

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

**Título del trabajo**

Desarrollo de un prototipo de incubadora modificada para operaciones de secado.

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Nombre de la titulación**

Ingeniero Mecánico

**Código Único**

INGE-2540

**Presentado por:**

Santiago Daniel Zambrano Moreno

Pedro Sebastian Peña Figueroa

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Agradecimientos

---

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres, amigos y tutores que nos han acompañado durante este camino de victorias y caídas para formarnos como profesionales.

## Declaración Expresa

---

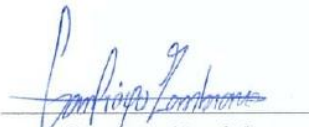
Nosotros Santiago Daniel Zambrano Moreno y Pedro Sebastian Peña Figueroa acordamos y reconocemos que:

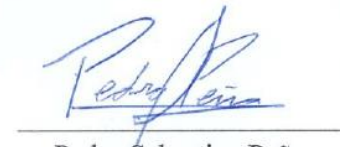
La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 18 de mayo del 2024.

  
Santiago Daniel  
Zambrano Moreno

  
Pedro Sebastian Peña  
Figueroa

## **Evaluadores**

---

**Emérita Delgado Plaza, PhD.**

Profesor de Materia

---

**Juan Peralta Jaramillo, PhD**

Tutor de proyecto

## **Resumen**

El objetivo de este proyecto fue abordar cómo puede lograrse una mejor utilización de los recursos en los laboratorios universitarios a partir del reacondicionamiento de una incubadora modificándola para que también pueda cumplir la función de secado. La hipótesis sugería que esta modificación no solo reduciría los desechos de equipos, sino que también mejoraría la eficiencia del proceso de secado de muestras. El proyecto se llevó a cabo a través del uso de materiales reciclados, técnicas de simulación y modelado, siguiendo ciertas normas de seguridad y eficiencia. La última parte del proyecto demostró que la secadora cumplía con las necesidades de los laboratorios, lo que demostraba que era práctica y funcional. Además, se logró una optimización de los costos y del tiempo de realización, ya que la simulación dio paso a un análisis rápido. En general, el proyecto ha sido un éxito para la economía circular, ya que ha liberado espacio en los laboratorios.

**Palabras Clave:** Optimización, Economía Circular, Simulación, Laboratorios, Secadora.

## **Abstract**

*The objective of this project was to address how a better use of resources in university laboratories can be achieved from the refurbishment of an incubator by modifying it so that it can also fulfill the drying function. The hypothesis suggested that this modification would not only reduce equipment waste, but also improve the efficiency of the sample drying process. The project was carried out through the use of recycled materials, simulation techniques and modelling, following certain safety and efficiency standards. The last part of the project demonstrated that the dryer met the needs of laboratories, demonstrating that it was practical and functional. In addition, cost and implementation time were optimized, as the simulation gave way to rapid analysis. Overall, the project has been a success for the circular economy, as it has freed up space in laboratories.*

*Keywords: optimization, circular economy, simulation, laboratories, dryer.*

## Índice general

Evaluadores .....	IV
Resumen .....	I
Abstract .....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas .....	IX
índice de planos .....	X
Capítulo 1 .....	1
1.1 Introducción .....	2
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5 Marco teórico .....	6
1.5.1 Incubadoras.....	6
1.5.2 Secadoras.....	6
1.5.3 Presencia de equipos existentes .....	8
1.5.4 Tipos de secadoras .....	8
1.5.5 Componentes y estructura general de una secadora por convección forzada .....	9

1.5.6 Funcionamiento de una secadora por convección forzada.....	10
1.5.7 Importancia en la industria ecuatoriana .....	11
Capítulo 2 .....	13
2. Metodología.....	14
2.1 Metodología del diseño .....	15
2.2 Requerimientos de diseño .....	16
2.3 Alternativas de diseño .....	17
2.3.1 Selección de materiales y equipos .....	18
2.3.2 Material Aislante.....	19
2.4 Criterios para selección de la mejor alternativa .....	19
2.4.1 Matriz de selección de alternativa de diseño .....	21
2.5 Análisis Energético y tiempo de secado estimado.....	23
Capítulo 3 .....	25
3. Resultados y análisis .....	26
3.1 Modelo final .....	26
3.2 Simulación del prototipo .....	28
3.3 Materiales y equipos .....	30
3.3.1 Fabricación de cámara de extracción de humedad. ....	32
3.3.2 Modificación de cámara principal de sistema .....	36
3.4 Análisis de funcionalidad .....	38
3.5 Costos .....	42
Capítulo 4 .....	45
4.1 Conclusiones y recomendaciones .....	46



4.1.1 Conclusiones .....	46
4.1.2 Recomendaciones.....	47
Referencias .....	48
1. Referencias.....	48

**ABREVIATURAS**

CDTS Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenibles

FIMCP Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

CFM Pie Cúbico por Minuto

## Simbología

°C	Grados Centígrados
Hz	Hertz
Kg	Kilogramos
m	Metros
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
W	Watts
h	horas
Wh	Watts/horas

## Índice de figuras

Figura 1: Tipos de mecanismos para transferencia de calor.....	7
Figura 2: Diagrama de funcionamiento de una secadora por convección forzada.....	10
Figura 3: Participación de productos en la industria ecuatoriana.....	12
Figura 4: Diagrama de flujo de metodología .....	15
Figura 5: Partes principales del sistema modificado .....	27
Figura 6: Distribución de temperatura dentro de la cámara principal y de extracción .....	28
Figura 7: Líneas de flujo dentro de la cámara principal y de extracción.....	29
Figura 8: Vista superior de cámara de extracción.....	33
Figura 9: Vista lateral de cámara de extracción .....	33
Figura 10: Obtención de medidas acorde a planos .....	34
Figura 11: Corte de piezas trazadas a medida .....	34
Figura 12: Piezas acopladas luego del proceso de doblado.....	35
Figura 13: Cámara de extracción armada .....	35
Figura 14: Cámara de extracción instalada.....	36
Figura 15: Trazado de disposiciones de agujeros en sistema .....	36
Figura 16: Uso de motortool para perforar .....	37
Figura 17: Orificios realizados de tapa de incubadora .....	37
Figura 18: Plancha protectora de sistema electrónico .....	38
Figura 19: Ubicación del sensor de humedad utilizado .....	39
Figura 20: Gráfico variación de la humedad relativa con respecto al tiempo de secado .....	40
Figura 21: Comparación entre temperatura y humedad relativa .....	41

### Índice de tablas

Tabla 1: Alternativas de diseño .....	17
Tabla 2: Selección de material para cámara de extracción .....	19
Tabla 3: Selección de aislamiento .....	19
Tabla 4: Criterios de selección para alternativas de diseño.....	20
Tabla 5: Matriz de comparación por pares .....	21
Tabla 6: Matriz de selección de alternativas de diseño .....	22
Tabla 7: Características de extractor instalado.....	27
Tabla 8: Materiales usados para la modificación mecánica del sistema .....	30
Tabla 9: Materiales usados para la modificación eléctrica del sistema.....	31
Tabla 10: Herramientas y consumibles para la modificación del sistema .....	31
Tabla 11: Datos obtenidos en la medición.....	39
Tabla 12: Costo de materiales .....	42
Tabla 13: Valores correspondientes al costo por mano de obra.....	43
Tabla 14: Costo correspondiente al diseño y simulación.....	43
Tabla 15: Costo total .....	44

## Índice de planos

Plano 1: Vista isométrica del equipo.....	50
Plano 2: Vista explotada del equipo.....	51
Plano 3: Dimensiones de cámara de extracción de humedad .....	52

# Capítulo 1

## **1.1 Introducción**

En la industria ecuatoriana es importante la aportación de soluciones innovadoras para que el mercado tenga cierta competitividad y sostenibilidad en la región. El Centro de Desarrollo Sustentable (CDTS) es la entidad de la ESPOL encargada de esta labor optimizando recursos y mejorando la eficiencia de sistemas que aportan con energías renovables.

En este contexto se propone la adaptación de una incubadora existente para que cumpla también con la función de secadora conservando su funcionamiento inicial y protegiendo sus componentes electrónicos para ambos procesos. La investigación científica y la enseñanza son fundamentales para la formación y desarrollo de futuros profesionales por lo tanto el desarrollo de este sistema desarrollará mejora de procesos tanto en el ámbito industrial como educativo. Esta iniciativa no está exenta de desafíos ya que se requiere un control preciso de datos para la reproducción de experimentos.

