrollo local,» CAIM III, Buenos Aires, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1 FICHAS TÉCNICAS DEL POLIURETANO AISLANTE

Fichas técnicas Poliuretano aislante

HR 15 CC3	VALORES	HR 30 CC1	VALORES	HR 45 CC1	VALORES	HR BIO PUR ECO	VALORES
COMPOSICION	Polyol + Isocianato	COMPOSICION	Polyol + Isocianato	COMPOSICION	Polyol + Isocianato	COMPOSICION	Polyol + Isocianato
CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICA	0.036 w/m*k	CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICA	0.028 w/m*k	CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICA	0.028 w/m*k	CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICA	0.028 w/m*k
CALOR ESPECIFICO	N/D	CALOR ESPECIFICO	N/D	CALOR ESPECIFICO	N/D	CALOR ESPECIFICO	N/D
REACCION AL FUEGO	Euroclase E	REACCION AL FUEGO	Euroclase E	REACCION AL FUEGO	Euroclase E	REACCION AL FUEGO	Euroclase E
RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA	5-10u	RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA	>1u	RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA	>1u	RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA	>1u
CALIDAD DE AIRE INTERIOR	A+	CALIDAD DE AIRE INTERIOR	A+	CALIDAD DE AIRE INTERIOR	A+	CALIDAD DE AIRE INTERIOR	A+
TIPO CELDAS	15% abiertas	TIPO CELDAS	97-99% cerradas	TIPO CELDAS	97-99% cerradas	TIPO CELDAS	97-99% cerradas
DENSIDAD DE APLICACIÓN RECOMENDADA	15 Kg/m ³	DENSIDAD DE APLICACIÓN RECOMENDADA	30-35 Kg/m ³	DENSIDAD DE APLICACIÓN RECOMENDADA	45-55 Kg/m ³	DENSIDAD DE APLICACIÓN RECOMENDADA	40-50 Kg/m ³

ANEXO 2 COMPORTAMIENTO TÉRMICO ELÉCTRICO TERMOPAR TIPO K

Tablas de Referencia Internacional Para Termopares Tipo K - Níquel - Cromo / Níquel - Aluminio

Según la IEC 60584-1

Esta normativa está basada en la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90). Las temperaturas se muestran en grados Celsius (t_{90}) y las salidas de f.e.m. en microvolts (μV).

f.e.m./ μV

$^{\circ}C$ (t90)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 $^{\circ}C$ (t90)	
-270	-6458									-270	
-260	-6441	-6444	-6446	-6448	-6450	-6452	-6453	-6455	-6456	-6457	-260
-250	-6404	-6408	-6413	-6417	-6421	-6425	-6429	-6432	-6435	-6438	-250
-240	-6344	-6351	-6358	-6364	-6370	-6377	-6382	-6388	-6393	-6399	-240
-230	-6262	-6271	-6280	-6289	-6297	-6306	-6314	-6322	-6329	-6337	-230
-220	-6158	-6170	-6181	-6192	-6202	-6213	-6223	-6233	-6243	-6252	-220
-210	-6035	-6048	-6061	-6074	-6087	-6099	-6111	-6123	-6135	-6147	-210
-200	-5891	-5907	-5922	-5936	-5951	-5965	-5980	-5994	-6007	-6021	-200
-190	-5730	-5747	-5763	-5780	-5797	-5813	-5829	-5845	-5861	-5876	-190
-180	-5550	-5569	-5588	-5606	-5624	-5642	-5660	-5678	-5695	-5713	-180
-170	-5354	-5374	-5395	-5415	-5435	-5454	-5474	-5493	-5512	-5531	-170
-160	-5141	-5163	-5185	-5207	-5228	-5250	-5271	-5292	-5313	-5333	-160
-150	-4913	-4936	-4960	-4983	-5006	-5029	-5052	-5074	-5097	-5119	-150
-140	-4669	-4694	-4719	-4744	-4768	-4793	-4817	-4841	-4865	-4889	-140
-130	-4411	-4437	-4463	-4490	-4516	-4542	-4567	-4593	-4618	-4644	-130
-120	-4138	-4166	-4194	-4221	-4249	-4276	-4303	-4330	-4357	-4384	-120
-110	-3852	-3882	-3911	-3939	-3968	-3997	-4025	-4054	-4082	-4110	-110
-100	-3554	-3584	-3614	-3645	-3675	-3705	-3734	-3764	-3794	-3823	-100
-90	-3243	-3274	-3306	-3337	-3368	-3400	-3431	-3462	-3492	-3523	-90
-80	-2920	-2953	-2986	-3018	-3050	-3083	-3115	-3147	-3179	-3211	-80
-70	-2587	-2620	-2654	-2688	-2721	-2755	-2788	-2821	-2854	-2887	-70
-60	-2243	-2278	-2312	-2347	-2382	-2416	-2450	-2485	-2519	-2553	-60
-50	-1889	-1925	-1961	-1996	-2032	-2067	-2103	-2138	-2173	-2208	-50
-40	-1527	-1564	-1600	-1637	-1673	-1709	-1745	-1782	-1818	-1854	-40
-30	-1156	-1194	-1231	-1268	-1305	-1343	-1380	-1417	-1453	-1490	-30
-20	-778	-816	-854	-892	-930	-968	-1006	-1043	-1081	-1119	-20
-10	-392	-431	-470	-508	-547	-586	-624	-663	-701	-739	-10
0	0	-39	-79	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353	0
0	0	39	79	119	158	198	238	277	317	357	0
10	397	437	477	517	557	597	637	677	718	758	10
20	798	838	879	919	960	1000	1041	1081	1122	1163	20
30	1203	1244	1285	1326	1366	1407	1448	1489	1530	1571	30
40	1612	1653	1694	1735	1776	1817	1858	1899	1941	1982	40
50	2023	2064	2106	2147	2188	2230	2271	2312	2354	2395	50
60	2436	2478	2519	2561	2602	2644	2685	2727	2768	2810	60
70	2851	2893	2934	2976	3017	3059	3100	3142	3184	3225	70
80	3267	3308	3350	3391	3433	3474	3516	3557	3599	3640	80
90	3682	3723	3765	3806	3848	3889	3931	3972	4013	4055	90
100	4096	4138	4179	4220	4262	4303	4344	4385	4427	4468	100
110	4509	4550	4591	4633	4674	4715	4756	4797	4838	4879	110
120	4920	4961	5002	5043	5084	5124	5165	5206	5247	5288	120
130	5328	5369	5410	5450	5491	5532	5572	5613	5653	5694	130
140	5735	5775	5815	5856	5896	5937	5977	6017	6058	6098	140
150	6138	6179	6219	6259	6299	6339	6380	6420	6460	6500	150
160	6540	6580	6620	6660	6701	6741	6781	6821	6861	6901	160
170	6941	6981	7021	7060	7100	7140	7180	7220	7260	7300	170
180	7340	7380	7420	7460	7500	7540	7579	7619	7659	7699	180
190	7739	7779	7819	7859	7899	7939	7979	8019	8059	8099	190
200	8138	8178	8218	8258	8298	8338	8378	8418	8458	8499	200
210	8539	8579	8619	8659	8699	8739	8779	8819	8860	8900	210
220	8940	8980	9020	9061	9101	9141	9181	9222	9262	9302	220
230	9343	9383	9423	9464	9504	9545	9585	9626	9666	9707	230
240	9747	9788	9828	9869	9909	9950	9991	10031	10072	10113	240
250	10153	10194	10235	10276	10316	10357	10398	10439	10480	10520	250
260	10561	10602	10643	10684	10725	10766	10807	10848	10889	10930	260
270	10971	11012	11053	11094	11135	11176	11217	11259	11300	11341	270
280	11382	11423	11465	11506	11547	11588	11630	11671	11712	11753	280
290	11795	11836	11877	11919	11960	12001	12043	12084	12126	12167	290

f.e.m./ μ V											$^{\circ}$ C (t_{90})
$^{\circ}$ C (t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$^{\circ}$ C (t_{90})
300	12209	12250	12291	12333	12374	12416	12457	12499	12540	12582	300
310	12624	12665	12707	12748	12790	12831	12873	12915	12956	12998	310
320	13040	13081	13123	13165	13206	13248	13290	13331	13373	13415	320
330	13457	13498	13540	13582	13624	13665	13707	13749	13791	13833	330
340	13874	13916	13958	14000	14042	14084	14126	14167	14209	14251	340
350	14293	14335	14377	14419	14461	14503	14545	14587	14629	14671	350
360	14713	14755	14797	14839	14881	14923	14965	15007	15049	15091	360
370	15133	15175	15217	15259	15301	15343	15385	15427	15469	15511	370
380	15554	15596	15638	15680	15722	15764	15806	15849	15891	15933	380
390	15975	16017	16059	16102	16144	16186	16228	16270	16313	16355	390
400	16397	16439	16482	16524	16566	16608	16651	16693	16735	16778	400
410	16820	16862	16904	16947	16989	17031	17074	17116	17158	17201	410
420	17243	17285	17328	17370	17413	17455	17497	17540	17582	17624	420
430	17667	17709	17752	17794	17837	17879	17921	17964	18006	18049	430
440	18091	18134	18176	18218	18261	18303	18346	18388	18431	18473	440
450	18516	18558	18601	18643	18686	18728	18771	18813	18856	18898	450
460	18941	18983	19026	19068	19111	19154	19196	19239	19281	19324	460
470	19366	19409	19451	19494	19537	19579	19622	19664	19707	19750	470
480	19792	19835	19877	19920	19962	20005	20048	20090	20133	20175	480
490	20218	20261	20303	20346	20389	20431	20474	20516	20559	20602	490
500	20644	20687	20730	20772	20815	20857	20900	20943	20985	21028	500
510	21071	21113	21156	21199	21241	21284	21326	21369	21412	21454	510
520	21497	21540	21582	21625	21668	21710	21753	21796	21838	21881	520
530	21924	21966	22009	22052	22094	22137	22179	22222	22265	22307	530
540	22350	22393	22435	22478	22521	22563	22606	22649	22691	22734	540
550	22776	22819	22862	22904	22947	22990	23032	23075	23117	23160	550
560	23203	23245	23288	23331	23373	23416	23458	23501	23544	23586	560
570	23629	23671	23714	23757	23799	23842	23884	23927	23970	24012	570
580	24055	24097	24140	24182	24225	24267	24310	24353	24395	24438	580
590	24480	24523	24565	24608	24650	24693	24735	24778	24820	24863	590
600	24905	24948	24990	25033	25075	25118	25160	25203	25245	25288	600
610	25330	25373	25415	25458	25500	25543	25585	25627	25670	25712	610
620	25755	25797	25840	25882	25924	25967	26009	26052	26094	26136	620
630	26179	26221	26263	26306	26348	26390	26433	26475	26517	26560	630
640	26602	26644	26687	26729	26771	26814	26856	26898	26940	26983	640
650	27025	27067	27109	27152	27194	27236	27278	27320	27363	27405	650
660	27447	27489	27531	27574	27616	27658	27700	27742	27784	27826	660
670	27869	27911	27953	27995	28037	28079	28121	28163	28205	28247	670
680	28289	28332	28374	28416	28458	28500	28542	28584	28626	28668	680
690	28710	28752	28794	28835	28877	28919	28961	29003	29045	29087	690
700	29129	29171	29213	29255	29297	29338	29380	29422	29464	29506	700
710	29548	29589	29631	29673	29715	29757	29798	29840	29882	29924	710
720	29965	30007	30049	30090	30132	30174	30216	30257	30299	30341	720
730	30382	30424	30466	30507	30549	30590	30632	30674	30715	30757	730
740	30798	30840	30881	30923	30964	31006	31047	31089	31130	31172	740
750	31213	31255	31296	31338	31379	31421	31462	31504	31545	31586	750
760	31628	31669	31710	31752	31793	31834	31876	31917	31958	32000	760
770	32041	32082	32124	32165	32206	32247	32289	32330	32371	32412	770
780	32453	32495	32536	32577	32618	32659	32700	32742	32783	32824	780
790	32865	32906	32947	32988	33029	33070	33111	33152	33193	33234	790
800	33275	33316	33357	33398	33439	33480	33521	33562	33603	33644	800
810	33685	33726	33767	33808	33848	33889	33930	33971	34012	34053	810
820	34093	34134	34175	34216	34257	34297	34338	34379	34420	34460	820
830	34501	34542	34582	34623	34664	34704	34745	34786	34826	34867	830
840	34908	34948	34989	35029	35070	35110	35151	35192	35232	35273	840
850	35313	35354	35394	35435	35475	35516	35556	35596	35637	35677	850
860	35718	35758	35798	35839	35879	35920	35960	36000	36041	36081	860
870	36121	36162	36202	36242	36282	36323	36363	36403	36443	36484	870
880	36524	36564	36604	36644	36685	36725	36765	36805	36845	36885	880
890	36925	36965	37006	37046	37086	37126	37166	37206	37246	37286	890

ANEXO 3 DATOS DE LA RADIACIÓN SOLAR UTC

TIEMPO	RADIACIÓN (w/m2)		
24/9/2021 10:11	228,9	24/9/2021 12:56	221,5
24/9/2021 10:12	233,5	24/9/2021 12:57	216,8
24/9/2021 10:13	239,3	24/9/2021 12:58	225,5
24/9/2021 10:14	255,9	24/9/2021 12:59	242,2
24/9/2021 10:15	259,8	24/9/2021 13:00	272,4
24/9/2021 10:16	260,4	24/9/2021 13:01	287,4
24/9/2021 10:17	259,3	24/9/2021 13:02	281,6
24/9/2021 10:18	266,7	24/9/2021 13:03	267,4
24/9/2021 10:19	273,7	24/9/2021 13:04	243,8
24/9/2021 10:20	290,1	24/9/2021 13:05	223,8
24/9/2021 10:21	313,1	24/9/2021 13:06	211,8
24/9/2021 10:22	329,2	24/9/2021 13:07	210,5
24/9/2021 10:23	334,2	24/9/2021 13:08	212,9
24/9/2021 10:24	329,2	24/9/2021 13:09	219,7
24/9/2021 10:25	317,1	24/9/2021 13:10	224,9
24/9/2021 10:26	300	24/9/2021 13:11	229,4
24/9/2021 10:27	294,2	24/9/2021 13:12	231,2
24/9/2021 10:28	290,1	24/9/2021 13:13	231,8
24/9/2021 10:29	286,3	24/9/2021 13:14	246,7
24/9/2021 10:30	280	24/9/2021 13:15	268,5
24/9/2021 10:31	271,9	24/9/2021 13:16	311,9
24/9/2021 10:32	262,7	24/9/2021 13:17	351,5
24/9/2021 10:33	253,5	24/9/2021 13:18	374,4
24/9/2021 10:34	244,9	24/9/2021 13:19	385,9
24/9/2021 10:35	243,3	24/9/2021 13:20	405,3
24/9/2021 10:36	241,5	24/9/2021 13:21	408,2
24/9/2021 10:37	242,7	24/9/2021 13:22	395,6
24/9/2021 10:38	243,8	24/9/2021 13:23	377,8
24/9/2021 10:39	251,9	24/9/2021 13:24	324
24/9/2021 10:40	266,1	24/9/2021 13:25	285,6
24/9/2021 10:41	278,7	24/9/2021 13:26	271,9
24/9/2021 10:42	274,1	24/9/2021 13:27	275,9
24/9/2021 10:43	270,1	24/9/2021 13:28	295,3
24/9/2021 10:44	265,6	24/9/2021 13:29	323,4
24/9/2021 10:45	267,8	24/9/2021 13:30	356
24/9/2021 10:46	265,6	24/9/2021 13:31	384,1
24/9/2021 10:47	261,1	24/9/2021 13:32	420,1
24/9/2021 10:48	261,6	24/9/2021 13:33	446
24/9/2021 10:49	269,6	24/9/2021 13:34	461,5
24/9/2021 10:50	274,8	24/9/2021 13:35	464,9
		24/9/2021 13:36	474,1

24/9/2021 10:51	277,5	24/9/2021 13:37	503,3
24/9/2021 10:52	279,3	24/9/2021 13:38	554,2
24/9/2021 10:53	269,6	24/9/2021 13:39	513,5
24/9/2021 10:54	259,8	24/9/2021 13:40	422,5
24/9/2021 10:55	259,3	24/9/2021 13:41	372
24/9/2021 10:56	269,6	24/9/2021 13:42	341,2
24/9/2021 10:57	296,4	24/9/2021 13:43	324,5
24/9/2021 10:58	336,6	24/9/2021 13:44	305,6
24/9/2021 10:59	365,2	24/9/2021 13:45	297,1
24/9/2021 11:00	376	24/9/2021 13:46	294,2
24/9/2021 11:01	361,2	24/9/2021 13:47	297,6
24/9/2021 11:02	332,6	24/9/2021 13:48	313,1
24/9/2021 11:03	313,1	24/9/2021 13:49	352
24/9/2021 11:04	294,8	24/9/2021 13:50	416,7
24/9/2021 11:05	285,6	24/9/2021 13:51	481,5
24/9/2021 11:06	283,8	24/9/2021 13:52	616
24/9/2021 11:07	286,7	24/9/2021 13:53	542,2
24/9/2021 11:08	285,6	24/9/2021 13:54	497
24/9/2021 11:09	286,3	24/9/2021 13:55	464,9
24/9/2021 11:10	295,3	24/9/2021 13:56	442,6
24/9/2021 11:11	303,4	24/9/2021 13:57	432,2
24/9/2021 11:12	313,7	24/9/2021 13:58	432,2
24/9/2021 11:13	316	24/9/2021 13:59	436,3
24/9/2021 11:14	310,8	24/9/2021 14:00	452,8
24/9/2021 11:15	306,8	24/9/2021 14:01	472,3
24/9/2021 11:16	316	24/9/2021 14:02	485,5
24/9/2021 11:17	360,1	24/9/2021 14:03	712,7
24/9/2021 11:18	433,9	24/9/2021 14:04	788,3
24/9/2021 11:19	437,9	24/9/2021 14:05	469,4
24/9/2021 11:20	434,5	24/9/2021 14:06	361,8
24/9/2021 11:21	412,7	24/9/2021 14:07	341,8
24/9/2021 11:22	365,7	24/9/2021 14:08	334,2
24/9/2021 11:23	331,5	24/9/2021 14:09	330,3
24/9/2021 11:24	311,9	24/9/2021 14:10	330,3
24/9/2021 11:25	317,8	24/9/2021 14:11	335,5
24/9/2021 11:26	332,6	24/9/2021 14:12	314,8
24/9/2021 11:27	340,5	24/9/2021 14:13	298,9
24/9/2021 11:28	346,3	24/9/2021 14:14	294,8
24/9/2021 11:29	353,1	24/9/2021 14:15	298,9
24/9/2021 11:30	352	24/9/2021 14:16	310,2
24/9/2021 11:31	354,9	24/9/2021 14:17	317,1
24/9/2021 11:32	357,2	24/9/2021 14:18	310,8

