



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR, MODALIDAD DE PROYECTO DE

INVESTIGACIÓN

TEMA:

“CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATMOSFÉRICA”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Línea de investigación: Prototipos Industriales

Autor: Jefferson Lenin Pinanjota Conlago

Director: Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre

Ibarra – junio - 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726103359		
APELLIDOS Y NOMBRES:	PINANJOTA CONLAGO JEFFERSON LENIN		
DIRECCIÓN:	CAYAMBE, AV. NAPO Y PRINCIPAL CHIMBA		
EMAIL:	jlpinanjotac@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968028385

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATMOSFÉRICA
AUTOR (ES):	JEFFERSON LENIN PINANJOTA CONLAGO
FECHA: DD/MM/AAAA	2023-02-25
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIRIA MECATRÓNICA
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. FERNANDO VINICIO VALENCIA AGUIRRE, Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de junio de 2023

EL AUTOR:

Firma.....
JEFFERSON LENIN
PINANJOTA
CONLAGO
Firmado digitalmente por
JEFFERSON LENIN
PINANJOTA CONLAGO
Fecha: 2023.06.05 08:11:25
-05'00'

Nombre: Jefferson Lenin Pinanjota Conlago

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 14 de junio de 2023

Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre, Msc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



Firmado electrónicamente por:
FERNANDO VINICIO
VALENCIA AGUIRRE

(f):.....

Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre, Msc.

C.C.:.....[1003188669](#).....

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “Condensador experimental de agua atmosférica” elaborado por Pinanjota Conlago Jefferson Lenin, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Firmado digitalmente por:
FERNANDO VINICIO
VALENCIA AGUIRRE

(f):.....

Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre, Msc.

C.C.: 1003188669.....

(f):.....

PhD, Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, Ing.

C.C.: 1758387383.....

DEDICATORIA

A mi mamá, Ana Cecilia Conlago, quien ha sido mi fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría. Sus palabras de aliento y su perseverancia han sido mi guía en cada paso de este camino académico. Gracias por creer en mí y por inspirarme a seguir adelante en los momentos más desafiantes.

A mi padre, Galo Patricio Pinanjota, el pilar de fuerza y sabiduría en mi vida. Su ejemplo de trabajo duro, disciplina y determinación ha sido una fuente constante de motivación. Gracias por inculcarme valores y por brindarme el apoyo incondicional en todo momento.

A mi hija, Sofía Verenice Pinanjota, mi mayor alegría y mi mayor impulso. Eres y has sido mi razón para buscar la excelencia en cada paso que doy. Quiero que sepas que todo lo que he logrado en este trabajo de tesis ha estado pensando en un futuro mejor para ti. Eres mi inspiración y mi mayor orgullo.

A los tres, mi familia amada, gracias por estar a mi lado durante este viaje. Han sido mi apoyo incondicional, mis consejeros y mi refugio en los momentos de cansancio y duda. Este logro también es suyo, y dedico este trabajo de tesis a cada uno de ustedes por el amor y la constante motivación que me han brindado.

Jefferson Lenin Pinanjota Conlago

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en el desarrollo de este trabajo de tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Ana Cecilia Conlago y Galo Patricio Pinanjota, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración. Gracias por creer en mí y por alentarme a perseguir mis sueños académicos.

A mi tutor, el Ing. Fernando Valencia Msc., quiero expresar mi gratitud por su orientación experta y valiosos aportes a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, experiencia y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo de tesis. Agradezco su paciencia, su capacidad de motivación y su disposición constante para brindarme su apoyo.

También quiero extender mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores. Agradezco a todas las autoridades, docentes y personal administrativo que hagan posible el funcionamiento de esta institución educativa. La calidad de la educación que recibió y los recursos disponibles han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal.

Asimismo, deseo agradecer a mis amigos y seres queridos por su aliento, comprensión y apoyo constante a lo largo de esta travesía. Sus palabras de aliento, su confianza en mí y su presencia en momentos de celebración y desafío han sido un gran impulso para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a este trabajo de tesis. Su colaboración, consejos y aportes han enriquecido mi investigación y han hecho posible este logro.

Jefferson Lenin Pinanjota Conlago

RESUMEN EJECUTIVO

A continuación, se presenta el diseño y la implementación de un condensador experimental de agua atmosférica, este documento trata la descripción del proyecto para conseguir un recurso vital, el agua. Este recurso es el más importante en la vida diaria de la humanidad, el condensador experimental intenta compensar la falta de acceso al agua mediante condensación de vapor presente en el aire, debido que actualmente hay escasez de este recurso en muchas regiones del país, así como en otras partes del mundo, ya sea por contaminación de los mantos acuíferos o porque se están agotando las fuentes, o no son suficientes. En este trabajo de investigación se plantea abastecer de agua a la localidad con una fuente no convencional, el cual será recolectado mediante maquinas usadas para frigoríficos que trabajan con motor refrigerante, teniendo como objetivo determinar la capacidad de condensación de agua y el consumo de energía en diferentes condiciones ambientales. De esta manera, el diferencial de temperatura entre el aire del ambiente, el punto de rocío y la humedad relativa del condensador experimental es el factor clave en el diseño. A lo largo del tiempo se han diseñado y creados diversos mecanismos para la condensación, por lo general estos equipos no toman en cuenta la humedad relativa del aire, solo se enfocan en alcanzar el punto de rocío cambiando la temperatura. Este equipo fue diseñado para las zonas secas, y a partir de este, se puede extrapolar el trabajo para una zona más cálida.

Palabras clave: Agua, Generador de agua atmosférica, Condensador, Métodos de recolección de agua, Punto de rocío, Humedad relativa.

ABSTRACT

Next, the design and implementation of an experimental atmospheric water condenser is presented, this document deals with the description of the project to obtain a vital resource, water. This resource is the most important in the daily life of humanity, the experimental condenser tries to compensate for the lack of access to water through condensation of steam present in the air, due to the fact that there is currently a shortage of this resource in many regions of the country, as well as in other parts of the world, either due to contamination of the aquifers or because the sources are running out, or they are not enough. In this research work, it is proposed to supply water to the town with an unconventional source, which will be collected by machines used for refrigerators that work with a refrigerant motor, with the objective of determining the water condensation capacity and energy consumption in different environmental conditions. In this way, the temperature differential between the ambient air, the dew point and the relative humidity of the experimental condenser is the key factor in the design. Over time, various mechanisms for condensation have been designed and created, generally these equipments do not take into account the relative humidity of the air, they only focus on reaching the dew point by changing the temperature. This equipment was designed for dry areas, and from this, the work can be extrapolated for a warmer area.

Keywords: Water, Atmospheric water generator, Condenser, Water collection methods, Dew point, Relative humidity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	II
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR	III
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN EJECUTIVO	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	17
Planteamiento del problema.....	17
Objetivos.....	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
Justificación.	19
Alcance.	20
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	21
1.1 Antecedentes.....	21
1.2 Marco Teórico.....	23
1.2.1 Obtención de agua por condensación psicrometría	23
1.2.2 Generador de agua atmosférica	25
1.2.3 Refrigerantes.....	25
	IX

1.2.4 Evaporador	28
1.2.6 Condensador	29
1.2.7 Compresor	30
1.2.8 Automatización.....	31
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.1 Modelo de la investigación.	36
2.1.1 Diseño de la investigación.....	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1.1 Censo Poblacional.	41
3.1.2 Estudio Meteorológico.	42
3.2 Análisis y cálculos.	48
3.2.1 Cálculo de temperatura deseada.	48
3.2.2 Cálculo de cantidad de agua generada por minuto.	50
3.2.3 Selección de componentes eléctricos para el análisis de consumo energético.....	52
3.2.4 Impresión de piezas plásticas 3d y ensamble en el condensador experimental.....	58
3.2.5 Diseño del control automatizado del prototipo.	61
3.2.6 Diagrama eléctrico.....	67
3.2.6 Costo de construcción del condensador de agua atmosférica.....	68
3.2.6 Costo de valor por litro de agua generada.	71
3.3 Evaluación aplicada al costo de riego enfocado a la agricultura	73
3.3.1 Cálculo de cantidad de agua necesaria para regar un cultivo de mil metros cuadrados.....	73
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS	78
ANEXOS.....	81

ANEXO 1	81
ANEXO 2 Planos.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Presión de Vapor Saturado, Densidad del Agua	24
Tabla 1.2 Seguridad de refrigerantes.....	27
Tabla 1.3 Configuraciones del termostato MT 512.....	34
Tabla 3.1 Porcentaje de población con agua segura (2021) [23].....	41
Tabla 3.2 Resumen de los datos meteorológicos INAMHI y DHT11.....	48
Tabla 3.3 Valores de puntos de rocío calculados.	50
Tabla 3.4 Cantidad de agua generada en condiciones de cálculo ideal.....	52
Tabla 3.5 Elementos eléctricos y su consumo.....	53
Tabla 3.6 Catalogada de impulsión en servicio [1]	55
Tabla 3.7 Propiedades de impresión y comparación.	60
Tabla 3.7 Especificaciones y versiones de Logo Siemens [25].....	64
Tabla 3.8 Componentes necesarios para construcción del condensador experimental. .	68
Tabla 3.9 Análisis de costo del dispositivo por consumo de energía.....	71
Tabla 3.10 Análisis de costo por litro de agua en diferentes condiciones ambientales ideales.	72
Tabla 3.11 Costo por litro de agua real en diferentes condiciones ambientales.....	72
Tabla 3.12 Cantidad de plantas cultivadas en mil metros cuadrados y el consumo de agua semanal.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema básico de las cuatro etapas de la refrigeración [6].....	22
Figura 1.2 Evaporador de aletas [15].....	28
Figura 1.3 Condensación con refrigeración por aire [6].....	30
Figura 1.4 Compresor Hermético [13].	31
Figura 1.5 PLC logo 230RC [13].	32
Figura 1.6 Arduino Nano [18].	32
Figura 1.7 Placa de circuito impreso PCB del sensor DHT11 [19].....	33
Figura 1.8 Pantalla LCD1602 I2C [20].	34
Figura 1.9 Termostato digital MT 512 [13].....	34
Figura 2.0 Metodología.	37
Figura 3.1 Lugar geográfico de obtención de datos meteorológicos [24].	42
Figura 3.2 Gráfica de temperatura del aire por fuente INAMHI [24].	43
Figura 3.3 Gráfica de humedad relativa del aire por fuente INAMHI [24].....	43
Figura 3.4 Gráfica precipitación por fuente INAMHI [24].	43
Figura 3.5 Gráfica presión atmosférica por fuente INAMHI [24].	44
Figura 3.6 Gráfica Velocidad del viento por fuente INAMHI [24].....	44
Figura 3.7 Modelado 3D de estación meteorológica.	45
Figura 3.8 Programación en IDE arduino.....	46
Figura 3.9 Diagrama eléctrico de estación meteorológica.	47
Figura 3.10 Implementación de estación meteorológica.	47
Figura 3.11 Humedad relativa normalizada por metro cúbico de aire [3].....	51
Figura 3.12 Cuerpo de ventilador centrifugo.....	53
Figura 3.13 Ventiladores centrífugos [1].....	54
Figura 3.14 Zona de trabajo de turbina centrifuga [1].....	55
Tabla 3.6 Catalogada de impulsión en servicio.....	55
Figura 3.15 Turbina de ventilador centrifugo.....	56

Figura 3.16 Tapa de ventilador centrifugo.	56
Figura 3.17 Soporte de motor 12V DC.....	57
Figura 3.18 Tapa exterior de ventilador centrifugo.....	57
Figura 3.19 Tubo soporte de ventilador centrifugo.	58
Figura 3.20 Parámetros de impresión 3d.....	58
Figura 3.21 Impresión de piezas 3D.....	60
Figura 3.22 Configuración eléctrica del Termostato MT 512E.....	61
Figura 3.23 Botón de configuración MT 512	62
Figura 3.24 Habilidad de configuración del dispositivo MT512.....	62
Figura 3.25 Configuración del dispositivo a temperatura deseada.....	63
Figura 3.26 Configuración del dispositivo diferencial de temperatura.	63
Figura 3.27 Especificaciones del Logo siemens 230RC [13].....	65
Figura 3.28 Programación de autómeta.....	66
Figura 3.29 Diagrama eléctrico.	67

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La mayor parte del agua presente en la Tierra se encuentra en formas inaccesibles para su consumo humano o utilización agrícola (96.5% es agua salada en océanos) siendo el agua dulce una pequeña fracción total (2.53%), de este porcentaje, la mayor parte pertenece a glaciares y nieves permanentes (68.7%) y acuíferos (30.1%), el resto se encuentra en ríos, lagos y aguas pantanosas, fuentes superficiales donde habitualmente se extrae el agua dulce [1].

El principal método para la captación de agua se realiza en la superficie, ríos, lagos, en donde se acumulan mediante las precipitaciones, escorrentías terrestres y filtraciones desde el subsuelo. La escasez del agua es un problema que afecta de forma directa en distintos países del mundo, siendo esta una realidad que golpea a la población en general.

En muchos países del mundo, como Israel, Brasil, Francia, y otros, se han desarrollado aparatos que captan la humedad del ambiente, mediante un condensador, captando así agua, la cual será procesada por filtros para que sea potable. Según [2] el condensador de agua mediante el aire menciona que es un aparato que atrapa el aire y lo convierte en agua, pues en el aire hay fracciones de H₂O las cuales se pueden capturar por que la humedad relativa (HR) está presente en todas partes del mundo, incluso en los desiertos.

Este sistema tiene algunas limitaciones, la cual una de ellas es el elevado costo y el gran tamaño que lo compone. Esto va a influir de manera significativa para poder adquirir este equipo y que haga funcionamiento en zonas con escasos recursos hídricos y económicos.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un condensador experimental de agua atmosférica.

Objetivos específicos

- Identificar los elementos de un condensador de agua atmosférica.
- Diseñar los componentes del condensador de agua atmosférica.
- Construir el condensador de agua atmosférica.
- Determinar la capacidad de condensación de agua y el consumo de energía en diferentes condiciones ambientales.

Justificación.

En Ecuador, es esencial aprovechar los avances tecnológicos necesarios en ingeniería para superar los desafíos que surgen, como la escasez de agua en áreas secas y remotas. Es necesario implementar nuevos sistemas, tanto permanentes como de contingencia, para hacer frente a cualquier situación de emergencia y garantizar que el agua no se convierta en un problema. Los estudios han demostrado que, en un futuro cercano, el agua se destruirá en uno de los recursos más valiosos debido a su disminución gradual en el suministro. Por lo tanto, resulta fundamental buscar metodologías que permitan ahorrar agua y contribuir al cuidado del medio ambiente, especialmente para proteger uno de los elementos más cruciales para la vida humana, que es el líquido vital.

La técnica utilizada para obtener agua a través de la condensación se conoce como psicrometría, la cual se centra en el estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo. Es crucial comprender los mecanismos que permiten la condensación del agua en el dispositivo encargado de recolectarla a partir de la humedad del aire. Cabe destacar que la atmósfera no consiste en una mezcla pura, sino que contiene otros gases como el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el argón (Ar) y el dióxido de carbono (CO₂), pero principalmente vapor de agua. En rangos de temperatura y presión cercanos a los de la atmósfera, se considera que todos estos gases, excepto el agua, son incondensables, y se mezclan con el aire seco y el agua en estado gaseoso. Debido a que se requieren presiones bajas para lograr la condensación del agua,

Cuando la temperatura llega al punto en cual la presión de saturación del agua se equipará a la presión parcial del vapor de agua presente en la mezcla, se produce la primera condensación del agua en forma de gotas. Este punto de igualdad de presiones se conoce como punto de rocío.

Alcance.

El propósito principal del proyecto es obtener la máxima cantidad posible de agua a partir de la humedad presente en el aire. Para lograr esto, se reforzará un sistema de enfriamiento que pueda alcanzar la temperatura de punto de rocío en el entorno. La cantidad de agua producida por el prototipo obtenido dependerán a la gran medida de las condiciones climáticas que se presenten, como la temperatura y la humedad relativa presentes en la atmósfera.

Se tiene planificado llevar a cabo pruebas parciales en diferentes áreas cercanas a la ciudad de Tomalón, con el fin de evaluar el rendimiento del sistema experimental de condensación en diversas condiciones de humedad relativa y comparar los resultados obtenidos.

Por otro lado, el modelo del dispositivo tiene como objetivo la extracción de agua a gran escala. Este sistema está compuesto por un compresor de 1/6 Hp, un evaporador, un condensador y un ventilador. Estos componentes son similares a los que se encuentran en los sistemas de refrigeración convencionales y se utilizan para extraer la humedad del aire y condensar el agua de manera eficiente.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo, se describe los estudios teóricos que es de utilidad para realizar la implementación del condensador experimental de agua atmosférica. Se describe los conocimientos necesarios para validar las condiciones que se deben tomar en cuenta para satisfacer y cumplir los objetivos planteados.

1.1 Antecedentes

La problemática de la escasez de agua ha adquirido una dimensión global y requiere una atención prioritaria debido a las graves repercusiones que puede acarrear en un futuro próximo. La demanda de agua, un recurso que se encuentra cada vez más limitado, está en constante crecimiento, lo que podría dañar la disponibilidad de agua para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria a nivel mundial. Es crucial abordar esta situación de manera urgente y tomar medidas para garantizar un uso sostenible del agua y salvar la producción de alimentos en el mundo.

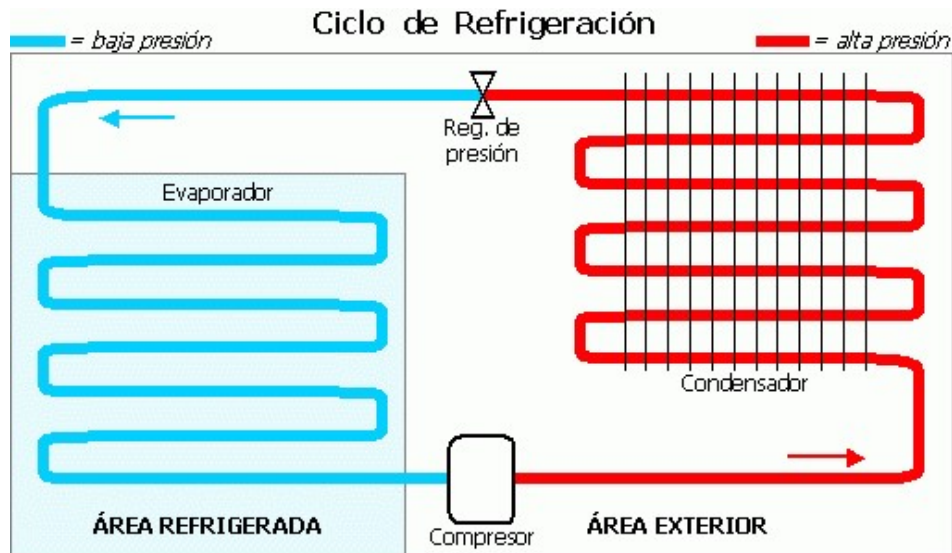
La Psicrometría es la rama de la ciencia que se dedica al estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo en relación con la humedad atmosférica y su efecto en los materiales y en el confort humano. El vapor de agua presente en el ambiente es el principal causante de la humedad del aire, y se produce a través de la evaporación de mares, océanos, ríos, lagos, plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede almacenar el aire depende de la temperatura, siendo el aire caliente capaz de retener más vapor de agua que el aire frío [3].

El punto de rocío se define como la temperatura en la cual el vapor de agua contenido en el aire comienza a condensarse. A medida que la temperatura de un volumen de aire disminuye, su capacidad para retener vapor de agua también disminuye, lo que resulta en una reducción de la humedad relativa del aire. Si el enfriamiento continúa, llegará un momento en el que el aire alcance su punto de saturación y se producirá la formación de agua en estado líquido. [4].

La condensación se refiere al proceso mediante el cual una sustancia experimenta un cambio de fase, pasando de estado gaseoso o vapor a un estado líquido más denso, tal como se muestra en la figura 1.1. Este fenómeno ocurre cuando se reduce la temperatura del vapor o se produce su enfriamiento, o cuando se incrementa la presión o se somete a

una combinación de refrigeración y compresión. Cuando el vapor de agua presente en el aire se condensa de forma natural sobre superficies frías, se denomina rocío. [5].

Figura 1.1 Sistema básico de las cuatro etapas de la refrigeración [6].



La refrigeración es el proceso mediante el cual una sustancia cambia de fase de un gas o como vapor a un líquido más denso. Esto sucede al reducir la temperatura o se enfría el vapor, o cuando se aumenta la presión o se somete a una combinación de refrigeración y compresión. Cuando el vapor de agua presente en el aire se condensa de forma natural en superficies frías, se le conoce como rocío [6].

El ciclo de Carnot inverso o de compresión se utiliza en realce de los sistemas diseñador a la refrigeración por lo que es un ciclo completamente reversible, lo que significa que los cuatro procesos que lo conforman pueden ser invertidos. De esta manera, el ciclo puede operar en dirección opuesta a la habitual, lo que se conoce como el ciclo invertido de Carnot [7]. La operación de este ciclo se fundamenta en la capacidad del refrigerante, un fluido, de tomar calor al evaporarse, lo que disminuye la temperatura del objeto que se quiere enfriar. Además, el proceso incluye que el refrigerante libera calor al medio ambiente al final del proceso de condensación, cerrando así el ciclo [8].

El fluido refrigerante es utilizado en sistemas de refrigeración para transferir calor de regiones de baja temperatura y presión a regiones de mayor temperatura y presión. Durante este proceso, el refrigerante atraviesa diversos estados y componentes. Por lo tanto, es necesario que el refrigerante cumpla con ciertos requisitos físicos, químicos y termodinámicos para un funcionamiento eficiente [9].

1.2 Marco Teórico

En este apartado se trata los modelos físicos y matemáticos que define el diseño del dispositivo, también se considera el repaso sobre máquinas condensadoras existentes y una pequeña introducción al método de cálculo utilizado, así como los programas informáticos utilizados.

1.2.1 Obtención de agua por condensación psicrometría

La ciencia que investiga las propiedades termodinámicas presentes en el ambiente, incluyendo el aire húmedo, es conocida como psicrometría. Es crucial entender los mecanismos que llevan a la condensación a partir de la humedad presente en la atmósfera, con efecto que el dispositivo pueda captar agua de manera efectiva.

Los gases más comunes que se encuentran en la atmósfera, como N₂, O₂, Ar y CO₂, junto con el vapor de agua, son considerados incondensables a presiones y temperaturas cercanas a las de la atmósfera. Por lo tanto, el aire se trata como una mezcla de aire seco y vapor de agua para el proceso de condensación. En condiciones de presión bajas, se puede aplicar el modelo de mezcla de gases ideales, que permite calcular las presiones parciales de cada componente en la mezcla. Cuando la temperatura del aire alcanza la presión de saturación del vapor de agua en la mezcla, se produce la condensación de la primera gota. Esta temperatura se conoce como temperatura de rocío [3].