## **1.2 Descripción del Problema**

El CDTS busca soluciones novedosas para mejorar los procesos en el ámbito de la industria. En este contexto, se enfrentan a la necesidad de optimizar recursos y maximizar la eficiencia en la producción, considerando las limitaciones actuales en cuanto a espacio, energía y presupuesto disponible.

Una de las áreas de interés es la adaptación de una incubadora existente para cumplir la función de secadora, una tarea que se presenta como una solución innovadora y versátil



para la industria. Sin embargo, este proyecto plantea desafíos importantes, especialmente en lo que respecta a mantener el funcionamiento óptimo del prototipo y proteger los componentes electrónicos del sistema.

La importancia de la eficiencia y precisión en la investigación científica y la enseñanza dentro del laboratorio radica en la calidad de los resultados obtenidos y la formación de los estudiantes. La falta de equipos adecuados que puedan proporcionar un control preciso durante el proceso de secado e incubación puede resultar en datos inconsistentes y dificultades para reproducir experimentos.

Además, una enseñanza efectiva en el laboratorio requiere herramientas que permitan a los estudiantes experimentar de manera práctica y precisa, fomentando su comprensión de los conceptos científicos y sus habilidades técnicas.

### **1.3 Justificación del Problema**

En la búsqueda de Ecuador por mejorar su proceso tecnológico y diversificar su matriz productiva hacia fuentes renovables de energía, como la bioenergía derivada de biomasa, se destaca la importancia de contar con sistemas de incubación adaptados para la investigación en este campo.

Sin embargo, a pesar de la existencia de equipos enfocados en la industria alimentaria, la adquisición de incubadoras adecuadas para la investigación en bioenergía se ve obstaculizada por las limitaciones en el diseño y construcción de dispositivos especializados para esta función específica.

Esta iniciativa también se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7), que promueve el acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna. Al diseñar y adaptar una incubadora estándar para que cumpla la función de secadora, se fomenta la investigación y el desarrollo de tecnologías avanzadas en el campo de las energías renovables. Este enfoque facilita la investigación en bioenergía, permitiendo el desarrollo de soluciones innovadoras para el aprovechamiento de biomasa, una fuente de energía limpia y renovable.

Además, esta iniciativa también se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS4), que promueve una educación de calidad. Al diseñar y adaptar una incubadora estándar para que cumpla la función de secadora, se fomenta el uso de tecnología avanzada en actividades dentro de laboratorios de pregrado, postgrado y el sector de investigación. Esto enriquecerá la formación de estudiantes y profesionales, brindándoles acceso a equipos modernos y relevantes para sus estudios y proyectos de investigación.

Además, el aprovechamiento de recursos mediante la reutilización y adaptación de equipos preexistentes promueve la optimización de recursos y reduce la dependencia de importaciones costosas y complejas. Esta solución es versátil y puede utilizarse en varios laboratorios, incluyendo los de alimentos, biología, bioquímica, entre otros. De esta manera, se maximiza el impacto y la utilidad del equipo adaptado.

El potencial y la escalabilidad de esta iniciativa son significativos. No solo se llenará un vacío en el mercado nacional de equipos especializados para la investigación, sino que también se creará una solución eficiente para el tratamiento y procesamiento de biomasa. A medida que la demanda por tecnologías sostenibles y eficientes crece, la

implementación de estas incubadoras secadoras podría extenderse a nivel regional y nacional, beneficiando a una amplia gama de instituciones educativas y centros de investigación.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Rediseñar un prototipo que cumpla con la doble funcionalidad de secadora e incubadora, logrando un mayor control para las muestras biológicas y procesos de secado. Conllevando a la mejora de eficiencia y precisión en el proceso de la investigación científica y enseñanza dentro del laboratorio.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Validar el diseño existente para la selección de mejores alternativas de circulación de aire y transferencia de calor, utilizando programas computacionales.
2. Diseñar un sistema de circulación de aire uniforme que permita una distribución homogénea del calor en la incubadora modificada, asegurando condiciones óptimas tanto para la incubación como para el proceso de secado de muestras biológicas.
3. Revisar los resultados simulados con los obtenidos de manera experimental para la determinación del comportamiento del prototipo de doble funcionalidad.

## **1.5 Marco teórico**

### **1.5.1 Incubadoras**

Las incubadoras son sistemas característicos por otorgar condiciones controladas de temperatura y humedad a muestras biológicas que requieran de un determinado valor para ser estudiadas o procesadas. El tipo de incubadora presentada en este documento es utilizado principalmente en laboratorios para investigación e instituciones académicas relacionadas con la medicina, biología e ingeniería.

Un ejemplo específico que se puede presentar es el uso de una incubadora bacteriológica que ayuda a la conservación de vacunas manteniendo un medio propicio para el cultivo de organismos y está puede presentarse en dos tipos (MEDRANO, MOLINA, & ROMERO, 1994):

- Una incubadora con una chaqueta de agua que rodea a la cámara, esta agua es calentada con gas o electricidad mientras que la temperatura y humedad son controladas.
- Una incubadora tipo anhídrico es calentada por medio de electricidad y resistencias que cubren a la cámara o transfiere calor por medio de convección forzada.

### **1.5.2 Secadoras**

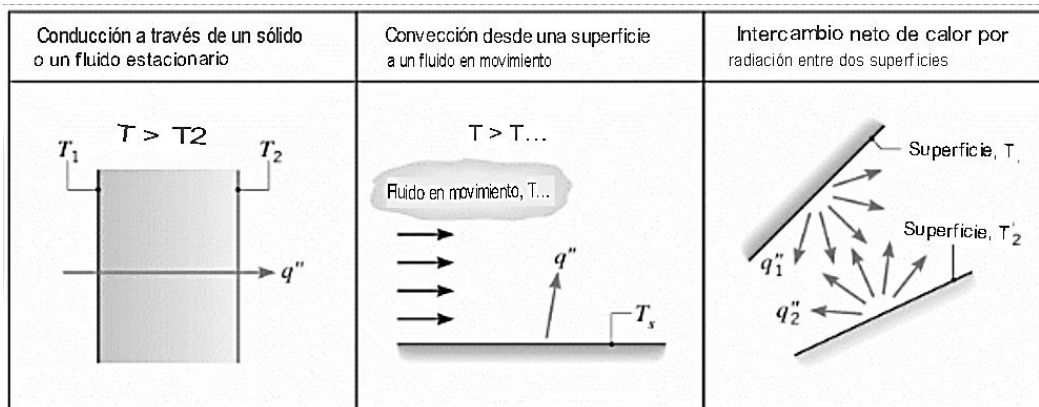
El secado se refiere al proceso de eliminación de humedad para producir un producto sólido. Cuando un sólido es sometido al secado térmico ocurren dos procesos simultáneos y correlacionados (Taylor & Francis Group, LLC, 2006).

La transferencia de calor del ambiente al sólido puede ocurrir dentro del secador tanto por convección, como por conducción o radiación.

- El proceso de conducción es visto como la transferencia de energía de un punto con mayor temperatura a otro con menor debido a la interacción directa entre partículas como átomos o moléculas.
- La convección aparece cuando existe un movimiento de un fluido, que representa grandes cantidades de moléculas, interactuando con un gradiente de temperatura generando así una transferencia de calor.
- La radiación es generada por toda materia que está a una temperatura distinta de cero y puede atribuirse a fenómenos electromagnéticos relacionados con partículas fundamentales. Este proceso no requiere de un medio material para llevarse a cabo (INCROPERA & P. DEWITT, 2011).

Todos estos fenómenos de transferencia de calor son representados esquemáticamente en la Figura 1 mostrando las condiciones que caracterizan a cada caso junto con sus variables.

Figura 1 *Tipos de mecanismos para transferencia de calor* (INCROPERA & P. DEWITT, 2011)



### **1.5.3 Presencia de equipos existentes**

En Ecuador, aunque actualmente no hay evidencia de instituciones que posean equipos que combinen las funciones de incubadora y secadora, sí existe un mercado emergente que ofrece estos dispositivos avanzados. Estos equipos son cruciales para optimizar procesos en sectores como la biotecnología, la agricultura y la avicultura. Por ejemplo, empresas en Ecuador han comenzado a importar y distribuir equipos con doble función de secado e incubación, lo que demuestra una creciente disponibilidad de tecnología avanzada en el país.

Esta disponibilidad ofrece una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la investigación y producción agrícola del país. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías presenta desafíos, incluyendo costos elevados y la necesidad de capacitación técnica adecuada. Aun así, la integración de estas soluciones tecnológicas puede impulsar la innovación y competitividad de las industrias ecuatorianas, destacando la importancia de fomentar el desarrollo y acceso a equipos avanzados dentro del país.