24/9/2021 11:33	358,3	24/9/2021 14:19	307,4
24/9/2021 11:34	360,7	24/9/2021 14:20	310,2
24/9/2021 11:35	366,4	24/9/2021 14:21	316
24/9/2021 11:36	373,3	24/9/2021 14:22	314,2
24/9/2021 11:37	375,6	24/9/2021 14:23	302,2
24/9/2021 11:38	368,6	24/9/2021 14:24	267,8
24/9/2021 11:39	376,7	24/9/2021 14:25	241,5
24/9/2021 11:40	397,8	24/9/2021 14:26	220,4
24/9/2021 11:41	412,2	24/9/2021 14:27	207,1
24/9/2021 11:42	399	24/9/2021 14:28	197,9
24/9/2021 11:43	381,9	24/9/2021 14:29	191,6
24/9/2021 11:44	356,7	24/9/2021 14:30	183,7
24/9/2021 11:45	337,8	24/9/2021 14:31	175,6
24/9/2021 11:46	325,2	24/9/2021 14:32	166,4
24/9/2021 11:47	318,9	24/9/2021 14:33	177,9
24/9/2021 11:48	322,3	24/9/2021 14:34	203,7
24/9/2021 11:49	346,8	24/9/2021 14:35	220,9
24/9/2021 11:50	386,4	24/9/2021 14:36	234,6
24/9/2021 11:51	390,4	24/9/2021 14:37	239,3
24/9/2021 11:52	378,3	24/9/2021 14:38	237
24/9/2021 11:53	376	24/9/2021 14:39	239,7
24/9/2021 11:54	378,9	24/9/2021 14:40	244,9
24/9/2021 11:55	393,8	24/9/2021 14:41	263,8
24/9/2021 11:56	381,2	24/9/2021 14:42	291,3
24/9/2021 11:57	369,3	24/9/2021 14:43	311,9
24/9/2021 11:58	352	24/9/2021 14:44	322,9
24/9/2021 11:59	330,3	24/9/2021 14:45	317,1
24/9/2021 12:00	311,9	24/9/2021 14:46	309
24/9/2021 12:01	305,2	24/9/2021 14:47	307,9
24/9/2021 12:02	297,6	24/9/2021 14:48	302,7
24/9/2021 12:03	297,6	24/9/2021 14:49	300
24/9/2021 12:04	305,6	24/9/2021 14:50	301,1
24/9/2021 12:05	320,5	24/9/2021 14:51	307,9
24/9/2021 12:06	336	24/9/2021 14:52	321,1
24/9/2021 12:07	336	24/9/2021 14:53	334,9
24/9/2021 12:08	325,2	24/9/2021 14:54	347,5
24/9/2021 12:09	313,1	24/9/2021 14:55	340,5
24/9/2021 12:10	301,6	24/9/2021 14:56	337,8
24/9/2021 12:11	299,3	24/9/2021 14:57	318,9
24/9/2021 12:12	299,3	24/9/2021 14:58	289
24/9/2021 12:13	311,4	24/9/2021 14:59	264,5
24/9/2021 12:14	320,5	24/9/2021 15:00	238,6

24/9/2021 12:15	323,4	24/9/2021 15:01	222,6
24/9/2021 12:16	332	24/9/2021 15:02	213,4
24/9/2021 12:17	337,1	24/9/2021 15:03	206,6
24/9/2021 12:18	339,4	24/9/2021 15:04	197,4
24/9/2021 12:19	334,9	24/9/2021 15:05	191,1
24/9/2021 12:20	325,7	24/9/2021 15:06	187,8
24/9/2021 12:21	321,6	24/9/2021 15:07	187,1
24/9/2021 12:22	315,3	24/9/2021 15:08	186
24/9/2021 12:23	316,5	24/9/2021 15:09	189,4
24/9/2021 12:24	330,3	24/9/2021 15:10	190
24/9/2021 12:25	351,5	24/9/2021 15:11	190
24/9/2021 12:26	373,8	24/9/2021 15:12	191,1
24/9/2021 12:27	384,1	24/9/2021 15:13	200,8
24/9/2021 12:28	376,7	24/9/2021 15:14	215,7
24/9/2021 12:29	363	24/9/2021 15:15	222,6
24/9/2021 12:30	345,2	24/9/2021 15:16	228,3
24/9/2021 12:31	336,6	24/9/2021 15:17	226,7
24/9/2021 12:32	324,5	24/9/2021 15:18	220,9
24/9/2021 12:33	322,3	24/9/2021 15:19	215,7
24/9/2021 12:34	321,6	24/9/2021 15:20	207,1
24/9/2021 12:35	322,9	24/9/2021 15:21	200,8
24/9/2021 12:36	320,5	24/9/2021 15:22	198,6
24/9/2021 12:37	313,1	24/9/2021 15:23	200,8
24/9/2021 12:38	297,6	24/9/2021 15:24	206
24/9/2021 12:39	283,3	24/9/2021 15:25	207,1
24/9/2021 12:40	259,8	24/9/2021 15:26	206
24/9/2021 12:41	244,9	24/9/2021 15:27	207,1
24/9/2021 12:42	238,6	24/9/2021 15:28	210
24/9/2021 12:43	242,7	24/9/2021 15:29	212,9
24/9/2021 12:44	255,3	24/9/2021 15:30	212,3
24/9/2021 12:45	270,1	24/9/2021 15:31	210,5
24/9/2021 12:46	281,6	24/9/2021 15:32	206,6
24/9/2021 12:47	285	24/9/2021 15:33	197,9
24/9/2021 12:48	278,7	24/9/2021 15:34	186
24/9/2021 12:49	277,5	24/9/2021 15:35	173,4
24/9/2021 12:50	278,7	24/9/2021 15:36	156,3
24/9/2021 12:51	273,7	24/9/2021 15:37	145,3
24/9/2021 12:52	262,2	24/9/2021 15:38	139,6
24/9/2021 12:53	247,8	24/9/2021 15:39	138,5
24/9/2021 12:54	236,4	24/9/2021 15:40	136,1
24/9/2021 12:55	230,1	24/9/2021 15:41	132,2

ANEXO 4 DATOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL UTC

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
24/9/2021 10:11	12	24/9/2021 12:56	15,1
24/9/2021 10:12	11,9	24/9/2021 12:57	15,1
24/9/2021 10:13	11,9	24/9/2021 12:58	15
24/9/2021 10:14	11,9	24/9/2021 12:59	14,7
24/9/2021 10:15	11,9	24/9/2021 13:00	14,6
24/9/2021 10:16	12	24/9/2021 13:01	14,6
24/9/2021 10:17	12	24/9/2021 13:02	14,6
24/9/2021 10:18	12	24/9/2021 13:03	14,7
24/9/2021 10:19	12	24/9/2021 13:04	14,8
24/9/2021 10:20	12	24/9/2021 13:05	14,9
24/9/2021 10:21	12	24/9/2021 13:06	14,9
24/9/2021 10:22	12,1	24/9/2021 13:07	14,9
24/9/2021 10:23	12,1	24/9/2021 13:08	15
24/9/2021 10:24	12,2	24/9/2021 13:09	15
24/9/2021 10:25	12,2	24/9/2021 13:10	14,9
24/9/2021 10:26	12,2	24/9/2021 13:11	14,8
24/9/2021 10:27	12	24/9/2021 13:12	14,8
24/9/2021 10:28	12	24/9/2021 13:13	14,7
24/9/2021 10:29	12,1	24/9/2021 13:14	14,7
24/9/2021 10:30	12,2	24/9/2021 13:15	14,7
24/9/2021 10:31	12,2	24/9/2021 13:16	14,8
24/9/2021 10:32	12,2	24/9/2021 13:17	14,8
24/9/2021 10:33	12,3	24/9/2021 13:18	14,9
24/9/2021 10:34	12,4	24/9/2021 13:19	14,9
24/9/2021 10:35	12,5	24/9/2021 13:20	14,8
24/9/2021 10:36	12,5	24/9/2021 13:21	14,8
24/9/2021 10:37	12,4	24/9/2021 13:22	14,8
24/9/2021 10:38	12,4	24/9/2021 13:23	14,8
24/9/2021 10:39	12,4	24/9/2021 13:24	14,8
24/9/2021 10:40	12,5	24/9/2021 13:25	14,8
24/9/2021 10:41	12,5	24/9/2021 13:26	14,8
24/9/2021 10:42	12,5	24/9/2021 13:27	14,7
24/9/2021 10:43	12,5	24/9/2021 13:28	14,7
24/9/2021 10:44	12,5	24/9/2021 13:29	14,9
24/9/2021 10:45	12,6	24/9/2021 13:30	14,9
24/9/2021 10:46	12,6	24/9/2021 13:31	14,9
24/9/2021 10:47	12,6	24/9/2021 13:32	14,9
24/9/2021 10:48	12,6	24/9/2021 13:33	15
24/9/2021 10:49	12,6	24/9/2021 13:34	15
24/9/2021 10:50	12,4	24/9/2021 13:35	15,1
		24/9/2021 13:36	15,2

24/9/2021 10:51	12,4	24/9/2021 13:37	15,3
24/9/2021 10:52	12,3	24/9/2021 13:38	15,3
24/9/2021 10:53	12,3	24/9/2021 13:39	15,3
24/9/2021 10:54	12,5	24/9/2021 13:40	15,3
24/9/2021 10:55	12,5	24/9/2021 13:41	15,3
24/9/2021 10:56	12,6	24/9/2021 13:42	15,4
24/9/2021 10:57	12,5	24/9/2021 13:43	15,4
24/9/2021 10:58	12,5	24/9/2021 13:44	15,6
24/9/2021 10:59	12,7	24/9/2021 13:45	15,5
24/9/2021 11:00	12,8	24/9/2021 13:46	15,5
24/9/2021 11:01	12,9	24/9/2021 13:47	15,5
24/9/2021 11:02	12,9	24/9/2021 13:48	15,6
24/9/2021 11:03	12,9	24/9/2021 13:49	15,6
24/9/2021 11:04	13	24/9/2021 13:50	15,6
24/9/2021 11:05	13	24/9/2021 13:51	15,6
24/9/2021 11:06	13,1	24/9/2021 13:52	15,7
24/9/2021 11:07	13,1	24/9/2021 13:53	15,8
24/9/2021 11:08	13,2	24/9/2021 13:54	15,9
24/9/2021 11:09	13,2	24/9/2021 13:55	15,9
24/9/2021 11:10	13,2	24/9/2021 13:56	16
24/9/2021 11:11	13,2	24/9/2021 13:57	16
24/9/2021 11:12	13	24/9/2021 13:58	16
24/9/2021 11:13	13	24/9/2021 13:59	16
24/9/2021 11:14	13,1	24/9/2021 14:00	16
24/9/2021 11:15	13,1	24/9/2021 14:01	15,9
24/9/2021 11:16	13,2	24/9/2021 14:02	15,8
24/9/2021 11:17	13,3	24/9/2021 14:03	15,8
24/9/2021 11:18	13,4	24/9/2021 14:04	15,9
24/9/2021 11:19	13,5	24/9/2021 14:05	16,2
24/9/2021 11:20	13,4	24/9/2021 14:06	16,3
24/9/2021 11:21	13,4	24/9/2021 14:07	16,3
24/9/2021 11:22	13,4	24/9/2021 14:08	16,4
24/9/2021 11:23	13,5	24/9/2021 14:09	16,4
24/9/2021 11:24	13,6	24/9/2021 14:10	16,4
24/9/2021 11:25	13,6	24/9/2021 14:11	16,4
24/9/2021 11:26	13,5	24/9/2021 14:12	16,4
24/9/2021 11:27	13,5	24/9/2021 14:13	16,3
24/9/2021 11:28	13,5	24/9/2021 14:14	16,2
24/9/2021 11:29	13,6	24/9/2021 14:15	16,2
24/9/2021 11:30	13,6	24/9/2021 14:16	16,1
24/9/2021 11:31	13,7	24/9/2021 14:17	16,1
24/9/2021 11:32	13,8	24/9/2021 14:18	16,2

24/9/2021 11:33	13,8	24/9/2021 14:19	16,3
24/9/2021 11:34	13,8	24/9/2021 14:20	16,3
24/9/2021 11:35	13,8	24/9/2021 14:21	16,3
24/9/2021 11:36	13,8	24/9/2021 14:22	16,3
24/9/2021 11:37	13,8	24/9/2021 14:23	16,3
24/9/2021 11:38	13,9	24/9/2021 14:24	16,3
24/9/2021 11:39	14	24/9/2021 14:25	16,1
24/9/2021 11:40	14	24/9/2021 14:26	16
24/9/2021 11:41	14	24/9/2021 14:27	16
24/9/2021 11:42	14,1	24/9/2021 14:28	15,9
24/9/2021 11:43	14,1	24/9/2021 14:29	16
24/9/2021 11:44	14,2	24/9/2021 14:30	16
24/9/2021 11:45	14,3	24/9/2021 14:31	16
24/9/2021 11:46	14,4	24/9/2021 14:32	15,9
24/9/2021 11:47	14,5	24/9/2021 14:33	15,8
24/9/2021 11:48	14,5	24/9/2021 14:34	15,7
24/9/2021 11:49	14,5	24/9/2021 14:35	15,6
24/9/2021 11:50	14,4	24/9/2021 14:36	15,5
24/9/2021 11:51	14,2	24/9/2021 14:37	15,5
24/9/2021 11:52	14,2	24/9/2021 14:38	15,6
24/9/2021 11:53	14,4	24/9/2021 14:39	15,6
24/9/2021 11:54	14,4	24/9/2021 14:40	15,6
24/9/2021 11:55	14,4	24/9/2021 14:41	15,7
24/9/2021 11:56	14,4	24/9/2021 14:42	15,7
24/9/2021 11:57	14,3	24/9/2021 14:43	15,8
24/9/2021 11:58	14,4	24/9/2021 14:44	15,8
24/9/2021 11:59	14,6	24/9/2021 14:45	15,8
24/9/2021 12:00	14,6	24/9/2021 14:46	15,6
24/9/2021 12:01	14,6	24/9/2021 14:47	15,5
24/9/2021 12:02	14,5	24/9/2021 14:48	15,5
24/9/2021 12:03	14,5	24/9/2021 14:49	15,4
24/9/2021 12:04	14,6	24/9/2021 14:50	15,4
24/9/2021 12:05	14,7	24/9/2021 14:51	15,4
24/9/2021 12:06	14,7	24/9/2021 14:52	15,5
24/9/2021 12:07	14,8	24/9/2021 14:53	15,7
24/9/2021 12:08	14,8	24/9/2021 14:54	15,7
24/9/2021 12:09	14,8	24/9/2021 14:55	15,5
24/9/2021 12:10	14,8	24/9/2021 14:56	15,5
24/9/2021 12:11	14,8	24/9/2021 14:57	15,5
24/9/2021 12:12	14,8	24/9/2021 14:58	15,5
24/9/2021 12:13	14,7	24/9/2021 14:59	15,5
24/9/2021 12:14	14,6	24/9/2021 15:00	15,6

24/9/2021 12:15	14,6	24/9/2021 15:01	15,7
24/9/2021 12:16	14,6	24/9/2021 15:02	15,7
24/9/2021 12:17	14,6	24/9/2021 15:03	15,7
24/9/2021 12:18	14,6	24/9/2021 15:04	15,7
24/9/2021 12:19	14,7	24/9/2021 15:05	15,8
24/9/2021 12:20	14,8	24/9/2021 15:06	15,8
24/9/2021 12:21	14,8	24/9/2021 15:07	15,8
24/9/2021 12:22	14,9	24/9/2021 15:08	15,9
24/9/2021 12:23	15	24/9/2021 15:09	15,9
24/9/2021 12:24	14,9	24/9/2021 15:10	15,8
24/9/2021 12:25	14,8	24/9/2021 15:11	15,7
24/9/2021 12:26	14,8	24/9/2021 15:12	15,7
24/9/2021 12:27	14,8	24/9/2021 15:13	15,7
24/9/2021 12:28	14,9	24/9/2021 15:14	15,7
24/9/2021 12:29	14,9	24/9/2021 15:15	15,7
24/9/2021 12:30	14,9	24/9/2021 15:16	15,7
24/9/2021 12:31	14,9	24/9/2021 15:17	15,7
24/9/2021 12:32	15	24/9/2021 15:18	15,7
24/9/2021 12:33	15	24/9/2021 15:19	15,7
24/9/2021 12:34	15	24/9/2021 15:20	15,6
24/9/2021 12:35	15	24/9/2021 15:21	15,6
24/9/2021 12:36	15,1	24/9/2021 15:22	15,4
24/9/2021 12:37	15,1	24/9/2021 15:23	15,4
24/9/2021 12:38	15,2	24/9/2021 15:24	15,5
24/9/2021 12:39	15,2	24/9/2021 15:25	15,5
24/9/2021 12:40	15,2	24/9/2021 15:26	15,6
24/9/2021 12:41	15,2	24/9/2021 15:27	15,6
24/9/2021 12:42	15,2	24/9/2021 15:28	15,5
24/9/2021 12:43	15,2	24/9/2021 15:29	15,5
24/9/2021 12:44	15,1	24/9/2021 15:30	15,5
24/9/2021 12:45	15	24/9/2021 15:31	15,6
24/9/2021 12:46	15	24/9/2021 15:32	15,6
24/9/2021 12:47	15	24/9/2021 15:33	15,5
24/9/2021 12:48	15,1	24/9/2021 15:34	15,5
24/9/2021 12:49	15	24/9/2021 15:35	15,5
24/9/2021 12:50	15	24/9/2021 15:36	15,5
24/9/2021 12:51	15	24/9/2021 15:37	15,4
24/9/2021 12:52	15,1	24/9/2021 15:38	15,4
24/9/2021 12:53	15,1	24/9/2021 15:39	15,4
24/9/2021 12:54	15,1	24/9/2021 15:40	15,4
24/9/2021 12:55	15,1	24/9/2021 15:41	15,3