Con lo mencionado conviene definir las variables de la mezcla para poder calcular sus propiedades termodinámicas. Las tres variables que se necesita especificar son T para temperatura, P para la presión, y la cantidad de vapor. Esta cantidad se puede expresar a continuación.

Humedad absoluta o específica.

$$x = \frac{mv}{mas} \text{ (g vapor/kg aire seco).} \quad (1)$$

En donde:

x = Es la humedad absoluta o específica.

mv = masa de vapor.

mas = masa de aire seco.

Grado de saturación (μ) : relación entre la humedad absoluta y cuando estuviera saturado a la misma P y T.

$$\mu = \frac{x}{x_{sat}(P, T)} \quad (2)$$

En donde:

μ = Grado de saturación.

x_{sat} = humedad saturada.

Humedad relativa (HR): Es la relación anterior en fracciones con unidades de mol o relación entre la presión parcial del agua y la presión de saturación a esa misma P y T.

$$HR = \frac{p_v(T, P, x)}{P_{sat}(P, T)} \quad (3)$$

En donde:

p_v = presión parcial del agua.

p_{sat} = presión de saturación.

Utilizando estos valores, es posible determinar con mayor facilidad cualquier propiedad del aire húmedo, incluyendo su volumen o entalpía específica. Esto se logra a través del modelo de gas ideal, que establece que la suma de las variables de cada componente en su forma pura homologado a la presión y temperatura es equiparable a las variables del aire húmedo. La tabla 1.1 es una guía útil para realizar estos cálculos.

Tabla 1.1 Presión de Vapor Saturado, Densidad del Agua

Temp (°C)	Temp (°F)	Presión de vapor saturado (mmHg)	Densidad de vapor saturado (gm/m ³)	Temp (°C)	Temp (°F)	Presión de vapor saturado (mmHg)	Densidad de vapor saturado (gm/m ³)
-10	14	2,15	2,36	40	104	55,3	51,1
0	32	4,58	4,85	60	140	149,4	130,5
5	41	6,54	6,8	80	176	355,1	293,8
10	50	9,21	9,4	95	203	634	505
11	51,8	9,84	10,01	96	205	658	523
12	53,6	10,52	10,66	97	207	682	541
13	55,4	11,23	11,35	98	208	707	560
14	57,2	11,99	12,07	99	210	733	579
15	59	12,79	12,83	100	212	760	598
20	68	17,54	17,3	101	214	788	618
25	77	23,76	23	110	230	1074,6	

El punto de rocío es la temperatura a la cual el aire se satura de vapor de agua y comienza a condensarse en forma de gotas de agua. Es el punto en el que el aire se enfría lo suficiente para que su capacidad de retener vapor de agua se reduzca y se alcance la saturación. Cuando el aire alcanza el punto de rocío, se produce la condensación del vapor de agua en forma líquida, como el rocío que se forma en una superficie fría. En resumen, el punto de rocío es la temperatura crítica en la cual el aire se vuelve lo suficientemente frío para que se forme agua a partir del vapor presente en él.

1.2.2 Generador de agua atmosférica

En la actualidad, es de suma importancia presentar soluciones técnicas innovadoras para obtener agua de forma sencilla y económica. Un ejemplo de ello es un prototipo eficiente que tiene como objetivo capturar el agua presente en forma de vapor en la atmósfera terrestre, conocida como humedad [10].

Existe una tecnología innovadora llamada generadores de agua atmosférica, que tiene la capacidad de extraer agua del ambiente mediante la captación de la humedad presente en el aire. Estos dispositivos, conocidos como AWG (Atmospheric Water Generator en inglés), están especialmente diseñados para generar agua limpia y potable. Utilicen filtros de alta tecnología que aseguren la calidad del agua producida. [11].

El progreso tecnológico ha dado lugar a sistemas innovadores que pueden concentrar moléculas de agua presentes en la atmósfera mediante el uso de una pequeña cantidad de energía. El objetivo es desarrollar soluciones eficaces que proporcionen agua potable de forma regular a la población que no dispone de ella [12].

1.2.3 Refrigerantes

El refrigerante se define como un fluido que se encuentra en diferentes estados y en diversos componentes que se han mencionado previamente. Sin embargo, para ser utilizado como refrigerante, debe cumplir con una serie de requisitos físicos, químicos y termodinámicos, teniendo en cuenta también su impacto en la seguridad y el medio ambiente [9]. Aunque no existe un refrigerante ideal, es posible elegir uno en función de sus características específicas, las cuales se describirán a continuación.

1.2.3.1 Propiedades termodinámicas

- Temperatura de congelación: El refrigerante debe contar con ser la más baja de cualquier temperatura alcanzada en el ciclo, para asegurar que no se congele.

- **Presión de vaporización:** Es recomendable mantener una presión de vaporización más alta que la presión del ambiente para evitar la entrada de aire exterior al circuito. De esta manera, se logrará optimizar la eficiencia del sistema y se reducirá la probabilidad de que se produzca corrosión en los componentes.
- **Presión de condensación:** Es recomendable utilizar un refrigerante de baja medida siempre que sea posible. Esto permite que la presión de evaporación se acerque lo más posible a la presión de refrigerante, lo que resulta en una diferencia de presión menor y permite que el compresor funcione con menos esfuerzo y de manera más eficiente. Además, el uso de un refrigerante de baja medida también ayuda a reducir las fugas de refrigerante.
- **Temperatura crítica:** Para lograr este objetivo, se recomienda mantener una temperatura elevada, ya que esto establece el límite máximo de enfriamiento con cambio de fase.
- **Volumen específico:** Estos valores son determinados por el tipo de compresor que se utiliza. Los compresores volumétricos requieren valores más bajos, mientras que los compresores centrífugos tienen requisitos diferentes.

1.2.3.2 Propiedades químicas

- **Estabilidad:** Es preferible utilizar una sustancia que sea estable y no reactiva, ya que esto garantiza una mayor durabilidad y evita problemas de corrosión. Por otro lado, si la sustancia es tóxica o peligrosa para el medio ambiente, su eliminación puede ser complicada y puede dar lugar a problemas o inconvenientes aún más graves. La sustancia que sea estable dura más y es inerte, esto con el fin de que no de problemas de corrosión. De lo contrario dificulta se destrucción, o lo que puede presentar problemas o inconvenientes aún peores si es tóxica o peligrosa para el medio ambiente.
- **Compatibilidad con materiales y lubricantes:** Es crucial que el refrigerante posea esta característica para garantizar la longevidad de sus componentes.
- **Solubilidad con el agua:** Es recomendable que esta propiedad se mantenga en niveles mínimos para prevenir problemas relacionados con la corrosión.
- **Miscibilidad con el aceite:** Esta característica puede influir tanto en la transferencia de calor como en la lubricación del compresor.

1.2.3.3 Propiedades físicas

Estas características están sujetas a cambios según la temperatura, aunque en muchos casos se consideran constantes dentro de un rango específico.

- Conductividad térmica: Se requiere una conductividad térmica relativamente alta para reducir las superficies de intercambio de calor.
- Viscosidad: Una baja viscosidad ayuda a minimizar las pérdidas de carga en tuberías, lo que mejora la eficiencia del sistema.
- Rigidez dieléctrica del vapor: Cuando el refrigerante entra en contacto con los devanados del motor eléctrico, es necesario que tenga una rigidez dieléctrica alta.

1.2.3.4 Seguridad y medio ambiente

- Toxicidad e inflamabilidad: Se debe minimizar la toxicidad e inflamabilidad de los refrigerantes seleccionados. En caso contrario, se deben tomar las medidas de seguridad necesarias. Para evaluar los refrigerantes, se pueden establecer tres grupos: L1, de máxima seguridad (A1); L2, seguridad media (A2, B1, B2); y L3, de baja seguridad (A3, B3). La tabla 1.2 muestra algunos ejemplos de estos tipos.
- Comportamiento ambiental: Algunos refrigerantes, como los CFC y los HCFC, contribuyen a la degradación de la capa de ozono cuando se descomponen por la radiación ultravioleta.

Esto se evalúa a través del ODP (Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono) y el GWP (Potencial de Calentamiento Global), que mide el impacto en el efecto invernadero en un intervalo de tiempo.

Tabla 1.2 Seguridad de refrigerantes.

Tipo de refrigerante	Refrigerante	Nombre	Grupo de seguridad
-	R717	Amonio	B2L
-	R744	Dióxido de carbono	A1
HCFC	R22	Clorodifluorometano	A1
HFC	R134a	1,1,1,2-tetraflouroetano	A1

HFC	R404A	R125/143a/134a (44/52/4)	A1
HFC	R407C	R32/125/134a (23/25/52)	A1
HFC	R410A	R32/125(50/50)	A1
HFC	R4507A	R125/143a (50/50)	A1

1.2.4 Evaporador

El evaporador se define como un componente encargado de extraer el calor de un sistema de corriente de aire, con efecto de enfriamiento con el fin de que el flujo de refrigerante se evapore absorbiendo el calor [13]. De manera que el refrigerante se contiene a baja presión, el cambio de fase se realiza a baja temperatura, por lo que el sistema de corriente de aire que se estima a enfriar está más caliente, es posible realizar el intercambio térmico.

El evaporador tiene su lugar y se encuentra en la válvula de expansión en donde se obtienen vapor saturado con muy poco título ya que se está a presión, temperatura de saturación y con una descarga a la aspiración del compresor de vapor seco [14].

Los evaporadores contienen distintos criterios de clasificación por ejemplo mediante el suministro del fluido refrigerante:

- Evaporador de aletas: Estos dispositivos como se aprecia en la figura 1.2, es una formación de tubos que figuran un serpentín, sobre aletas que pueden ser soldadas o colocadas a presión para aumentar la superficie de intercambio. Este tipo de evaporadores compactos son muy comunes en aplicaciones de enfriamiento de aire.

Figura 1.2 Evaporador de aletas [15].



1.2.6 Condensador

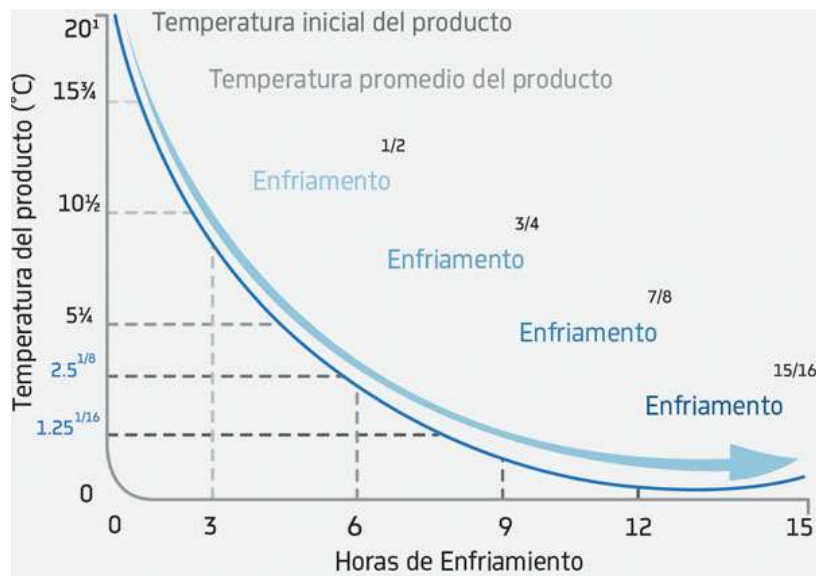
Este dispositivo desempeña un papel fundamental en el ciclo de refrigeración al disipar el calor que ha sido absorbido por el evaporador y transportado hacia el compresor. Por tanto, podemos considerarlo como un intercambiador de calor en el que el refrigerante experimenta un cambio de fase, pasando de estado gaseoso a líquido. Existen diferentes tipos de condensadores y los más utilizados son los siguientes:

- Condensadores de enfriamiento por aire: Estos condensadores utilizan un ventilador para generar una corriente de aire que actúa como fuente de enfriamiento. En la Figura 2.7 se muestra el proceso de condensación con enfriamiento por aire.
- Condensadores evaporativos: Estos condensadores rocían agua sobre una corriente de aire, lo que aumenta la humedad a lo largo del intercambiador. Esto facilita la absorción del calor y provoca un aumento en la temperatura del agua.
- Condensadores refrigerados por agua: Estos condensadores funcionan como intercambiadores de calor por los que circulan agua como fuente de enfriamiento. Actúan como condensadores, enfriando el agua y, a su vez, pueden funcionar como torres de refrigeración.

Los condensadores más comunes que podemos encontrar en el mercado son los refrigerados por aire, este tipo están elaborados con forma de serpentín por donde circula el refrigerante en conjunto con un ventilador [15].

Las aplicaciones utilizadas en el intercambio de calor en los condensadores son análogas, con la diferencia de que la corriente fría corresponde al aire y la corriente caliente al refrigerante. Cuando se trabaja con superficies de intercambio de calor constante, el aumento en la temperatura del aire provoca una disminución en la cantidad de calor intercambiado, como se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3 Condensación con refrigeración por aire [6].



Este componente ya está planificado en el Plan de Investigación, pero como se está desarrollando el Informe Final de Investigación, es necesario que, ahora como capítulo, amplié, pule y en general, tome en cuenta todo lo que realmente utilizó y aplicó en la investigación desarrollada. En el Plan de Investigación, la redacción de este componente lo realizó a futuro, porque estaba planificando (Ejemplo: se aplicará encuestas); en el Informe de investigación la redacción de este componente es en pasado, porque está informando lo que realizó (Ejemplo: se aplicó encuestas).

1.2.7 Compresor

El compresor es un componente electromecánico que se encarga de mantener el salto de presiones en un circuito frigorífico. Su funcionamiento se basa en presurizar una corriente de gas a la salida del evaporador dependiendo de la temperatura requerida en cada instante que sea necesaria que llega hasta una presión de saturación [16].

Para poder seleccionar un compresor se debe considerar primero dos tipos de rendimientos:

- Rendimiento isentrópico: Que se define como un rendimiento térmico de la máquina que al comparar con el que tiene que efectuarse el mismo salto de presiones por vía isentrópica.
- Rendimiento volumétrico: Se define como la cantidad de volumen que el compresor comprime con relación al gas que aspira esto con el fin de aprovechar al máximo su volumen.

Estas variables manifiestan la consideración de tamaño, nivel de ruido o refrigeración de la máquina. En general, como el caso de estudio de este prototipo, el compresor puede ser reemplazado por un motor eléctrico.

- Compresores herméticos: Este tipo de compresores se caracterizan por tener el motor en conjunto con su compresor implementados en una sola carcasa, con el fin de permitir el compartimiento de cojinetes y refrigeración, como se puede observar en la figura 1.4, además de ser ideal por no presentar problemas de acoplamiento de ejes.

Figura 1.4 Compresor Hermético [13].



1.2.8 Automatización

Para la automatización de control que rige en el ciclo, se considera una conceptualización de las características fundamentales del sistema, en donde es más fácil obtener una visión amplia del dispositivo [17]. En el sistema de control debe ser elaborada mediante un autómeta, microcontrolador que comúnmente se utiliza, el PLC Logo es una de las opciones, ya que puede encender y apagar el compresor y ventiladores según sea la conveniencia. La utilización del Arduino también es útil ya que con la ayuda de una pantalla led se logra visualizar y monitorear los diferentes parámetros necesarios que ayuden a cumplir con los objetivos propuestos.

- PLC logo: Estos dispositivos son también llamados autómetas programables o PLCs (Controlador lógico programable), estas herramientas electrónicas fueron creadas para solucionar el control de circuitos complejos en la automatización. En la figura 1.5 se muestra el controlador lógico programable más utilizado en la industria el logo de Siemens.

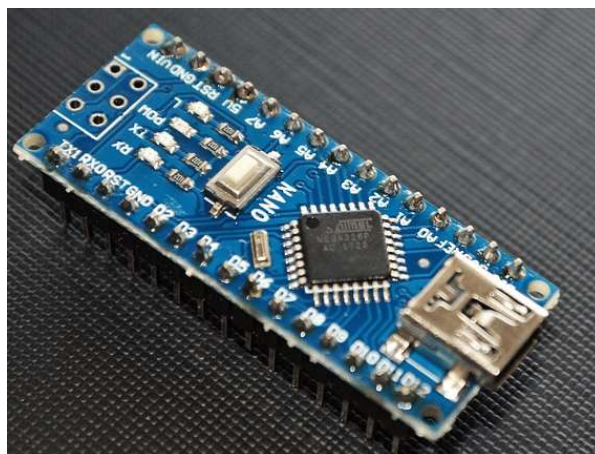
Figura 1.5 PLC logo 230RC [13].



Existen varias versiones del PLC logo de siemens, pero el que se utiliza en este proyecto es el PLC 230RCE 115/230 VAC SIEMENS, este es un módulo lógico que sirve para la implementación de control y mejor utilidad en proyectos automáticos. Dispone de un montaje sencillo y cableado mínimo, su programación se lo realiza mediante el Software LOGO! Soft Comfort con comunicación vía Ethernet.

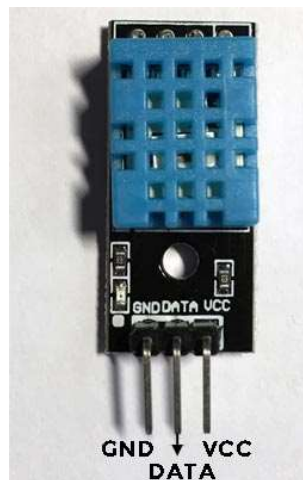
- Arduino: Inspirada en el pensamiento de software libre, Arduino es un recurso de electrónica (open source) o de código abierto en donde su finalidad es utilizar tanto el software como el hardware de forma fácil y sencilla.

Figura 1.6 Arduino Nano [18].



- Como se puede observar en la figura 1.6 la representación de un Arduino nano que se utiliza en el proyecto es con el fin de leer datos, monitorear y mostrar datos necesarios. La utilidad que nos proporciona estas herramientas electrónicas es simplemente la generación de incontables tipos de microcontroladores simplificados en una placa en común que es comercial, así mismo sus usos son ilimitados y se adapta a la necesidad de la persona que lo desarrolle.
- El sensor DHT11 es un componente electrónico utilizado en conjunto con Arduino para medir la temperatura y la humedad. Una de las ventajas de este dispositivo es que proporciona una lectura digital, lo que garantiza su precisión y estabilidad. Además, viene calibrado de fábrica, lo que asegura su confianza. El sensor DHT11 está disponible en dos presentaciones: como un componente individual o incorporado en una placa de circuito impreso (PCB). En la figura 1.7 se muestra el sensor DHT11 insertado en una PCB, que es la opción que utilizaremos.

Figura 1.7 Placa de circuito impreso PCB del sensor DHT11 [19].



Los pines de la versión con PCB del DHT11 son:

GND: conexión con tierra

DATA: transmisión de datos

VCC: alimentación

- Pantalla LCD I2C: El interfaz lcd (Liquid Crystal Display) físicamente es un dispositivo que nos permite leer información desde el Arduino. El formato más común y usado es el 16x2 (LCD1602) que presentan pantallas de 2 filas y 16 caracteres cada una como se ve en la figura 1.8.

Figura 1.8 Pantalla LCD1602 I2C [20].



- Termostato digital MT 512: El dispositivo en cuestión es un controlador e indicador de temperatura que incorpora un temporizador cíclico conjugado. Su función principal es regular la refrigeración y los ciclos de descongelación mediante la interrupción del compresor. En la figura 1.9 se presenta el modelo específico utilizado como ejemplo.

Figura 1.9 Termostato digital MT 512 [13].



Las configuraciones de esta herramienta presentan 14 funcionalidades como se muestra en la tabla 1.3 estas funciones permiten el control requerido de temperatura deseada, diferencial de temperatura, deshielo, tiempo de encendido y apagado del compresor entre otras funciones.

Tabla 1.3 Configuraciones del termostato MT 512.

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Mín	Máx	Unid	Padrón	Mín	Máx	Unid	Padrón
F01	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)	-	-	-	-	-	-	-	-

F02	Corrimiento de indicación (offset)	-5.0	5.0	°C	0	-9	9	°F	0
F03	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50	105	°C	-50	-58	221	°F	-58
F04	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50	105	°C	75.0	-58	221	°F	167
F05	Diferencial de control (hysteresis)	0.1	20.0	°C	0.1	1	40	°F	2
F06	Retardo para volver a conectar la salida de refrigeración	0	999	seg.	20	0	999	seg.	20
F07	Tiempo de refrigeración	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F08	Tiempo de deshielo (*)	0	999	min.	30	0	999	min.	30
F09	Estado inicial al energizar el instrumento	0- refrig.	1- deshielo	-	0-refrig.	0- refrig.	1- deshielo	-	0-refrig.
F10	Indicación de temperatura trabada durante el deshielo	(**)0- no	1-sí	-	0-no	0-no	1-sí	-	0-no
F11	Retardo en la energización del instrumento	0	240	min.	0	0	240	min.	0
F12	Tiempo adicional al final del primer ciclo	0	240	min.	0	0	240	min.	0
F13	Situación del compresor con el sensor dañado	0- descon	1-conec.	-	0-descon	0-descon	1-conec.	-	0-descon.
F14	Intensidad del filtro digita(l****)	0	9	-	0	0	9	-	0

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Modelo de la investigación.

El presente proyecto contiene diferentes tipos de modelo investigativo como el experimental, documental, de campo y descriptiva, la finalidad es determinar la capacidad de captación de agua y el consumo de energía en diferentes condiciones ambientales. Este trabajo intenta aportar el recurso investigativo a la falta de acceso de este líquido vital por medio de la condensación de vapor presente en el aire. En donde los seres humanos se ven obligados a desarrollar este tipo de trabajo y como parte de los objetivos también es mostrar como recolectar agua, y poder hacer uso de ella [21].

De tipo documental por que se rige en la búsqueda de información hacia una respuesta concreta haciendo uso de artículos, libros, catálogos comerciales y revistas científicas. Todas y cada una de ellas son revisadas y analizadas obteniendo así datos y parámetros importantes que aporta al trabajo experimental a justificarse.