### **1.5.4 Tipos de secadoras**

Existen varios tipos de secadoras las cuales se dividen en grande grupo, secadora por convección, secadora por conducción y secadora por radiación. (Mujumdar, 2000)

### **1.5.5 Componentes y estructura general de una secadora por convección forzada**

La cámara de secado es el lugar físico donde se ubica el material de secado y generalmente debe ser construida con material resistente al calor debido a la corrosión. Un material común para esta zona es el material inoxidable.

La ventilación es importante ya que esto genera la convección forzada, la ventilación debe garantizar una distribución uniforme del calor por lo que su ubicación debe ser estratégica.

La fuente de calor se encarga de elevar la temperatura del aire que circula dentro de la cámara de secado, esta fuente puede ser eléctrico, a gas o mediante vapor siendo estos último el más utilizado en la industria ecuatoriana.

La entrada de aire debe poseer un sistema de filtro que eviten el ingreso de material particulado no deseado además de tener la capacidad de regular el flujo de aire.

Para un proceso más automatizado es esencial el uso de una lógica de control que incluya sensores como termostatos, de temperatura, humedad entre otros que aporten a la calidad del proceso de secado y así tener un mayor control en la transferencia de calor.

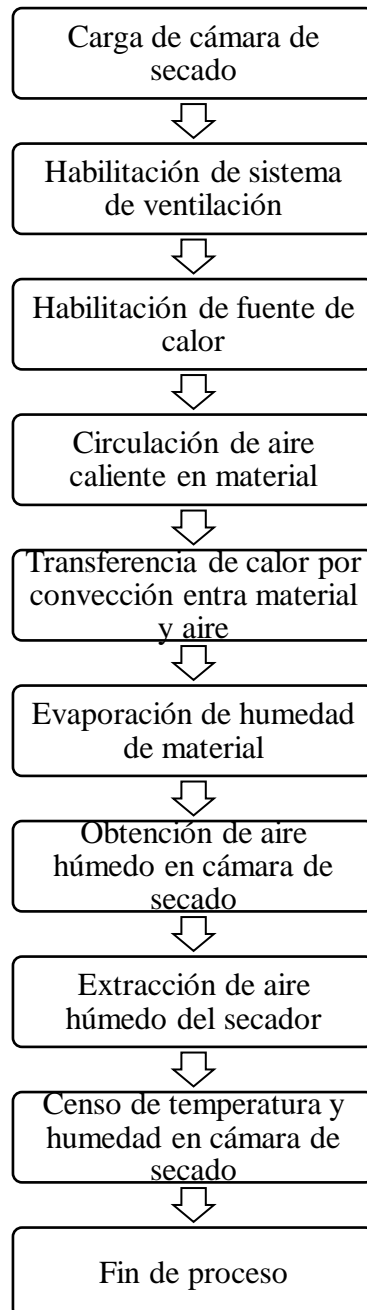
La salida de aire debe estar en una posición estratégica con el fin de que se pueda extraer el aire húmedo de la cámara, una posición frecuentemente usada es en la parte superior o al extremo de la cámara para garantizar que el aire caliente esté de manera uniforme sobre el material a secar. Así mismo es importante el tamaño de la salida de aire húmedo pues un tamaño reducido puede ocasionar una acumulación de humedad y un tamaño excesivo puede afectar la eficiencia del proceso.

### 1.5.6 Funcionamiento de una secadora por convección forzada

Para el sistema con convección forzada se puede representar el proceso con los siguientes pasos básicos, mismo que se muestran en la Figura 2 como un diagrama de flujo de proceso.

**Figura 2**

*Diagrama de funcionamiento de una secadora por convección forzada*





El inicio de secado mediante convección forzada se da con la introducción del material en la cámara de secado, seguido por la activación del sistema de ventilación y la fuente de calor con el fin de inducir el flujo de aire caliente a través del material. En este proceso, la humedad del material se evapora según el aire circula, y para mantener un ambiente de seco, el aire húmedo se extrae de la secadora.

La temperatura y humedad en la cámara de secado son censados en un sistema de control, lo que facilita una adaptación precisa a las exigencias específicas del material. Al finalizar el tiempo de secado, el material seco es retirado de la cámara, y se desactiva la ventilación y la fuente de calor.

### **1.5.7 Importancia en la industria ecuatoriana**

Las secadoras tienen un valioso papel en sectores como la agricultura y la alimentación por lo que la capacidad de secar productos puede dar un índice de la efectividad de la industria para aportar alimentos de larga conservación para su almacenamiento.

Dentro de la industria ecuatoriana los productos secos ocupan unos de los principales lugares en los productos agrícolas como el cacao, el maíz y el café. La Figura 3 muestra algunos de los productos ecuatorianos con mayor participación en el mercado mostrando algunos productos obtenidos a base de secado.

**Figura 3**

*Participación de productos en la industria ecuatoriana (Pino, Constante, & Muñoz, 2022)*

Producto	Superficie Plantada (ha)	% de participación
Cacao (Almendra Seca)	590.579	25%
Maíz Duro Seco (Grano Seco)	365.725	16%
Arroz (En Cáscara)	315.023	13%
Palma Africana (Fruta Fresca)	256.854	11%
Banano (Fruta Fresca)	165.080	7%
Plátano (Fruta Fresca)	145.501	6%
Caña De Azúcar / Azúcar (Tallo Fresco)	142.010	6%
Maiz Suave Seco (Grano Seco)	58.513	2%
Café (Grano Oro)	34.789	1%
Papa	25.924	1%
<b>Total</b>	<b>2.099.996</b>	<b>89%</b>

Además del secado de productos agrícolas también en Ecuador se producen productos alimenticios procesados para el consumo de la población como cereales, productos deshidratados y snacks que gracias a estar ligada al número poblacional tiene una demanda creciente en el mercado tanto nacional como internacional.

El secado al ser uno de los principales procesos para la obtención de estos productos es esencial que maneje estándares de calidad y seguridad alimentaria por lo que es importante una mejora continua de estos procesos, así como la investigación

## **Capítulo 2**

## **2. Metodología.**

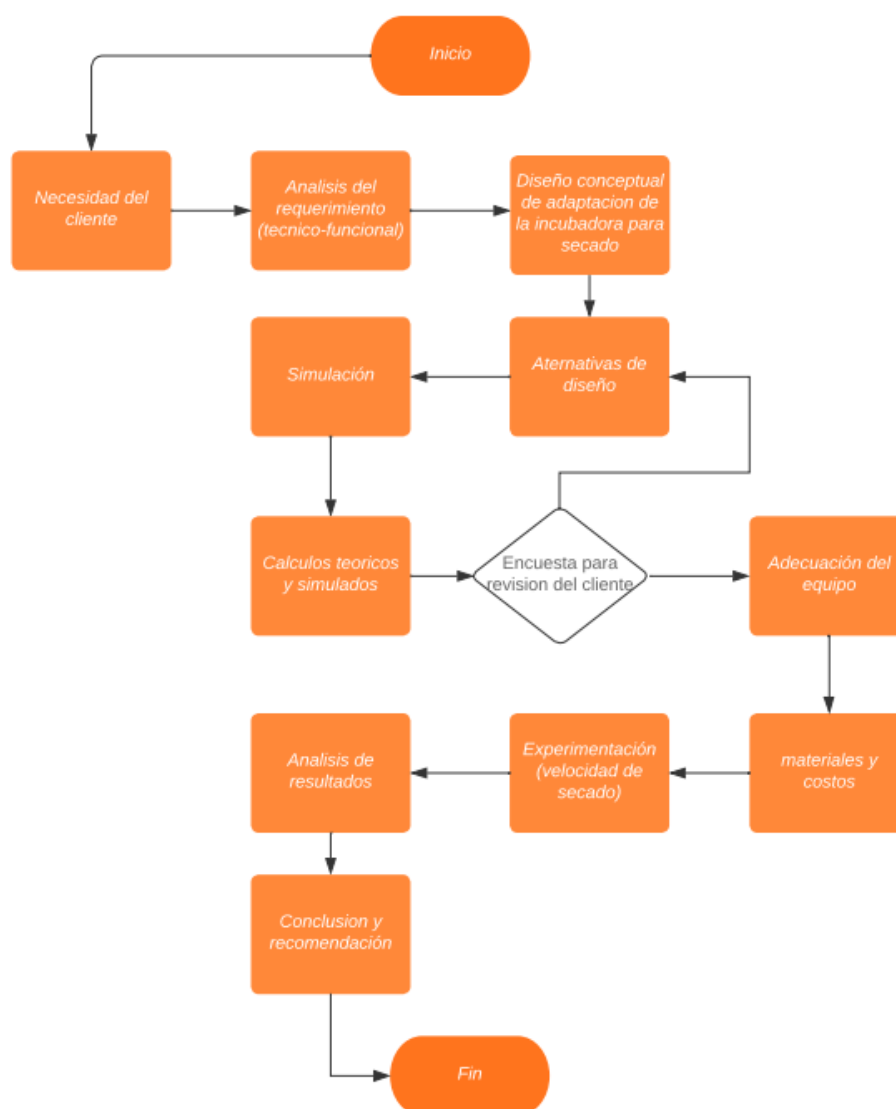
En el presente capítulo se describe la metodología usada para la modificación de una incubadora para que cumpla la función de secado. El proceso es presentado en el diagrama presente en la figura 4 en donde se presenta el proceso requerido para la obtención del sistema solicitado, este diagrama incluye un proceso iterativo hasta obtener una solución simulada acorde con los requerimientos del sistema para finalmente pasar a una fase constructiva en donde se realiza la modificación del equipo junto con sus respectivos entregables.