ANEXO 5 DATOS DE TEMPERATURA EN EL VIDRIO EN 30 mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
24/9/2021 10:11	17,215	24/9/2021 12:56	221,5
24/9/2021 10:12	17,19	24/9/2021 12:57	216,8
24/9/2021 10:13	17,244	24/9/2021 12:58	225,5
24/9/2021 10:14	17,072	24/9/2021 12:59	242,2
24/9/2021 10:15	17,124	24/9/2021 13:00	272,4
24/9/2021 10:16	17,134	24/9/2021 13:01	287,4
24/9/2021 10:17	17,244	24/9/2021 13:02	281,6
24/9/2021 10:18	17,322	24/9/2021 13:03	267,4
24/9/2021 10:19	17,38	24/9/2021 13:04	243,8
24/9/2021 10:20	17,38	24/9/2021 13:05	223,8
24/9/2021 10:21	17,42	24/9/2021 13:06	211,8
24/9/2021 10:22	17,454	24/9/2021 13:07	210,5
24/9/2021 10:23	17,556	24/9/2021 13:08	212,9
24/9/2021 10:24	17,564	24/9/2021 13:09	219,7
24/9/2021 10:25	17,54	24/9/2021 13:10	224,9
24/9/2021 10:26	17,61	24/9/2021 13:11	229,4
24/9/2021 10:27	17,53	24/9/2021 13:12	231,2
24/9/2021 10:28	17,442	24/9/2021 13:13	231,8
24/9/2021 10:29	17,406	24/9/2021 13:14	246,7
24/9/2021 10:30	17,43	24/9/2021 13:15	268,5
24/9/2021 10:31	17,504	24/9/2021 13:16	311,9
24/9/2021 10:32	17,562	24/9/2021 13:17	351,5
24/9/2021 10:33	17,704	24/9/2021 13:18	374,4
24/9/2021 10:34	17,778	24/9/2021 13:19	385,9
24/9/2021 10:35	17,912	24/9/2021 13:20	405,3
24/9/2021 10:36	17,77	24/9/2021 13:21	408,2
24/9/2021 10:37	18,114	24/9/2021 13:22	395,6
24/9/2021 10:38	18,198	24/9/2021 13:23	377,8
24/9/2021 10:39	18,43	24/9/2021 13:24	324
24/9/2021 10:40	18,618	24/9/2021 13:25	285,6
24/9/2021 10:41	18,718	24/9/2021 13:26	271,9
24/9/2021 10:42	18,638	24/9/2021 13:27	275,9
24/9/2021 10:43	18,744	24/9/2021 13:28	295,3
24/9/2021 10:44	18,672	24/9/2021 13:29	323,4
24/9/2021 10:45	18,664	24/9/2021 13:30	356
24/9/2021 10:46	18,476	24/9/2021 13:31	384,1
24/9/2021 10:47	18,398	24/9/2021 13:32	420,1
24/9/2021 10:48	18,408	24/9/2021 13:33	446
24/9/2021 10:49	18,458	24/9/2021 13:34	461,5
24/9/2021 10:50	18,44	24/9/2021 13:35	464,9
		24/9/2021 13:36	474,1

24/9/2021 10:51	18,41	24/9/2021 13:37	503,3
24/9/2021 10:52	18,428	24/9/2021 13:38	554,2
24/9/2021 10:53	18,452	24/9/2021 13:39	513,5
24/9/2021 10:54	18,45	24/9/2021 13:40	422,5
24/9/2021 10:55	18,544	24/9/2021 13:41	372
24/9/2021 10:56	18,585	24/9/2021 13:42	341,2
24/9/2021 10:57	18,588	24/9/2021 13:43	324,5
24/9/2021 10:58	18,608	24/9/2021 13:44	305,6
24/9/2021 10:59	18,63	24/9/2021 13:45	297,1
24/9/2021 11:00	18,6175	24/9/2021 13:46	294,2
24/9/2021 11:01	18,522	24/9/2021 13:47	297,6
24/9/2021 11:02	18,466	24/9/2021 13:48	313,1
24/9/2021 11:03	18,56	24/9/2021 13:49	352
24/9/2021 11:04	18,568	24/9/2021 13:50	416,7
24/9/2021 11:05	18,686	24/9/2021 13:51	481,5
24/9/2021 11:06	18,7125	24/9/2021 13:52	616
24/9/2021 11:07	18,754	24/9/2021 13:53	542,2
24/9/2021 11:08	18,76	24/9/2021 13:54	497
24/9/2021 11:09	18,814	24/9/2021 13:55	464,9
24/9/2021 11:10	18,68	24/9/2021 13:56	442,6
24/9/2021 11:11	18,776	24/9/2021 13:57	432,2
24/9/2021 11:12	18,79	24/9/2021 13:58	432,2
24/9/2021 11:13	18,838	24/9/2021 13:59	436,3
24/9/2021 11:14	19,032	24/9/2021 14:00	452,8
24/9/2021 11:15	19,166	24/9/2021 14:01	472,3
24/9/2021 11:16	19,468	24/9/2021 14:02	485,5
24/9/2021 11:17	19,594	24/9/2021 14:03	712,7
24/9/2021 11:18	19,656	24/9/2021 14:04	788,3
24/9/2021 11:19	19,626	24/9/2021 14:05	469,4
24/9/2021 11:20	19,702	24/9/2021 14:06	361,8
24/9/2021 11:21	19,67	24/9/2021 14:07	341,8
24/9/2021 11:22	19,71	24/9/2021 14:08	334,2
24/9/2021 11:23	19,714	24/9/2021 14:09	330,3
24/9/2021 11:24	19,716	24/9/2021 14:10	330,3
24/9/2021 11:25	19,7475	24/9/2021 14:11	335,5
24/9/2021 11:26	19,68	24/9/2021 14:12	314,8
24/9/2021 11:27	19,586	24/9/2021 14:13	298,9
24/9/2021 11:28	19,674	24/9/2021 14:14	294,8
24/9/2021 11:29	19,72	24/9/2021 14:15	298,9
24/9/2021 11:30	19,69	24/9/2021 14:16	310,2
24/9/2021 11:31	19,706	24/9/2021 14:17	317,1
24/9/2021 11:32	19,61	24/9/2021 14:18	310,8

24/9/2021 11:33	19,794	24/9/2021 14:19	307,4
24/9/2021 11:34	20,058	24/9/2021 14:20	310,2
24/9/2021 11:35	20,44	24/9/2021 14:21	316
24/9/2021 11:36	20,592	24/9/2021 14:22	314,2
24/9/2021 11:37	20,698	24/9/2021 14:23	302,2
24/9/2021 11:38	20,752	24/9/2021 14:24	267,8
24/9/2021 11:39	20,798	24/9/2021 14:25	241,5
24/9/2021 11:40	20,814	24/9/2021 14:26	220,4
24/9/2021 11:41	20,574	24/9/2021 14:27	207,1
24/9/2021 11:42	20,618	24/9/2021 14:28	197,9
24/9/2021 11:43	20,588	24/9/2021 14:29	191,6
24/9/2021 11:44	20,568	24/9/2021 14:30	183,7
24/9/2021 11:45	20,732	24/9/2021 14:31	175,6
24/9/2021 11:46	20,646	24/9/2021 14:32	166,4
24/9/2021 11:47	20,772	24/9/2021 14:33	177,9
24/9/2021 11:48	20,878	24/9/2021 14:34	203,7
24/9/2021 11:49	20,796	24/9/2021 14:35	220,9
24/9/2021 11:50	20,796	24/9/2021 14:36	234,6
24/9/2021 11:51	20,868	24/9/2021 14:37	239,3
24/9/2021 11:52	20,872	24/9/2021 14:38	237
24/9/2021 11:53	21,03	24/9/2021 14:39	239,7
24/9/2021 11:54	21,258	24/9/2021 14:40	244,9
24/9/2021 11:55	21,258	24/9/2021 14:41	263,8
24/9/2021 11:56	21,268	24/9/2021 14:42	291,3
24/9/2021 11:57	21,24	24/9/2021 14:43	311,9
24/9/2021 11:58	21,298	24/9/2021 14:44	322,9
24/9/2021 11:59	21,412	24/9/2021 14:45	317,1
24/9/2021 12:00	21,46	24/9/2021 14:46	309
24/9/2021 12:01	21,37	24/9/2021 14:47	307,9
24/9/2021 12:02	21,4	24/9/2021 14:48	302,7
24/9/2021 12:03	21,382	24/9/2021 14:49	300
24/9/2021 12:04	21,312	24/9/2021 14:50	301,1
24/9/2021 12:05	21,258	24/9/2021 14:51	307,9
24/9/2021 12:06	21,27	24/9/2021 14:52	321,1
24/9/2021 12:07	21,34	24/9/2021 14:53	334,9
24/9/2021 12:08	21,446	24/9/2021 14:54	347,5
24/9/2021 12:09	21,582	24/9/2021 14:55	340,5
24/9/2021 12:10	21,566	24/9/2021 14:56	337,8
24/9/2021 12:11	21,616	24/9/2021 14:57	318,9
24/9/2021 12:12	21,63	24/9/2021 14:58	289
24/9/2021 12:13	21,74	24/9/2021 14:59	264,5
24/9/2021 12:14	21,932	24/9/2021 15:00	238,6

24/9/2021 12:15	21,916	24/9/2021 15:01	222,6
24/9/2021 12:16	21,79	24/9/2021 15:02	213,4
24/9/2021 12:17	21,618	24/9/2021 15:03	206,6
24/9/2021 12:18	21,512	24/9/2021 15:04	197,4
24/9/2021 12:19	21,394	24/9/2021 15:05	191,1
24/9/2021 12:20	21,392	24/9/2021 15:06	187,8
24/9/2021 12:21	21,43	24/9/2021 15:07	187,1
24/9/2021 12:22	21,53	24/9/2021 15:08	186
24/9/2021 12:23	21,522	24/9/2021 15:09	189,4
24/9/2021 12:24	21,558	24/9/2021 15:10	190
24/9/2021 12:25	21,624	24/9/2021 15:11	190
24/9/2021 12:26	21,632	24/9/2021 15:12	191,1
24/9/2021 12:27	21,574	24/9/2021 15:13	200,8
24/9/2021 12:28	21,486	24/9/2021 15:14	215,7
24/9/2021 12:29	21,486	24/9/2021 15:15	222,6
24/9/2021 12:30	21,388	24/9/2021 15:16	228,3
24/9/2021 12:31	21,304	24/9/2021 15:17	226,7
24/9/2021 12:32	21,336	24/9/2021 15:18	220,9
24/9/2021 12:33	21,316	24/9/2021 15:19	215,7
24/9/2021 12:34	21,384	24/9/2021 15:20	207,1
24/9/2021 12:35	21,424	24/9/2021 15:21	200,8
24/9/2021 12:36	21,388	24/9/2021 15:22	198,6
24/9/2021 12:37	21,392	24/9/2021 15:23	200,8
24/9/2021 12:38	21,41	24/9/2021 15:24	206
24/9/2021 12:39	21,382	24/9/2021 15:25	207,1
24/9/2021 12:40	21,402	24/9/2021 15:26	206
24/9/2021 12:41	21,538	24/9/2021 15:27	207,1
24/9/2021 12:42	21,632	24/9/2021 15:28	210
24/9/2021 12:43	21,556	24/9/2021 15:29	212,9
24/9/2021 12:44	21,594	24/9/2021 15:30	212,3
24/9/2021 12:45	21,56	24/9/2021 15:31	210,5
24/9/2021 12:46	21,566	24/9/2021 15:32	206,6
24/9/2021 12:47	21,59	24/9/2021 15:33	197,9
24/9/2021 12:48	21,536	24/9/2021 15:34	186
24/9/2021 12:49	21,416	24/9/2021 15:35	173,4
24/9/2021 12:50	21,416	24/9/2021 15:36	156,3
24/9/2021 12:51	21,412	24/9/2021 15:37	145,3
24/9/2021 12:52	21,562	24/9/2021 15:38	139,6
24/9/2021 12:53	21,606	24/9/2021 15:39	138,5
24/9/2021 12:54	21,546	24/9/2021 15:40	136,1
24/9/2021 12:55	21,51	24/9/2021 15:41	132,2

ANEXO 6 DATOS DE LA TEMPERATURA EN LA PLACA COLLECTORA

30mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
		24/9/2021 12:56	15,1
24/9/2021 10:11	24,95	24/9/2021 12:57	15,1
24/9/2021 10:12	25,07	24/9/2021 12:58	15
24/9/2021 10:13	25,264	24/9/2021 12:59	14,7
24/9/2021 10:14	22,942	24/9/2021 13:00	14,6
24/9/2021 10:15	21,644	24/9/2021 13:01	14,6
24/9/2021 10:16	21,068	24/9/2021 13:02	14,6
24/9/2021 10:17	20,61	24/9/2021 13:03	14,7
24/9/2021 10:18	20,362	24/9/2021 13:04	14,8
24/9/2021 10:19	20,07	24/9/2021 13:05	14,9
24/9/2021 10:20	19,99	24/9/2021 13:06	14,9
24/9/2021 10:21	19,93	24/9/2021 13:07	14,9
24/9/2021 10:22	19,884	24/9/2021 13:08	15
24/9/2021 10:23	19,946	24/9/2021 13:09	15
24/9/2021 10:24	19,99	24/9/2021 13:10	14,9
24/9/2021 10:25	20,036	24/9/2021 13:11	14,8
24/9/2021 10:26	20,08	24/9/2021 13:12	14,8
24/9/2021 10:27	20,028	24/9/2021 13:13	14,7
24/9/2021 10:28	20,006	24/9/2021 13:14	14,7
24/9/2021 10:29	19,986	24/9/2021 13:15	14,7
24/9/2021 10:30	19,996	24/9/2021 13:16	14,8
24/9/2021 10:31	20,128	24/9/2021 13:17	14,8
24/9/2021 10:32	20,328	24/9/2021 13:18	14,9
24/9/2021 10:33	20,404	24/9/2021 13:19	14,9
24/9/2021 10:34	20,5	24/9/2021 13:20	14,8
24/9/2021 10:35	20,524	24/9/2021 13:21	14,8
24/9/2021 10:36	20,738	24/9/2021 13:22	14,8
24/9/2021 10:37	20,95	24/9/2021 13:23	14,8
24/9/2021 10:38	21,206	24/9/2021 13:24	14,8
24/9/2021 10:39	21,5	24/9/2021 13:25	14,8
24/9/2021 10:40	21,846	24/9/2021 13:26	14,8
24/9/2021 10:41	21,962	24/9/2021 13:27	14,7
24/9/2021 10:42	21,886	24/9/2021 13:28	14,7
24/9/2021 10:43	21,856	24/9/2021 13:29	14,9
24/9/2021 10:44	21,798	24/9/2021 13:30	14,9
24/9/2021 10:45	21,77	24/9/2021 13:31	14,9
24/9/2021 10:46	21,634	24/9/2021 13:32	14,9
24/9/2021 10:47	21,53	24/9/2021 13:33	15
24/9/2021 10:48	21,436	24/9/2021 13:34	15
24/9/2021 10:49	21,372	24/9/2021 13:35	15,1

24/9/2021 10:50	21,378	24/9/2021 13:36	15,2
24/9/2021 10:51	21,208	24/9/2021 13:37	15,3
24/9/2021 10:52	21,2	24/9/2021 13:38	15,3
24/9/2021 10:53	21,092	24/9/2021 13:39	15,3
24/9/2021 10:54	21,122	24/9/2021 13:40	15,3
24/9/2021 10:55	21,216	24/9/2021 13:41	15,3
24/9/2021 10:56	21,345	24/9/2021 13:42	15,4
24/9/2021 10:57	21,354	24/9/2021 13:43	15,4
24/9/2021 10:58	21,52	24/9/2021 13:44	15,6
24/9/2021 10:59	21,52	24/9/2021 13:45	15,5
24/9/2021 11:00	21,4925	24/9/2021 13:46	15,5
24/9/2021 11:01	21,46	24/9/2021 13:47	15,5
24/9/2021 11:02	21,404	24/9/2021 13:48	15,6
24/9/2021 11:03	21,44	24/9/2021 13:49	15,6
24/9/2021 11:04	21,484	24/9/2021 13:50	15,6
24/9/2021 11:05	21,48	24/9/2021 13:51	15,6
24/9/2021 11:06	21,5625	24/9/2021 13:52	15,7
24/9/2021 11:07	21,634	24/9/2021 13:53	15,8
24/9/2021 11:08	21,72	24/9/2021 13:54	15,9
24/9/2021 11:09	21,78	24/9/2021 13:55	15,9
24/9/2021 11:10	21,65	24/9/2021 13:56	16
24/9/2021 11:11	21,634	24/9/2021 13:57	16
24/9/2021 11:12	21,634	24/9/2021 13:58	16
24/9/2021 11:13	21,662	24/9/2021 13:59	16
24/9/2021 11:14	21,784	24/9/2021 14:00	16
24/9/2021 11:15	22,314	24/9/2021 14:01	15,9
24/9/2021 11:16	22,802	24/9/2021 14:02	15,8
24/9/2021 11:17	23,106	24/9/2021 14:03	15,8
24/9/2021 11:18	23,112	24/9/2021 14:04	15,9
24/9/2021 11:19	23,138	24/9/2021 14:05	16,2
24/9/2021 11:20	23,012	24/9/2021 14:06	16,3
24/9/2021 11:21	22,918	24/9/2021 14:07	16,3
24/9/2021 11:22	22,846	24/9/2021 14:08	16,4
24/9/2021 11:23	22,84	24/9/2021 14:09	16,4
24/9/2021 11:24	22,876	24/9/2021 14:10	16,4
24/9/2021 11:25	22,81	24/9/2021 14:11	16,4
24/9/2021 11:26	22,77	24/9/2021 14:12	16,4
24/9/2021 11:27	22,84	24/9/2021 14:13	16,3
24/9/2021 11:28	22,814	24/9/2021 14:14	16,2
24/9/2021 11:29	22,978	24/9/2021 14:15	16,2
24/9/2021 11:30	22,98	24/9/2021 14:16	16,1
24/9/2021 11:31	22,962	24/9/2021 14:17	16,1