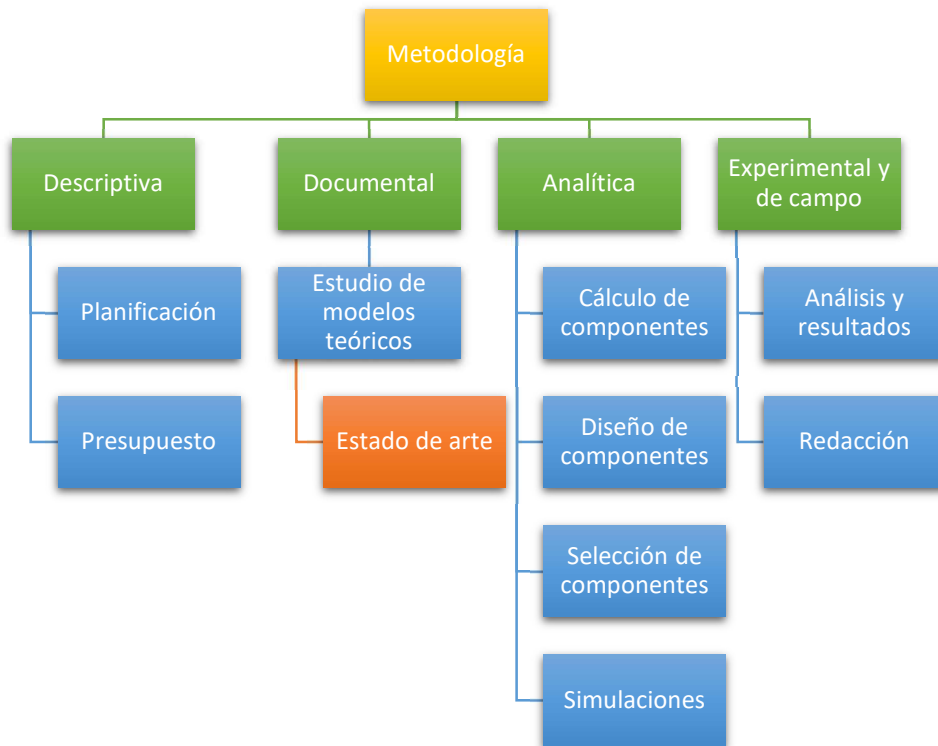
Investigación de campo, que permite la relación y cumplimiento de los objetivos planteados con su respectiva validación y aplicada al campo de forma experimental, en donde el propósito es recopilar información empírica sobre la realidad del fenómeno en un ambiente determinado [22] .

Y el modelo de tipo de estudio descriptivo, en donde se establece el panorama de acceso al recurso hídrico, de esta manera permite conocer el perfil del consumidor, cantidades de demanda, precio por litro de agua y efectos de sanidad.

2.1.1 Diseño de la investigación.

En este módulo se presenta el detalle de las fases y actividades que se sirven para llevar a cabo el diseño del sistema experimental del condensador de agua atmosférica como se ilustra en la figura 2.0.

Figura 2.0 Metodología.



2.1.1.1 Fase 1: Identificar los elementos de un condensador de agua atmosférica.

En esta etapa de investigación, se exploran las características del sistema de condensación de agua atmosférica, el cual se basa en la humedad del aire por el vapor de agua presente en el entorno. Los elementos seleccionados en este estudio simulan y reproducen de manera natural el fenómeno físico de condensación del agua atmosférica.

- **Actividad 1: “Indagación sobre la obtención de agua por condensación”;** En esta actividad, se lleva a cabo un diseño preliminar en el cual se exponen los datos iniciales necesarios para respaldar los cálculos. Se comienza a proporcionar temperaturas de trabajo como punto de partida, y se selecciona el refrigerante óptimo basado en cálculos termodinámicos, psicrométricos y considerando variables de seguridad y ambientales. Una vez seleccionado el refrigerante, también se eligen las temperaturas duraderas que se utilizarán cíclicamente. Estas temperaturas tienen como objetivo maximizar la eficiencia del ciclo en relación con la cantidad de agua obtenida. Se ha observado que, al reducir la temperatura en el evaporador, se aumenta el caudal de agua obtenido por unidad de flujo de aire. Por lo tanto, es importante mantener una diferencia adecuada entre la

temperatura de evaporación y la de condensación para lograr un rendimiento óptimo en el sistema.

- **Actividad 2: “Recopilación de datos y métodos de condensación”;** en esta actividad se investiga los métodos sobre la obtención de agua por condensación que puede ser útil a lugares en donde carece del líquido vital.
- **Actividad 3: “Selección de modelo de cálculo por condensación en película adherida a las paredes del intercambiador”;** en este punto se trata de determinar los parámetros necesarios para que el sistema ensamblado pueda cumplir con los objetivos establecidos.

2.1.1.2 Fase 2: Diseñar los componentes del condensador de agua atmosférica.

En esta etapa se diseña el sistema del condensador experimental de agua atmosférica, la selección de los componentes necesarios considerando una combinación de normas y catálogos que responda con soluciones eficientes, óptimas y que sobre todo que sean accesibles con el fin de resistir factores inesperados.

- **Actividad 1: “Determinar estado y variaciones de la zona local para la optimización de temperaturas y humedad atmosférica”;** para calcular el estado y variaciones del ciclo del sistema se debe considerar las propiedades físicas del ambiente que permite determinar la cantidad de agua que se condensa.
- **Actividad 2: “Definir dimensiones y características principales”;** Por medio de la selección del condensador no se escoge dimensiones de intercambiador, para ello se utiliza las mismas medidas del evaporador considerando la circulación del aire sea el necesario, evitando pérdidas de carga. Se debe considerar el tamaño del condensador en donde debe ser de mayor tamaño que el evaporador.
- **Actividad 3: “Selección de componentes necesarios para el condensador experimental”;** Se utilizan modelos de intercambiadores compactos estandarizados y disponibles en el mercado para facilitar el cálculo, diseño y fabricación. Estos preexistentes ofrecen una solución eficiente y confiable, lo que agiliza el proceso al evitar tener que desarrollar modelos intercambiadores desde cero. Al aprovechar los intercambiadores compactadores normalizados, se reduce el tiempo y los recursos necesarios para implementar el sistema. Para ello se

selecciona de distintos catálogos los componentes en conjunto con los diseñados, se logra la configuración de ciclo de compresión mecánica simple.

- **Actividad 4: “Realizar el diseño asistido por computador (CAD)”**; En este apartado se realiza el diseño asistido por computador (CAD), en donde se modela su estructura, piezas y ensamble del sistema completo.

3.1.1.3 Fase 3: Construir el condensador de agua atmosférica

- **Actividad 1: “Diseño definitivo del ciclo”**; En este módulo se realiza el análisis del funcionamiento y características de los elementos tanto diseñados como los seleccionados anteriormente, por que conforman el ciclo requerido, por otro lado, también se analiza el rendimiento del ciclo para condiciones ambientales.
- **Actividad 2: “Impresión de piezas plásticas 3D y ensamble de componentes del condensador experimental”**; En esta actividad se desarrolla la impresión en 3D del diseño elaborado anteriormente en material PLA, con la ayuda de la impresora artillery genius pro.
- **Actividad 3: “Elaboración y ensamble definitivo del sistema”**; En esta actividad se desarrolla completamente el ensamble definitivo del sistema, que será sometido a los distintos factores ambientales.

2.1.1.3 Fase 4: Determinar la capacidad de condensación de agua y el consumo de energía en diferentes condiciones ambientales.

- **Actividad 1: “Contraste de los resultados”**; En esta etapa se realiza una comparación de los costos energéticos asociados a la obtención de agua utilizando esta tecnología en relación con otras tecnologías de aprovechamiento de agua. Se analizan y contrastan los resultados obtenidos en términos de eficiencia energética y consumo de recursos para determinar la viabilidad y ventajas de esta tecnología en comparación con otras alternativas. El objetivo es evaluar y entender cómo se sitúa esta tecnología en el panorama de opciones disponibles para el aprovechamiento de agua en términos de costos energéticos.
- **Actividad 2: “Adaptación a otros escenarios”**; En esta sección se lleva a cabo un análisis de la capacidad del dispositivo para obtener agua en diferentes condiciones ambientales, teniendo en cuenta las temperaturas y la humedad relativas registradas. Se examina la influencia de estos factores en la cantidad de agua que el dispositivo es capaz de generar. El objetivo es determinar cómo varía

la producción de agua en función de las condiciones ambientales, lo que permitirá entender la viabilidad y eficacia del dispositivo en diferentes entornos.

- **Actividad 3: “Relacionar impactos ambientales y sociales”;** En esta etapa se analizarán los diversos aspectos ambientales y sociales que influyen en la implementación del proyecto. Se toman en cuenta las interacciones entre el proyecto y su entorno, tanto en términos ambientales como sociales. Se examinan los impactos potenciales del proyecto en el medio ambiente, así como en las comunidades y grupos de interés involucrados. Además, se consideran las políticas y regulaciones ambientales vigentes, así como las consideraciones éticas y de responsabilidad social. El objetivo es asegurar que el proyecto se desarrolle de manera sostenible, minimizando los impactos negativos y maximizando los beneficios tanto para el ambiente como para la sociedad.
- **Actividad 4: “Costo del proyecto”;** En esta fase se presenta el análisis del costo asociado a la ejecución del proyecto, incluyendo el costo de construcción del prototipo de la máquina diseñada. Además, evalúe el costo de producción de agua y la cantidad de energía consumida por cada litro de agua obtenido. Se realiza una comparativa con otros dispositivos y tecnologías utilizados para el suministro de agua. El objetivo es determinar la viabilidad económica del proyecto y evaluar su eficiencia en términos de costo y consumo de energía en comparación con alternativas disponibles en el mercado.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Recopilación de la información.

Con el fin de realizar los cálculos y análisis necesarios, se lleva a cabo una recopilación de información sobre los factores que contribuyen a la escasez de agua en diferentes regiones del país. Para esto, se consultan las bases de datos proporcionados tanto por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) como por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) con el objetivo de obtener datos precisos y relevantes. Una vez recopilados los datos, se procede a analizar los resultados obtenidos y se elaboran las conclusiones correspondientes basadas en dichos análisis.

3.1.1 Censo Poblacional.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en Ecuador existe una falta de acceso al agua potable, lo que obliga a los sectores más afectados a recurrir a camiones cisterna y a enfrentar sequías recurrentes [23]. La tabla 3.1 muestra el porcentaje de población que cuenta con agua segura en el año 2021.

Tabla 3.1 Porcentaje de población con agua segura (2021) [23].

	Nacional	Urbano	Rural	Sierra	Costa	Amazonía
Agua segura	70.1	79.1	51.4	75.7	68.1	42.5
Calidad	79.3	84.6	68.2	81.9	79.6	54.8
Cercanía	96.9	99.7	90.8	97.6	97.5	85.2
Suficiencia	94.7	97.0	89.8	93.6	96.0	91.9
Continuidad	82.0	82.2	81.3	89.4	74.2	86.6
Suficiencia y continuidad	81.6	81.3	82.3	87.8	75.7	85.0
Fuente Mejorada	92.2	95.7	84.7	97.6	88.7	80.2

3.1.2 Estudio Meteorológico.

Se realiza la recopilación de información del clima mediante el instituto nacional de meteorología e hidrología INAMHI el cual brinda los datos como.

- Temperatura (°C)
- Humedad Relativa (%)

Como se muestra en la figura 3.1 los datos tomados mediante la web por parte de la publicación del INAMHI y su estación meteorológica se encuentra ubicada en el sector de Tomalon del cantón Pedro Moncayo en la parroquia de Tabacundo, mismo lugar en donde se realiza mediciones de prueba con el sensor DHT11.

Figura 3.1 Lugar geográfico de obtención de datos meteorológicos [24].



A diario, se cargan todos los datos en el sitio web público del INAMHI, donde se pueden acceder a datos meteorológicos e hidrometeorológicos. En esta plataforma, es posible visualizar gráficos de temperatura, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica y velocidad del viento, tal como se muestra en las figuras 3.2 a 3.6 respectivamente.

Figura 3.2 Gráfica de temperatura del aire por fuente INAMHI [24].

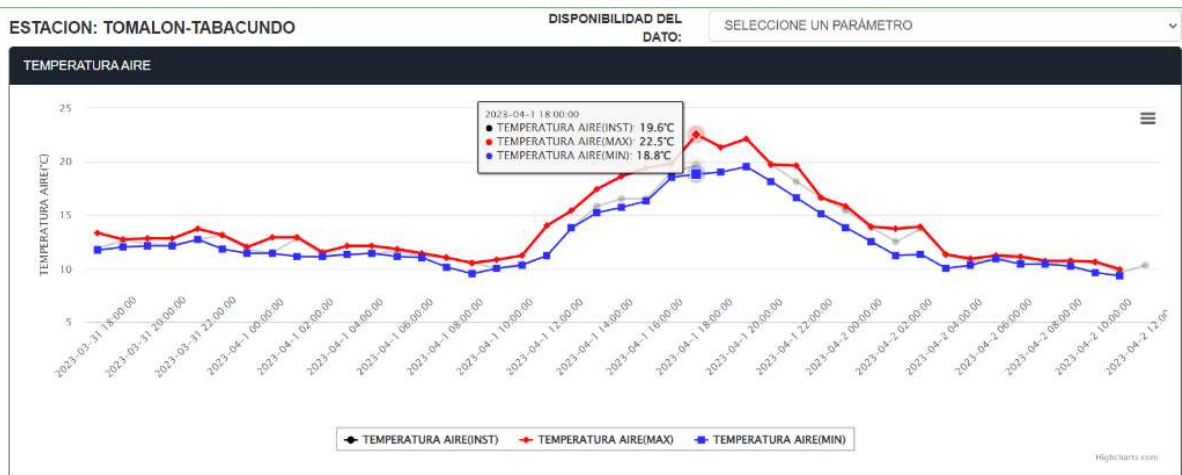


Figura 3.3 Gráfica de humedad relativa del aire por fuente INAMHI [24].

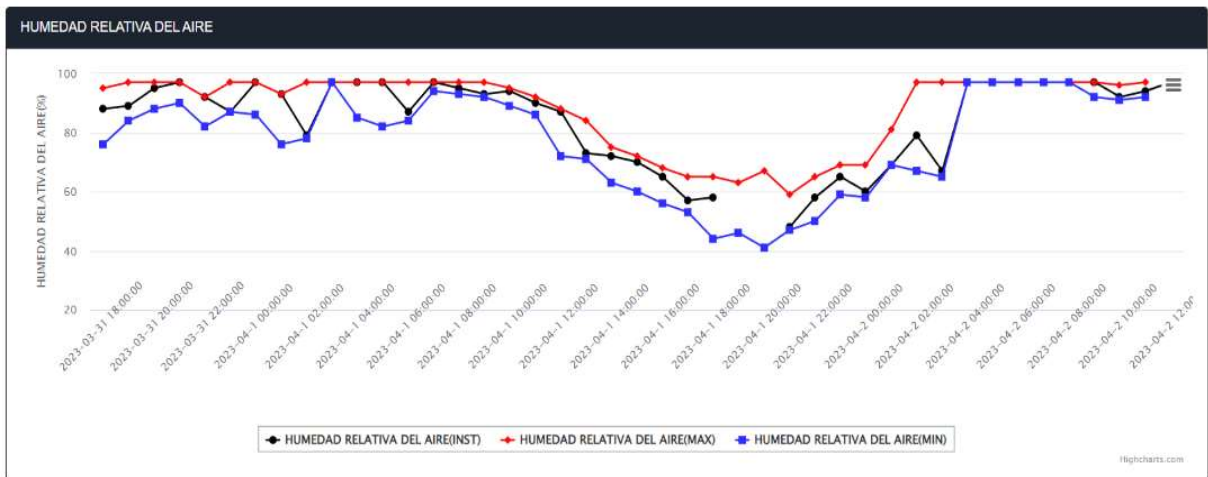


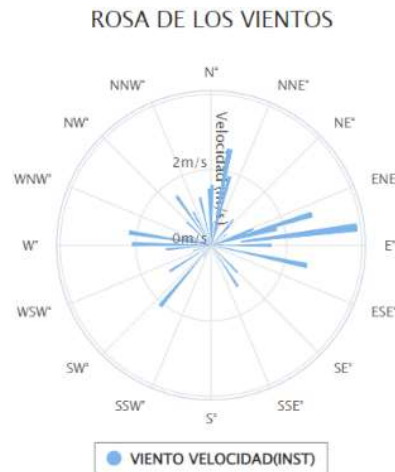
Figura 3.4 Gráfica precipitación por fuente INAMHI [24].



Figura 3.5 Gráfica presión atmosférica por fuente INAMHI [24].



Figura 3.6 Gráfica Velocidad del viento por fuente INAMHI [24].



En el presente proyecto solo es de interés los datos de temperatura del aire y humedad relativa, estos parámetros hacen que el diseño del condensador de agua atmosférica pueda funcionar, para ello se considera la selección y diseños de diversos componentes que se presenta más adelante.

3.1.2.1 Implementación de estación meteorológica con sensor DHT11.

Para poder recabar datos propios y someter a cualquier entorno se desarrolla la implementación de una estación meteorológica usando el sensor DHT11 basado en datos de comparación y comprobación obtenidas del INAMHI.

Para implementar, primero se usa los componentes básicos de electrónica como es un Arduino Nano, pantalla LCD I2c, sensor de temperatura y humedad relativa DHT11, una batería de 9v.

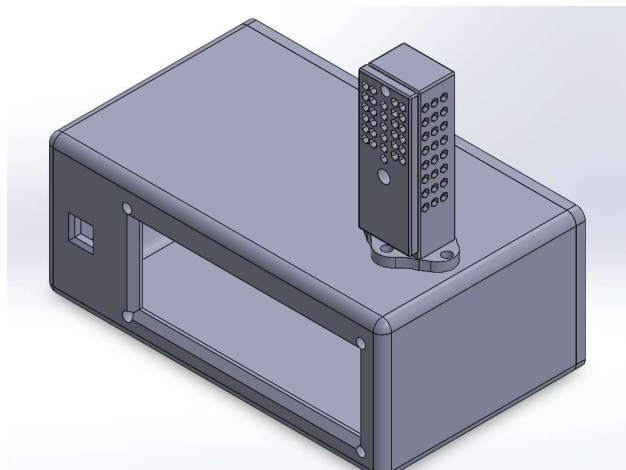
Se selecciona el sensor de humedad y temperatura DHT11 en la versión modular, este dispositivo ofrece grandes ventajas como una gran precisión de lectura de datos, a diferencia de otros sensores de temperatura y humedad el sensor DHT11 es más completo, preciso y confiable. La salida de datos son digitales que resulta una mejor lectura de propiedades ambientales a pesar de adquirir a un bajo costo es fácil de implementar y hacer uso en las diferentes plataformas como Arduino, Raspberry NodeMCU entre otros.

Continuando con la selección de elementos electrónicos, se encuentra el Arduino Nano que ofrece un tablero pequeño óptimo para reducir espacios en proyectos, completo y fácil de usar con voltaje de alimentación de 5v, 8 clavijas analógicas, 22 pines entradas o salidas digitales que es necesario para la lectura del sensor DHT11.

En la lista de selección también está la pantalla lcd I2c con su respectivo modulo I2c este dispositivo es la más utilizadas y son conocidas como displays de siete segmentos en donde muestran datos alfanuméricos que va a permitir mostrar datos arrojados por el sensor DHT11.

Luego, se procede a realizar el diseño asistido por computadora (CAD) para modelar la carcasa en 3D, tal y como se muestra en la figura 3.7. Finalmente, se imprime en 3D utilizando la impresora Artillery Genius con filamento PETG.

Figura 3.7 Modelado 3D de estación meteorológica.



Después de realizar la implementación se procede a realizar la programación en el IDE de Arduino que permita la lectura de temperatura y humedad relativa del sensor DHT11 como se muestra en la figura 3.8 haciendo uso de librerías libres y publicadas en la web.

Figura 3.8 Programación en IDE arduino.



```
Estacion_meteorologia
//Librerias
#include <DHT.h>;
//I2C LCD:
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

//Constantes
#define DHTPIN 7 // pin en donde se va a conectar la entrada de datos del sensor DHT11

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); /// Inicializacion deL sensor DHT11 de forma normal al arduino

//Variables
//int chk;
int h; //Variable de humedad relativa
int t; //Variable de temperatura ambiental

void setup()

{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Test de humedad relativa");
  dht.begin();
  lcd.init(); //inicializacion de lcd

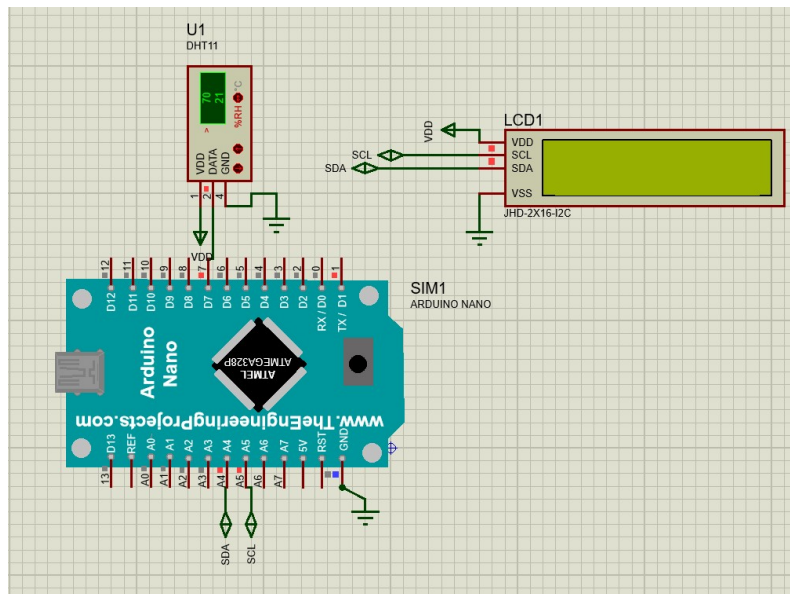
  lcd.backlight(); //abrir el backlight
}

void loop(){
  //Lectura de la de variables h de humedad relativa y t de temperatura
```

Compilado

El esquema eléctrico de la estación meteorológica se presenta en la figura 3.9 conforme a sus conexiones y simulación.

Figura 3.9 Diagrama eléctrico de estación meteorológica.



Con la implementación completa como se muestra en la figura 3.10 se procede a realizar las respectivas pruebas en conjunto con la toma de datos y valores correspondientes en el lugar más cercano a la base de INAMHI para su validación.

Figura 3.10 Implementación de estación meteorológica.



Los datos recopilados son validados por el sistema meteorológico utilizando el sensor de humedad y temperatura DHT11. Estos datos se muestran en una pantalla LCD I2C, donde se presentan de manera visual en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Resumen de los datos meteorológicos INAMHI y DHT11.

Semanas 2023	Datos INAMHI		Datos sensor DHT11	
	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)
Semana 1	75	22	73	21,5
Semana 2	73	21,3	74	21
Semana 3	63	20,7	65	20
Semana 4	65	21,5	65	21,7
Semana 5	68	22	66	22,06
Semana 6	72	19,08	71	19
Semana 7	70	19,6	70	19,5
Semana 8	69	20,03	70	20

3.2 Análisis y cálculos.

En esta etapa, se lleva a cabo el análisis, cálculos, computación y hasta la elección de los elementos correspondientes, utilizando recursos como tablas estandarizadas, catálogos, programas de diseño asistido por computadora CAD y fuentes de información pública que proporcionan datos actualizados.

3.2.1 Cálculo de temperatura deseada.

Para el cálculo de la temperatura deseada se debe referir al punto de rocío del ambiente actual, para calcular este valor se puede guiar con la tabla 1.1 Presión de Vapor Saturado, Densidad del Agua con respecto a la tabla 3.2 Resumen de los datos meteorológicos INAMHI y DHT11 y la ecuación (3). Con dichos datos adquiridos se realiza los siguientes pasos de análisis y cálculos:

Paso uno: Se selecciona los datos de las tablas 3.2 en donde se especifica la humedad relativa y la temperatura ambiental del sensor DHT11.