## 2.1 Metodología del diseño

Se determinó una metodología para la obtención de un sistema que cumpla la función de secadora e incubadora que pueda ser usado en el ámbito de investigación y educativo para diferentes muestras. La Figura 4 presenta un diagrama de flujo con dicho proceso.

**Figura 4**

*Diagrama de flujo de metodología*



## 2.2 Requerimientos de diseño

Se consideran las especificaciones requeridas por el cliente:

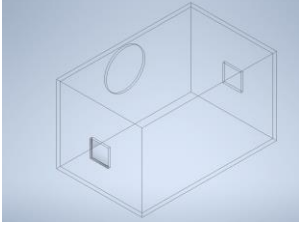
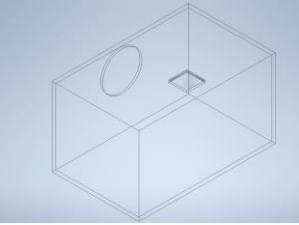
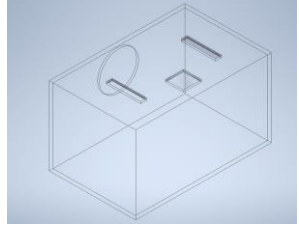
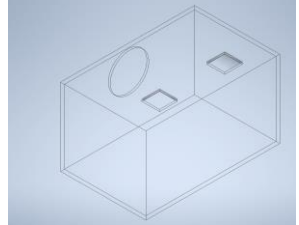
- La distribución de la temperatura debe ser uniforme a lo largo de la cámara de secado.
- El sistema debe tener fácil acceso al interior para mantenimiento y limpieza.
- Se debe modificar la cámara de incubado lo menos posible para no afectar esta función.
- Para el proceso de secado las componentes electrónicas deben estar protegidas para evitar daños por humedad.
- En el secado el movimiento de la bandeja de muestra debe ser nulo, es decir no debe haber agitación en las muestras.
- Características de ventilador al ingreso del aire similares a la del extractor de aire.
- Menor costo posible asociado a la modificación.
- Se debe garantizar que el aislamiento térmico no se vea afectado por la humedad del proceso de secado.

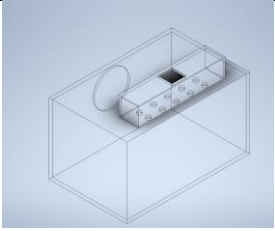
### 2.3 Alternativas de diseño

En la siguiente tabla se muestran las alternativas de diseño propuestas junto a una breve descripción, estas plantean varias configuraciones recomendadas por el tutor para análisis de distribución de temperatura y flujo de aire. Por lo que en la tabla 1 se presentan cinco alternativas del diseño analizadas junto al cliente.

**Tabla 1**

*Alternativas de diseño*

No.	Imagen	Descripción
1		Posee una entrada de aire trasera y dos salidas de aire laterales.
2		Posee una entrada de aire trasera y una salida de aire superior.
3		Posee una entrada de aire trasera, dos rendijas de aire superior y una salida superior.
4		Posee una entrada de aire trasera y dos salidas de aire superiores.

5		Posee una entrada de aire trasera y una cámara extractora de superior
---	---	---

### 2.3.1 Selección de materiales y equipos

El sitio de operación de la incubadora será un laboratorio, por lo tanto, es crucial mantener un ambiente de asepsia. Los criterios para seleccionar el material de la estructura son: asepsia, costo, durabilidad y facilidad de manufactura.

**Durabilidad:** Se busca maximizar la vida útil de la incubadora, haciéndola resistente a factores externos como caídas y golpes. Este criterio tiene un peso de 0.4.

**Costo:** Se evaluarán los precios del mercado, otorgando una calificación de 10 al material más económico y de 1 al más costoso. Este criterio tiene una ponderación de 0.2.

**Asepsia:** El material debe ser altamente resistente a la corrosión, dado que se trabajará en un laboratorio biológico. La ponderación para este criterio es de 0.3.

**Manufactura:** El material seleccionado debe facilitar el proceso de fabricación de la estructura. Este criterio tiene una ponderación de 0.1.

Las alternativas consideradas son: acero inoxidable, acero galvanizado y acero negro.

Bajo estos criterios se muestra la tabla 2 de selección del material para la cámara de extracción



**Tabla 2***Selección de material para cámara de extracción*

Variables	Durabilidad		Asepsia		Costo		Manufactura		Total
Factor de ponderación	0.40		0.20		0.30		0.10		1
Acero galvanizado	7	2.8	6	1.2	6	1.8	6	0.6	6.4
Acero negro	5	2	6	1.2	7	2.1	6	0.6	5.9

**2.3.2 Material Aislante**

La selección del aislante térmico se considera principalmente en su conductividad térmica, su habilidad para absorber humedad y la protección contra el fuego. Por lo que en base a estos criterios en la tabla 5 se muestra la selección de aislamiento.

**Tabla 3***Selección de aislamiento*

Característica	Lana de vidrio	Silicona Sikasil®-670 Fire
Conductividad térmica	0.035 W/mk	0.4 W/mk
Absorción de humedad	alta	baja
Protección al fuego	No	Si

**2.4 Criterios para selección de la mejor alternativa**

Para proceder a la modificación del sistema para que funcione como secadora es necesario definir criterios que ayuden a seleccionar la mejor alternativa de diseño para

la etapa constructiva. Para esto se realiza una comparación por pares de criterio para obtener el peso de ponderación que se usará en la matriz de selección de alternativas cuyos valores de calificación serán entre 1 y 3 en donde 1 es la menor puntuación y el 3 la mayor posible. En la tabla 4 se muestra a detalle los criterios de selección para la alternativa definitiva del diseño.

**Tabla 4**

*Criterios de selección para alternativas de diseño*

<b>Criterios de selección</b>	<b>Descripción</b>
<b>Transferencia de calor</b>	Una buena tasa de transferencia de calor permite un proceso de secado más rápido y eficiente.
<b>Costo</b>	Se busca que el costo de los materiales usados en el proyecto no sea elevado optimizando recursos.
<b>Complejidad</b>	El prototipo debe tener un sistema simple para reducir tiempo y recursos al cambiar entre funciones de secado e incubación.
<b>Movilidad</b>	El sistema de incubación presenta un grado de libertad importante para la agitación de muestras biológicas, algo que en el secado no es indispensable.
<b>Adaptabilidad</b>	Capacidad de ajustarse al momento de usarse para una función u otra.
<b>Mantenimiento</b>	Se busca que el sistema sea de fácil acceso y mantenimiento para reducir la probabilidad de daños y prolongar su vida útil.
<b>Eficiencia</b>	La eficiencia permite utilizar la menor cantidad de energía eléctrica para cumplir con los requerimientos de secado o incubado de la muestra.
<b>Disponibilidad</b>	Se requiere que los materiales a usar estén disponibles en el mercado ecuatoriano por lo que los materiales serán considerados en base a este criterio.

### 2.4.1 Matriz de selección de alternativa de diseño

En la tabla 5 se muestra el proceso de comparación por pares para obtener la ponderación de cada variable de selección y determinar el peso. Mientras que en la tabla 6 se usa este peso para ponderación y obtención de la mejor solución que se adapte a nuestros requerimiento.