24/9/2021 11:32	22,87	24/9/2021 14:18	16,2
24/9/2021 11:33	23,146	24/9/2021 14:19	16,3
24/9/2021 11:34	23,51	24/9/2021 14:20	16,3
24/9/2021 11:35	24,258	24/9/2021 14:21	16,3
24/9/2021 11:36	24,728	24/9/2021 14:22	16,3
24/9/2021 11:37	24,888	24/9/2021 14:23	16,3
24/9/2021 11:38	24,916	24/9/2021 14:24	16,3
24/9/2021 11:39	24,69	24/9/2021 14:25	16,1
24/9/2021 11:40	24,436	24/9/2021 14:26	16
24/9/2021 11:41	24,182	24/9/2021 14:27	16
24/9/2021 11:42	24,056	24/9/2021 14:28	15,9
24/9/2021 11:43	24,048	24/9/2021 14:29	16
24/9/2021 11:44	24,088	24/9/2021 14:30	16
24/9/2021 11:45	24,152	24/9/2021 14:31	16
24/9/2021 11:46	24,21	24/9/2021 14:32	15,9
24/9/2021 11:47	24,296	24/9/2021 14:33	15,8
24/9/2021 11:48	24,434	24/9/2021 14:34	15,7
24/9/2021 11:49	24,444	24/9/2021 14:35	15,6
24/9/2021 11:50	24,504	24/9/2021 14:36	15,5
24/9/2021 11:51	24,452	24/9/2021 14:37	15,5
24/9/2021 11:52	24,586	24/9/2021 14:38	15,6
24/9/2021 11:53	24,748	24/9/2021 14:39	15,6
24/9/2021 11:54	24,926	24/9/2021 14:40	15,6
24/9/2021 11:55	25,032	24/9/2021 14:41	15,7
24/9/2021 11:56	25,088	24/9/2021 14:42	15,7
24/9/2021 11:57	25,276	24/9/2021 14:43	15,8
24/9/2021 11:58	25,462	24/9/2021 14:44	15,8
24/9/2021 11:59	25,532	24/9/2021 14:45	15,8
24/9/2021 12:00	25,44	24/9/2021 14:46	15,6
24/9/2021 12:01	25,31	24/9/2021 14:47	15,5
24/9/2021 12:02	25,178	24/9/2021 14:48	15,5
24/9/2021 12:03	24,968	24/9/2021 14:49	15,4
24/9/2021 12:04	24,856	24/9/2021 14:50	15,4
24/9/2021 12:05	24,838	24/9/2021 14:51	15,4
24/9/2021 12:06	24,83	24/9/2021 14:52	15,5
24/9/2021 12:07	25,088	24/9/2021 14:53	15,7
24/9/2021 12:08	25,256	24/9/2021 14:54	15,7
24/9/2021 12:09	25,4	24/9/2021 14:55	15,5
24/9/2021 12:10	25,508	24/9/2021 14:56	15,5
24/9/2021 12:11	25,636	24/9/2021 14:57	15,5
24/9/2021 12:12	25,754	24/9/2021 14:58	15,5
24/9/2021 12:13	25,832	24/9/2021 14:59	15,5

24/9/2021 12:14	25,834	24/9/2021 15:00	15,6
24/9/2021 12:15	25,78	24/9/2021 15:01	15,7
24/9/2021 12:16	25,548	24/9/2021 15:02	15,7
24/9/2021 12:17	25,224	24/9/2021 15:03	15,7
24/9/2021 12:18	25,038	24/9/2021 15:04	15,7
24/9/2021 12:19	24,862	24/9/2021 15:05	15,8
24/9/2021 12:20	24,7	24/9/2021 15:06	15,8
24/9/2021 12:21	24,776	24/9/2021 15:07	15,8
24/9/2021 12:22	24,90	24/9/2021 15:08	15,9
24/9/2021 12:23	24,986	24/9/2021 15:09	15,9
24/9/2021 12:24	25,122	24/9/2021 15:10	15,8
24/9/2021 12:25	25,082	24/9/2021 15:11	15,7
24/9/2021 12:26	25,08	24/9/2021 15:12	15,7
24/9/2021 12:27	24,974	24/9/2021 15:13	15,7
24/9/2021 12:28	24,744	24/9/2021 15:14	15,7
24/9/2021 12:29	24,844	24/9/2021 15:15	15,7
24/9/2021 12:30	24,754	24/9/2021 15:16	15,7
24/9/2021 12:31	24,746	24/9/2021 15:17	15,7
24/9/2021 12:32	24,838	24/9/2021 15:18	15,7
24/9/2021 12:33	24,868	24/9/2021 15:19	15,7
24/9/2021 12:34	25,052	24/9/2021 15:20	15,6
24/9/2021 12:35	25,046	24/9/2021 15:21	15,6
24/9/2021 12:36	25,026	24/9/2021 15:22	15,4
24/9/2021 12:37	24,934	24/9/2021 15:23	15,4
24/9/2021 12:38	24,86	24/9/2021 15:24	15,5
24/9/2021 12:39	24,858	24/9/2021 15:25	15,5
24/9/2021 12:40	24,778	24/9/2021 15:26	15,6
24/9/2021 12:41	24,856	24/9/2021 15:27	15,6
24/9/2021 12:42	25,142	24/9/2021 15:28	15,5
24/9/2021 12:43	25,282	24/9/2021 15:29	15,5
24/9/2021 12:44	25,468	24/9/2021 15:30	15,5
24/9/2021 12:45	25,464	24/9/2021 15:31	15,6
24/9/2021 12:46	25,464	24/9/2021 15:32	15,6
24/9/2021 12:47	25,298	24/9/2021 15:33	15,5
24/9/2021 12:48	25,226	24/9/2021 15:34	15,5
24/9/2021 12:49	24,998	24/9/2021 15:35	15,5
24/9/2021 12:50	24,956	24/9/2021 15:36	15,5
24/9/2021 12:51	24,96	24/9/2021 15:37	15,4
24/9/2021 12:52	24,996	24/9/2021 15:38	15,4
24/9/2021 12:53	25,03	24/9/2021 15:39	15,4
24/9/2021 12:54	24,978	24/9/2021 15:40	15,4
24/9/2021 12:55	24,942	24/9/2021 15:41	15,3

ANEXO 7 DATOS DE TEMPERATURA DE SALIDA 30 mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
24/9/2021 10:11	17,83	24/9/2021 12:56	221,5
24/9/2021 10:12	17,78	24/9/2021 12:57	216,8
24/9/2021 10:13	17,716	24/9/2021 12:58	225,5
24/9/2021 10:14	17,594	24/9/2021 12:59	242,2
24/9/2021 10:15	17,484	24/9/2021 13:00	272,4
24/9/2021 10:16	17,412	24/9/2021 13:01	287,4
24/9/2021 10:17	17,428	24/9/2021 13:02	281,6
24/9/2021 10:18	17,43	24/9/2021 13:03	267,4
24/9/2021 10:19	17,41	24/9/2021 13:04	243,8
24/9/2021 10:20	17,41	24/9/2021 13:05	223,8
24/9/2021 10:21	17,35	24/9/2021 13:06	211,8
24/9/2021 10:22	17,358	24/9/2021 13:07	210,5
24/9/2021 10:23	17,452	24/9/2021 13:08	212,9
24/9/2021 10:24	17,434	24/9/2021 13:09	219,7
24/9/2021 10:25	17,344	24/9/2021 13:10	224,9
24/9/2021 10:26	17,41	24/9/2021 13:11	229,4
24/9/2021 10:27	17,3	24/9/2021 13:12	231,2
24/9/2021 10:28	17,314	24/9/2021 13:13	231,8
24/9/2021 10:29	17,364	24/9/2021 13:14	246,7
24/9/2021 10:30	17,186	24/9/2021 13:15	268,5
24/9/2021 10:31	17,28	24/9/2021 13:16	311,9
24/9/2021 10:32	17,348	24/9/2021 13:17	351,5
24/9/2021 10:33	17,422	24/9/2021 13:18	374,4
24/9/2021 10:34	17,562	24/9/2021 13:19	385,9
24/9/2021 10:35	17,72	24/9/2021 13:20	405,3
24/9/2021 10:36	17,722	24/9/2021 13:21	408,2
24/9/2021 10:37	17,882	24/9/2021 13:22	395,6
24/9/2021 10:38	17,97	24/9/2021 13:23	377,8
24/9/2021 10:39	18,162	24/9/2021 13:24	324
24/9/2021 10:40	18,202	24/9/2021 13:25	285,6
24/9/2021 10:41	18,578	24/9/2021 13:26	271,9
24/9/2021 10:42	18,54	24/9/2021 13:27	275,9
24/9/2021 10:43	18,566	24/9/2021 13:28	295,3
24/9/2021 10:44	18,602	24/9/2021 13:29	323,4
24/9/2021 10:45	18,552	24/9/2021 13:30	356
24/9/2021 10:46	18,484	24/9/2021 13:31	384,1
24/9/2021 10:47	18,34	24/9/2021 13:32	420,1
24/9/2021 10:48	18,444	24/9/2021 13:33	446
24/9/2021 10:49	18,402	24/9/2021 13:34	461,5
24/9/2021 10:50	18,44	24/9/2021 13:35	464,9
		24/9/2021 13:36	474,1

24/9/2021 10:51	18,448	24/9/2021 13:37	503,3
24/9/2021 10:52	18,45	24/9/2021 13:38	554,2
24/9/2021 10:53	18,392	24/9/2021 13:39	513,5
24/9/2021 10:54	18,42	24/9/2021 13:40	422,5
24/9/2021 10:55	18,442	24/9/2021 13:41	372
24/9/2021 10:56	18,47	24/9/2021 13:42	341,2
24/9/2021 10:57	18,484	24/9/2021 13:43	324,5
24/9/2021 10:58	18,514	24/9/2021 13:44	305,6
24/9/2021 10:59	18,49	24/9/2021 13:45	297,1
24/9/2021 11:00	18,53	24/9/2021 13:46	294,2
24/9/2021 11:01	18,458	24/9/2021 13:47	297,6
24/9/2021 11:02	18,356	24/9/2021 13:48	313,1
24/9/2021 11:03	18,44	24/9/2021 13:49	352
24/9/2021 11:04	18,542	24/9/2021 13:50	416,7
24/9/2021 11:05	18,548	24/9/2021 13:51	481,5
24/9/2021 11:06	18,5975	24/9/2021 13:52	616
24/9/2021 11:07	18,632	24/9/2021 13:53	542,2
24/9/2021 11:08	18,624	24/9/2021 13:54	497
24/9/2021 11:09	18,738	24/9/2021 13:55	464,9
24/9/2021 11:10	18,63	24/9/2021 13:56	442,6
24/9/2021 11:11	18,6	24/9/2021 13:57	432,2
24/9/2021 11:12	18,704	24/9/2021 13:58	432,2
24/9/2021 11:13	18,634	24/9/2021 13:59	436,3
24/9/2021 11:14	18,898	24/9/2021 14:00	452,8
24/9/2021 11:15	18,996	24/9/2021 14:01	472,3
24/9/2021 11:16	19,254	24/9/2021 14:02	485,5
24/9/2021 11:17	19,426	24/9/2021 14:03	712,7
24/9/2021 11:18	19,486	24/9/2021 14:04	788,3
24/9/2021 11:19	19,574	24/9/2021 14:05	469,4
24/9/2021 11:20	19,596	24/9/2021 14:06	361,8
24/9/2021 11:21	19,57	24/9/2021 14:07	341,8
24/9/2021 11:22	19,636	24/9/2021 14:08	334,2
24/9/2021 11:23	19,676	24/9/2021 14:09	330,3
24/9/2021 11:24	19,698	24/9/2021 14:10	330,3
24/9/2021 11:25	19,6175	24/9/2021 14:11	335,5
24/9/2021 11:26	19,65	24/9/2021 14:12	314,8
24/9/2021 11:27	19,568	24/9/2021 14:13	298,9
24/9/2021 11:28	19,602	24/9/2021 14:14	294,8
24/9/2021 11:29	19,62	24/9/2021 14:15	298,9
24/9/2021 11:30	19,79	24/9/2021 14:16	310,2
24/9/2021 11:31	19,652	24/9/2021 14:17	317,1
24/9/2021 11:32	19,66	24/9/2021 14:18	310,8

24/9/2021 11:33	19,774	24/9/2021 14:19	307,4
24/9/2021 11:34	19,858	24/9/2021 14:20	310,2
24/9/2021 11:35	20,354	24/9/2021 14:21	316
24/9/2021 11:36	20,568	24/9/2021 14:22	314,2
24/9/2021 11:37	20,694	24/9/2021 14:23	302,2
24/9/2021 11:38	20,734	24/9/2021 14:24	267,8
24/9/2021 11:39	20,834	24/9/2021 14:25	241,5
24/9/2021 11:40	20,75	24/9/2021 14:26	220,4
24/9/2021 11:41	20,652	24/9/2021 14:27	207,1
24/9/2021 11:42	20,602	24/9/2021 14:28	197,9
24/9/2021 11:43	20,7	24/9/2021 14:29	191,6
24/9/2021 11:44	20,672	24/9/2021 14:30	183,7
24/9/2021 11:45	20,622	24/9/2021 14:31	175,6
24/9/2021 11:46	20,648	24/9/2021 14:32	166,4
24/9/2021 11:47	20,776	24/9/2021 14:33	177,9
24/9/2021 11:48	20,904	24/9/2021 14:34	203,7
24/9/2021 11:49	20,84	24/9/2021 14:35	220,9
24/9/2021 11:50	20,882	24/9/2021 14:36	234,6
24/9/2021 11:51	20,924	24/9/2021 14:37	239,3
24/9/2021 11:52	21,048	24/9/2021 14:38	237
24/9/2021 11:53	21,1	24/9/2021 14:39	239,7
24/9/2021 11:54	21,292	24/9/2021 14:40	244,9
24/9/2021 11:55	21,586	24/9/2021 14:41	263,8
24/9/2021 11:56	21,412	24/9/2021 14:42	291,3
24/9/2021 11:57	21,444	24/9/2021 14:43	311,9
24/9/2021 11:58	21,49	24/9/2021 14:44	322,9
24/9/2021 11:59	21,57	24/9/2021 14:45	317,1
24/9/2021 12:00	21,42	24/9/2021 14:46	309
24/9/2021 12:01	21,478	24/9/2021 14:47	307,9
24/9/2021 12:02	21,512	24/9/2021 14:48	302,7
24/9/2021 12:03	21,536	24/9/2021 14:49	300
24/9/2021 12:04	21,43	24/9/2021 14:50	301,1
24/9/2021 12:05	21,396	24/9/2021 14:51	307,9
24/9/2021 12:06	21,35	24/9/2021 14:52	321,1
24/9/2021 12:07	21,47	24/9/2021 14:53	334,9
24/9/2021 12:08	21,532	24/9/2021 14:54	347,5
24/9/2021 12:09	21,6	24/9/2021 14:55	340,5
24/9/2021 12:10	21,748	24/9/2021 14:56	337,8
24/9/2021 12:11	21,702	24/9/2021 14:57	318,9
24/9/2021 12:12	21,678	24/9/2021 14:58	289
24/9/2021 12:13	21,844	24/9/2021 14:59	264,5
24/9/2021 12:14	21,948	24/9/2021 15:00	238,6

24/9/2021 12:15	21,982	24/9/2021 15:01	222,6
24/9/2021 12:16	21,78	24/9/2021 15:02	213,4
24/9/2021 12:17	21,734	24/9/2021 15:03	206,6
24/9/2021 12:18	21,53	24/9/2021 15:04	197,4
24/9/2021 12:19	21,576	24/9/2021 15:05	191,1
24/9/2021 12:20	21,536	24/9/2021 15:06	187,8
24/9/2021 12:21	21,48	24/9/2021 15:07	187,1
24/9/2021 12:22	21,50	24/9/2021 15:08	186
24/9/2021 12:23	21,54	24/9/2021 15:09	189,4
24/9/2021 12:24	21,62	24/9/2021 15:10	190
24/9/2021 12:25	21,666	24/9/2021 15:11	190
24/9/2021 12:26	21,728	24/9/2021 15:12	191,1
24/9/2021 12:27	21,634	24/9/2021 15:13	200,8
24/9/2021 12:28	21,554	24/9/2021 15:14	215,7
24/9/2021 12:29	21,5	24/9/2021 15:15	222,6
24/9/2021 12:30	21,456	24/9/2021 15:16	228,3
24/9/2021 12:31	21,394	24/9/2021 15:17	226,7
24/9/2021 12:32	21,386	24/9/2021 15:18	220,9
24/9/2021 12:33	21,526	24/9/2021 15:19	215,7
24/9/2021 12:34	21,442	24/9/2021 15:20	207,1
24/9/2021 12:35	21,456	24/9/2021 15:21	200,8
24/9/2021 12:36	21,448	24/9/2021 15:22	198,6
24/9/2021 12:37	21,244	24/9/2021 15:23	200,8
24/9/2021 12:38	21,35	24/9/2021 15:24	206
24/9/2021 12:39	21,368	24/9/2021 15:25	207,1
24/9/2021 12:40	21,352	24/9/2021 15:26	206
24/9/2021 12:41	21,424	24/9/2021 15:27	207,1
24/9/2021 12:42	21,502	24/9/2021 15:28	210
24/9/2021 12:43	21,51	24/9/2021 15:29	212,9
24/9/2021 12:44	21,502	24/9/2021 15:30	212,3
24/9/2021 12:45	21,626	24/9/2021 15:31	210,5
24/9/2021 12:46	21,472	24/9/2021 15:32	206,6
24/9/2021 12:47	21,534	24/9/2021 15:33	197,9
24/9/2021 12:48	21,51	24/9/2021 15:34	186
24/9/2021 12:49	21,478	24/9/2021 15:35	173,4
24/9/2021 12:50	21,504	24/9/2021 15:36	156,3
24/9/2021 12:51	21,43	24/9/2021 15:37	145,3
24/9/2021 12:52	21,532	24/9/2021 15:38	139,6
24/9/2021 12:53	21,59	24/9/2021 15:39	138,5
24/9/2021 12:54	21,538	24/9/2021 15:40	136,1
24/9/2021 12:55	21,54	24/9/2021 15:41	132,2

ANEXO 8 DATOS DE LA TEMPERATURA EN EL VIDRIO 5 mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
24/9/2021 10:11	17,89	24/9/2021 12:56	15,1
24/9/2021 10:12	17,644	24/9/2021 12:57	15,1
24/9/2021 10:13	17,205	24/9/2021 12:58	15
24/9/2021 10:14	17,028	24/9/2021 12:59	14,7
24/9/2021 10:15	16,862	24/9/2021 13:00	14,6
24/9/2021 10:16	16,762	24/9/2021 13:01	14,6
24/9/2021 10:17	16,698	24/9/2021 13:02	14,6
24/9/2021 10:18	16,686	24/9/2021 13:03	14,7
24/9/2021 10:19	16,65	24/9/2021 13:04	14,8
24/9/2021 10:20	16,62	24/9/2021 13:05	14,9
24/9/2021 10:21	16,618	24/9/2021 13:06	14,9
24/9/2021 10:22	16,612	24/9/2021 13:07	14,9
24/9/2021 10:23	16,644	24/9/2021 13:08	15
24/9/2021 10:24	16,592	24/9/2021 13:09	15
24/9/2021 10:25	16,562	24/9/2021 13:10	14,9
24/9/2021 10:26	16,524	24/9/2021 13:11	14,8
24/9/2021 10:27	16,484	24/9/2021 13:12	14,8
24/9/2021 10:28	16,42	24/9/2021 13:13	14,7
24/9/2021 10:29	16,434	24/9/2021 13:14	14,7
24/9/2021 10:30	16,47	24/9/2021 13:15	14,7
24/9/2021 10:31	16,568	24/9/2021 13:16	14,8
24/9/2021 10:32	16,62	24/9/2021 13:17	14,8
24/9/2021 10:33	16,614	24/9/2021 13:18	14,9
24/9/2021 10:34	16,626	24/9/2021 13:19	14,9
24/9/2021 10:35	16,73	24/9/2021 13:20	14,8
24/9/2021 10:36	16,832	24/9/2021 13:21	14,8
24/9/2021 10:37	16,986	24/9/2021 13:22	14,8
24/9/2021 10:38	17,098	24/9/2021 13:23	14,8
24/9/2021 10:39	17,304	24/9/2021 13:24	14,8
24/9/2021 10:40	17,446	24/9/2021 13:25	14,8
24/9/2021 10:41	17,494	24/9/2021 13:26	14,8
24/9/2021 10:42	17,344	24/9/2021 13:27	14,7
24/9/2021 10:43	17,234	24/9/2021 13:28	14,7
24/9/2021 10:44	17,32	24/9/2021 13:29	14,9
24/9/2021 10:45	17,468	24/9/2021 13:30	14,9
24/9/2021 10:46	17,424	24/9/2021 13:31	14,9
24/9/2021 10:47	17,408	24/9/2021 13:32	14,9
24/9/2021 10:48	17,43	24/9/2021 13:33	15
24/9/2021 10:49	17,452	24/9/2021 13:34	15
24/9/2021 10:50	17,49	24/9/2021 13:35	15,1
		24/9/2021 13:36	15,2