Datos:

Humedad Relativa RH = 73%

Temperatura de ambiente = 21,5 °C

Paso dos: Con la tabla 1.1 se realiza la conversión de temperatura ambiental a unidades de presión de vapor mmHg, en caso de no encontrar específicamente la temperatura de los datos obtenidos en la tabla, se procede a interpolar los valores.

Temperatura ambiente = 21,5°C y su equivalente interpolado en mmHg es 19,37 mmHg

Paso tres: Se aplica la ecuación (3) en donde:

$$HR = \frac{pv(T, P, x)}{Psat(P, T)} \quad (3)$$

En donde:

HR= Humedad relativa sin porcentaje.

pv = presión parcial del agua o vapor.

$psat$ = presión de saturación.

$$\text{En donde: } 0,73 = \frac{pv}{19,37\text{mmHg}} \Rightarrow pv = 14,14\text{mmHg}$$

Paso cuatro: Con la presión de saturación nuevamente se realiza la conversión a temperatura haciendo uso de la tabla 1.1, en caso de no coincidir con ningún valor de la tabla directamente se debe interpolar los valores.

Es decir: $pv = 14,14$ mmHg y su equivalente interpolado es 16,42 °C.

En conclusión, la temperatura de punto de rocío en el cual el agua se empezaría a condensar en dicho ambiente es de 16,42 °C.

A continuación, se presenta la tabla 3.3 con los valores calculados.

Tabla 3.3 Valores de puntos de rocío calculados.

Humedad Relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)	Punto de rocío calculada (°C)
73	21,5	16,421
74	21	16,14
65	20	13,53
65	21.7	14,978
66	22,06	15,5
71	19	13,92
70	19,5	14,1
70	20	14,32

3.2.2 Cálculo de cantidad de agua generada por minuto.

Para realizar el cálculo de la cantidad de agua que genere el condensador experimental hay que tener en cuenta.

Primero la humedad relativa en un metro cúbico de aire relacionado entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la cantidad máxima que puede contener a dicha temperatura expresada en la siguiente ecuación.

$$HR = \frac{ha}{hmáxima} \times 100$$

En donde:

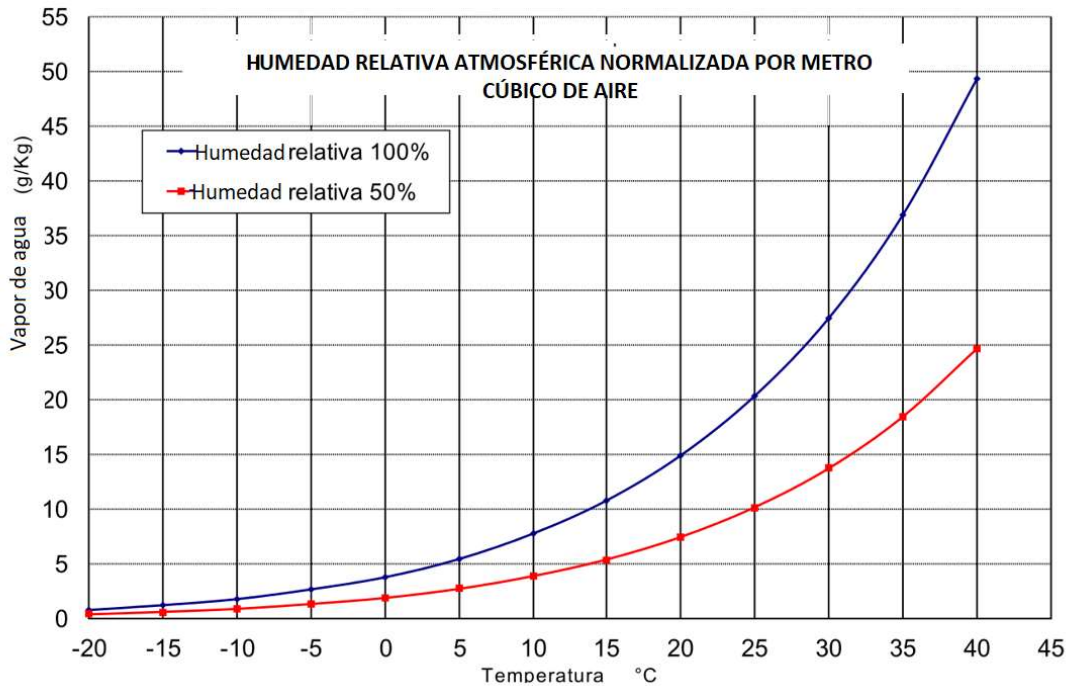
HR: es la humedad relativa.

ha: es la humedad actual expresada en gramos de agua /metro cúbico.

hmáxima: es la humedad máxima posible que puede contener agua expresada en gramos de agua /metro cúbico.

En la figura 3.11 se puede apreciar el gráfico en donde se muestra la humedad relativa atmosférica normalizada por metro cúbico de aire y la capacidad de agua que pueda contener.

Figura 3.11 Humedad relativa normalizada por metro cúbico de aire [3].



Con esta figura se realiza la interpolación mediante los valores de temperatura con respecto a los valores de vapor de agua por metro cúbico de aire en el ambiente en donde es posible calcular la cantidad de agua que genera el condensador experimental de agua atmosférica siguiendo la siguiente secuencia.

Primero: Con los datos obtenidos de humedad relativa y temperatura ambiental proporcionados por nuestro sensor DHT11 se completa parte de la ecuación.

Segundo: La humedad máxima posible se debe ser expresada en gramos de agua /metro cúbico y obtenida del gráfico 3.1 interpolada con la temperatura ambiente.

Tercero: Se debe reemplazar los datos y despejar la humedad actual como se muestra a continuación.

$$HR = \frac{ha}{hmáxima} * 100$$

$$73 = \frac{ha}{16g / m^3} * 100$$

$$ha = 11,68g / m^3$$

Con respecto al tiempo que tarda en ejecutar la saturación del vapor de agua, depende de la variación de temperatura, humedad relativa que sufra el ambiente, además el tiempo que tome enfriar el sistema hasta llegar al punto de rocío, si estos parámetros se mantienen igual por un período constante, el tiempo de condensación es aproximadamente 60 segundos por los 11,68 gramos de agua lo que equivale a 11,68 mililitros por minuto.

A continuación, se presenta la tabla 3.4 en donde manifiesta la cantidad de agua generada en condiciones ideales con respecto a los datos obtenidos con el sensor de humedad y temperatura DHT11.

Tabla 3.4 Cantidad de agua generada en condiciones de cálculo ideal.

Humedad Relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)	Humedad máxima posible g/m ³	Humedad actual g/m ³ por minuto.
73	21,5	16	11,68
74	21	15,6	11,544
65	20	15	9,75
65	21,7	17	11,05
66	22,06	17,6	11,616
71	19	12	8,52
70	19,5	14	9,8
70	20	15	10,5

3.2.3 Selección de componentes eléctricos para el análisis de consumo energético.

La selección de los componentes eléctricos debe ser analizados dependiendo al objetivo que vaya a realizar con el fin de reducir factores que puedan perjudicar su eficiencia o puedan consumir un exceso de energía.

3.2.3.1 Selección de elementos eléctricos que forma parte del condensador.

Para seleccionar los componentes eléctricos necesarios para implementar el condensador experimental se debe analizar que el consumo de energía debe ser mínima y eficiente a la vez.

Primero se analiza el compresor, este elemento es el más importante porque es quien hace circular el líquido refrigerante por todo el sistema. Con este componente el

sistema puede operar el refrigerante y es seleccionado por su bajo consumo de energía que existe en el mercado nacional, además usa el líquido refrigerante R134a que es el más usado y común en los mercados. También está la fuente interna de energía que usa el dispositivo para alimentar dispositivos eléctricos de corriente directa DC. En la tabla 3.5 se detalla los elementos eléctricos utilizados.

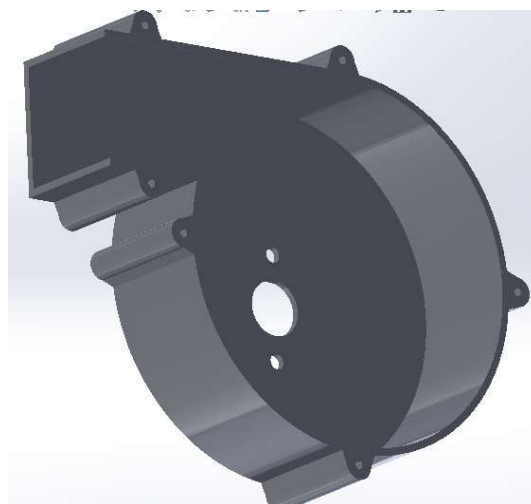
Tabla 3.5 Elementos eléctricos y su consumo.

Numero de dispositivos	Detalles	Consumo en Watts
1	Compresor embra 1/6hp R135a	125
1	Fuente DC 6 salidas 12 v	200
Total		325

3.2.3.2 Diseño de componentes CAD.

La selección de componentes de un ventilador centrífugo implica el modelado de elementos en 3D, como la turbina y la carcasa, que determinan el rendimiento y la eficiencia del ventilador que a continuación son detallados.

Figura 3.12 Cuerpo de ventilador centrífugo.



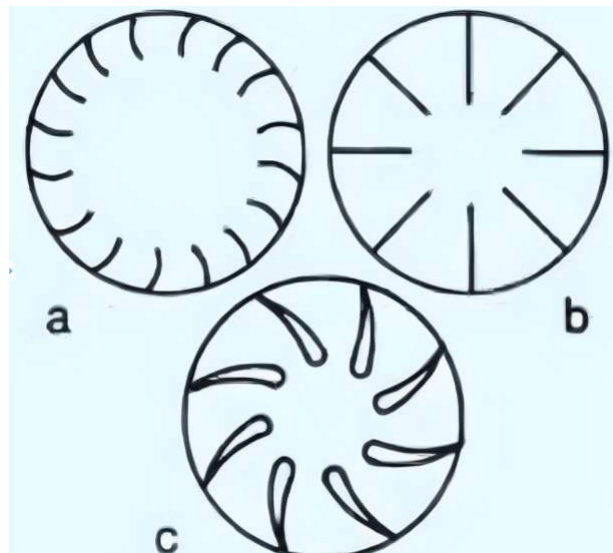
El cuerpo de ventilador centrífugo es modelado mediante SolidWorks al igual que sus otros componentes turbina centrífuga y tapa como se puede apreciar en la figura 3.12 y 3.15 respectivamente.

Para seleccionar la turbina de un ventilador centrífugo, es necesario considerar los siguientes parámetros:

- El caudal de aire necesario en m^3/h para lograr una adecuada renovación del aire.
- La presión requerida o el flujo de aire, teniendo en cuenta factores como la temperatura y la humedad relativa del entorno. Se debe seleccionar un evaporador lo suficientemente grande para manejar el flujo de aire deseado y diseñado para una temperatura de evaporación baja, como $-10\text{ }^\circ\text{C}$. En este caso, se podría estimar un flujo de aire de $60\text{ m}^3/\text{h}$ y una presión estática de 15 Pa .
- El nivel de ruido tolerable.

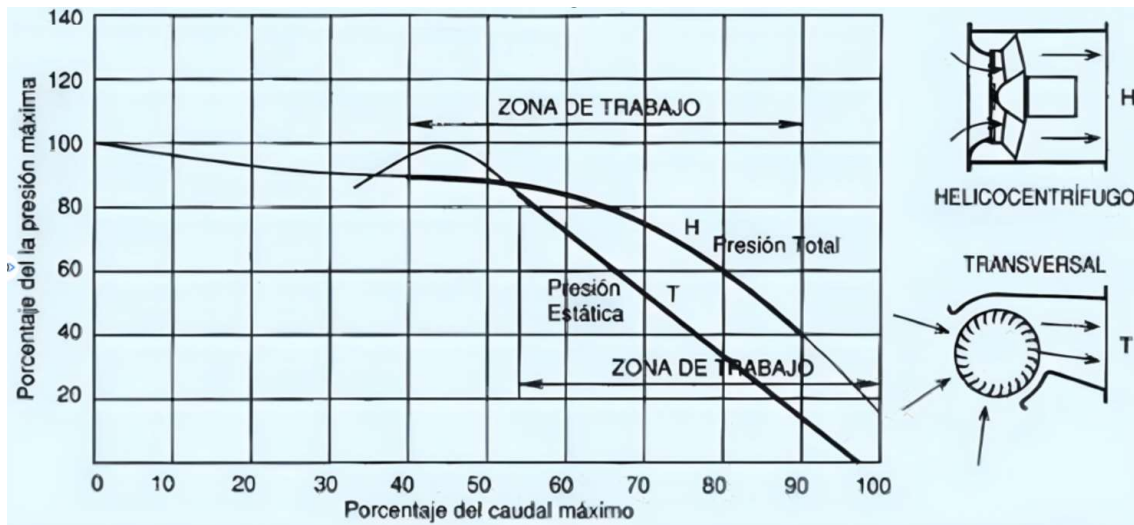
Con un ventilador centrífugo, el aire sigue una trayectoria axial en la entrada y paralela a un plano radial en la salida. El rotor adecuado está compuesto por alabes que pueden ser hacia adelante, como se muestra en la figura 3.13.

Figura 3.13 Ventiladores centrífugos [1].



En la figura 3.14 se identifica a los rodets helicocentrífugos y transversales con la misma forma de expresar su capacidad de presión y caudal en porcentaje del total y con las zonas normales de trabajo.

Figura 3.14 Zona de trabajo de turbina centrífuga [1].



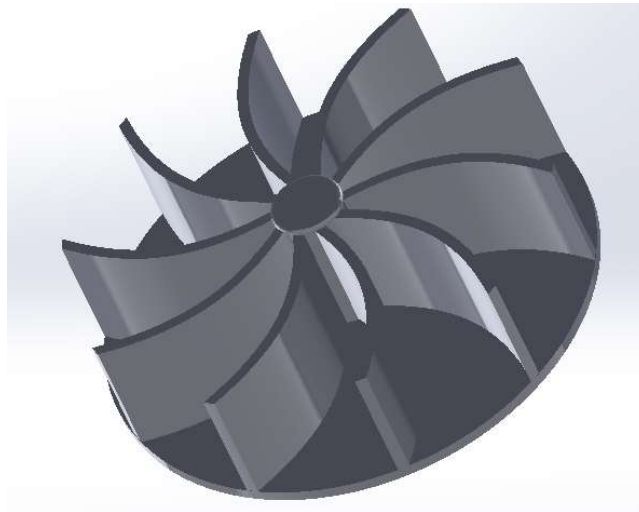
Por lo tanto, mediante el proceso de selección basado en el catálogo técnico de Salvador Escoda se selecciona el diseño de turbina centrífuga en el punto de trabajo 5 con velocidad de 485 rev/min de abasteciendo de 60 m³/h, estos parámetros están establecidos en la tabla del catálogo técnico como se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Catalogada de impulsión en servicio [1] .

Punto de trabajo	Unidades en paralelo	Ventiladores en serie	Velocidad rev/min	Caudal m ³ /h	Potencia absorbida KW	Horas servicio promedio
1	4	2	975	142	254	E
2	3	2	975	120	178	E
3	2	2	975	91	193	4
4	4	2	485	75	34	10
5	3	2	485	60	24	-
6	2	2	485	45	15	-
7	2	1	485	28	6	4
8	1	1	485	14	4	6

Decidida a la selección de la turbina se procede al modelado 3d previa a ser impresa físicamente tal y como se ilustra en la figura 3.6

Figura 3.15 Turbina de ventilador centrifugo.



Una vez ensamblada la turbina centrifuga, esta cumple la función de absorber el aire en el ambiente y redireccionar a un punto en específico, en este caso hacia las películas frías en donde se debe concentrar la mayor parte de aire húmedo con el fin de acelerar la saturación.

Figura 3.16 Tapa de ventilador centrifugo.



La tapa de ventilador centrifugo es la parte que cubre por completo el ensamblado además ayuda a direccionar las fugas de corriente de aire interno. No obstante, de tipo de ventilador centrifugo no es el único utilizado, también se utiliza el ventilador convencional para su operación, tanto para los dos tipos funciona con un motor 12 voltios

en corriente directa DC, en la figura 3.17 se puede observar el soporte diseñado para poder posicionar en cualquier lugar del prototipo.

Figura 3.17 Soporte de motor 12V DC.



El diseño de complementario para los ventiladores centrífugos es necesario porque están expuestos al ambiente exterior por ende se diseñaron tapas y soporte como se ilustra en la figura 3.18 y 3.19.

Figura 3.18 Tapa exterior de ventilador centrifugo.

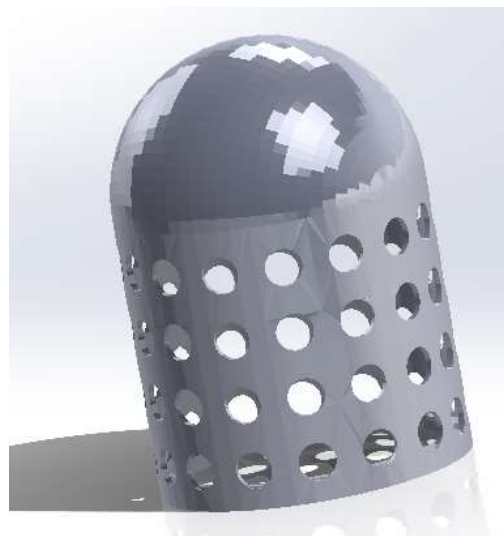
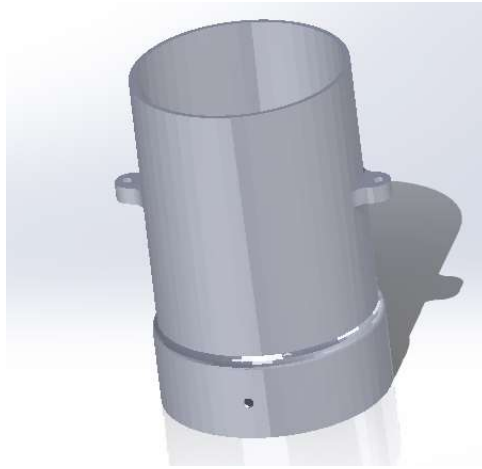


Figura 3.19 Tubo soporte de ventilador centrifugo.



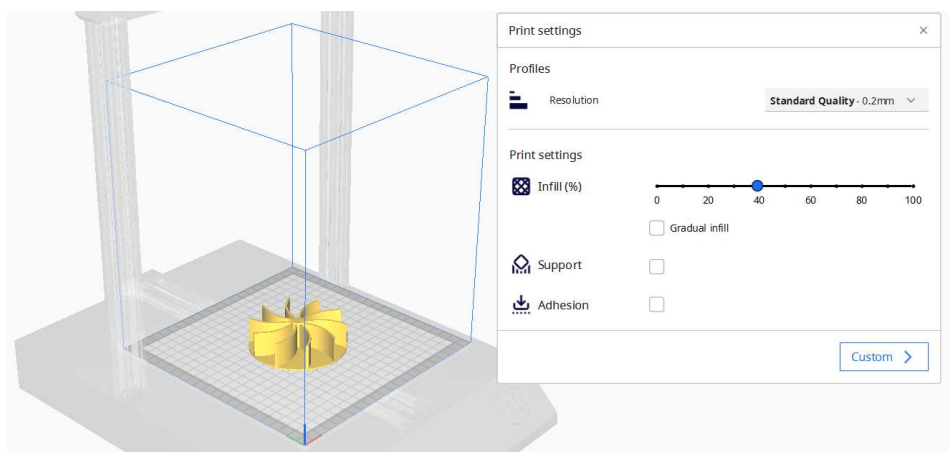
3.2.4 Impresión de piezas plásticas 3d y ensamble en el condensador experimental.

Los parámetros de impresión que se utiliza son para todo tipo de piezas diseñadas en este trabajo y se detalla a continuación.

Después de realizar los diseños CAD se procede al proceso de impresión en 3d con la impresora artillery genius.

Los parámetros que se utiliza para ejecutar esta actividad como se indica en la figura 3.20 son configurados con el objetivo de obtener una pieza resistente, una rápida impresión y precisa.

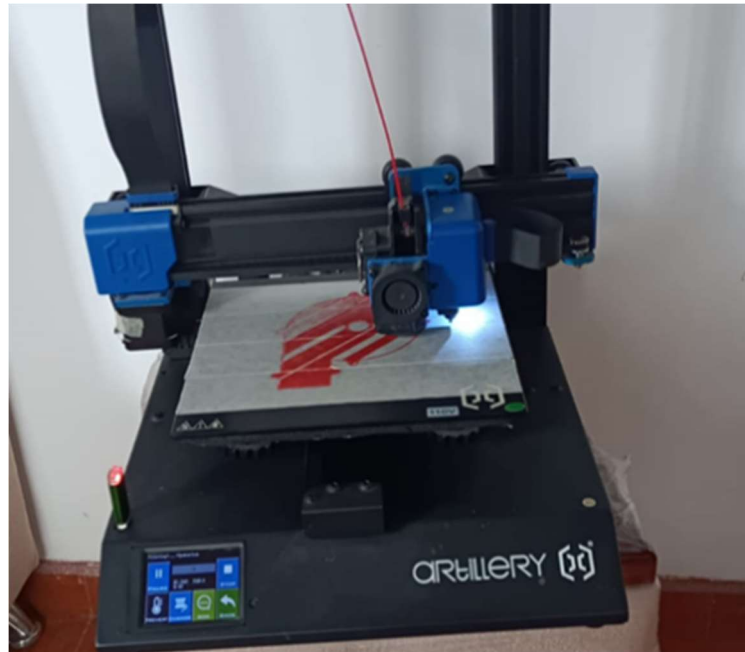
Figura 3.20 Parámetros de impresión 3d.



En la figura 3.8 se aprecia los parámetros configurados reportan:

- Duración de impresión de 3 horas con 37 minutos, un peso estimado de 38 gramos, el tiempo de impresión 3d depende mucho del relleno, así como de su espesor de capa a capa además de los parámetros adicionales como soporte y adhesión.
- Para el material de impresión se utiliza el filamento PETG, a pesar de ser uno de los materiales más utilizados, es un material que contiene una excelente resistencia química y mecánica, no desprende olores, además, es reciclable. Este material puede imprimir de manera parecida al PLA pero a diferencia de este material tienen algunos parámetros diferentes detallados a continuación.
- La temperatura de extrusión del PETG es de 220°C a 250°C, para la impresión del ventilador centrifugo se configuró a 240°C porque a pesar de encontrarse dentro del rango de temperaturas recomendadas a 240°C es más eficiente en adhesión, velocidad de impresión y sin forzamiento a la máquina de impresión.
- La superficie de impresión del PETG debe estar caliente entre 60°C y 90°C, es recomendable utilizar una fijación de laca en la base para que la primera capa de impresión tenga una buena adherencia.
- Se estableció un relleno del 40% para asegurar una buena estabilidad en la impresora. Con esta configuración, la impresión se realiza a un ritmo rápido sin comprometer demasiado la calidad. Dado que el PETG es un material resistente, tarda más en fundirse en comparación con otros filamentos termoplásticos. Por lo tanto, para obtener impresiones de alta calidad, no se recomienda imprimir a velocidades excesivamente altas.
- El espesor de capa a capa debe estar configurado para una calidad estándar de 0,2mm de resolución esto con el fin de obtener el modelo de alta calidad de detalle, reduce el tiempo de impresión y su adhesión es fuerte.