**Tabla 5**

*Matriz de comparación por pares*

<b>MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES</b>										
<b>Criterios de selección</b>	<b>Transferencia de calor</b>	<b>Costo</b>	<b>Complejidad</b>	<b>Movilidad</b>	<b>Adaptabilidad</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Calificación</b>	<b>Peso</b>
<b>Transferencia de calor</b>	-	2	2	1	0	0	0	0	5	0,09
<b>Costo</b>	0	-	2	0	0	0	1	0	3	0,05
<b>Complejidad</b>	2	0	-	0	0	0	0	0	2	0,03
<b>Movilidad</b>	1	2	2	-	0	0	0	1	6	0,10
<b>Adaptabilidad</b>	2	2	2	2	-	1	1	2	12	0,21
<b>Mantenimiento</b>	2	2	2	2	1	-	2	2	13	0,22
<b>Eficiencia</b>	2	1	2	2	1	0	-	1	9	0,16
<b>Disponibilidad</b>	2	2	2	1	0	0	1	-	8	0,14
<b>TOTAL</b>									<b>58</b>	<b>1</b>

**Tabla 6***Matriz de selección de alternativas de diseño*

Criterios y ponderaciones		Transferencia de calor	Costo	Complejidad	Movilidad	Adaptabilidad	Mantenimiento	Eficiencia	Disponibilidad	Total
		0,09	0,05	0,03	0,10	0,21	0,22	0,16	0,14	1
Alternativa# 1	Ponderación	1	1	2	2	1	1	1	2	1,27
	Resultado	0,09	0,05	0,06	0,2	0,21	0,22	0,16	0,28	
Alternativa# 2	Ponderación	2	3	3	3	2	3	2	2	2,4
	Resultado	0,18	0,15	0,09	0,3	0,42	0,66	0,32	0,28	
Alternativa# 3	Ponderación	2	2	1	3	2	2	3	2	2,23
	Resultado	0,18	0,1	0,03	0,3	0,42	0,44	0,48	0,28	
Alternativa# 4	Ponderación	2	1	2	3	2	1	2	2	1,83
	Resultado	0,18	0,05	0,06	0,3	0,42	0,22	0,32	0,28	
Alternativa# 5	Ponderación	3	2	2	3	3	2	3	2	2,56
	Resultado	0,27	0,1	0,06	0,3	0,63	0,44	0,48	0,28	

Con estas herramientas se determinó que la adaptabilidad y el mantenimiento son los criterios más importantes de selección en donde la alternativa #5 es la mayor puntuada por lo que se presenta el diseño como una cámara de extracción.

## 2.5 Análisis Energético y tiempo de secado estimado

Consumo adicional por la implementación del ventilador:

Potencia del ventilador: 15 W

Tiempo de operación: 1 hora

$$E_n = P \times t \quad (1)$$

- $E_n$  es la energía consumida en watt-hora (Wh).
- $P$  es la potencia en watts (W).
- $t$  es el tiempo en horas (h).

$$E_n = 15W \times 1h$$

$$E_n = 15Wh = 0.015kWh$$

Cálculo de tiempo estimado de secado:

- Cantidad de agua: 0.03 kg
- Temperatura de entrada del aire: 50 °C
- Velocidad del aire: 0.8 m/s
- Humedad inicial: 39%
- Humedad final: 18%

$$\Delta W = 0.03 \text{ kg} \times (0.39 - 0.15)$$

$$\Delta W = 0.03 \text{ kg} \times 0.24$$

$$\Delta W = 0.0072 \text{ kg}$$

Cantidad de agua a evaporar ( $\Delta W$ )

Si consideras una tasa de evaporación (E) de  $0.003 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

Área efectiva de evaporación (A): Asumimos el área de  $0.01 \text{ m}^2$

Tiempo de secado aproximado

$$t = \frac{\Delta W}{E \times A} \quad (2)$$

$$t = \frac{0.0072 \text{ kg}}{0.003 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times 0.01 \text{ m}^2}$$

$$t = 2400 \text{ s}$$

$$t \approx 40 \text{ minutos}$$

## **Capítulo 3**

### **3. Resultados y análisis**

En esta sección se presenta el prototipo desarrollado y las pruebas de operación realizadas. Se comparan los datos obtenidos de las pruebas en el equipo, enfocándonos en la función de secado, con los resultados de la simulación, asegurando que no se vea afectada su función primaria de incubadora.

Además, se incluirá un análisis de los costos asociados con el desarrollo de este proyecto, detallando los gastos en mano de obra y materiales. Este análisis tiene como objetivo proporcionar una evaluación del presupuesto necesario para la construcción del prototipo, con miras a su potencial implementación comercial en el futuro.

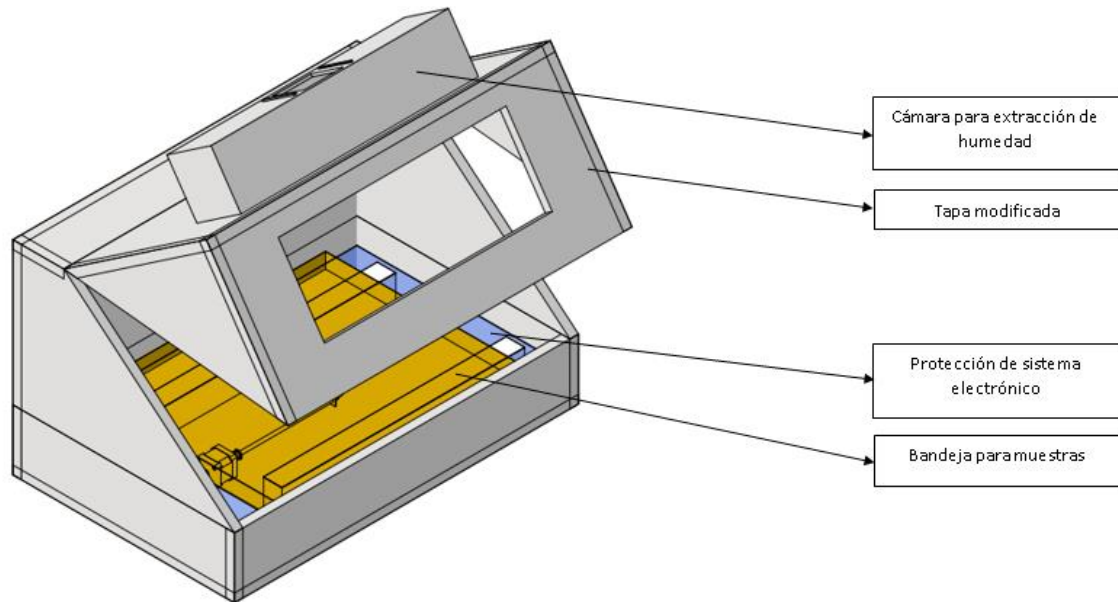
#### **3.1 Modelo final**

Se seleccionó una alternativa de diseño que permite la dualidad funcional de la incubadora y secadora sin comprometer su rendimiento. Esta elección se basó en un análisis detallado de diversas opciones, evaluando factores como transferencia de calor, costo, complejidad, movilidad, adaptabilidad, mantenimiento, eficiencia y disponibilidad. El diseño final permite que el equipo cumpla con ambos propósitos de manera efectiva, optimizando los recursos y ofreciendo una solución innovadora y práctica para el mercado. En la figura 5 se muestra el modelo final seleccionado para la modificación de la secadora con sus partes.



**Figura 5**

*Partes principales del sistema modificado*



Este sistema se basa en la adición de una cámara adicional que cumpla con la función de extraer la humedad presente dentro de la cámara principal, esto se logra con la instalación de un extractor de aire con características similares al ventilador instalado para suministrar fluido caliente, la tabla 7 se presenta las características del extractor instalado.

**Tabla 7**

*Características de extractor instalado*

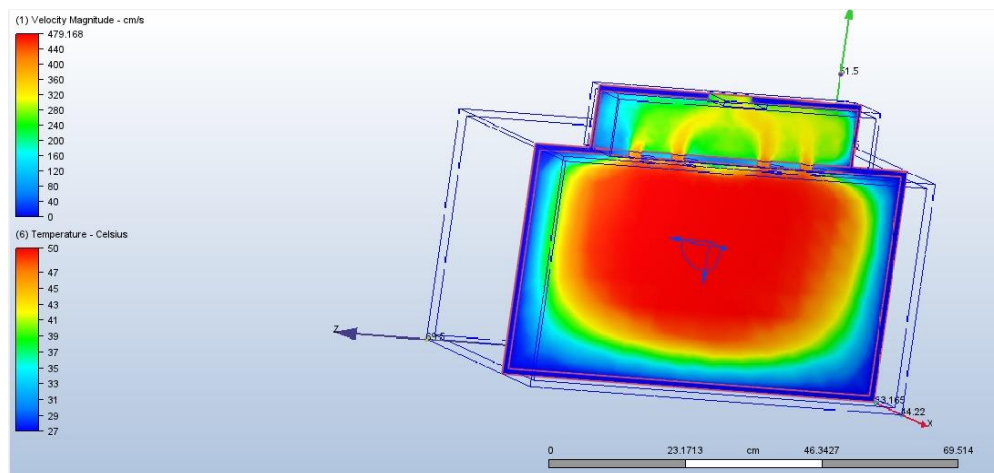
Marca	Modelo	Tamaño	Potencia	Frecuencia	Velocidad
STEREN	VN4-117M	4"	15 W	50/60 Hz	2600/3000 RPM

### 3.2 Simulación del prototipo

La simulación muestra una detallada distribución de la temperatura dentro de la incubadora, donde los colores indican el rango de temperaturas en diferentes partes del equipo. Se observa en la figura 6 que la mayor parte del volumen interno mantiene una temperatura elevada, entre 40°C y 50°C, destacándose por los tonos rojo y amarillo en esta área. Este patrón sugiere una eficiente transferencia de calor dentro de la incubadora, esencial para su función principal, que requiere mantener condiciones térmicas estables y uniformes.