24/9/2021 10:51	17,47	24/9/2021 13:37	15,3
24/9/2021 10:52	17,4	24/9/2021 13:38	15,3
24/9/2021 10:53	17,34	24/9/2021 13:39	15,3
24/9/2021 10:54	17,344	24/9/2021 13:40	15,3
24/9/2021 10:55	17,302	24/9/2021 13:41	15,3
24/9/2021 10:56	17,434	24/9/2021 13:42	15,4
24/9/2021 10:57	17,494	24/9/2021 13:43	15,4
24/9/2021 10:58	17,512	24/9/2021 13:44	15,6
24/9/2021 10:59	17,52	24/9/2021 13:45	15,5
24/9/2021 11:00	17,56	24/9/2021 13:46	15,5
24/9/2021 11:01	17,556	24/9/2021 13:47	15,5
24/9/2021 11:02	17,5475	24/9/2021 13:48	15,6
24/9/2021 11:03	17,532	24/9/2021 13:49	15,6
24/9/2021 11:04	17,556	24/9/2021 13:50	15,6
24/9/2021 11:05	17,402	24/9/2021 13:51	15,6
24/9/2021 11:06	17,36	24/9/2021 13:52	15,7
24/9/2021 11:07	17,238	24/9/2021 13:53	15,8
24/9/2021 11:08	17,236	24/9/2021 13:54	15,9
24/9/2021 11:09	17,308	24/9/2021 13:55	15,9
24/9/2021 11:10	17,334	24/9/2021 13:56	16
24/9/2021 11:11	17,368	24/9/2021 13:57	16
24/9/2021 11:12	17,236	24/9/2021 13:58	16
24/9/2021 11:13	17,26	24/9/2021 13:59	16
24/9/2021 11:14	17,452	24/9/2021 14:00	16
24/9/2021 11:15	17,66	24/9/2021 14:01	15,9
24/9/2021 11:16	17,958	24/9/2021 14:02	15,8
24/9/2021 11:17	18,158	24/9/2021 14:03	15,8
24/9/2021 11:18	18,314	24/9/2021 14:04	15,9
24/9/2021 11:19	18,346	24/9/2021 14:05	16,2
24/9/2021 11:20	18,36	24/9/2021 14:06	16,3
24/9/2021 11:21	18,316	24/9/2021 14:07	16,3
24/9/2021 11:22	18,412	24/9/2021 14:08	16,4
24/9/2021 11:23	18,39	24/9/2021 14:09	16,4
24/9/2021 11:24	18,45	24/9/2021 14:10	16,4
24/9/2021 11:25	18,44	24/9/2021 14:11	16,4
24/9/2021 11:26	18,45	24/9/2021 14:12	16,4
24/9/2021 11:27	18,242	24/9/2021 14:13	16,3
24/9/2021 11:28	18,204	24/9/2021 14:14	16,2
24/9/2021 11:29	18,312	24/9/2021 14:15	16,2
24/9/2021 11:30	18,252	24/9/2021 14:16	16,1
24/9/2021 11:31	18,35	24/9/2021 14:17	16,1
24/9/2021 11:32	18,474	24/9/2021 14:18	16,2

24/9/2021 11:33	18,736	24/9/2021 14:19	16,3
24/9/2021 11:34	18,96	24/9/2021 14:20	16,3
24/9/2021 11:35	19,224	24/9/2021 14:21	16,3
24/9/2021 11:36	19,354	24/9/2021 14:22	16,3
24/9/2021 11:37	19,542	24/9/2021 14:23	16,3
24/9/2021 11:38	19,574	24/9/2021 14:24	16,3
24/9/2021 11:39	19,616	24/9/2021 14:25	16,1
24/9/2021 11:40	19,535	24/9/2021 14:26	16
24/9/2021 11:41	19,254	24/9/2021 14:27	16
24/9/2021 11:42	19,126	24/9/2021 14:28	15,9
24/9/2021 11:43	19,172	24/9/2021 14:29	16
24/9/2021 11:44	19,135	24/9/2021 14:30	16
24/9/2021 11:45	19,236	24/9/2021 14:31	16
24/9/2021 11:46	19,394	24/9/2021 14:32	15,9
24/9/2021 11:47	19,534	24/9/2021 14:33	15,8
24/9/2021 11:48	19,632	24/9/2021 14:34	15,7
24/9/2021 11:49	19,468	24/9/2021 14:35	15,6
24/9/2021 11:50	19,476	24/9/2021 14:36	15,5
24/9/2021 11:51	19,544	24/9/2021 14:37	15,5
24/9/2021 11:52	19,51	24/9/2021 14:38	15,6
24/9/2021 11:53	19,622	24/9/2021 14:39	15,6
24/9/2021 11:54	19,72	24/9/2021 14:40	15,6
24/9/2021 11:55	19,716	24/9/2021 14:41	15,7
24/9/2021 11:56	19,782	24/9/2021 14:42	15,7
24/9/2021 11:57	20,02	24/9/2021 14:43	15,8
24/9/2021 11:58	20,21	24/9/2021 14:44	15,8
24/9/2021 11:59	20,282	24/9/2021 14:45	15,8
24/9/2021 12:00	20,39	24/9/2021 14:46	15,6
24/9/2021 12:01	20,456	24/9/2021 14:47	15,5
24/9/2021 12:02	20,454	24/9/2021 14:48	15,5
24/9/2021 12:03	20,438	24/9/2021 14:49	15,4
24/9/2021 12:04	20,398	24/9/2021 14:50	15,4
24/9/2021 12:05	20,306	24/9/2021 14:51	15,4
24/9/2021 12:06	20,17	24/9/2021 14:52	15,5
24/9/2021 12:07	20,2125	24/9/2021 14:53	15,7
24/9/2021 12:08	20,386	24/9/2021 14:54	15,7
24/9/2021 12:09	20,476	24/9/2021 14:55	15,5
24/9/2021 12:10	20,575	24/9/2021 14:56	15,5
24/9/2021 12:11	20,668	24/9/2021 14:57	15,5
24/9/2021 12:12	20,544	24/9/2021 14:58	15,5
24/9/2021 12:13	20,58	24/9/2021 14:59	15,5
24/9/2021 12:14	20,668	24/9/2021 15:00	15,6

24/9/2021 12:15	20,752	24/9/2021 15:01	15,7
24/9/2021 12:16	20,526	24/9/2021 15:02	15,7
24/9/2021 12:17	20,304	24/9/2021 15:03	15,7
24/9/2021 12:18	20,262	24/9/2021 15:04	15,7
24/9/2021 12:19	20,228	24/9/2021 15:05	15,8
24/9/2021 12:20	20,28	24/9/2021 15:06	15,8
24/9/2021 12:21	20,292	24/9/2021 15:07	15,8
24/9/2021 12:22	20,37	24/9/2021 15:08	15,9
24/9/2021 12:23	20,438	24/9/2021 15:09	15,9
24/9/2021 12:24	20,486	24/9/2021 15:10	15,8
24/9/2021 12:25	20,456	24/9/2021 15:11	15,7
24/9/2021 12:26	20,38	24/9/2021 15:12	15,7
24/9/2021 12:27	20,326	24/9/2021 15:13	15,7
24/9/2021 12:28	20,32	24/9/2021 15:14	15,7
24/9/2021 12:29	20,142	24/9/2021 15:15	15,7
24/9/2021 12:30	20,1	24/9/2021 15:16	15,7
24/9/2021 12:31	20,108	24/9/2021 15:17	15,7
24/9/2021 12:32	20,048	24/9/2021 15:18	15,7
24/9/2021 12:33	20,128	24/9/2021 15:19	15,7
24/9/2021 12:34	20,274	24/9/2021 15:20	15,6
24/9/2021 12:35	20,318	24/9/2021 15:21	15,6
24/9/2021 12:36	20,342	24/9/2021 15:22	15,4
24/9/2021 12:37	20,448	24/9/2021 15:23	15,4
24/9/2021 12:38	20,428	24/9/2021 15:24	15,5
24/9/2021 12:39	20,446	24/9/2021 15:25	15,5
24/9/2021 12:40	20,324	24/9/2021 15:26	15,6
24/9/2021 12:41	20,374	24/9/2021 15:27	15,6
24/9/2021 12:42	20,536	24/9/2021 15:28	15,5
24/9/2021 12:43	20,612	24/9/2021 15:29	15,5
24/9/2021 12:44	20,7	24/9/2021 15:30	15,5
24/9/2021 12:45	20,682	24/9/2021 15:31	15,6
24/9/2021 12:46	20,732	24/9/2021 15:32	15,6
24/9/2021 12:47	20,786	24/9/2021 15:33	15,5
24/9/2021 12:48	20,796	24/9/2021 15:34	15,5
24/9/2021 12:49	20,642	24/9/2021 15:35	15,5
24/9/2021 12:50	20,674	24/9/2021 15:36	15,5
24/9/2021 12:51	20,674	24/9/2021 15:37	15,4
24/9/2021 12:52	20,644	24/9/2021 15:38	15,4
24/9/2021 12:53	20,64	24/9/2021 15:39	15,4
24/9/2021 12:54	20,632	24/9/2021 15:40	15,4
24/9/2021 12:55	20,602	24/9/2021 15:41	15,3

ANEXO 9. DATOS DE TEMPERATURA EN LA PLACA A 50 mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
24/9/2021 10:11	26,46	24/9/2021 12:56	221,5
24/9/2021 10:12	24,796	24/9/2021 12:57	216,8
24/9/2021 10:13	21,49	24/9/2021 12:58	225,5
24/9/2021 10:14	20,424	24/9/2021 12:59	242,2
24/9/2021 10:15	19,878	24/9/2021 13:00	272,4
24/9/2021 10:16	19,482	24/9/2021 13:01	287,4
24/9/2021 10:17	19,272	24/9/2021 13:02	281,6
24/9/2021 10:18	19,116	24/9/2021 13:03	267,4
24/9/2021 10:19	18,98	24/9/2021 13:04	243,8
24/9/2021 10:20	18,86	24/9/2021 13:05	223,8
24/9/2021 10:21	18,816	24/9/2021 13:06	211,8
24/9/2021 10:22	18,742	24/9/2021 13:07	210,5
24/9/2021 10:23	18,784	24/9/2021 13:08	212,9
24/9/2021 10:24	18,794	24/9/2021 13:09	219,7
24/9/2021 10:25	18,786	24/9/2021 13:10	224,9
24/9/2021 10:26	18,782	24/9/2021 13:11	229,4
24/9/2021 10:27	18,76	24/9/2021 13:12	231,2
24/9/2021 10:28	18,716	24/9/2021 13:13	231,8
24/9/2021 10:29	18,726	24/9/2021 13:14	246,7
24/9/2021 10:30	18,808	24/9/2021 13:15	268,5
24/9/2021 10:31	18,942	24/9/2021 13:16	311,9
24/9/2021 10:32	19,034	24/9/2021 13:17	351,5
24/9/2021 10:33	19,08	24/9/2021 13:18	374,4
24/9/2021 10:34	19,136	24/9/2021 13:19	385,9
24/9/2021 10:35	19,208	24/9/2021 13:20	405,3
24/9/2021 10:36	19,334	24/9/2021 13:21	408,2
24/9/2021 10:37	19,538	24/9/2021 13:22	395,6
24/9/2021 10:38	19,776	24/9/2021 13:23	377,8
24/9/2021 10:39	20,056	24/9/2021 13:24	324
24/9/2021 10:40	20,278	24/9/2021 13:25	285,6
24/9/2021 10:41	20,394	24/9/2021 13:26	271,9
24/9/2021 10:42	20,268	24/9/2021 13:27	275,9
24/9/2021 10:43	20,116	24/9/2021 13:28	295,3
24/9/2021 10:44	20,076	24/9/2021 13:29	323,4
24/9/2021 10:45	20,164	24/9/2021 13:30	356
24/9/2021 10:46	20,106	24/9/2021 13:31	384,1
24/9/2021 10:47	20,05	24/9/2021 13:32	420,1
24/9/2021 10:48	20,006	24/9/2021 13:33	446
24/9/2021 10:49	19,976	24/9/2021 13:34	461,5
24/9/2021 10:50	19,95	24/9/2021 13:35	464,9
		24/9/2021 13:36	474,1

24/9/2021 10:51	19,888	24/9/2021 13:37	503,3
24/9/2021 10:52	19,828	24/9/2021 13:38	554,2
24/9/2021 10:53	19,738	24/9/2021 13:39	513,5
24/9/2021 10:54	19,7	24/9/2021 13:40	422,5
24/9/2021 10:55	19,696	24/9/2021 13:41	372
24/9/2021 10:56	19,818	24/9/2021 13:42	341,2
24/9/2021 10:57	19,92	24/9/2021 13:43	324,5
24/9/2021 10:58	20,04	24/9/2021 13:44	305,6
24/9/2021 10:59	20,08	24/9/2021 13:45	297,1
24/9/2021 11:00	20,085	24/9/2021 13:46	294,2
24/9/2021 11:01	20,052	24/9/2021 13:47	297,6
24/9/2021 11:02	20,05	24/9/2021 13:48	313,1
24/9/2021 11:03	20,058	24/9/2021 13:49	352
24/9/2021 11:04	20,042	24/9/2021 13:50	416,7
24/9/2021 11:05	19,968	24/9/2021 13:51	481,5
24/9/2021 11:06	19,942	24/9/2021 13:52	616
24/9/2021 11:07	19,914	24/9/2021 13:53	542,2
24/9/2021 11:08	19,946	24/9/2021 13:54	497
24/9/2021 11:09	19,998	24/9/2021 13:55	464,9
24/9/2021 11:10	20,014	24/9/2021 13:56	442,6
24/9/2021 11:11	20,006	24/9/2021 13:57	432,2
24/9/2021 11:12	19,956	24/9/2021 13:58	432,2
24/9/2021 11:13	19,956	24/9/2021 13:59	436,3
24/9/2021 11:14	20,146	24/9/2021 14:00	452,8
24/9/2021 11:15	20,494	24/9/2021 14:01	472,3
24/9/2021 11:16	20,968	24/9/2021 14:02	485,5
24/9/2021 11:17	21,264	24/9/2021 14:03	712,7
24/9/2021 11:18	21,416	24/9/2021 14:04	788,3
24/9/2021 11:19	21,382	24/9/2021 14:05	469,4
24/9/2021 11:20	21,29	24/9/2021 14:06	361,8
24/9/2021 11:21	21,186	24/9/2021 14:07	341,8
24/9/2021 11:22	21,12	24/9/2021 14:08	334,2
24/9/2021 11:23	21,12	24/9/2021 14:09	330,3
24/9/2021 11:24	21,1225	24/9/2021 14:10	330,3
24/9/2021 11:25	21,092	24/9/2021 14:11	335,5
24/9/2021 11:26	21,11	24/9/2021 14:12	314,8
24/9/2021 11:27	21,038	24/9/2021 14:13	298,9
24/9/2021 11:28	21,036	24/9/2021 14:14	294,8
24/9/2021 11:29	21,154	24/9/2021 14:15	298,9
24/9/2021 11:30	21,168	24/9/2021 14:16	310,2
24/9/2021 11:31	21,232	24/9/2021 14:17	317,1
24/9/2021 11:32	21,292	24/9/2021 14:18	310,8

24/9/2021 11:33	21,534	24/9/2021 14:19	307,4
24/9/2021 11:34	21,932	24/9/2021 14:20	310,2
24/9/2021 11:35	22,522	24/9/2021 14:21	316
24/9/2021 11:36	22,896	24/9/2021 14:22	314,2
24/9/2021 11:37	23,17	24/9/2021 14:23	302,2
24/9/2021 11:38	23,152	24/9/2021 14:24	267,8
24/9/2021 11:39	22,99	24/9/2021 14:25	241,5
24/9/2021 11:40	22,7125	24/9/2021 14:26	220,4
24/9/2021 11:41	22,378	24/9/2021 14:27	207,1
24/9/2021 11:42	22,23	24/9/2021 14:28	197,9
24/9/2021 11:43	22,238	24/9/2021 14:29	191,6
24/9/2021 11:44	22,19	24/9/2021 14:30	183,7
24/9/2021 11:45	22,262	24/9/2021 14:31	175,6
24/9/2021 11:46	22,426	24/9/2021 14:32	166,4
24/9/2021 11:47	22,56	24/9/2021 14:33	177,9
24/9/2021 11:48	22,716	24/9/2021 14:34	203,7
24/9/2021 11:49	22,67	24/9/2021 14:35	220,9
24/9/2021 11:50	22,694	24/9/2021 14:36	234,6
24/9/2021 11:51	22,75	24/9/2021 14:37	239,3
24/9/2021 11:52	22,772	24/9/2021 14:38	237
24/9/2021 11:53	22,912	24/9/2021 14:39	239,7
24/9/2021 11:54	23,034	24/9/2021 14:40	244,9
24/9/2021 11:55	23,052	24/9/2021 14:41	263,8
24/9/2021 11:56	23,118	24/9/2021 14:42	291,3
24/9/2021 11:57	23,392	24/9/2021 14:43	311,9
24/9/2021 11:58	23,648	24/9/2021 14:44	322,9
24/9/2021 11:59	23,746	24/9/2021 14:45	317,1
24/9/2021 12:00	23,76	24/9/2021 14:46	309
24/9/2021 12:01	23,702	24/9/2021 14:47	307,9
24/9/2021 12:02	23,612	24/9/2021 14:48	302,7
24/9/2021 12:03	23,482	24/9/2021 14:49	300
24/9/2021 12:04	23,342	24/9/2021 14:50	301,1
24/9/2021 12:05	23,228	24/9/2021 14:51	307,9
24/9/2021 12:06	23,24	24/9/2021 14:52	321,1
24/9/2021 12:07	23,455	24/9/2021 14:53	334,9
24/9/2021 12:08	23,67	24/9/2021 14:54	347,5
24/9/2021 12:09	23,784	24/9/2021 14:55	340,5
24/9/2021 12:10	23,8775	24/9/2021 14:56	337,8
24/9/2021 12:11	24,06	24/9/2021 14:57	318,9
24/9/2021 12:12	24,082	24/9/2021 14:58	289
24/9/2021 12:13	24,128	24/9/2021 14:59	264,5
24/9/2021 12:14	24,13	24/9/2021 15:00	238,6