Figura 3.21 Impresión de piezas 3D.



Estas piezas son impresas en filamento PETG, este material es muy resistente y comercial a diferencia del filamento PLA como se puede apreciar en la tabla 3.7, apropiado para imprimir piezas plásticas en este caso los ventiladores centrífugos, sus complementos y soportes.

Tabla 3.7 Propiedades de impresión y comparación.

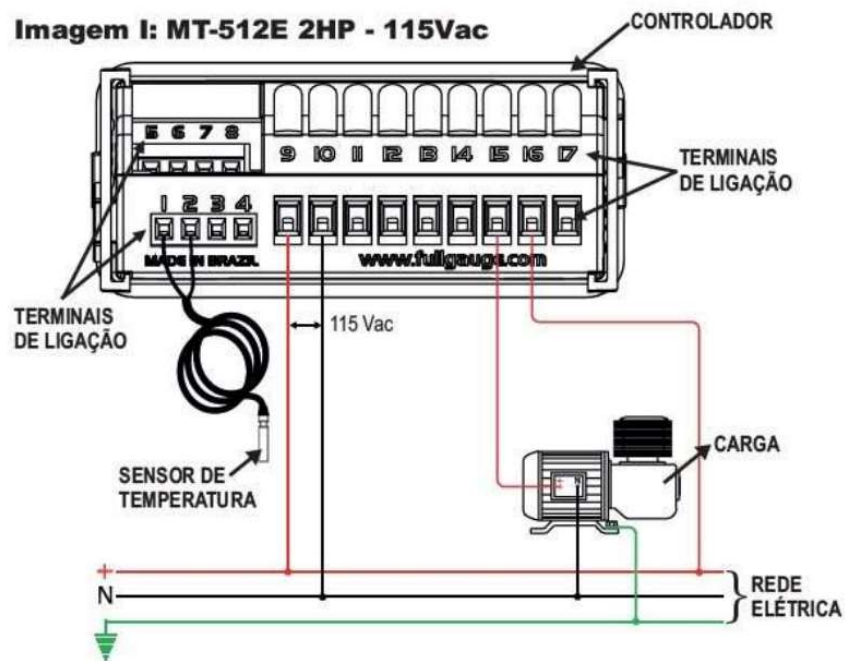
Cualidad	PLA	PETG
Facilidad de impresión	Muy alta	Alta
Temperatura de extrusión (°C)	200-240	225-245
Temperatura de cama caliente (°C)	0-40	60-90
Densidad (g/cm ³)	1,24	1,27
Resistencia a tracción (MPa)	Alta: 3309	Media-Baja: 50
Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Muy alta: 485	Media: 700
Resistencia al impacto (KJ/m ²)	Muy baja: 20	Media: 105

Temperatura de deformación (°C)	Baja: 55	Alta: 85
Resistencia UVA y humedad	Muy baja	Buena
Reciclabilidad	Buena	Buena

3.2.5 Diseño del control automatizado del prototipo.

El primer paso para el control automatizado del prototipo es elegir el termostato digital MT 512E 2HP, que tiene varias funciones que lo diferencian de los termostatos digitales comunes. La figura 3.22 muestra cómo se adapta a las necesidades del condensador experimental de agua, pues tiene un relé de gran capacidad de 16A que puede activar cargas de hasta 2HP, y permite combinar la salida con un temporizador cíclico o timer interno para programar el tiempo de enfriamiento y descongelación. Para más detalles sobre este dispositivo, se puede consultar los Anexos.

Figura 3.22 Configuración eléctrica del Termostato MT 512E.



La programación del termostato digital MT 512 viene predefinido por funciones y se los puede verificar en la tabla 1.3 Configuraciones del termostato digital MT 512 y solo se hace uso de tres funciones que se explica a continuación.

Para establecer la temperatura deseada, es decir, el punto de rocío, se realiza una configuración en la función 2 del dispositivo. Sin embargo, antes de hacerlo, es necesario ingresar la clave predefinida en el dispositivo utilizando la función 1, cuya clave es 123. Posteriormente, se define la diferencia de temperatura que se mantendrá antes de encender el compresor y reducir la temperatura al nivel deseado en el ambiente.

En la figura 3.23 se puede observar el primer paso, primero se debe presionar el botón superior izquierdo hasta que aparezca la configuración FUN y después se debe presionar el botón set para seleccionar.

Figura 3.23 Botón de configuración MT 512



En la figura 3.24 se muestra la configuración 1, se selecciona con el botón set y luego introducir la clave 123, con esto queda habilitada todas las funciones del dispositivo.

Figura 3.24 Habilitación de configuración del dispositivo MT512



Con la figura 3.25 se visualiza que en la función 2 se puede introducir la temperatura deseada, para este caso se logró calcular el punto de rocío que será la temperatura deseada.

Figura 3.25 Configuración del dispositivo a temperatura deseada.



Por último, en la figura 3.26 muestra que en la función 6 se puede introducir el diferencial de temperatura.

Figura 3.26 Configuración del dispositivo diferencial de temperatura.




El micro PLC Logo 230RC de Siemens es una opción destacada para el proyecto debido a sus características. Este modelo cuenta con dos grupos de entradas digitales, cada uno con 4 entradas. Es importante destacar que en cada grupo se debe utilizar la misma fase en todas las entradas. La alimentación del PLC puede variar entre 115 y 230 voltios de corriente alterna, lo cual permite adaptarse a las necesidades del usuario. Además, el dispositivo se comunica con un ordenador a través de Ethernet. El uso de este PLC en el condensador experimental tiene la ventaja de poder controlar componentes eléctricos de potencia sin necesidad de relés independientes, lo cual simplifica el sistema y aumenta su capacidad. En la figura 3.27 se presentan las especificaciones detalladas del micro PLC Logo Siemens 230RC.

Tabla 3.7 Especificaciones y versiones de Logo Siemens [25].

	LOGO! 24CE / LOGO! 24CEO	LOGO! 12/24RCE / LOGO 12/24RCEO	LOGO! 24RCE / LOGO! 24RCEO	LOGO! 230RCE / LOGO! 230RCEO
Voltaje Alimentación	24 VDC	12...24 VDC	24 V AC/DC	115...230 V AC/DC
Protección contra Cortocircuitos	Electrónica (1A)	Se requiere fusible externo	Se requiere fusible externo	Se requiere fusible externo
Monitor	SI/NO	SI/NO	SI/NO	SI/NO
Entradas analógicas (AI)	4	4	-	-
Salidas	4; Transistores	4; relé	4; relé	4; relé
Temperatura de Trabajo	0-55 0C	0-55 0C	0-55 0C	0-55 0C
Servidor Web	SI	SI	SI	SI
Cable de Programación	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Índice de Protección	IP20	IP20	IP20	IP20
Montaje	Carril DIN 35mm, 4 unidades de espacio	Carril DIN 35mm, 4 unidades de espacio	Carril DIN 35mm, 4 unidades de espacio	Carril DIN 35mm, 4 unidades de espacio

En la figura 3.27 se puede apreciar el con más detalles el PLC logo siemens 230 RC.

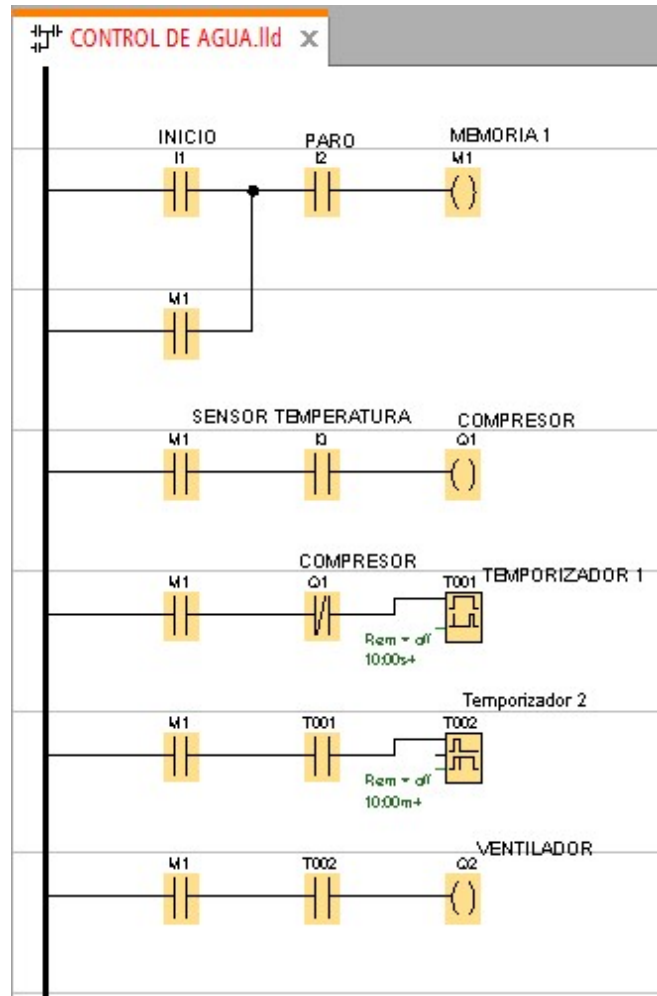
Figura 3.27 Especificaciones del Logo siemens 230RC [13].

Artikelnummer 6ED1052-1FB00-0BA8	
	
LOGO! 230RCE, MOD. LOG., DISPL. AL/E/S: 115V/230V/RELE 8 ED/4 SD, MEM. 400 BLOQUES AMPLIABLE MODULARMENTE,ETHERNET WEB-SERVER INTEGR., DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES	
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Hora	
Programadores horario.	
• Cantidad	8
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— Con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131 según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	
• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura de empleo	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	13.10.2014

Para el lenguaje de programación de este dispositivo específicamente en el diagrama lógica de contactos o diagrama en escalera (LADDER), para este caso el PLC logo se programa con el software gratuito Logo soft confort.

En la figura 3.28 se muestra la programación del autómata en donde su configuración se basa en los resultados obtenidos anteriormente.

Figura 3.28 Programación de autómata.



En donde:

I1: es el botón de inicio

I2: es el botón de paro

M1: es la memoria de almacenamiento.

I3: es la entrada del termostato MT512

Q1: Activa el compresor.

T001: Es el tiempo de retardo que ocurre antes de encender el ventilador externo.

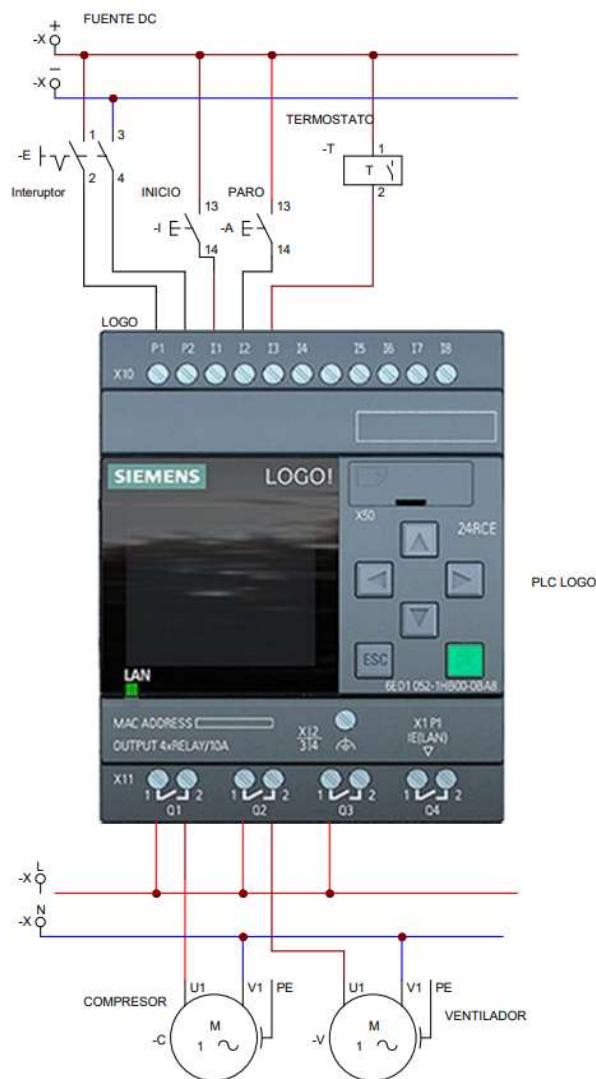
T002: es el tiempo de retardo en apagar el ventilador externo.

Q2: activa el ventilador externo.

3.2.6 Diagrama eléctrico.

En el diseño del diagrama eléctrico se lo realiza en el software de uso libre Case simu en donde se modela las conexiones eléctricas de cada uno de los componentes eléctricos como contactores, termostato, pulsadores y plc logo como se representa en la figura 3.29.

Figura 3.29 Diagrama eléctrico.



En el diagrama eléctrico presenta todos los elementos eléctricos de potencia que se utiliza, comenzando desde la fuente de entrada, interruptor (E), pulsador de inicio (I), pulsador de alto (A), Termostato (T), PLC logo, compresor (C) y ventilador (V).

3.2.6 Costo de construcción del condensador de agua atmosférica.

Durante el proceso de construcción del condensador experimental de agua atmosférica, es necesario adquirir todos los componentes. Mismos que se detallan en la tabla 3.7, en donde se presenta un resumen, costo unitario y el total.

Tabla 3.8 Componentes necesarios para construcción del condensador experimental.

Cantidad	Elemento	Descripción	Costo Unidad	Total
3	Evaporador de aletas	Componente termodinámico por donde circula gas refrigerante y absorbe el calor presente en dicha área.	\$ 20,00	\$ 60,00
1	Condensador	Componente termodinámico capaz de disipar el calor del refrigerante hacia el ambiente	\$ 12,00	\$ 12,00
1	Compresor 1/6 hp R134a	Compresor hermético eléctrico capaz de comprimir el refrigerante y hacer circular por todo el sistema.	\$ 60,00	\$ 60,00

1	1/2 contenido de refrigerante R134a	Gas refrigerante de tipo R134a, químico con capacidad de elevar y disminuir su temperatura a niveles elevados.	\$	6,00	\$	6,00
1	Fuente 200w	Fuente transformadora a corriente directa DC 8 salidas 12v	\$	20,00	\$	20,00
2	Ventiladores centrífugos 12vDC	Ventiladores centrífugos, capaces de redireccionar el aire en n sistema.	\$	10,00	\$	20,00
1	Ventilador convencional	Ventilador convencional, utilizado para disipar el calor del condensador.	\$	5,00	\$	5,00
1	PLC Logo	Es un controlador capaz de automatizar todo el sistema del proyecto.	\$	100,00	\$	100,00
3	Pulsadores de potencia	Pulsadores utilizados a nivel industrial para dar órdenes de inicio paro o una acción.	\$	2,00	\$	6,00
1	Termostato digital MT-512	Es un dispositivo eléctrico capaz de controlar la	\$	30,00	\$	30,00

		temperatura de un sistema.				
1	Gabinete de control	Es una caja en donde se instala el sistema de control.	\$	25,00	\$	25,00
10	Metros de cable flexible #14	Cables flexibles para poder realizar las conexiones entre controlador y accionadores.	\$	0,40	\$	4,00
1	Plancha de told delgado	Plancha de told delgado para ensamblaje del dispositivo.	\$	60,00	\$	60,00
2	Tubos cuadrados 5x5	Tubos cuadrados para dar contextura y dar soporte al prototipo	\$	15,00	\$	30,00
1	Filtro de agua	Filtro carbón activado para poder potabilizar el agua.	\$	18,00	\$	18,00
1	Tanque de almacenamiento	Un tanque en donde se almacena el agua recolectada.	\$	2,00	\$	2,00
100	Tornillos	Tornillos usados para sostener una estructura.	\$	0,10	\$	10,00
1	Bandeja de acero inoxidable	Bandeja usada para direccionar el agua producida	\$	10,00	\$	10,00
1	Metro de manguera	Manguera usada para transportar agua	\$	0,40	\$	0,40

1	Mini bomba de agua	Elemento eléctrico a 12v para bombear agua.	\$	5,00	\$	5,00
				Total	\$	483,40

3.2.6 Costo de valor por litro de agua generada.

Para calcular el costo de litro de agua generada por el prototipo se debe basar primero en la cantidad de consumo energético total calculado en la tabla 3.8, esto hace referencia a los elementos eléctricos utilizados y su consumo. Posteriormente se debe realizar el cálculo de consumo por hora expresado en kilo watts hora (KWH) ya que esta unidad es utilizada por las empresas eléctricas y pueden cobrar a sus usuarios, después su resultado se debe comparar con el valor comercial vigente. Finalmente realizar una proyección de producción de agua generada por el período de garantía de cada componente que ofrece el fabricante.

Con este análisis se realiza el diagnóstico de verificación, calidad y rentabilidad de este producto. Tomando los datos de la tabla 3.5 y analizando el costo de funcionamiento del dispositivo en 24 horas continuas se obtiene los siguientes resultados representados en la tabla 3.6.

Tabla 3.9 Análisis de costo del dispositivo por consumo de energía.

Consumo en Watts	Costo USD por Kilovatio hora KWh en Ecuador	Horas de funcionamiento del dispositivo	Consumo diario del dispositivo KWH	Costo USD total
325	0.092	24	7,8	0.7176

Como se puede observar en la tabla 3.8 el costo total de consumo energético por parte del dispositivo es de 72 centavos de dólar aproximadamente, esto se debe a la

selección de los componentes eléctricos más ahorrativos en consumo, por otra parte, también está el precio del kilovatio hora vigente en Ecuador que es 9,20 centavos de dólar.

En la tabla 3.9 se puede apreciar el valor aproximado que tendrá cada litro de agua en diferentes condiciones ambientales ideales además el dispositivo trabajando en 24 horas.

Tabla 3.10 Análisis de costo por litro de agua en diferentes condiciones ambientales ideales.

Humedad actual g/m ³ por minuto.	Cantidad de agua generada por hora g/m ³	Cantidad de agua generada por día g/m ³	Cantidad de agua generada por día en litros	Costo USD por litro de agua generado
11,68	700,8	16819,2	16,82	0,043
11,544	692,64	16623,36	16,62	0,0431
9,75	585	14040	14,04	0,0511
11,05	663	15912	15,91	0,0451
11,616	696,96	16727,04	16,73	0,043
8,52	511,2	12268,8	12,27	0,0585
9,8	588	14112	14,11	0,0508
10,5	630	15120	15,12	0,0474

Además, estos valores son calculados en condiciones ideales, sin embargo, el clima cambia sus condiciones a cada momento y es importante tomar muestreos de los resultados que genera el condensador de agua experimental para poder comparar valores calculados con valores experimentales de campo como se ilustra en la tabla 3.10.

Tabla 3.11 Costo por litro de agua real en diferentes condiciones ambientales.

Cantidad de agua generada por hora g/m ³	Cantidad de agua generada por día g/m ³	Cantidad de agua generada por día en litros	Costo USD por litro de agua generado
595,68	14296,32	14,30	0,050
588,744	14129,856	14,13	0,051
497,25	11934	11,93	0,060

563,55	13525,2	13,53	0,053
592,416	14217,984	14,22	0,051
434,52	10428,48	10,43	0,069
499,8	11995,2	12,00	0,060
535,5	12852	12,85	0,056

En base al análisis de la tabla 3.11 y tomando los valores más relevantes de la cantidad de agua generada por día expresado en litros y el valor de costo por litro generada se puede decir que a comparación del valor calculado en condiciones ideales solo el 85% de la humedad relativa se aprovecha para su condensación con un costo que rodea aproximadamente cinco centavos por litro captada en condiciones favorables captando 14,30 lts, por otro lado, si se considera por el valor mínimo por condiciones carentes de humedad ambiental el costo por litro sube aproximadamente seis centavos por litro condensando 11,93 lts de agua.

3.3 Evaluación aplicada al costo de riego enfocado a la agricultura

Para calcular el costo de agua para regar a un cultivo convencional de aproximadamente mil metros cuadrados se toma en cuenta varios factores, como el costo de suministro local, la tarifa de consumo y la cantidad de agua utilizada para regar. Pero, a diferencia de cultivos convencionales que poseen un sistema de riego este cálculo se realiza en base a la producción de agua que genere el condensador experimental pasando por las etapas mostradas a continuación.

3.3.1 Cálculo de cantidad de agua necesaria para regar un cultivo de mil metros cuadrados.

Para calcular la cantidad de agua que se requiere para el cultivo de rosas en un área de 1000 m², es necesario considerar varios factores como la cantidad de plantas por metro cuadrado, el clima de la zona, la época del año y las prácticas de riego usado. En general, los cultivadores y fincas suelen plantar entre 3 y 4 rosales por metro cuadrado, y se estima que una rosa adulta en producción necesita entre 3 y 4 litros de agua por semana. Para calcular la necesidad de agua en el área de cultivo determinada, se debe multiplicar la cantidad de riego necesaria por rosa y el número de plantas por metro cuadrado. En la tabla 3.12 se detalla la cantidad de plantas cultivadas en el área y el consumo de agua semanal correspondiente.

Tabla 3.12 Cantidad de plantas cultivadas en mil metros cuadrados y el consumo de agua semanal.

Cultivo	Plantas por metro cuadrado	Plantas por mil metros cuadrados	Consumo de agua por planta semanal (lts)	Consumo semanal en mil metros cuadrados (lts)
Rosa	3	3000	3	9000

Con los datos mostrados en la tabla 3.12 se puede realizar el cálculo por medio de la regla de tres en donde permite determinar el costo total de los 9 mil litros de agua necesarios para el riego semanal en un cultivo de mil metros cuadrados.

Si se considera los valores de la tabla 3.11 en donde nos muestra que en condiciones con mejor humedad relativa el condensador experimental puede generar hasta 14,30 lts de agua en 24 horas con un costo de 5,02 ctvs. de dólar entonces para calcular el valor por 9 mil litros se puede aplicar regla de tres en donde obtenemos.

$$\text{costo} = \frac{5,02\text{ctvs}(9000\text{lts})}{14,30\text{lts}} = 3159,44\text{ctvs}$$

En donde el resultado calculado en 9 mil litros correspondería a \$31,60 dólares americanos semanales. Pero si se considera el rendimiento semanal de la maquina condensadora, en donde solamente podría generar 14,30 lts diarios y apenas 100 lts de agua semanal no sería lo más convincente depender únicamente de este tipo de condensador si no que habría que implementar otra con mayor capacidad y tamaño que pueda cubrir la demanda de dicho cultivo para eso implica componentes industriales y más costosos usando los mismos principios o buscar otras alternativas para obtener agua.