**Figura 6**

*Distribución de temperatura dentro de la cámara principal y de extracción*



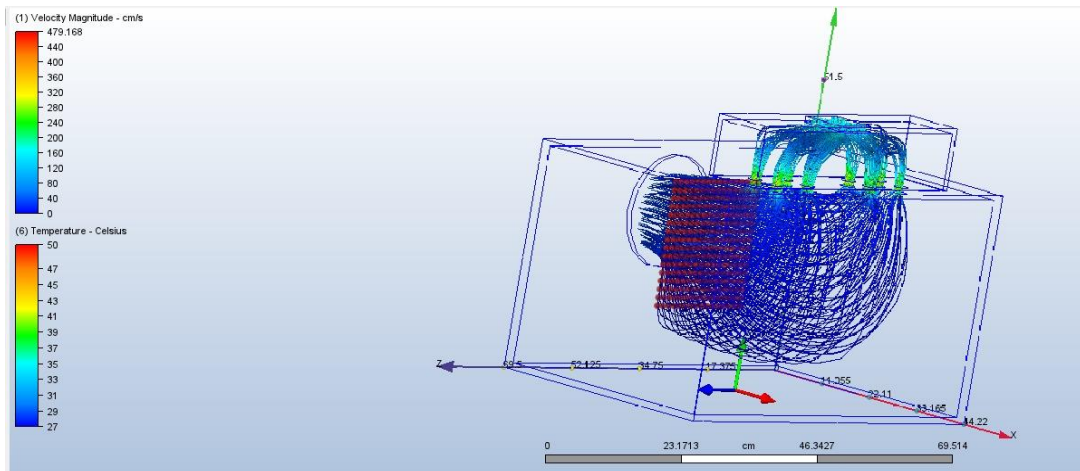
El gradiente de temperatura es claramente visible, con la zona central presentando las temperaturas más altas y las áreas periféricas mostrando temperaturas más bajas, representadas en azul y verde. Este gradiente es crucial para garantizar que la incubación se realice de manera homogénea.

La simulación del flujo de aire que se muestra en la figura 7 dentro de la incubado presenta una distribución detallada de la magnitud de la velocidad del aire, expresada en

cm/s. Los colores en la escala, que van del azul (velocidades más bajas) al rojo (velocidades más altas), permiten identificar las diferentes zonas de circulación del aire.

### Figura 7

#### *Líneas de flujo dentro de la cámara principal y de extracción*



En general, se observa que el flujo de aire dentro de la incubadora es semi uniforme. Las velocidades más altas, representadas en rojo y amarillo, se concentran en la parte superior y central del volumen simulado. Esta región de alta velocidad corresponde a la salida de aire caliente y donde el aire se acelera debido a la geometría del diseño.

La mayor parte del volumen interno de la incubadora muestra velocidades de flujo de aire más bajas, indicadas en azul y verde, lo que sugiere un movimiento de aire más lento y estable en estas áreas, aproximadamente de 80 cm/s. El patrón de flujo es crucial para mantener una distribución de temperatura uniforme y evitar zonas frías que podrían afectar negativamente el proceso de incubación. Según Taylor y Francis, una velocidad de aire típica de flujo para incubadoras es de 50 a 200 cm/s. Esto asegura un balance entre la transferencia de calor y la eliminación de humedad sin causar daño al producto. Por lo que la velocidad obtenida está en el rango correspondiente

En la parte superior de la figura 7, se observa un flujo de aire significativo que se mueve en un patrón de circulación, lo cual indica que el aire caliente se distribuye hacia la parte superior antes de recircular hacia abajo. Esta circulación es esencial para mantener una temperatura homogénea en todo el interior de la incubadora.

### 3.3 Materiales y equipos

En esta sección se detallan los materiales utilizados para modificación de la incubadora y que funcione como secadora para garantizar la efectividad y durabilidad del diseño. La selección adecuada de materiales asegura que el equipo pueda operar bajo las condiciones de temperatura y humedad específicas requeridas para ambas funciones.

Los materiales seleccionados deben cumplir con resistencia al calor, durabilidad y eficiencia.

Se utilizaron sellos de silicona de alta temperatura para garantizar un aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor, mejorando así la eficiencia energética del sistema.

La tabla 8 y 9 muestran los materiales usados para este trabajo.

**Tabla 8**

*Materiales usados para la modificación mecánica del sistema*

Descripción	Cantidad
Plancha galvanizada 1220x2440x4mm	1
Ventilador STEREN VN4-117M	1
Cinta selladora impermeable de poliuretano	1
Remaches	20
Masilla plástica con catalizador de 1 litro	1
Pernos con tuercas galvanizados 5/32"x2"	4

Espray de pintura anticorrosiva	1
Silicona selladora de alta resistencia al calor	1

**Tabla 9**

*Materiales usados para la modificación eléctrica del sistema*

Descripción	Cantidad
Switch ON/OFF VOLTECK	1
Metros de termo-encogible para cables	3
Enchufe Blanco De 2P 15A Bticino	1
Metros de cable eléctrico flexible 2 polos	3

Además, para la modificación de este equipo se hizo el uso de herramientas y consumibles asociados a la construcción de la cámara de extracción y la modificación de la incubadora, estos elementos se los presenta en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Herramientas y consumibles para la modificación del sistema*

Descripción	Cantidad
Escuadra y regla metálica	1
Amoladora DeWalt pequeña	1
Disco de corte 4 ½"	3
Pares de guantes de nitrilo	6
Protección facial para cortes	2
Dobladora de planchas metálicas	1
Lima mediacaña	1

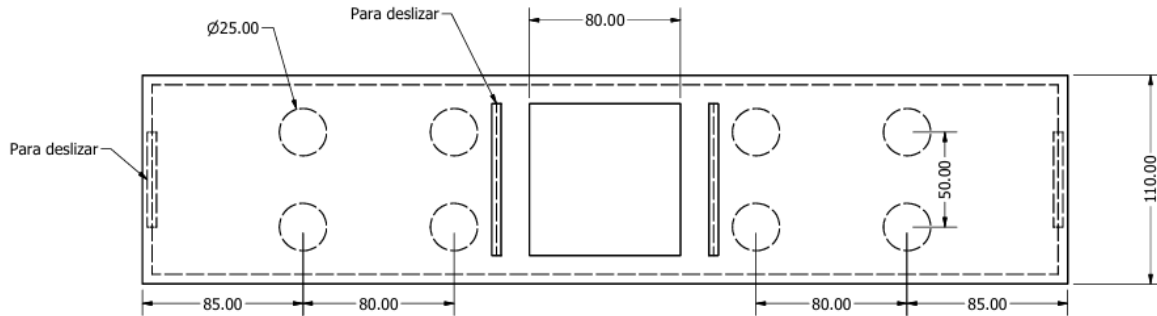
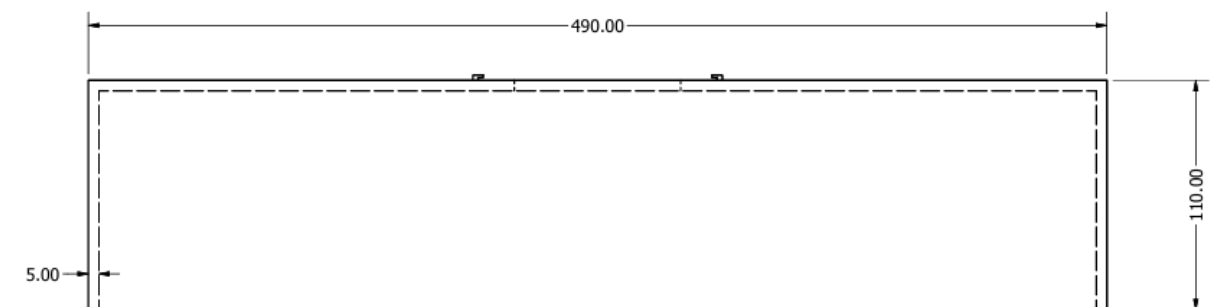
Espátula metálica	1
Motortool DeWalt	1
Taladro eléctrico manual	1
Kit de sierras copas para taladro	1
Papel de lija 35	4
Papel de lija 80	4

Para adaptar la incubadora para que también funcione como secadora, es esencial seguir un conjunto de pasos bien definidos que aseguren la eficiencia y funcionalidad del equipo. El paso más importante consiste en realizar un análisis detallado de la estructura existente de la incubadora para identificar las modificaciones necesarias. A continuación, se detalla los pasos que se siguieron para la modificación del equipo.