24/9/2021 12:15	24,094	24/9/2021 15:01	222,6
24/9/2021 12:16	23,812	24/9/2021 15:02	213,4
24/9/2021 12:17	23,474	24/9/2021 15:03	206,6
24/9/2021 12:18	23,288	24/9/2021 15:04	197,4
24/9/2021 12:19	23,162	24/9/2021 15:05	191,1
24/9/2021 12:20	23,152	24/9/2021 15:06	187,8
24/9/2021 12:21	23,158	24/9/2021 15:07	187,1
24/9/2021 12:22	23,30	24/9/2021 15:08	186
24/9/2021 12:23	23,446	24/9/2021 15:09	189,4
24/9/2021 12:24	23,526	24/9/2021 15:10	190
24/9/2021 12:25	23,526	24/9/2021 15:11	190
24/9/2021 12:26	23,382	24/9/2021 15:12	191,1
24/9/2021 12:27	23,222	24/9/2021 15:13	200,8
24/9/2021 12:28	23,136	24/9/2021 15:14	215,7
24/9/2021 12:29	23,05	24/9/2021 15:15	222,6
24/9/2021 12:30	23,026	24/9/2021 15:16	228,3
24/9/2021 12:31	23,066	24/9/2021 15:17	226,7
24/9/2021 12:32	23,082	24/9/2021 15:18	220,9
24/9/2021 12:33	23,192	24/9/2021 15:19	215,7
24/9/2021 12:34	23,372	24/9/2021 15:20	207,1
24/9/2021 12:35	23,412	24/9/2021 15:21	200,8
24/9/2021 12:36	23,384	24/9/2021 15:22	198,6
24/9/2021 12:37	23,392	24/9/2021 15:23	200,8
24/9/2021 12:38	23,306	24/9/2021 15:24	206
24/9/2021 12:39	23,296	24/9/2021 15:25	207,1
24/9/2021 12:40	23,222	24/9/2021 15:26	206
24/9/2021 12:41	23,296	24/9/2021 15:27	207,1
24/9/2021 12:42	23,49	24/9/2021 15:28	210
24/9/2021 12:43	23,714	24/9/2021 15:29	212,9
24/9/2021 12:44	23,916	24/9/2021 15:30	212,3
24/9/2021 12:45	23,954	24/9/2021 15:31	210,5
24/9/2021 12:46	23,97	24/9/2021 15:32	206,6
24/9/2021 12:47	23,932	24/9/2021 15:33	197,9
24/9/2021 12:48	23,866	24/9/2021 15:34	186
24/9/2021 12:49	23,672	24/9/2021 15:35	173,4
24/9/2021 12:50	23,594	24/9/2021 15:36	156,3
24/9/2021 12:51	23,588	24/9/2021 15:37	145,3
24/9/2021 12:52	23,582	24/9/2021 15:38	139,6
24/9/2021 12:53	23,574	24/9/2021 15:39	138,5
24/9/2021 12:54	23,52	24/9/2021 15:40	136,1
24/9/2021 12:55	23,416	24/9/2021 15:41	132,2

ANEXO 10 DATOS DE LA TEMPERATURA DE SALIDA A 50 mm

TIEMPO	TEMPERATURA (°C)		
		24/9/2021 12:56	15,1
24/9/2021 10:11	17,855	24/9/2021 12:57	15,1
24/9/2021 10:12	18,704	24/9/2021 12:58	15
24/9/2021 10:13	18,545	24/9/2021 12:59	14,7
24/9/2021 10:14	18,482	24/9/2021 13:00	14,6
24/9/2021 10:15	18,348	24/9/2021 13:01	14,6
24/9/2021 10:16	18,35	24/9/2021 13:02	14,6
24/9/2021 10:17	18,416	24/9/2021 13:03	14,7
24/9/2021 10:18	18,274	24/9/2021 13:04	14,8
24/9/2021 10:19	18,39	24/9/2021 13:05	14,9
24/9/2021 10:20	18,21	24/9/2021 13:06	14,9
24/9/2021 10:21	18,198	24/9/2021 13:07	14,9
24/9/2021 10:22	18,26	24/9/2021 13:08	15
24/9/2021 10:23	18,262	24/9/2021 13:09	15
24/9/2021 10:24	18,094	24/9/2021 13:10	14,9
24/9/2021 10:25	17,97	24/9/2021 13:11	14,8
24/9/2021 10:26	17,954	24/9/2021 13:12	14,8
24/9/2021 10:27	18,052	24/9/2021 13:13	14,7
24/9/2021 10:28	17,916	24/9/2021 13:14	14,7
24/9/2021 10:29	17,902	24/9/2021 13:15	14,7
24/9/2021 10:30	18,018	24/9/2021 13:16	14,8
24/9/2021 10:31	18,08	24/9/2021 13:17	14,8
24/9/2021 10:32	18,67	24/9/2021 13:18	14,9
24/9/2021 10:33	18,104	24/9/2021 13:19	14,9
24/9/2021 10:34	18,018	24/9/2021 13:20	14,8
24/9/2021 10:35	18,186	24/9/2021 13:21	14,8
24/9/2021 10:36	18,294	24/9/2021 13:22	14,8
24/9/2021 10:37	18,508	24/9/2021 13:23	14,8
24/9/2021 10:38	18,596	24/9/2021 13:24	14,8
24/9/2021 10:39	19,208	24/9/2021 13:25	14,8
24/9/2021 10:40	19,032	24/9/2021 13:26	14,8
24/9/2021 10:41	19,012	24/9/2021 13:27	14,7
24/9/2021 10:42	18,85	24/9/2021 13:28	14,7
24/9/2021 10:43	18,758	24/9/2021 13:29	14,9
24/9/2021 10:44	18,81	24/9/2021 13:30	14,9
24/9/2021 10:45	18,978	24/9/2021 13:31	14,9
24/9/2021 10:46	18,822	24/9/2021 13:32	14,9
24/9/2021 10:47	18,972	24/9/2021 13:33	15
24/9/2021 10:48	18,972	24/9/2021 13:34	15
24/9/2021 10:49	19,028	24/9/2021 13:35	15,1
24/9/2021 10:50	19,112	24/9/2021 13:36	15,2

24/9/2021 10:51	18,804	24/9/2021 13:37	15,3
24/9/2021 10:52	18,584	24/9/2021 13:38	15,3
24/9/2021 10:53	18,912	24/9/2021 13:39	15,3
24/9/2021 10:54	18,76	24/9/2021 13:40	15,3
24/9/2021 10:55	18,586	24/9/2021 13:41	15,3
24/9/2021 10:56	19,044	24/9/2021 13:42	15,4
24/9/2021 10:57	18,786	24/9/2021 13:43	15,4
24/9/2021 10:58	18,85	24/9/2021 13:44	15,6
24/9/2021 10:59	18,99	24/9/2021 13:45	15,5
24/9/2021 11:00	19,0025	24/9/2021 13:46	15,5
24/9/2021 11:01	19,01	24/9/2021 13:47	15,5
24/9/2021 11:02	19,05	24/9/2021 13:48	15,6
24/9/2021 11:03	19,126	24/9/2021 13:49	15,6
24/9/2021 11:04	19,108	24/9/2021 13:50	15,6
24/9/2021 11:05	18,834	24/9/2021 13:51	15,6
24/9/2021 11:06	18,898	24/9/2021 13:52	15,7
24/9/2021 11:07	18,706	24/9/2021 13:53	15,8
24/9/2021 11:08	18,662	24/9/2021 13:54	15,9
24/9/2021 11:09	18,998	24/9/2021 13:55	15,9
24/9/2021 11:10	18,902	24/9/2021 13:56	16
24/9/2021 11:11	18,926	24/9/2021 13:57	16
24/9/2021 11:12	18,906	24/9/2021 13:58	16
24/9/2021 11:13	18,85	24/9/2021 13:59	16
24/9/2021 11:14	18,866	24/9/2021 14:00	16
24/9/2021 11:15	19,11	24/9/2021 14:01	15,9
24/9/2021 11:16	19,428	24/9/2021 14:02	15,8
24/9/2021 11:17	19,668	24/9/2021 14:03	15,8
24/9/2021 11:18	19,76	24/9/2021 14:04	15,9
24/9/2021 11:19	19,79	24/9/2021 14:05	16,2
24/9/2021 11:20	19,82	24/9/2021 14:06	16,3
24/9/2021 11:21	19,812	24/9/2021 14:07	16,3
24/9/2021 11:22	19,986	24/9/2021 14:08	16,4
24/9/2021 11:23	20,252	24/9/2021 14:09	16,4
24/9/2021 11:24	19,9825	24/9/2021 14:10	16,4
24/9/2021 11:25	20,042	24/9/2021 14:11	16,4
24/9/2021 11:26	20,00	24/9/2021 14:12	16,4
24/9/2021 11:27	19,726	24/9/2021 14:13	16,3
24/9/2021 11:28	19,692	24/9/2021 14:14	16,2
24/9/2021 11:29	19,64	24/9/2021 14:15	16,2
24/9/2021 11:30	19,646	24/9/2021 14:16	16,1
24/9/2021 11:31	19,832	24/9/2021 14:17	16,1
24/9/2021 11:32	19,906	24/9/2021 14:18	16,2

24/9/2021 11:33	20,108	24/9/2021 14:19	16,3
24/9/2021 11:34	20,386	24/9/2021 14:20	16,3
24/9/2021 11:35	20,884	24/9/2021 14:21	16,3
24/9/2021 11:36	20,814	24/9/2021 14:22	16,3
24/9/2021 11:37	21,1	24/9/2021 14:23	16,3
24/9/2021 11:38	21,294	24/9/2021 14:24	16,3
24/9/2021 11:39	21,244	24/9/2021 14:25	16,1
24/9/2021 11:40	21,275	24/9/2021 14:26	16
24/9/2021 11:41	20,706	24/9/2021 14:27	16
24/9/2021 11:42	20,578	24/9/2021 14:28	15,9
24/9/2021 11:43	20,69	24/9/2021 14:29	16
24/9/2021 11:44	20,6975	24/9/2021 14:30	16
24/9/2021 11:45	20,704	24/9/2021 14:31	16
24/9/2021 11:46	20,638	24/9/2021 14:32	15,9
24/9/2021 11:47	20,984	24/9/2021 14:33	15,8
24/9/2021 11:48	21,15	24/9/2021 14:34	15,7
24/9/2021 11:49	20,96	24/9/2021 14:35	15,6
24/9/2021 11:50	20,972	24/9/2021 14:36	15,5
24/9/2021 11:51	21,078	24/9/2021 14:37	15,5
24/9/2021 11:52	21,136	24/9/2021 14:38	15,6
24/9/2021 11:53	21,194	24/9/2021 14:39	15,6
24/9/2021 11:54	21,226	24/9/2021 14:40	15,6
24/9/2021 11:55	21,322	24/9/2021 14:41	15,7
24/9/2021 11:56	21,33	24/9/2021 14:42	15,7
24/9/2021 11:57	21,63	24/9/2021 14:43	15,8
24/9/2021 11:58	21,826	24/9/2021 14:44	15,8
24/9/2021 11:59	22,138	24/9/2021 14:45	15,8
24/9/2021 12:00	22,30	24/9/2021 14:46	15,6
24/9/2021 12:01	22,158	24/9/2021 14:47	15,5
24/9/2021 12:02	22,27	24/9/2021 14:48	15,5
24/9/2021 12:03	22,004	24/9/2021 14:49	15,4
24/9/2021 12:04	21,796	24/9/2021 14:50	15,4
24/9/2021 12:05	21,838	24/9/2021 14:51	15,4
24/9/2021 12:06	21,56	24/9/2021 14:52	15,5
24/9/2021 12:07	21,82	24/9/2021 14:53	15,7
24/9/2021 12:08	21,91	24/9/2021 14:54	15,7
24/9/2021 12:09	22,132	24/9/2021 14:55	15,5
24/9/2021 12:10	22,2225	24/9/2021 14:56	15,5
24/9/2021 12:11	22,32	24/9/2021 14:57	15,5
24/9/2021 12:12	22,13	24/9/2021 14:58	15,5
24/9/2021 12:13	22,106	24/9/2021 14:59	15,5
24/9/2021 12:14	22,588	24/9/2021 15:00	15,6

24/9/2021 12:15	22,524	24/9/2021 15:01	15,7
24/9/2021 12:16	22,242	24/9/2021 15:02	15,7
24/9/2021 12:17	22,038	24/9/2021 15:03	15,7
24/9/2021 12:18	21,906	24/9/2021 15:04	15,7
24/9/2021 12:19	21,886	24/9/2021 15:05	15,8
24/9/2021 12:20	21,802	24/9/2021 15:06	15,8
24/9/2021 12:21	22,016	24/9/2021 15:07	15,8
24/9/2021 12:22	21,99	24/9/2021 15:08	15,9
24/9/2021 12:23	22,398	24/9/2021 15:09	15,9
24/9/2021 12:24	22,142	24/9/2021 15:10	15,8
24/9/2021 12:25	22,052	24/9/2021 15:11	15,7
24/9/2021 12:26	21,926	24/9/2021 15:12	15,7
24/9/2021 12:27	21,812	24/9/2021 15:13	15,7
24/9/2021 12:28	21,852	24/9/2021 15:14	15,7
24/9/2021 12:29	21,658	24/9/2021 15:15	15,7
24/9/2021 12:30	21,462	24/9/2021 15:16	15,7
24/9/2021 12:31	21,586	24/9/2021 15:17	15,7
24/9/2021 12:32	21,504	24/9/2021 15:18	15,7
24/9/2021 12:33	21,552	24/9/2021 15:19	15,7
24/9/2021 12:34	21,838	24/9/2021 15:20	15,6
24/9/2021 12:35	21,914	24/9/2021 15:21	15,6
24/9/2021 12:36	21,964	24/9/2021 15:22	15,4
24/9/2021 12:37	22,068	24/9/2021 15:23	15,4
24/9/2021 12:38	21,82	24/9/2021 15:24	15,5
24/9/2021 12:39	22,062	24/9/2021 15:25	15,5
24/9/2021 12:40	21,736	24/9/2021 15:26	15,6
24/9/2021 12:41	21,862	24/9/2021 15:27	15,6
24/9/2021 12:42	22,008	24/9/2021 15:28	15,5
24/9/2021 12:43	22,046	24/9/2021 15:29	15,5
24/9/2021 12:44	22,104	24/9/2021 15:30	15,5
24/9/2021 12:45	22,146	24/9/2021 15:31	15,6
24/9/2021 12:46	22,478	24/9/2021 15:32	15,6
24/9/2021 12:47	22,284	24/9/2021 15:33	15,5
24/9/2021 12:48	22,432	24/9/2021 15:34	15,5
24/9/2021 12:49	22,222	24/9/2021 15:35	15,5
24/9/2021 12:50	22,244	24/9/2021 15:36	15,5
24/9/2021 12:51	22,188	24/9/2021 15:37	15,4
24/9/2021 12:52	22,246	24/9/2021 15:38	15,4
24/9/2021 12:53	22,154	24/9/2021 15:39	15,4
24/9/2021 12:54	22,192	24/9/2021 15:40	15,4
24/9/2021 12:55	22,224	24/9/2021 15:41	15,3

ANEXO 11 DATOS DEL CALOR ÚTIL

W/m²	30 mm	50 mm			
			357,2	115,43	120,28
228,9	114,84	115,33	358,3	117,68	124,25
233,5	115,82	134,03	360,7	119,33	129,73
239,3	114,56	130,89	366,4	129,10	139,54
255,9	112,16	129,65	373,3	133,32	138,16
259,8	109,99	127,01	375,6	135,80	143,80
260,4	106,61	125,08	368,6	134,62	145,65
259,3	106,92	126,38	376,7	134,62	142,69
266,7	106,96	123,59	397,8	132,96	143,30
273,7	106,57	125,79	412,2	131,03	132,09
290,1	106,61	122,28	399	128,08	127,60
313,1	105,38	122,09	381,9	130,01	129,81
329,2	103,57	121,34	356,7	127,49	127,99
334,2	105,42	121,38	337,8	124,53	126,15
329,2	103,10	116,10	325,2	123,07	122,88
317,1	101,33	113,66	318,9	123,62	127,72
300	102,58	113,34	322,3	126,15	130,99
294,2	104,40	119,21	346,8	124,89	127,25
290,1	104,68	116,53	386,4	127,68	129,46
286,3	103,69	114,29	390,4	132,45	135,48
280	98,21	114,60	378,3	134,89	136,63
271,9	100,07	115,82	376	131,98	133,83
262,7	101,41	127,45	378,9	135,76	134,46
253,5	100,89	114,33	393,8	141,55	136,35
244,9	101,68	110,66	381,2	138,12	136,51
243,3	102,82	112,00	369,3	140,72	144,39
241,5	102,86	114,13	352	139,66	146,28
242,7	107,98	120,32	330,3	137,30	148,48
243,8	109,72	122,05	311,9	134,39	151,72
251,9	113,50	134,10	305,2	135,48	148,88
266,1	112,32	128,67	297,6	138,12	153,05
278,7	119,72	128,27	297,6	138,60	147,81
274,1	118,98	125,08	305,6	134,54	141,75
270,1	119,49	123,27	320,5	131,90	140,60
265,6	120,20	124,29	336	130,89	135,03
267,8	117,24	125,63	336	131,39	138,28
265,6	115,90	122,56	325,2	132,61	140,05
261,1	113,07	125,52	313,1	133,95	144,43
261,6	115,12	125,52	301,6	136,86	146,21
269,6	114,29	126,62	299,3	135,96	148,13
274,8	118,98	132,21	299,3	135,48	144,39