CONCLUSIONES

Este capítulo realiza una revisión para asegurarse de que se han cumplido los objetivos establecidos durante el desarrollo del trabajo y también se exploran posibles mejoras que podrían aumentar la eficacia de los resultados obtenidos en este trabajo de grado en el futuro. Después de realizar análisis, cálculos, obtener resultados y diseños, se puede verificar que se han logrado los objetivos establecidos en este proyecto.

La producción de agua mediante un condensador de agua atmosférica es una solución prometedora y sostenible para satisfacer las necesidades de agua en áreas con acceso limitado a fuentes convencionales de agua. Este enfoque utiliza los principios naturales de condensación para recolectar y generar agua a partir de la humedad atmosférica.

La implementación de un condensador de agua atmosférica requiere una serie de elementos influyentes para asegurar el funcionamiento eficiente y confiable. Estos componentes incluyen una superficie de condensación para la captación del vapor de agua atmosférico, el sistema de enfriamiento para lograr generar agua a partir del vapor del ambiente acompañado del uso de un ventilador que ayuda a reducir la temperatura del aire circundante en donde el enfriamiento permite que el agua en estado gaseoso se condense en forma de gotas líquidas y finalmente su fuente de energía que permite al dispositivo alimentar a sus componentes eléctricos como compresor y ventiladores que puede tener una conexión de una red eléctrica.

El diseño y la selección de componentes para un condensador experimental de agua atmosférica son fundamentales para garantizar un rendimiento óptimo y una alta eficiencia en la recolección de agua. Al considerar diferentes aspectos del diseño, como el tamaño, la forma y los materiales utilizados, así como la elección de los componentes adecuados, se puede examinar la cantidad de agua recolectada y minimizar las pérdidas. En cuanto a los componentes diseñados como la estación meteorológica como carcasas y demás componentes se realizó imprimiendo en material Petg con un costo muy accesible.

Para la construcción del condensador experimental de agua atmosférica se llevó a cabo empezando desde el levantamiento de información meteorológica con respecto a los cambios climáticos presentes en el ambiente en donde pudo aplicar los respectivos análisis y cálculos que ayudan a determinar la temperatura de enfriamiento deseada para que pueda existir una condensación de agua a partir del vapor húmedo presente en el aire

denominado punto de rocío, la cantidad de agua generada en el transcurso de minutos, horas y día, además del consumo energético ejecutado en un día completo con respecto a la captación de agua diaria fue un paso para realizar la selección de componentes para determinar el valor total de construcción del proyecto en donde se aproximó a un valor de los \$500 dólares. Además, gracias a la implementación, la producción de agua mediante condensación atmosférica es una solución sostenible, ya que utiliza un recurso natural y renovable. No requiere el uso de productos químicos ni consume grandes cantidades de energía, lo que la convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente.

Mediante los resultados obtenidos la eficiencia de la producción de agua depende de varios factores, como la humedad relativa y la temperatura por ejemplo al generar 14 litros de agua diarios con un costo que rodea los cinco centavos por litro, se logra determinar la capacidad de condensación de agua en un ambiente favorable en donde su humedad relativa este al margen del 75% y su temperatura a 21°C, es importante tener en cuenta que la producción de agua mediante condensación atmosférica no puede ser adecuada en todas las horas. Las áreas con baja humedad relativa o condiciones climáticas adversas pueden limitar la cantidad de agua que se puede recolectar. Sin embargo, en regiones con una humedad relativamente alta, como zonas costeras o áreas cercanas a cuerpos de agua, esta tecnología puede ser altamente efectiva.

En resumen, la producción de agua generada mediante un condensador de agua atmosférica ofrece una alternativa prometedora y sostenible para abordar los desafíos de acceso al agua en áreas con limitaciones de recursos hídricos. Con un diseño adecuado y las condiciones climáticas adecuadas, esta tecnología puede proporcionar una fuente confiable de agua potable para comunidades y regiones que lo necesiten.

Con este trabajo se ha comparado los resultados obtenidos con otros métodos de captación de agua y se concluye que existe limitaciones de potencia, dimensión de infraestructura y caudal.

RECOMENDACIONES

Mediante el diseño de este dispositivo experimental y con respecto a las características más notorias que presenta, existen varios factores que pueden ser mejorados.

Investigación y desarrollo de materiales avanzados: La investigación continua en materiales de superficie de condensación puede conducir al desarrollo de recubrimientos aún más eficientes y duraderos. La búsqueda de materiales con propiedades hidrofóbicas o superhidrofílicas mejoradas podría aumentar la tasa de condensación y reducir las pérdidas de agua debido a la formación de gotas más grandes y una mayor eficiencia de recolección.

Mejora de la eficiencia energética: Buscar formas de reducir el consumo de energía en la producción de agua es otro aspecto importante. Se pueden explorar sistemas de recolección de agua climática que utilicen fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, para alimentar los componentes del condensador. Esto reduciría la dependencia de fuentes de energía convencionales y haría que el proceso sea más sostenible.

Escalabilidad y modularidad: Explorar la posibilidad de diseñar condensadores de agua atmosférica escalables y modulares podría permitir adaptar el sistema a diferentes escalas y necesidades. Esto sería especialmente mejorado para aplicaciones comunitarias o comerciales, donde se requiere una mayor producción de agua.

Educación y conciencia pública: Fomentar la educación y la conciencia pública sobre la importancia de la producción de agua mediante condensación atmosférica puede ayudar a promover su adopción y aceptación. Esto puede incluir programas educativos, campañas de divulgación y demostraciones prácticas para mostrar los beneficios y el potencial de esta tecnología.

REFERENCIAS

- [1] B. O. Delgado, Comparación económica de la integración de las tecnologías de desalación en ciclos de potencia., Sevilla, 2015.
- [2] A. Quiroz, Colombiano transforma el aire en agua, CARACOL, 2015.
- [3] R. Chávez, PSICROMETRÍA. Principios y protocolos experimentales diversos, México: UNAM, 2015.
- [4] R. Rajput, Ingeniería Termodinámica, México: Cengage Learning, 2016.
- [5] X. Sun, Condensation predicting simulation using varying physical characteristics method, Nanjin: Environ, 2011.
- [6] Carrier, Manual de aire acondicionado, Barcelona: Marcombo S.A, 2009.
- [7] A. Klein, «Refrigeration system performance using liquid-suction heat exchangers,» *Int. J. Refrig*, vol. 23, nº 8, pp. 588-596, 2017.
- [8] C. Thybo, «Toward high performance in industrial refrigeration systems,» *Proc. Int. Conf. Control Appl*, 2017.
- [9] M. Ordoñez, Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Lubricación de los Motores Térmicos, Málaga: IC Editorial, 2018.
- [10] F. H. A. G. P. Cruz, «Perspectiva del uso de generadores ambientales de agua en una zona desértica,» *Coordinacion Academica Region*, 2016.
- [11] GOODWATER, «Tecnologías innovadoras,» 21 Junio 2017. [En línea]. Available: Available: <http://goodwatermx.com/sistema.php>.
- [12] M. Parent, «Agua a partir del aire,» de *Una innovación que cambiará nuestras vidas.*, Ompi, 2018.
- [13] A. Lastra, Manual de instalaciones de climatización, Madrid: UNED, 2017.

- [14] M. Parent, «Agua a partir del aire: Una innovación que cambiará nuestras vidas.,» de *Agua a partir del aire: Una innovación que cambiará nuestras vidas.*, Ompi, 2018.
- [15] DOSSAT, Evaporadores y sistemas de refrigeración, 2016.
- [16] .. Paraninfo, «SMC Internacional Training,» de *Neumatica*, 2018.
- [17] A. Mediavilla, R. López, M. Posso, R. Carrascal, D. Ortiz, C. Almeida y I. Guamán, Evidencias, Origen y Forma, Ibarra: UTN, 2017.
- [18] D. Kushner, «The Making of Arduino,» IEEE Spectrum, 19 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://spectrum.ieee.org/the-making-of-arduino>.
- [19] J. Beunza, «DTH11: Temperatura Y Humedad,» 30 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.juanjobeunza.com/esp32-dht11/>.
- [20] A. ELECTRONICA, «DISPLAY LCD 16X2 CON MÓDULO I2C,» ARCA ELECTRONICA, 2023 1 31. [En línea]. Available: <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/display-lcd-16x2-con-modulo-i2c>.
- [21] GOODWATER, «Tecnologías innovadoras,» 21 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://goodwatermx.com/sistema.php>. [Último acceso: 21 Junio 2017].
- [22] R. Aguilar, Metodología de la Investigación Científica, Loja: UTPL, 1997.
- [23] I. N. D. E. Y. C. INEC, «Censo Poblacional de desnutricion infantil,» INEC, 01 01 2021. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>. [Último acceso: 01 02 2023].
- [24] I. N. D. M. E. H. INAMHI, «Datos Meteorologicos e hidrologicos,» INAMHI, 01 01 2023. [En línea]. Available: <https://www.inamhi.gob.ec/>. [Último acceso: 02 2023].

- [25] A. Perera, «LOGO! de Siemens,» *Automatismos* , 08 02 2022. [En línea]. Available: <https://automatismosmundo.com/logo-de-siemens-que-es-realmete-un-plc/>. [Último acceso: 03 2023].
- [26] APA, *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association. Versión Abreviada*, Chalco: El Manual Moderno S.A. de CV, 2010.
- [27] M. Posso, *Proyectos, tesis y marco lógico*, Quito: Noción, 2011.
- [28] APA, 2020. [En línea].
- [29] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza, *Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, México: McGraw-Hill Education, 2018.
- [30] X. Sun, *Condensation predicting simulation using varying physical characteristics method*, Nanjin: Environ, 2011.
- [31] F. H. A. G. Pablo Cruz, *Perspectiva del uso de generadores ambientales de agua en una zona desértica*, Juarez: Coordinacion Academica Region , 2016.
- [32] S. Escoda, «Manual Practico de ventilacion,» Rosselio, Barcelona, 2015.
- [33] J. Primožic, «Control in refrigeration systems,» *IEEE Int. Conf. Ind. Technol*, 2003.
- [34] J. Primožic, «Control in refrigeration systems,» *IEEE Int. Conf. Ind. Technol*, 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 Código de arduino para implementación de estación meteorológica.

```
//Librerias

#include <DHT.h>;

//I2C LCD:

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Wire.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

//Constantes

#define DHTPIN 7 // pin en donde se va a conectar la entrada de datos del sensor
DHT11

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); /// Inicializacion deL sensor DHTI11 de forma normal
al arduino

//Variables

//int chk;

int h; //Variable de humedad relativa

int t; //Variable de temperatura ambiental
```

```

void setup()

{

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Test de humedad relativa");

  dht.begin();

  lcd.init(); //inicializacion de lcd

  lcd.backlight(); //abrir el backlight

}

void loop(){

  //Lectura de la de variables h de humedad relativa y t de temperatura

  h = dht.readHumidity();

  t = dht.readTemperature();

  //Se imprime los valores en el monitor serie

  Serial.print("Humedad relativa: ");

  Serial.print(h);

  Serial.print(" %, Temperatura: ");

  Serial.print(t);

  Serial.println(" ° Celsius");

  // set del cursor to (0,0):

  // impresion de 0 a 9:

```



```
lcd.setCursor(0, 0);

lcd.println(" Temperatura actual ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("T:");

lcd.print(t);

lcd.print("C");

lcd.setCursor(6, 1);

lcd.println("2023 ");

lcd.setCursor(11, 1);

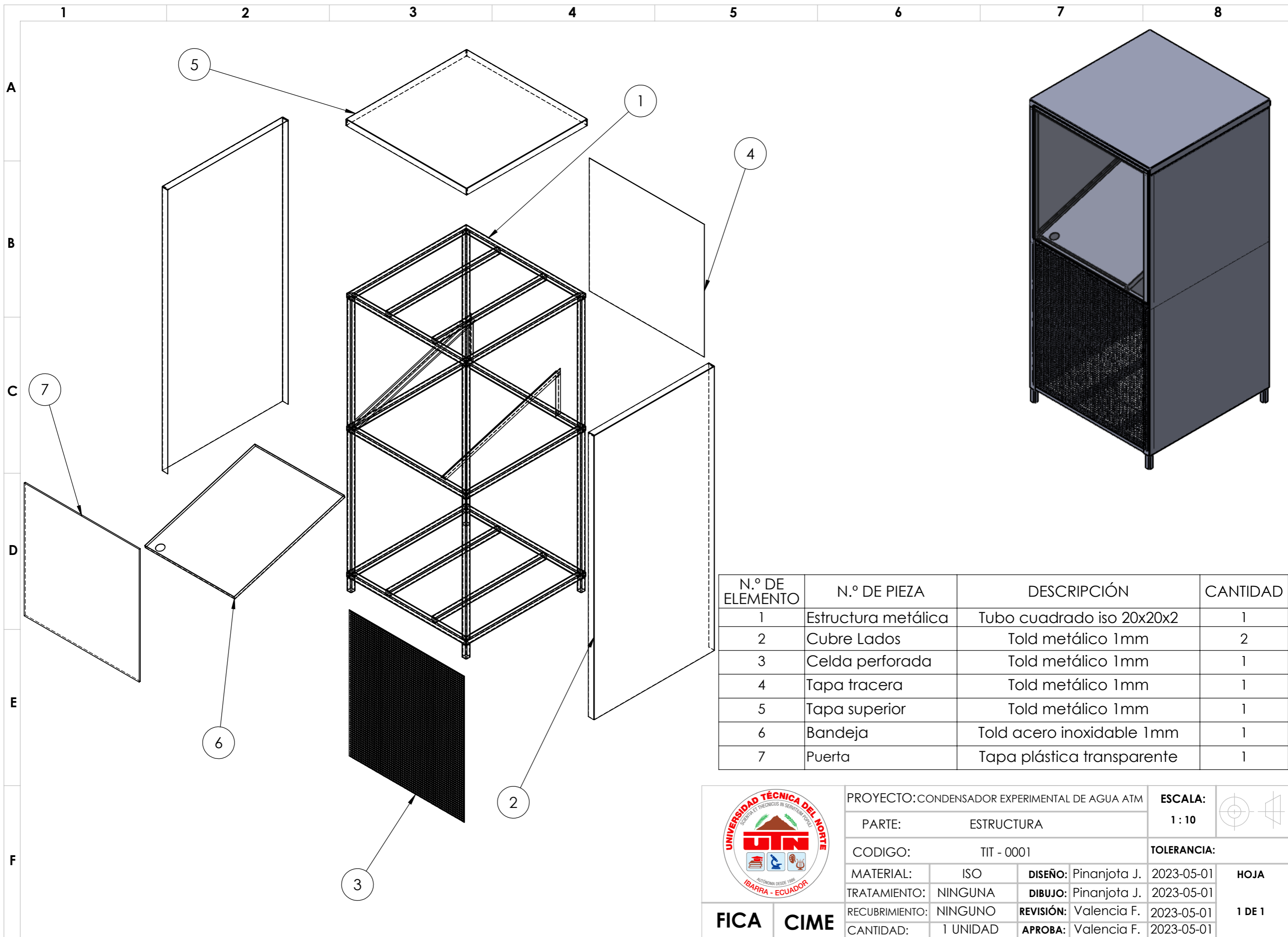
lcd.print("H:");

lcd.print(h);


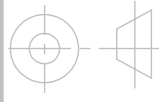
lcd.print("%");

delay(1000); //Delay 1 sec.

}
```



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura metálica	Tubo cuadrado iso 20x20x2	1
2	Cubre Lados	Told metálico 1mm	2
3	Celda perforada	Told metálico 1mm	1
4	Tapa tracera	Told metálico 1mm	1
5	Tapa superior	Told metálico 1mm	1
6	Bandeja	Told acero inoxidable 1mm	1
7	Puerta	Tapa plástica transparente	1

	PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM		ESCALA:	
	PARTE: ESTRUCTURA		1 : 10	
	CODIGO: TIT - 0001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL: ISO	DISEÑO: Pinanjota J.	2023-05-01	HOJA 1 DE 1
TRATAMIENTO: NINGUNA	DIBUJO: Pinanjota J.	2023-05-01		
RECUBRIMIENTO: NINGUNO	REVISIÓN: Valencia F.	2023-05-01		
CANTIDAD: 1 UNIDAD	APROBA: Valencia F.	2023-05-01		

FICA CIME

1 2 3 4 5 6 7 8

A

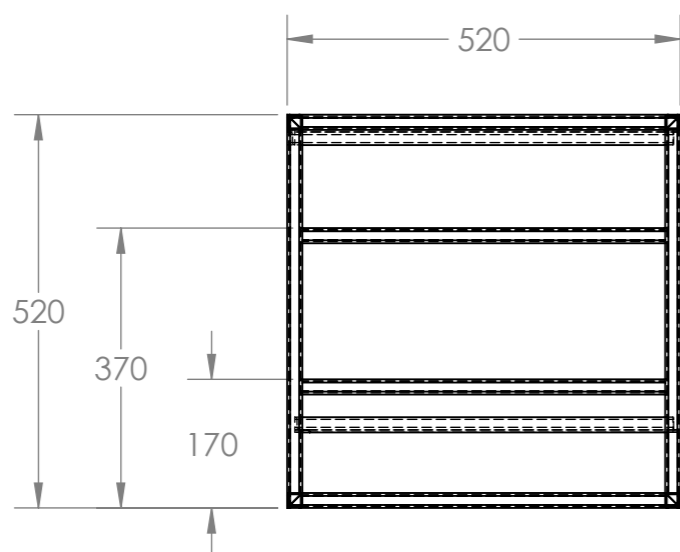
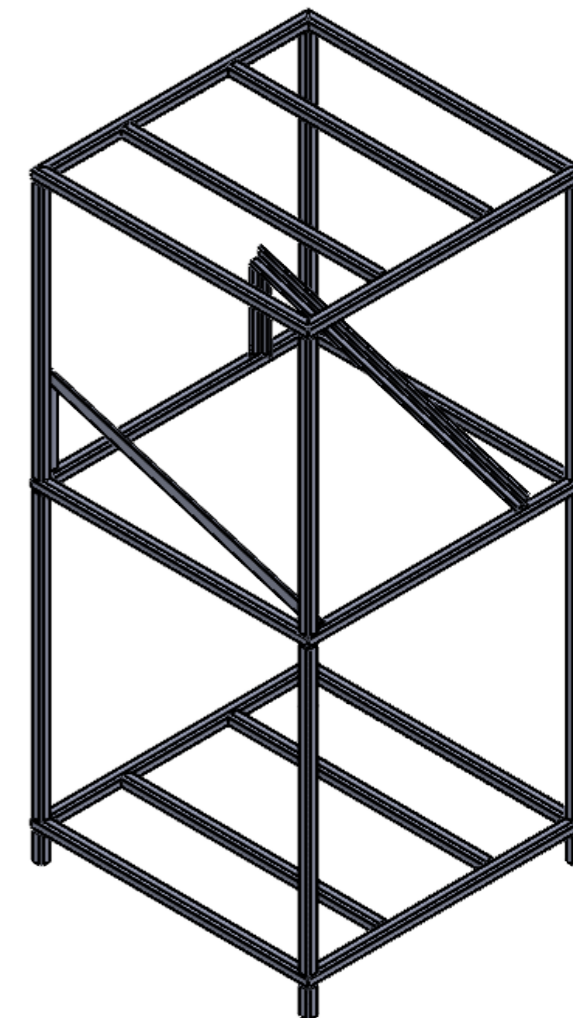
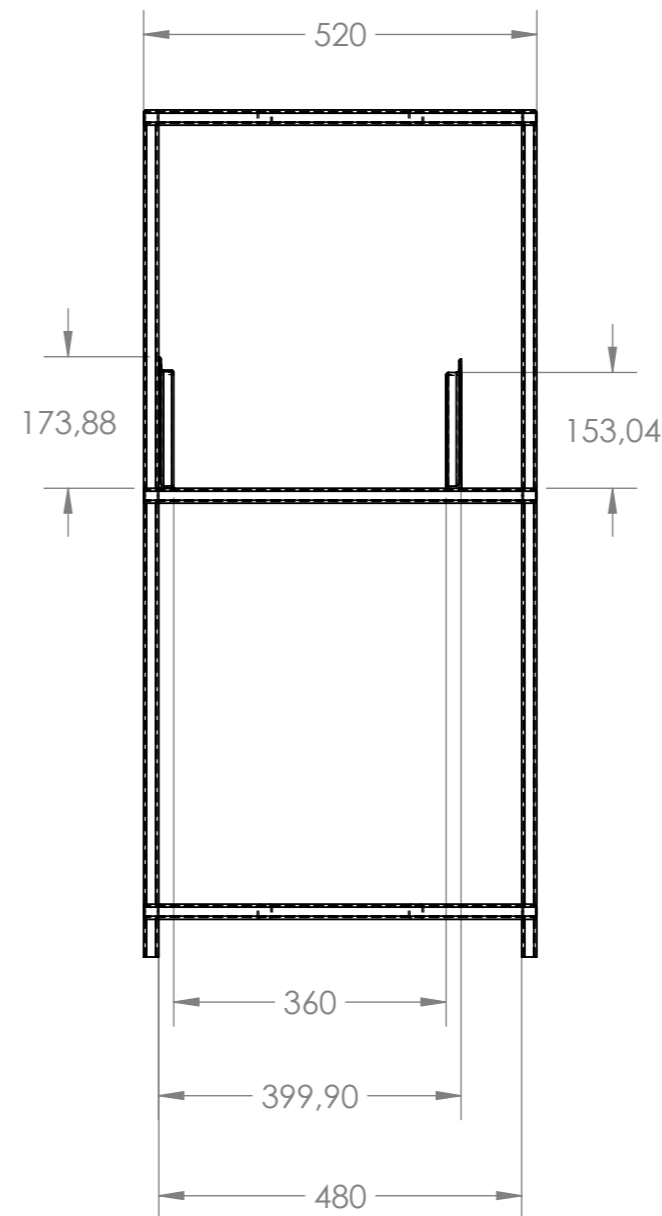
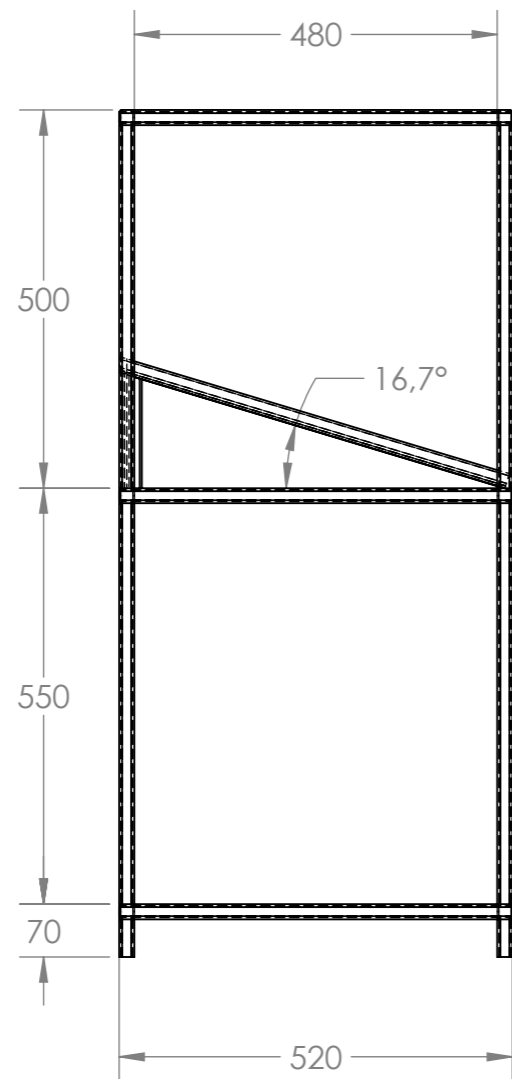
B