### **3.3.1 Fabricación de cámara de extracción de humedad.**

Para la modificación primero se construyó una cámara adicional que funcionaría para la instalación del extractor de aire húmedo.

En las figuras 8 y 9 se presentan las vistas superior y lateral de la cámara de extracción de humedad.

**Figura 8***Vista superior de cámara de extracción***Figura 9***Vista lateral de cámara de extracción*

A continuación, se presentan los pasos desarrollados para la adaptación del extractor en el equipo.

1. Se plasmaron las medidas sobre la plancha galvanizada con ayuda de tizas, escuadra y regla metálica, también se consideraron agregar pestañas adicionales a las medidas con el fin de facilitar el ensamble con remaches y la dobladora. La figura 10 muestra el uso de estos elementos para la obtención de estas piezas de acuerdo con los planos.

**Figura 10**

*Obtención de medidas acorde a planos*



2. Se procedió con los cortes de la plancha utilizando una amoladora para obtener las planchas cortadas a las medidas tal y como se muestra en la figura 11.

**Figura 11**

*Corte de piezas trazadas a medida*



3. Con el uso de una dobladora de planchas metálicas se realizaron las pestañas y se verificó que las piezas encajen de una manera que el armado sea fácil de hacer, la figura 12 muestra el encaje de las piezas y finalmente con la figura 13 se tiene el cuerpo de la cámara de extracción con ayuda de algunos puntos de soldadura.



**Figura 12**

*Piezas acopladas luego del proceso de doblado*



4. Cámara de extracción armada (ver figura 13)

**Figura 13**

*Cámara de extracción armada*



5. Se procedió a mejorar la superficie y sellar posible fuga entre piezas aplicando masilla plástica
6. Finalmente se procede a realizar el agujero para instalar el extractor y colocación de la tapa de la cámara principal para lograr formar un solo sistema. En la figura 14 se muestra el prototipo final.

**Figura 14**

*Cámara de extracción instalada*



### 3.3.2 Modificación de cámara principal de sistema

1. Para el sistema inicial fue necesario realizar orificios de 1" sobre la tapa de la incubadora siguiendo la disposición simulada presentada antes en la figura 8. Por lo que se trazó el área a perforar utilizando tizas y reglas metálicas tal y como se muestra en la siguiente figura 15.

**Figura 15**

*Trazado de disposiciones de agujeros en sistema*



2. Para la perforación se ha utilizado un motortool (ver figura 16 y 17)

**Figura 16**

*Uso de motortool para perforar*

**Figura 17**

*Orificios realizados de tapa de incubadora*



3. Además de la mecanización de los orificios se insertó una plancha dentro de la cámara principal para la protección del mecanismo electrónico, esta configuración se la presenta en la figura 18.

**Figura 18**

*Plancha protectora de sistema electrónico*



### **3.4 Análisis de funcionalidad**

Para evaluar la funcionalidad de la incubadora adaptada, se realizó una prueba experimental utilizando un recipiente con agua, el cual fue colocado dentro del equipo para simular condiciones de operación realistas. Durante esta prueba, se monitorizaron de manera continua las variaciones en la temperatura y la humedad relativa en el interior de la incubadora. Estas mediciones fueron fundamentales para determinar la capacidad del equipo modificado para mantener un ambiente controlado, necesario tanto para la incubación como para la función de secado

El sensor de humedad y temperatura se colocó en la salida del ventilador colocado en el canal de extracción para poder medir el cambio en la humedad relativa según el tiempo y temperatura como se muestra en la figura 19.

### Figura 19

*ubicación del sensor de humedad utilizado*



Una vez realizada la prueba durante un periodo de 1 hora, se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 11.

**Tabla 11**

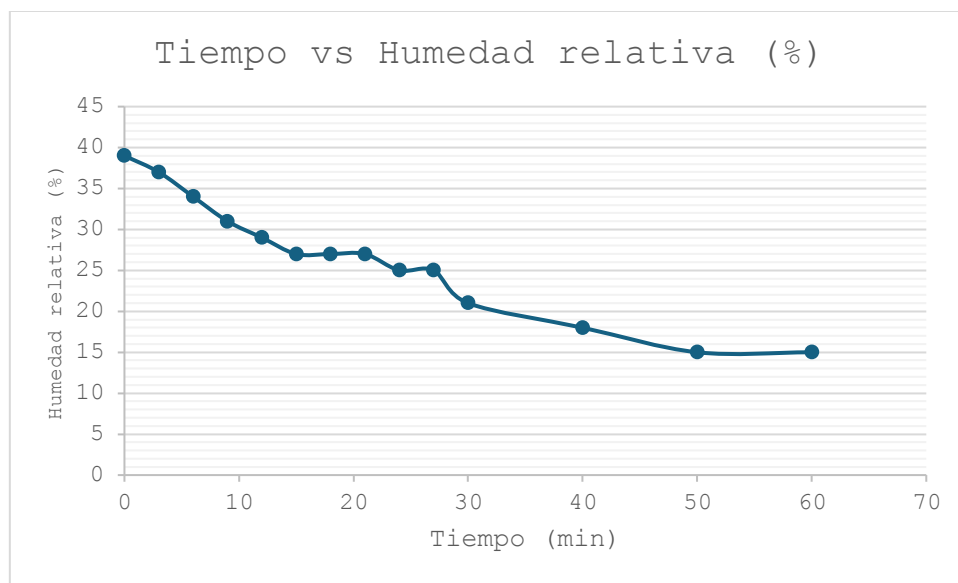
*Datos obtenidos en la medición*

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
0	28	39
3	35	37
6	41	34
9	45	31
12	47	29
15	48	27
18	51	27
21	52	27
24	52	25
27	53	25
30	53	21
40	53	18
50	53	15
60	53	15

Una vez obtenido los datos se procedió a realizar las relaciones entre los parámetros medidos para poder analizar el comportamiento del equipo con la muestra colocada, la figura 20 muestra la relación entre tiempo y humedad.

### Figura 20

*Gráfico variación de la humedad relativa con respecto al tiempo de secado*

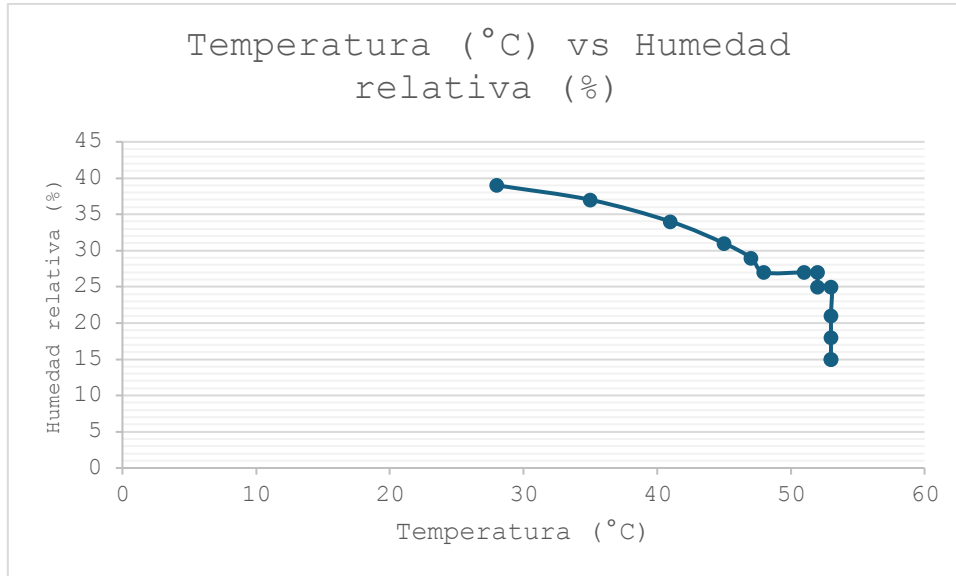


A lo largo del tiempo, se observa una disminución constante de la humedad relativa. Inicialmente, la caída es más pronunciada, pasando del 40% al 25% en los primeros 20 minutos. A medida que el tiempo avanza, la tasa de reducción de humedad se desacelera, especialmente entre los 20 y 35 minutos, indicando que el agua restante está más adherida al material y es más difícil de eliminar. En la etapa final, entre los 35 y 60 minutos, la humedad relativa desciende lentamente y se estabiliza cerca del 15%, lo que sugiere que el material ha alcanzado un punto de equilibrio con el ambiente.