277,5	119,13	126,15	311,4	140,72	145,88
279,3	121,14	123,78	320,5	144,74	157,35
269,6	120,00	130,24	323,4	145,41	156,09
259,8	116,61	123,31	332	141,43	150,53
259,3	117,05	119,88	337,1	140,53	146,51
269,6	115,63	126,93	339,4	136,51	143,91
296,4	117,87	123,82	334,9	135,44	141,55
336,6	118,46	125,08	325,7	132,69	137,93
365,2	114,00	123,80	321,6	131,58	142,14
376	112,87	122,18	315,3	130,01	139,74
361,2	109,48	120,35	316,5	128,82	145,73
332,6	107,47	121,14	330,3	132,37	142,65
313,1	109,13	122,64	351,5	135,25	142,85
294,8	109,17	120,32	373,8	136,47	140,37
285,6	109,28	114,92	384,1	134,62	138,12
283,8	108,29	114,21	376,7	131,07	136,94
286,7	108,97	110,43	363	130,01	133,12
285,6	106,84	107,59	345,2	129,14	129,26
286,3	109,09	114,21	336,6	127,92	131,70
295,3	107,01	112,32	324,5	125,79	128,12
303,4	106,37	112,79	322,3	128,55	129,06
313,7	112,36	116,34	321,6	126,89	134,69
316	110,98	115,23	322,9	127,17	136,19
310,8	114,21	113,58	320,5	125,04	135,21
306,8	116,14	118,38	313,1	121,02	137,26
316	119,25	122,68	297,6	121,04	130,40
360,1	120,67	125,44	283,3	121,50	135,17
433,9	119,88	125,28	228,9	121,18	128,75
437,9	119,65	123,90	233,5	122,60	131,23
434,5	122,05	126,51	239,3	124,14	134,10
412,7	121,54	126,30	255,9	124,29	134,85
365,7	122,84	129,73	259,8	126,11	137,96
331,5	121,65	133,00	260,4	130,52	140,76
311,9	120,12	125,72	228,9	127,49	147,30
317,8	118,53	126,89	233,5	128,71	143,48
332,6	121,14	128,04	239,3	126,26	144,43
340,5	119,53	122,64	255,9	127,60	142,26
346,3	120,20	121,97	259,8	128,12	142,69
353,1	118,58	118,98	260,4	126,66	141,59
352	121,88	119,09	259,3	126,70	140,76
354,9	117,24	120,79	266,7	127,84	138,95

ANEXO 12 ESTACIÓN METEOROLÓGICA

5.3 Sensor Array Set Up

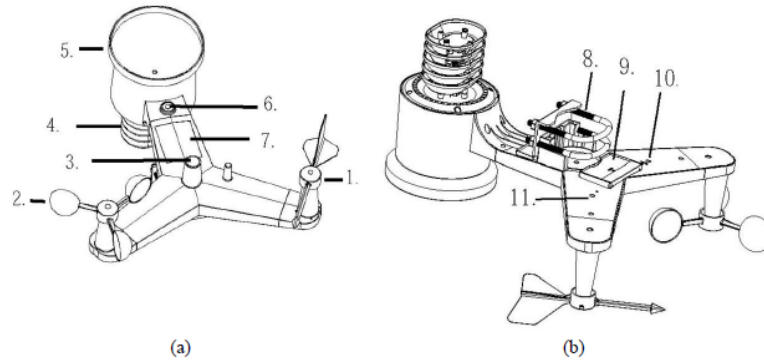


Figure 1

No	Description	No	Description
1	Wind Vane (measures wind direction)	7	Solar panel
2	Wind Speed Sensor (measures wind speed)	8	U-Bolt
3	UV sensor/ Light sensor	9	Battery compartment
4	Thermometer-hygrometer sensor (measures temperature and humidity)	10	Reset button
5	Rain collector	11	LED transmitter Indicator
6	Bubble level		

5.3.2 Install Wind Cups

Reference Figure 3. (a) push the wind cups on to the shaft. (b) tighten the set screw with a precision screwdriver and make sure the wind cups spin freely.

Note: You may need to back out the set screw first before sliding the cups onto the shaft.

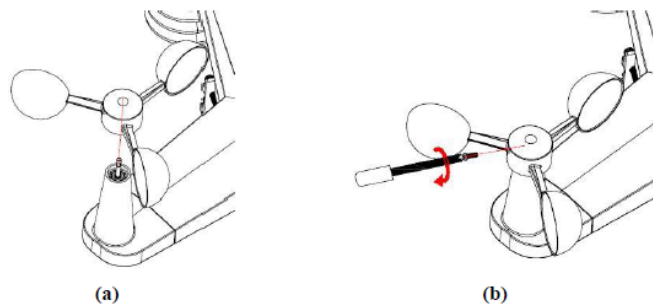


Figure 3

5.3.3 Install U-Bolts

Note: Your U-bolts may have come preassembled at the factory.

- (a) Insert the U-Bolts into the sensor array mounting bracket and hand tighten the nuts.
- (b) Tighten the nuts to fit the size of your mounting pole (between 1" and 2" diameter).
- (c) Insert the sensor array and U-Bolt assembly onto the mounting pole.
- (d) Tighten the U-Bolts around the pole with an adjustable wrench. Make sure the sensor array is level.

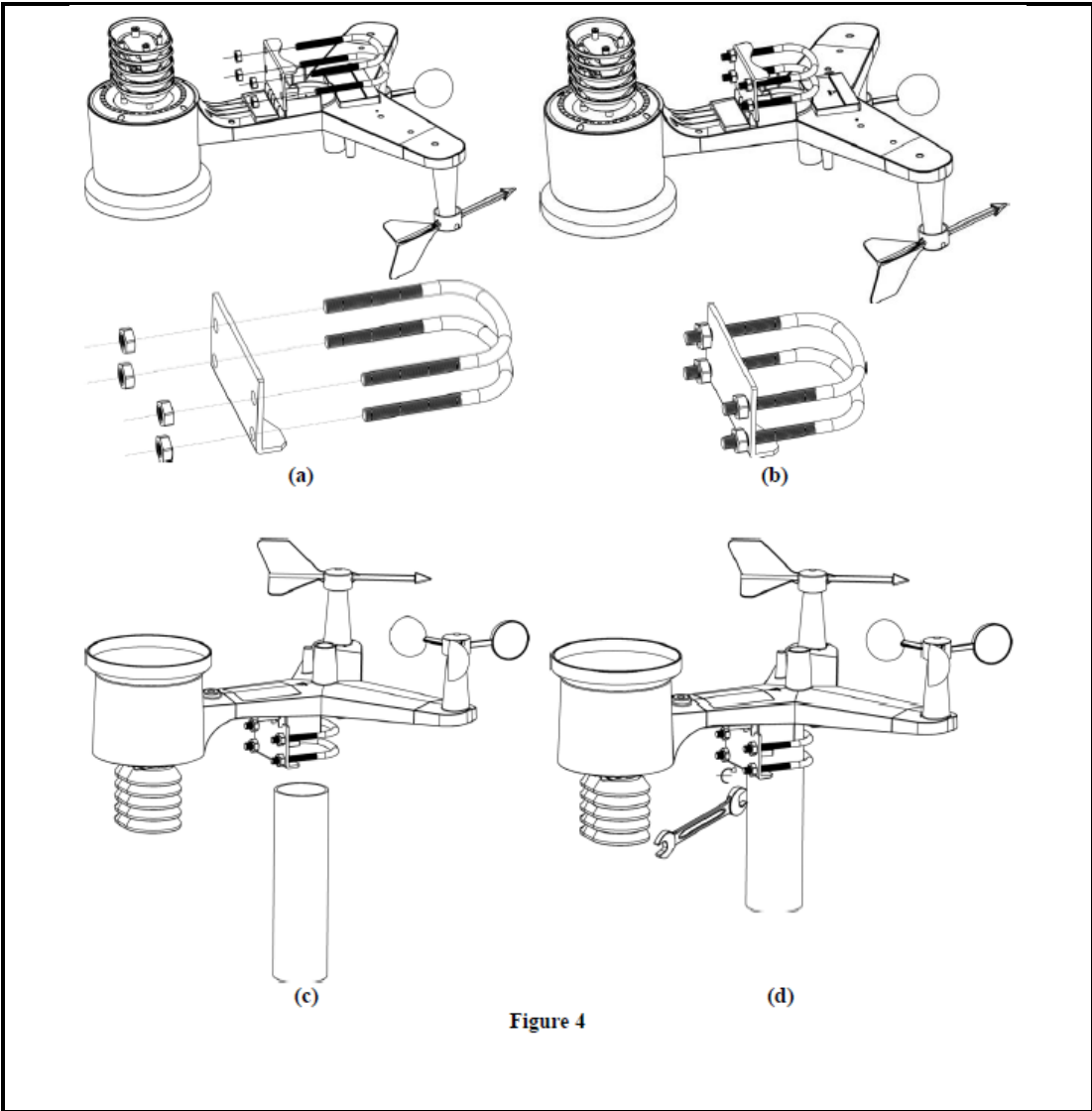
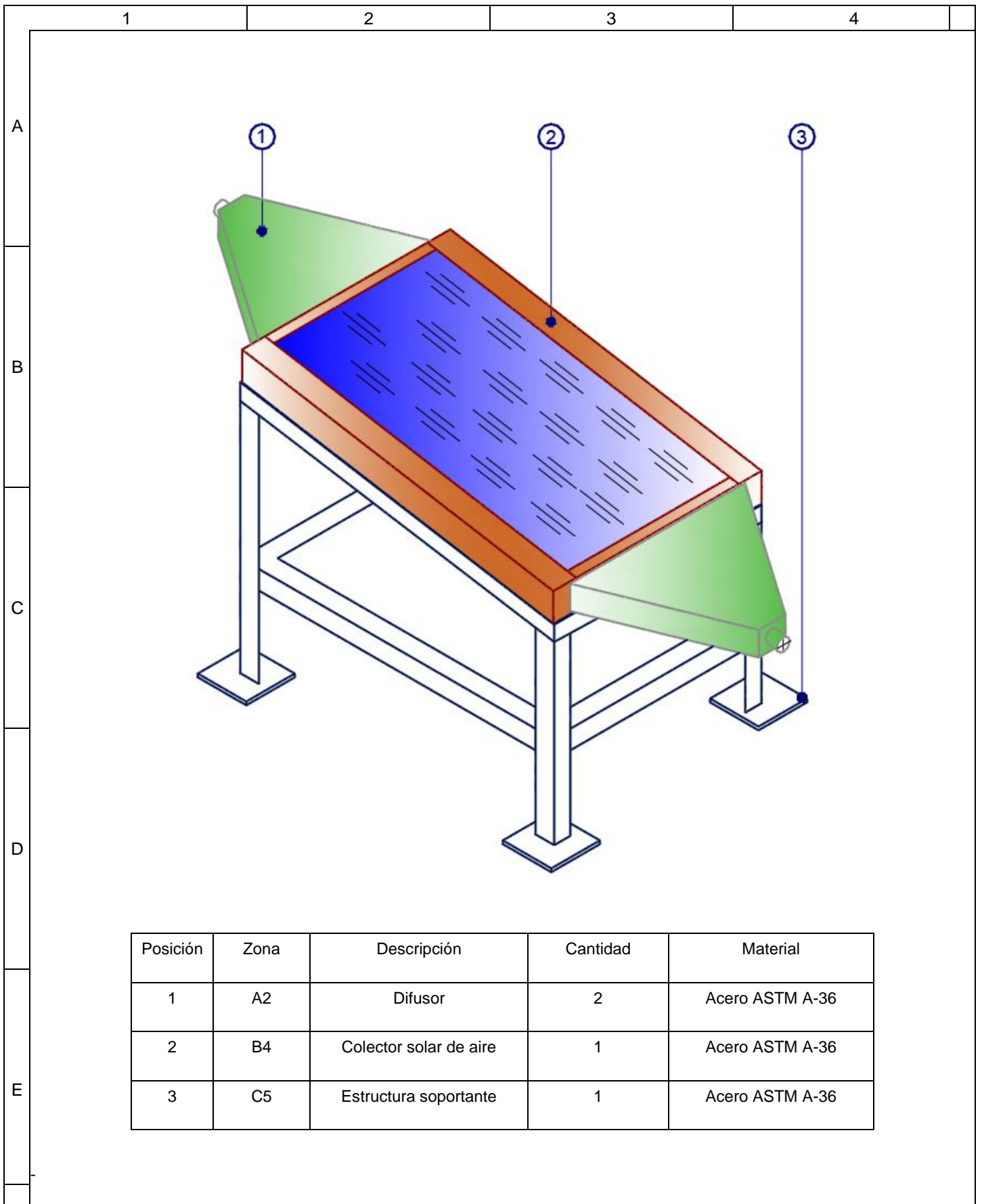
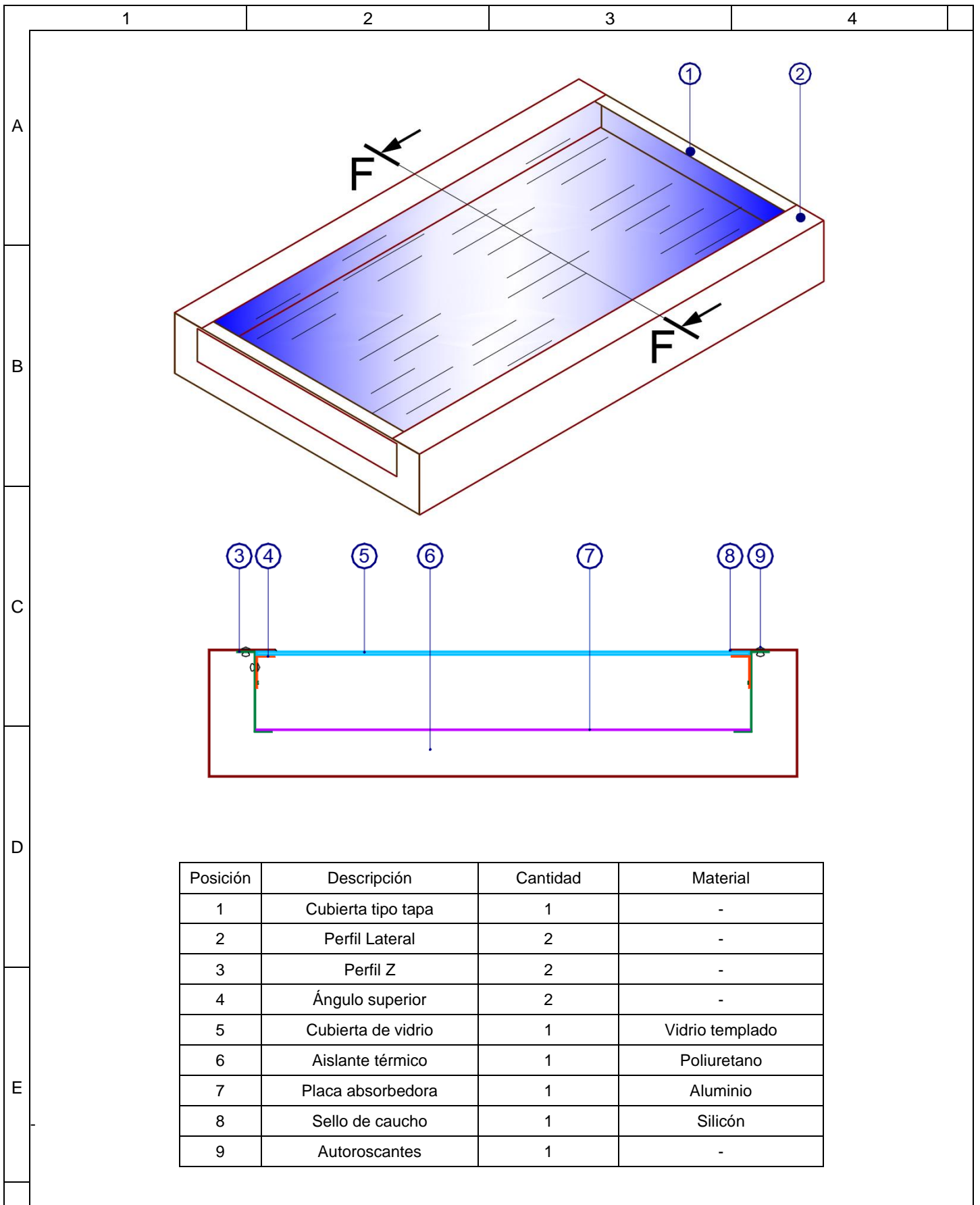


Figure 4



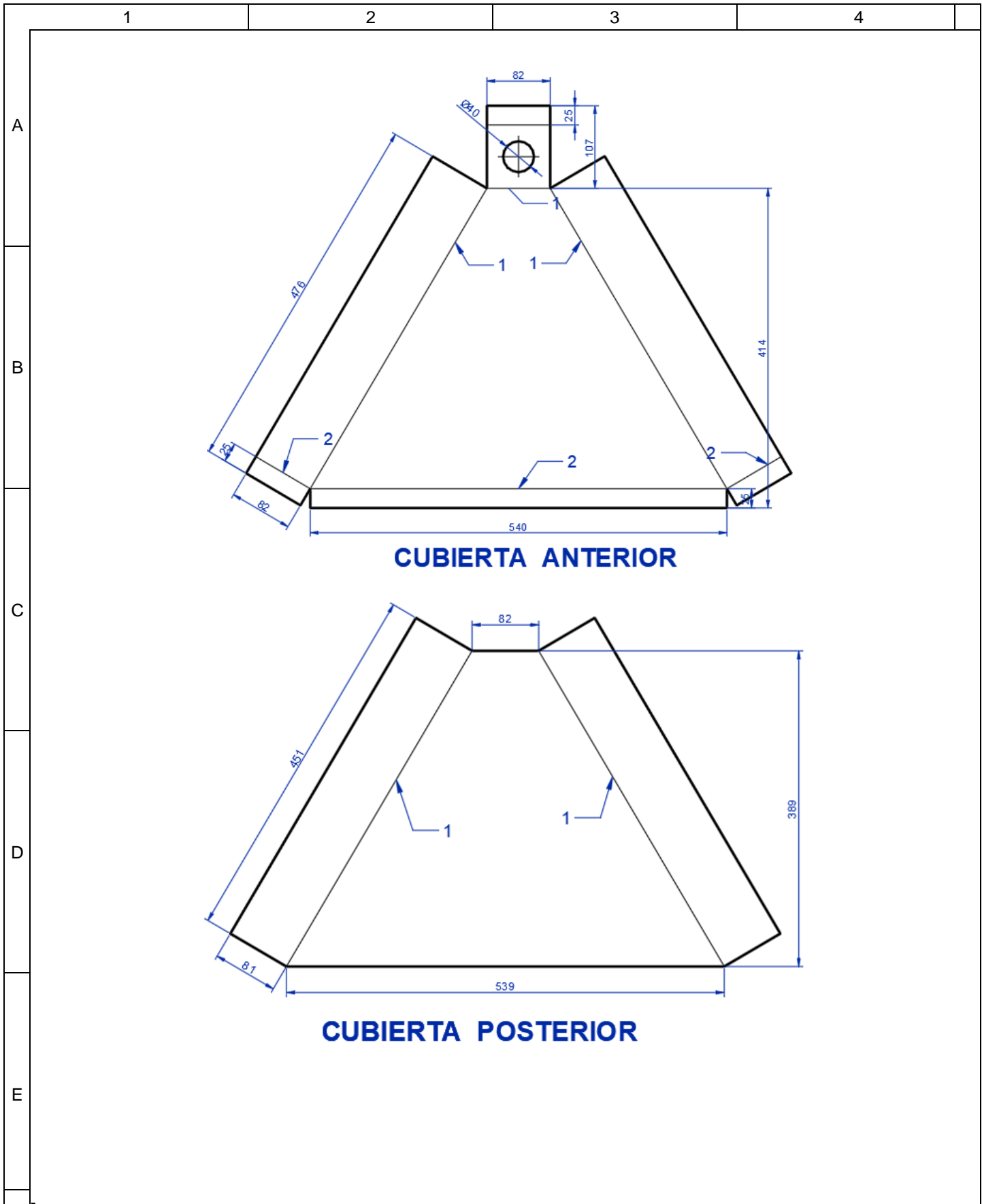
Posición	Zona	Descripción	Cantidad	Material
1	A2	Difusor	2	Acero ASTM A-36
2	B4	Colector solar de aire	1	Acero ASTM A-36
3	C5	Estructura soportante	1	Acero ASTM A-36