C

D

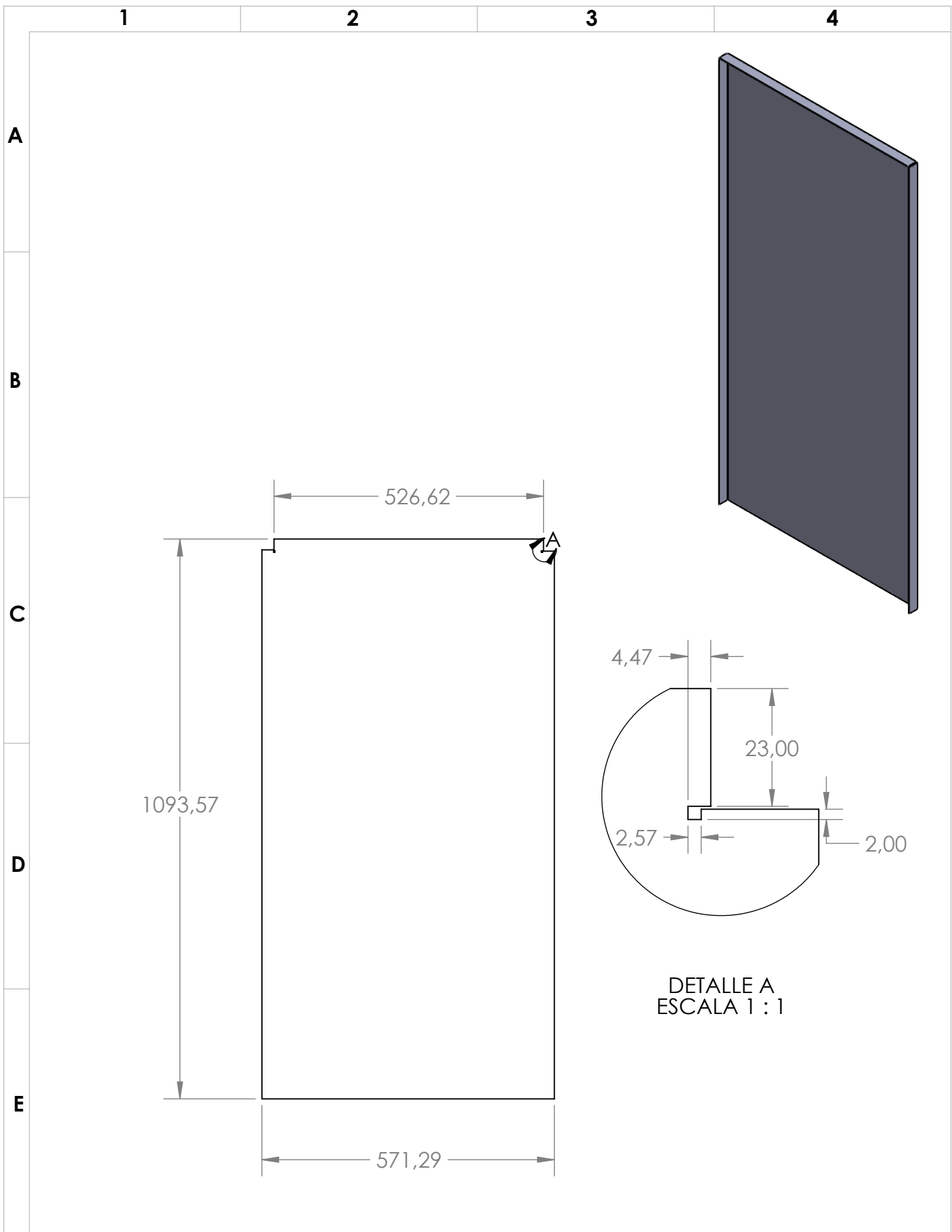
E

F



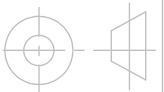
FICA CIME

PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM			ESCALA:		
PARTE: ESTRUCTURA			1 : 10		
CODIGO: TIT - 0001			TOLERANCIA:		
MATERIAL:	ASTM A366	DISEÑO:	Pinanjota J.	2023-05-01	HOJA 1 DE 7
TRATAMIENTO:	NINGUNA	DIBUJO:	Pinanjota J.	2023-05-01	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia F.	2023-05-01	
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROBA:	Valencia F.	2023-05-01	



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:
1 : 10



PARTE: Cubre lados

CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: ASTM A366

DISEÑO: Pinanjota. J

2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: Pinanjota. J

2023-05-01

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: Valencia. F

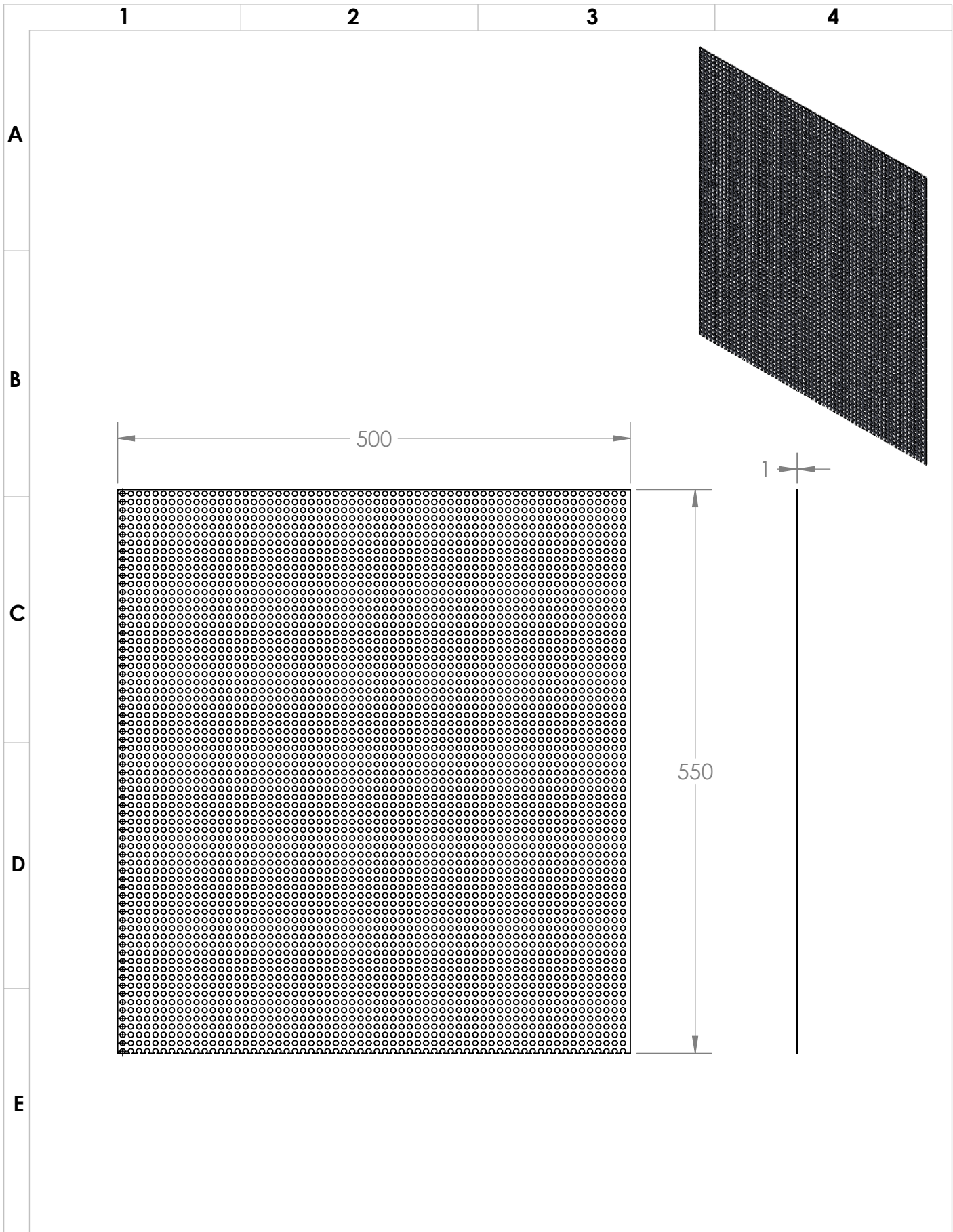
CANTIDAD: 2 UNIDAD

APROBA: Valencia. F

2 DE 7

FICA

CIME



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:



PARTE: Celda perforada

1 : 5

CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: ASTM A366

DISEÑO: Pinanjota. J

2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: Pinanjota. J

2023-05-01

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: Valencia. F

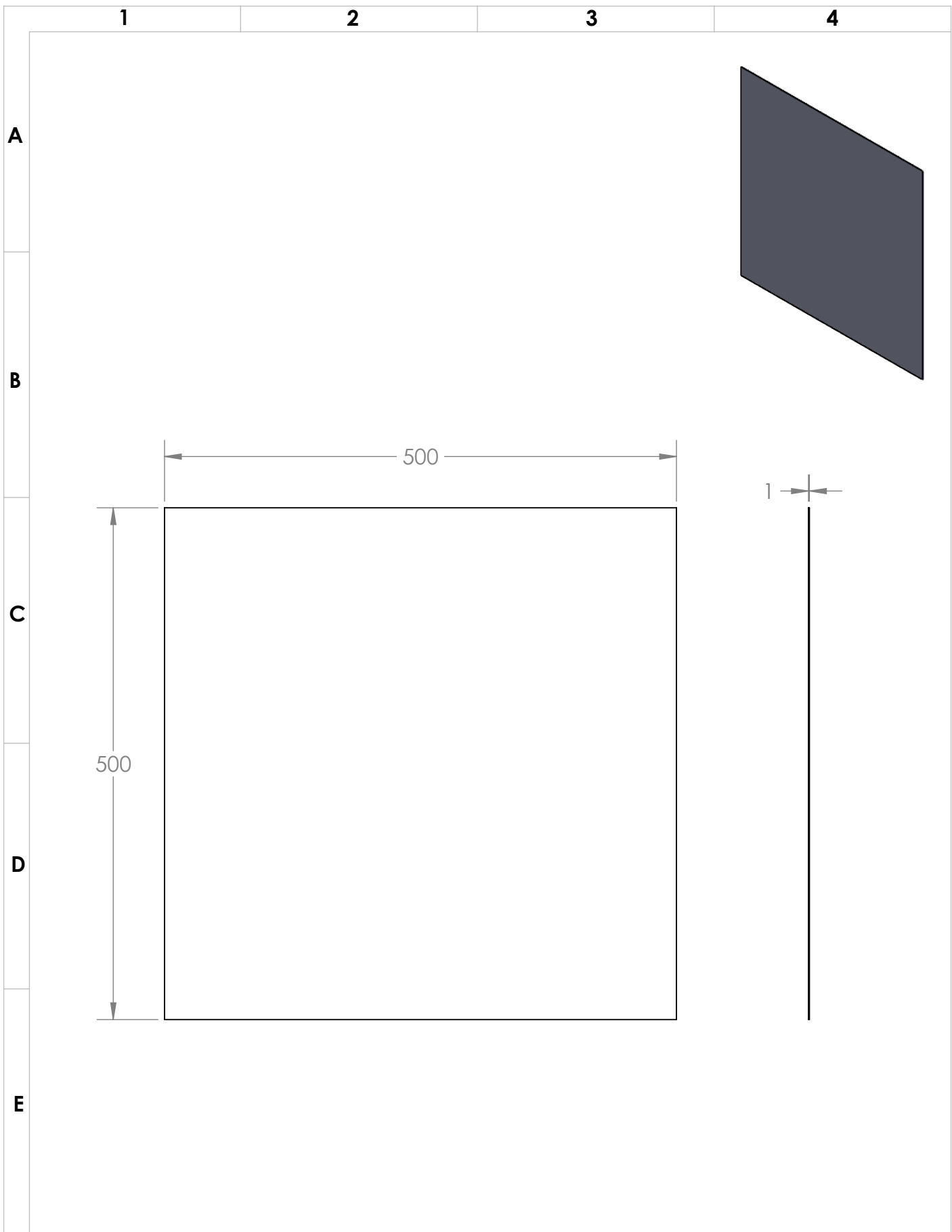
3 DE 7

CANTIDAD: 2 UNIDAD

APROBA: Valencia. F

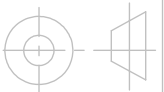
FICA

CIME



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:



PARTE: Tapa tracera

1 : 5

CODIGO: TIT-0001

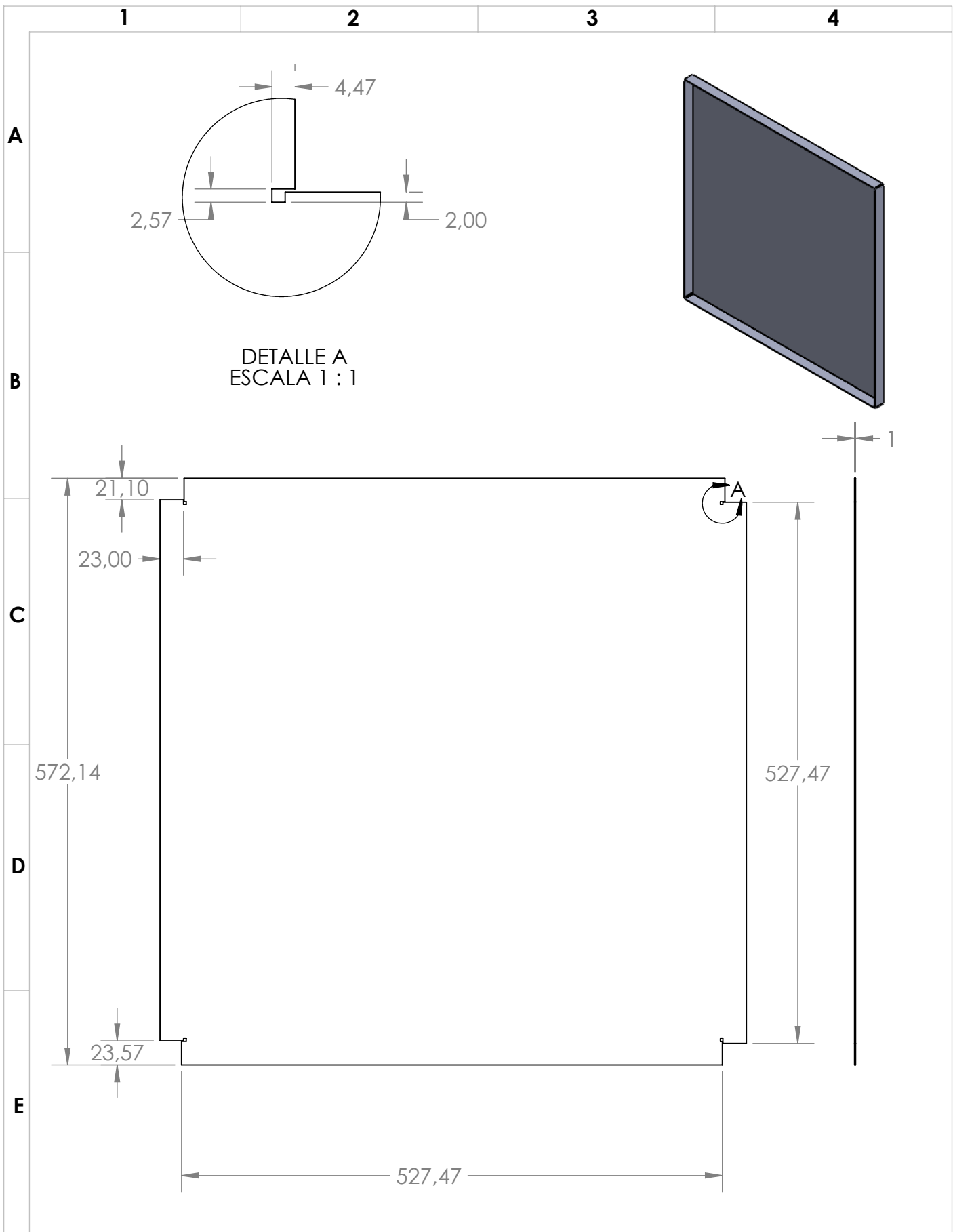
TOLERANCIA:

MATERIAL:	ASTM A366	DISEÑO:	Pinanjota. J	2023-05-01	HOJA
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	Pinanjota. J	2023-05-01	

RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia. F		4 DE 7
CANTIDAD:	2 UNIDAD	APROBA:	Valencia. F		

FICA

CIME



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:



PARTE: Tapa Superior

1 : 5

CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: ASTM A366

DISEÑO: Pinanjota. J

2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: Pinanjota. J

2023-05-01

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: Valencia. F

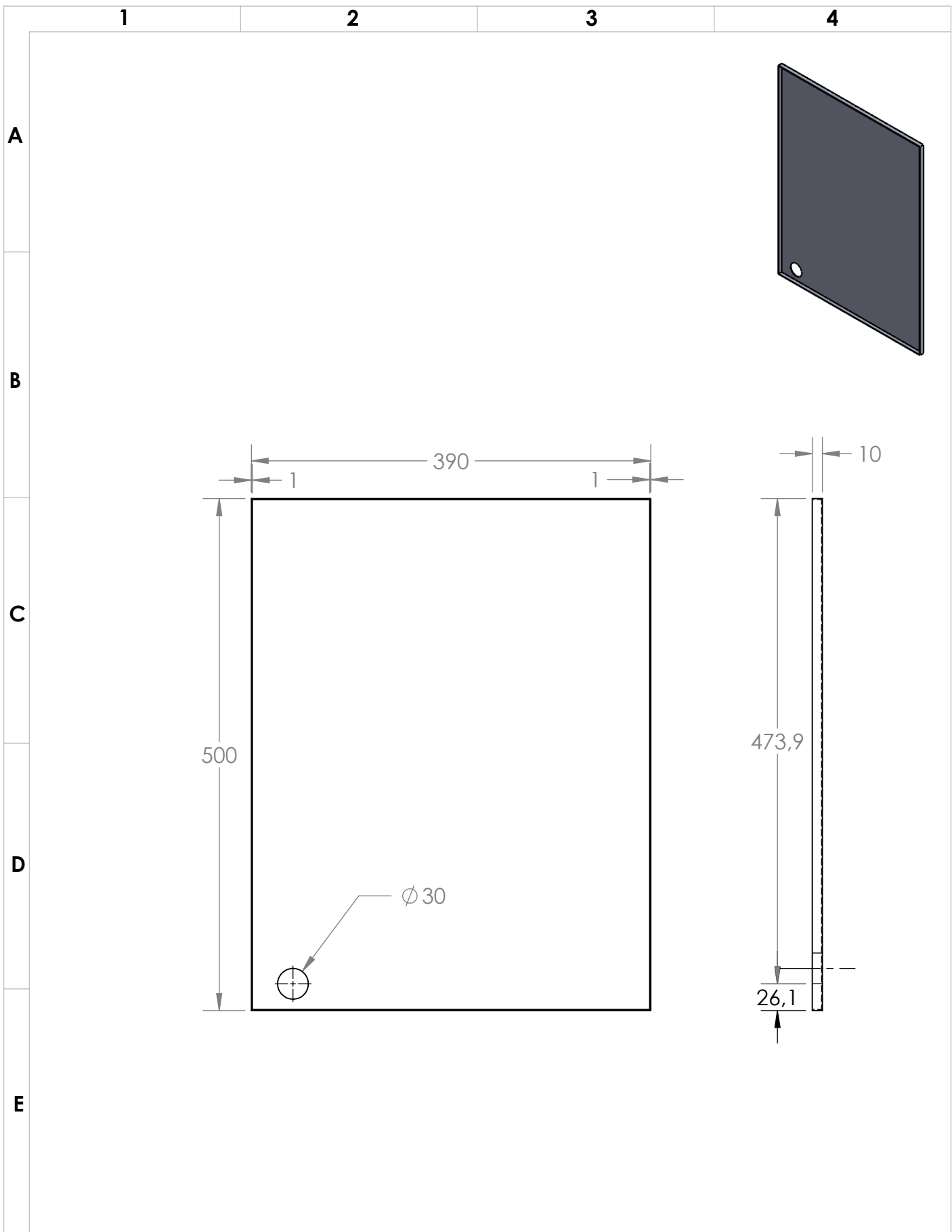
5 DE 7

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROBA: Valencia. F

FICA

CIME



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:



PARTE: Bandeja

1 : 5

CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: ASTM A366

DISEÑO: Pinanjota. J

2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: Pinanjota. J

2023-05-01

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: Valencia. F

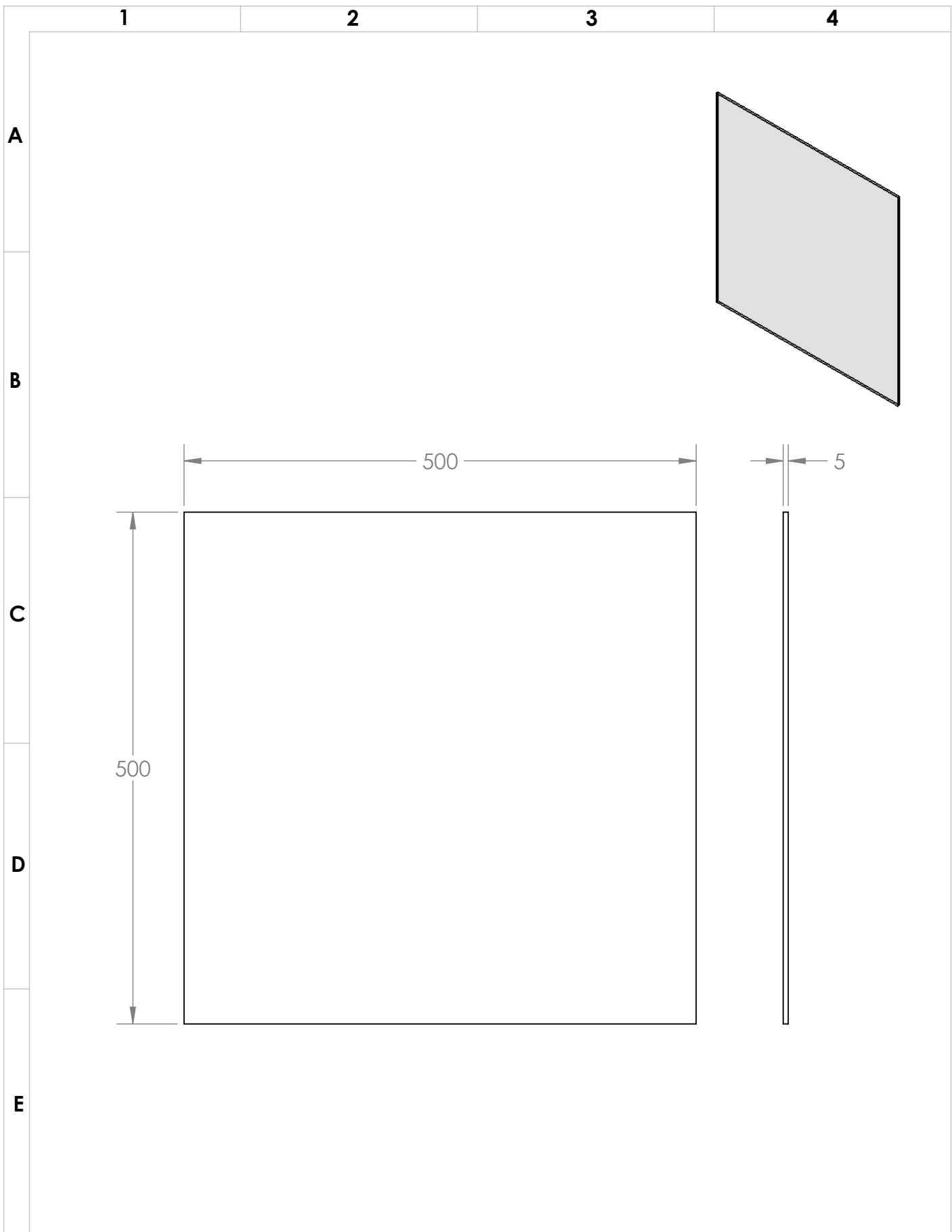
6 DE 7

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROBA: Valencia. F

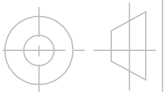
FICA

CIME



PROYECTO: CONDENSADOR EXPERIMENTAL DE AGUA ATM

ESCALA:



PARTE: Puerta plástica

1 : 5

CODIGO: TIT-0001

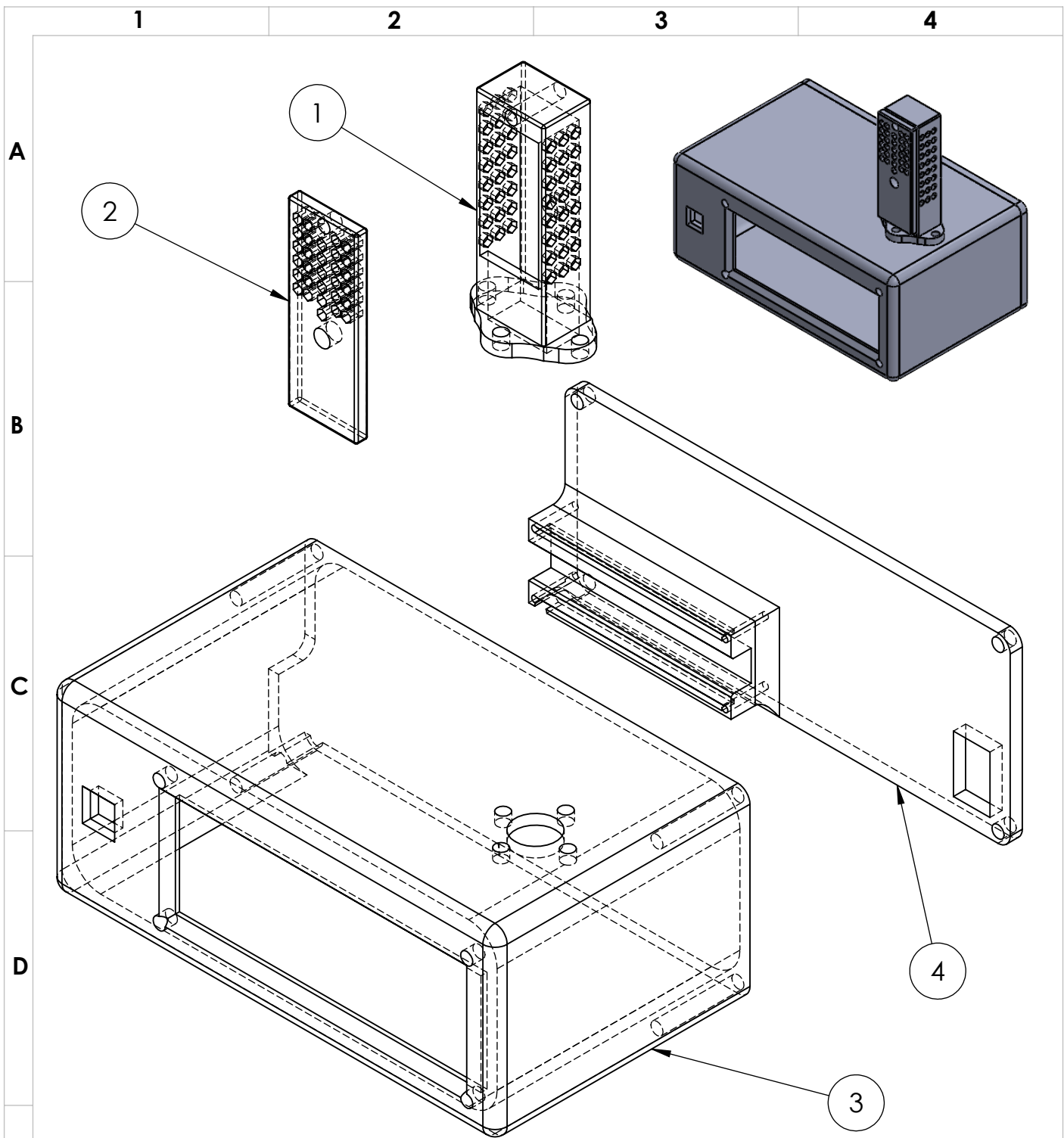
TOLERANCIA:

MATERIAL:	Acrílico	DISEÑO:	Pinanjota. J	2023-05-01	HOJA
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	Pinanjota. J	2023-05-01	

RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia. F		7 DE 7
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROBA:	Valencia. F		

FICA

CIME



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Carcasa DHT11	Impreso 3D	1
2	Tapa carcasa	Impreso 3D	1
3	Carcasa de lcd	Impreso 3D	1
4	Tapa tracera lcd	Impreso 3D	1

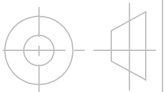


PROYECTO: ESTACIÓN METEOROLÓGICA

ESCALA:

PARTE: Plano de explosión

1 : 1



CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: PETG DISEÑO: Pinanjota. J 2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO DIBUJO: Pinanjota. J 2023-05-01

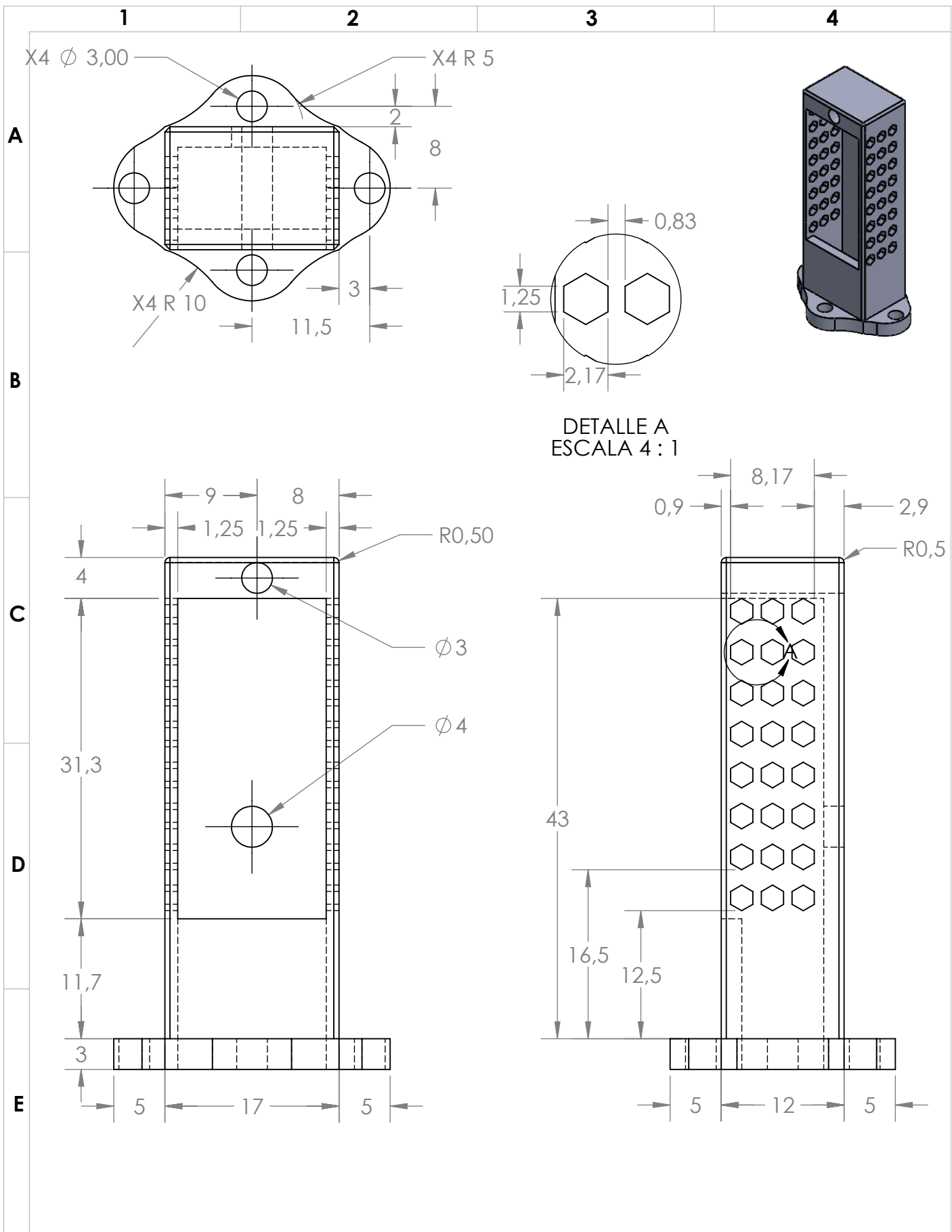
RECUBRIMIENTO: NINGUNO REVISIÓN: Valencia. F

1 DE 1

CANTIDAD: 1 UNIDAD APROBA: Valencia. F

FICA

CIME



PROYECTO: Estación meteorológica

ESCALA:

PARTE: Carcasa de sensor dht11

2 : 1

CODIGO: TIT-0001

TOLERANCIA:

MATERIAL: PETG

DISEÑO: Pinanjota. J

2023-05-01

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO: Pinanjota. J

2023-05-01

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISIÓN: Valencia. F

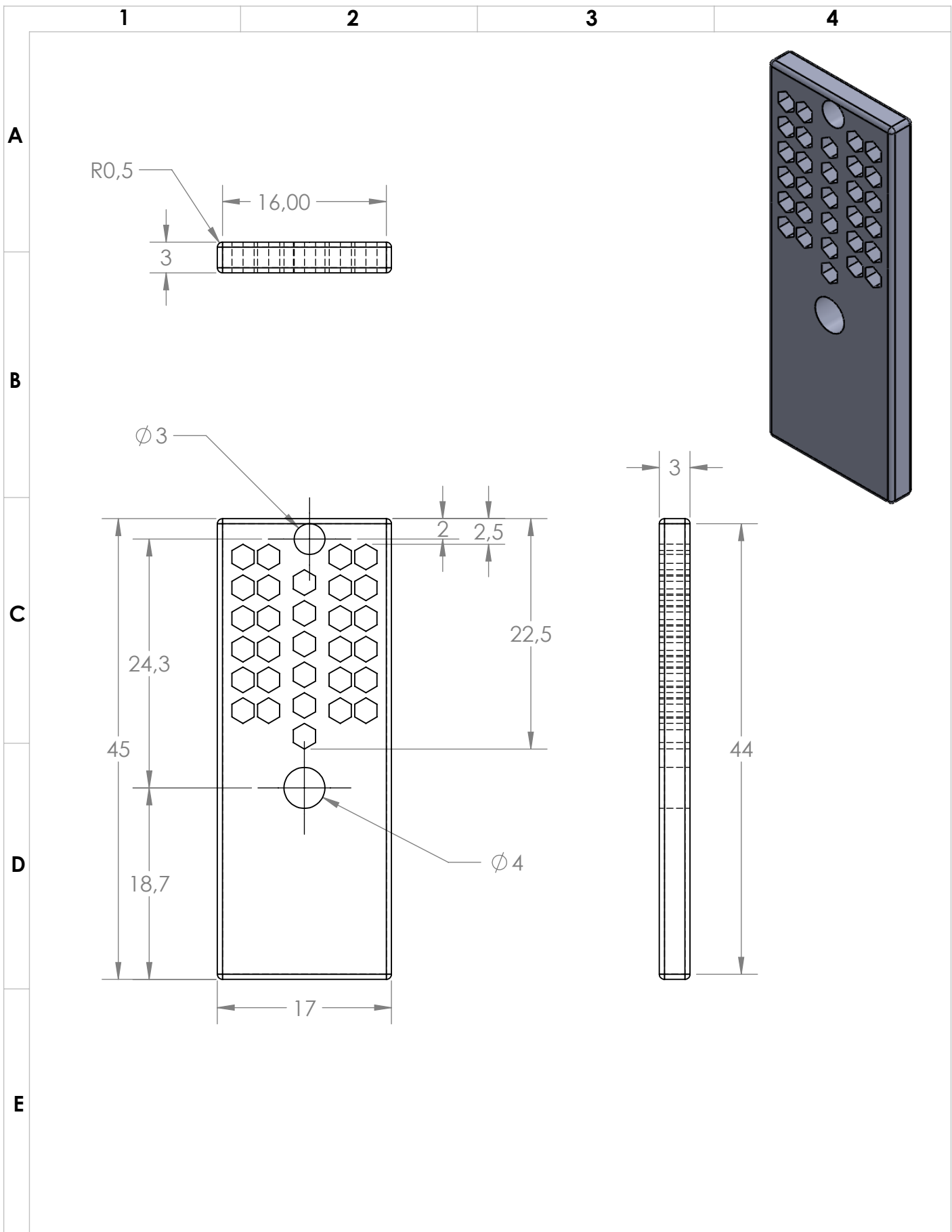
1 DE 4

CANTIDAD: 1 UNIDAD

APROBA: Valencia. F

FICA

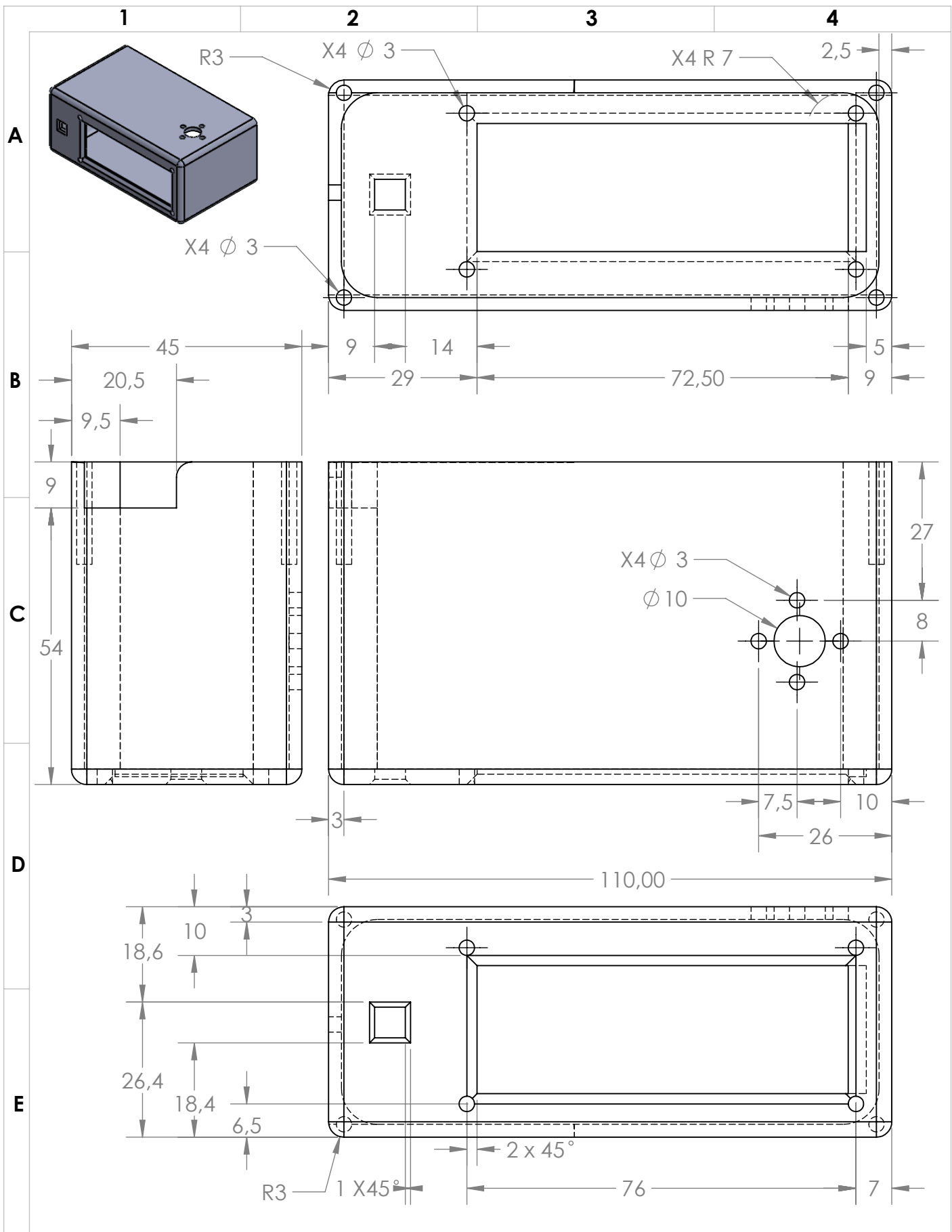
CIME



PROYECTO:		Estación meteorológica		ESCALA: 2 : 1	
PARTE:		Tapa Carcasa de sensor dht11			
CODIGO:		TIT-0001		TOLERANCIA:	
MATERIAL:	PETG	DISEÑO:	Pinanjota. J	2023-05-01	HOJA 2 DE 4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	Pinanjota. J	2023-05-01	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia. F		
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROBA:	Valencia. F		

FICA

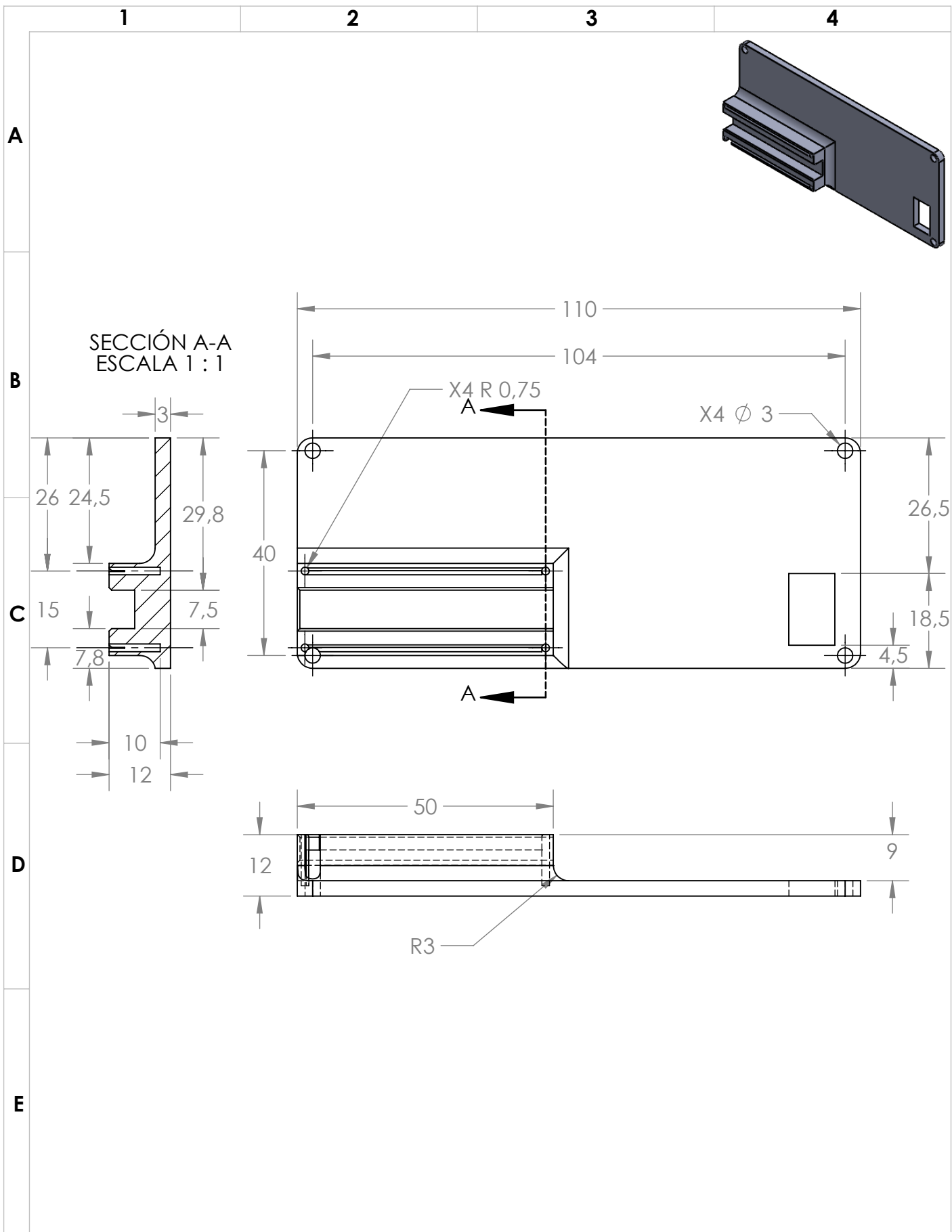
CIME



PROYECTO:	Estación meteorológica		ESCALA: 1:1	
PARTE:	Carcasa de lcd			
CODIGO:	TIT-0001		TOLERANCIA:	
MATERIAL:	PETG	DISEÑO:	Pinanjota. J	2023-05-01
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	Pinanjota. J	2023-05-01
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia. F	
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROBA:	Valencia. F	

FICA CIME

**HOJA
3 DE 4**



PROYECTO:		Estación meteorológica		ESCALA: 1:1	
PARTE:		Tapa trcera lcd			
CODIGO:		TIT-0001		TOLERANCIA:	
MATERIAL:	PETG	DISEÑO:	Pinanjota. J	2023-05-01	HOJA 4 DE 4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	Pinanjota. J	2023-05-01	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISIÓN:	Valencia. F		
CANTIDAD:	1 UNIDAD	APROBA:	Valencia. F		

FICA CIME