				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre	COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA
				Dib.	14/09/21	Edison Iza	
				Rev.	10/10/21	Enrique Torres	
				Apro.	10/10/21	Enrique Torres	
							mm
							ANEXO 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



Posición	Descripción	Cantidad	Material
1	Cubierta tipo tapa	1	-
2	Perfil Lateral	2	-
3	Perfil Z	2	-
4	Ángulo superior	2	-
5	Cubierta de vidrio	1	Vidrio templado
6	Aislante térmico	1	Poliuretano
7	Placa absorbedora	1	Aluminio
8	Sello de caucho	1	Silicón
9	Autoroscantes	1	-

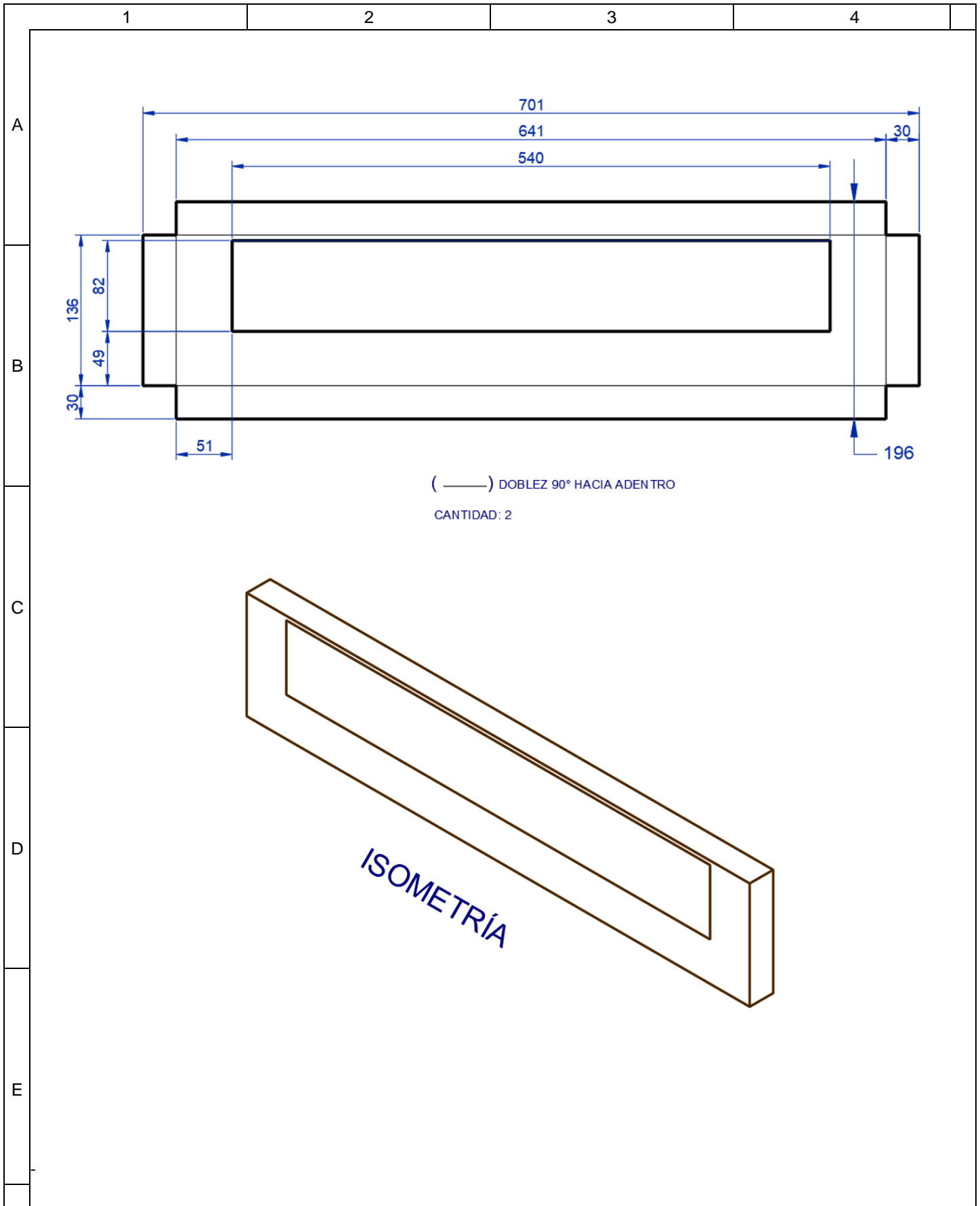
				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
				Fecha	Nombre	PLACAS DEL COLECTOR SOLAR	
				Dib. 14/09/21	Edison Iza		
				Rev. 10/10/21	Enrique Torres		
				Apro. 10/10/21	Enrique Torres		
						ANEXO 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



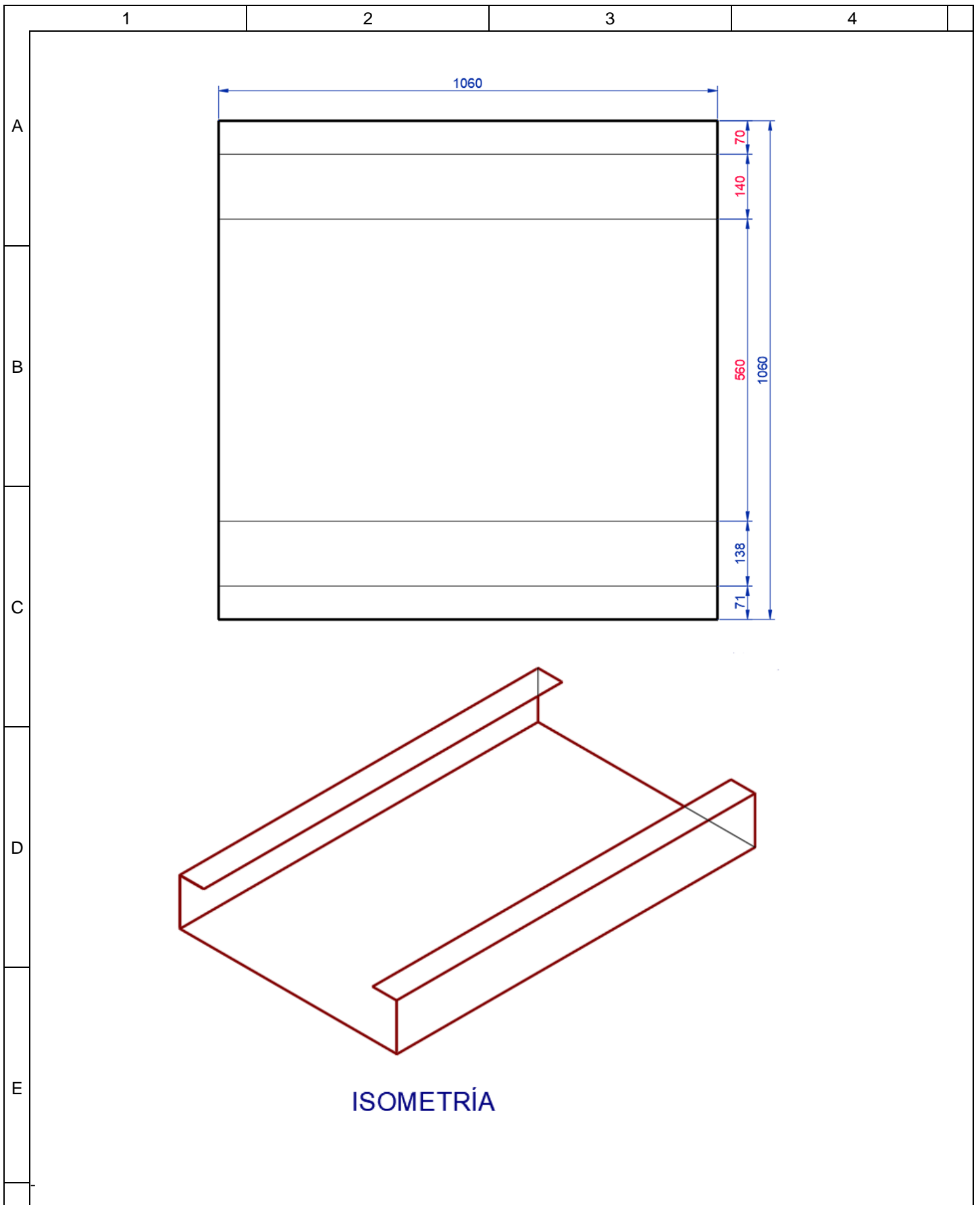
CUBIERTA ANTERIOR

CUBIERTA POSTERIOR

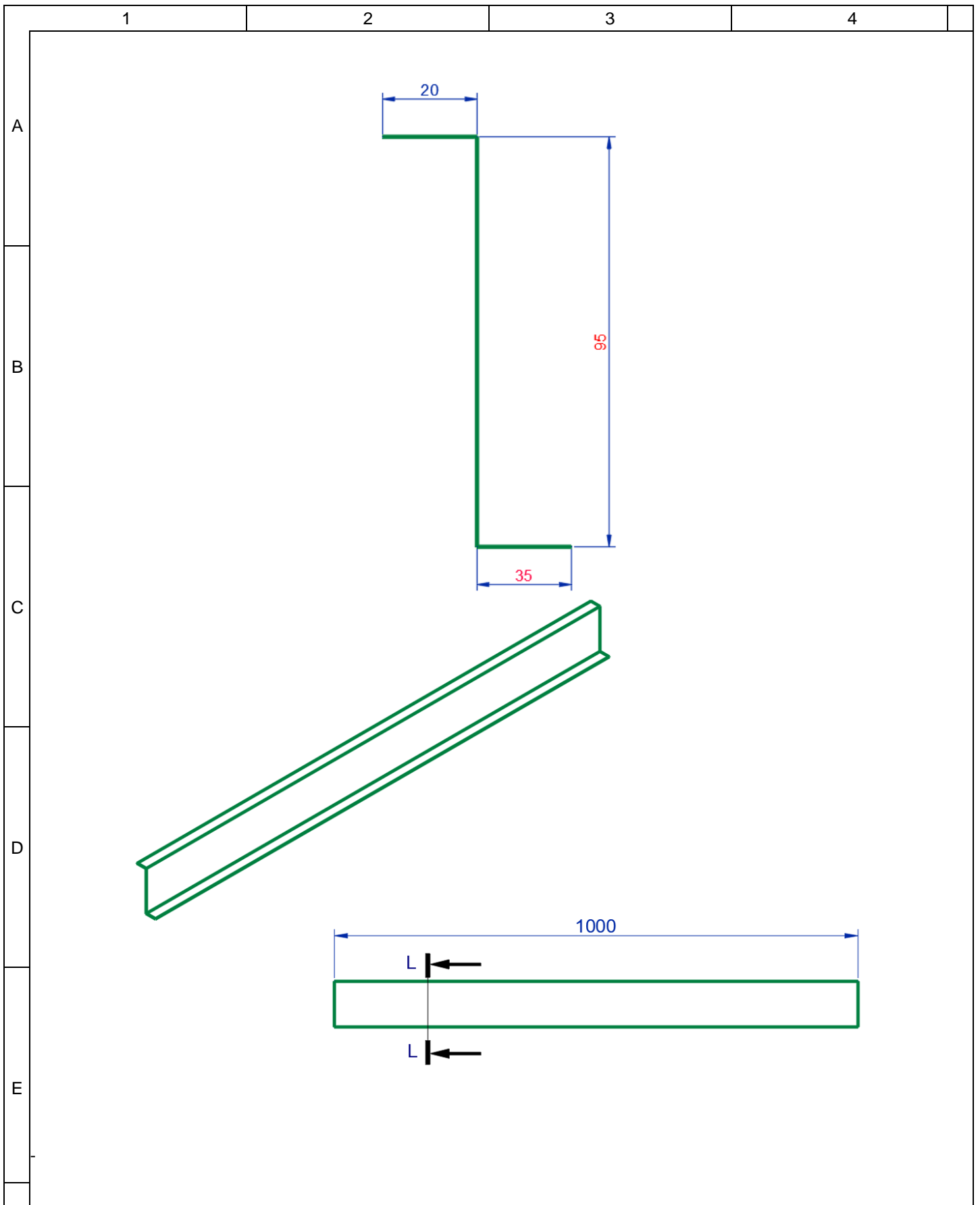
				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
				Fecha	Nombre	CUBIERTA	mm
			Dib.	14/09/21	Edison Iza		
			Rev.	10/10/21	Enrique Torres		
			Apro.	10/10/21	Enrique Torres		
						ANEXO 15	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



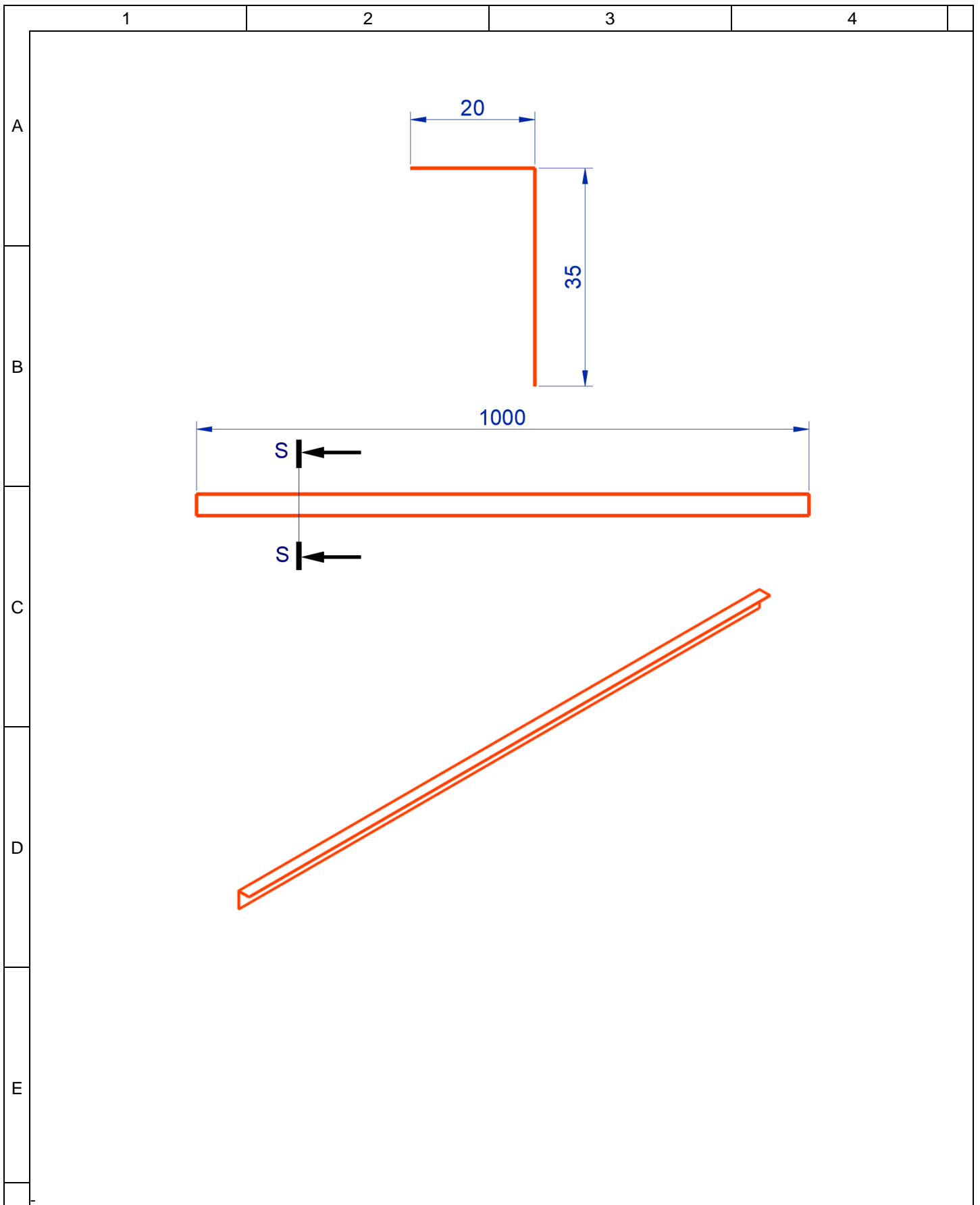
				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
				Fecha	Nombre	CANALETA	mm
				Dib. 14/09/21	Edison Iza		
				Rev. 10/10/21	Enrique Torres		
				Apro. 10/10/21	Enrique Torres		
						ANEXO 16	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre	CANALETA CENTRAL
				Dib.	14/09/21	Edison Iza	
				Rev.	10/10/21	Enrique Torres	
				Apro.	10/10/21	Enrique Torres	mm
				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		ANEXO 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre	PERFIL Z
				Dib.	14/09/21	Edison Iza	
				Rev.	10/10/21	Enrique Torres	
				Apro.	10/10/21	Enrique Torres	mm
						ANEXO 18	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
					Fecha	Nombre	ÁNGULO INTERIOR
				Dib.	14/09/21	Edison Iza	
				Rev.	10/10/21	Enrique Torres	
				Apro.	10/10/21	Enrique Torres	mm
						ANEXO 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	