También es importante ver la relación que hay entre la temperatura del aire con la humedad relativa, claramente podemos notar una variación en la humedad relativa como se muestra en la figura 21

**Figura 21**

*Comparación entre temperatura y humedad relativa*



A medida que la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye, lo cual es consistente con el comportamiento esperado en procesos de secado, donde un incremento en la temperatura acelera la evaporación del agua del material.

Inicialmente, cuando la temperatura se encuentra entre 20 °C y 40 °C, la reducción de la humedad es gradual, pasando de aproximadamente 40% a 30%. Este comportamiento sugiere que en esta etapa se elimina principalmente el agua superficial o más fácilmente evaporada de la muestra. Sin embargo, al superar los 40 °C, se observa una caída más pronunciada en la humedad relativa, especialmente entre 45 °C y 50 °C, donde la humedad desciende abruptamente por debajo del 20%.

Finalmente, después de los 50 °C, la humedad relativa se estabiliza cerca del 15%, lo que sugiere que la mayoría del agua disponible ha sido eliminada y que continuar incrementando la temperatura podría resultar en menores rendimientos en la reducción de humedad. En conjunto, el gráfico sugiere que el proceso de secado es más eficiente a temperaturas superiores a 45 °C, donde se logra una mayor reducción de humedad en un corto rango de temperaturas.

### 3.5 Costos

Este análisis de costos permite identificar y prever todos los gastos asociados, desde la adquisición de materiales hasta la implementación y pruebas del equipo. Al comprender los costos involucrados, es posible optimizar el presupuesto, evitar gastos innecesarios y asegurar que el proyecto se mantenga financieramente viable. Además, un análisis detallado de costos proporciona una base sólida para evaluar la rentabilidad de la modificación.

En la siguiente tabla 11 se detallan los costos relacionados a los materiales usados para este proyecto. En contraste a la tabla 12 que expone los valores por mano de obra.

**Tabla 12**

*Costo de materiales*

Costo de materiales				
Cantidad	Unidades	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Parte Mecánica</b>				
0,20	m2	Plancha galvanizada 1220x2440x4mm	130	26
1,00	und.	Ventilador STEREN VN4-117M	18	18
1,00	und.	Cinta selladora impermeable de poliuretano	5	5
20,00	und.	Remaches	0,04	0,8
1,00	litro	Masilla plástica con catalizador	7	7
4,00	und.	Pernos con tuercas galvanizados 5/32"x2"	0,1	0,4
1,00	unid.	Espray de pintura anticorrosiva	5	5
1,00	unid.	Silicona selladora de alta resistencia al calor	5	5
<b>Parte Eléctrica</b>				
1,00	unid.	Switch ON/OFF VOLTECK	1,5	1,5
3,00	m	termo-encogible para cables	0,5	1,5
1,00	unid.	Enchufe Blanco De 2P 15A Bticino	2	2
3,00	m	cable eléctrico flexible 2 polos	1	3
<b>Gastos indirectos (herramientas y consumibles)</b>				
3,00	unid.	Disco de corte 4 1/2"	1,6	4,8
2,00	pares	Guantes de nitrilo	5	10



2,00	unid.	Protección facial para cortes	5	10
1,00	unid.	Espátula metálica	1,5	1,5
2,00	unid.	Lija 35	0,63	1,26
2,00	unid.	Lija 80	0,54	1,08
<b>TOTAL</b>				<b>103,84</b>

Las siguientes tablas 13 y 14 muestran los costos por la parte de mano de obra y diseño en donde se consideró el proceso de laminado, soldadura, corte e ingeniería juntos a las horas requeridas para esta modificación.

**Tabla 13**

*Valores correspondientes al costo por mano de obra*

<b>Costo por mano de obra</b>			
Actividad	Tiempo (horas)	Costo/hora (USD)	Costo total (USD)
Doblado	1,00	10,00	10,00
Corte	2,00	15,00	30,00
Soldadura	0,50	10,00	5,00
<b>TOTAL</b>			<b>45,00</b>

**Tabla 14**

*Costo correspondiente al diseño y simulación*

Actividad	Tiempo (horas)	Costo/hora (USD)	Costo total (USD)
Diseño del sistema y simulación	6,00	30,00	180,00

Por lo tanto, en la tabla 15 se presenta el costo total de la modificación.

**Tabla 15**

*Costo total*

Parte de diseño	Costo (USD)
Eléctrico	8,00
Mecánico	67,20
Herramientas y consumibles	28,64
Mano de obra	225,00
Total	328,84

El análisis realizado muestra que el costo total del proyecto asciende a \$328.84, desglosado en costos de doblado, corte, soldadura, diseño del sistema, materiales eléctricos y mecánicos, así como herramientas y consumibles. Al comparar este valor con sistemas comerciales similares, cuyo precio en el mercado puede alcanzar hasta \$1500, es evidente que el desarrollo de este proyecto resulta significativamente más económico.

Esto demuestra que la implementación de un sistema propio no solo es viable desde el punto de vista técnico, sino también financieramente ventajoso, ofreciendo una reducción de costos cercana al 80%. De esta manera, se valida la propuesta de desarrollar soluciones internas como una alternativa competitiva frente a productos comerciales, con un impacto positivo en la rentabilidad y eficiencia de la organización.

## **Capítulo 4**

## 4.1 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1.1 Conclusiones

- La creación de un prototipo que integra las funciones de secadora e incubadora ha logrado un control más preciso sobre los procesos de secado e incubación de muestras biológicas. Este rediseño no solo mejora la eficiencia en el laboratorio, sino que también se adapta a las necesidades específicas de la universidad, estableciendo un estándar más alto en la calidad del manejo de muestras.
- Se utilizaron programas computacionales para simular y evaluar diferentes configuraciones de circulación de aire y transferencia de calor. Esta validación ha permitido seleccionar soluciones más eficientes, garantizando que el diseño final maximice el rendimiento del prototipo.
- El desarrollo de un sistema que asegura una distribución homogénea del calor ha demostrado ser efectivo para mantener condiciones óptimas durante la incubación y el secado de muestras. Esto ha mejorado la calidad de los resultados experimentales y la fiabilidad de los procesos en el laboratorio.
- La comparación entre los resultados simulados y los datos experimentales ha sido crucial para determinar el comportamiento del prototipo. Este análisis ha confirmado la efectividad del diseño y ha proporcionado información valiosa para posibles mejoras futuras.
- Además de cumplir con los objetivos planteados, el proyecto ha tenido un impacto positivo en la economía circular. La conversión de la incubadora en secadora ha optimizado el uso de recursos, reducido el desperdicio de equipo y liberado espacio físico en los laboratorios. Este enfoque sostenible no solo beneficia a la universidad, sino que también promueve prácticas responsables en el manejo de recursos.

#### 4.1.2 Recomendaciones

- Se sugiere explorar la adaptación de otros equipos de laboratorio que puedan beneficiarse de una funcionalidad dual o multifuncional, maximizando el uso de recursos existentes y promoviendo la sostenibilidad
- Para prolongar la vida útil del equipo modificado, se debería diseñar un plan de mantenimiento preventivo que asegure su operatividad continua y evite fallos en los componentes críticos.
- Es aconsejable establecer un sistema de monitoreo para evaluar el desempeño del equipo modificado a largo plazo, permitiendo ajustes y mejoras continuas según sea necesario.

## Referencias

### 1. REFERENCIAS

Sheldon Manufacturing Inc. (2007). *Water jacketed CO2 incubators with microprocessor control*. [VWR 2300 Water Jacketed CO2 Incubator Manual - Marshall Scientific.pdf](#)

Incropera, F. y Dewitt, D. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & sons (6th edition).

Medrano, R., Molina, J., y Romero, J. (1994). *Diseño y construcción de una incubadora bacteriológica*. [Tesis de grado Universidad Don Bosco] UDB [Diseño y construcción de una incubadora bacteriológica. \(udb.edu.sv\)](#)

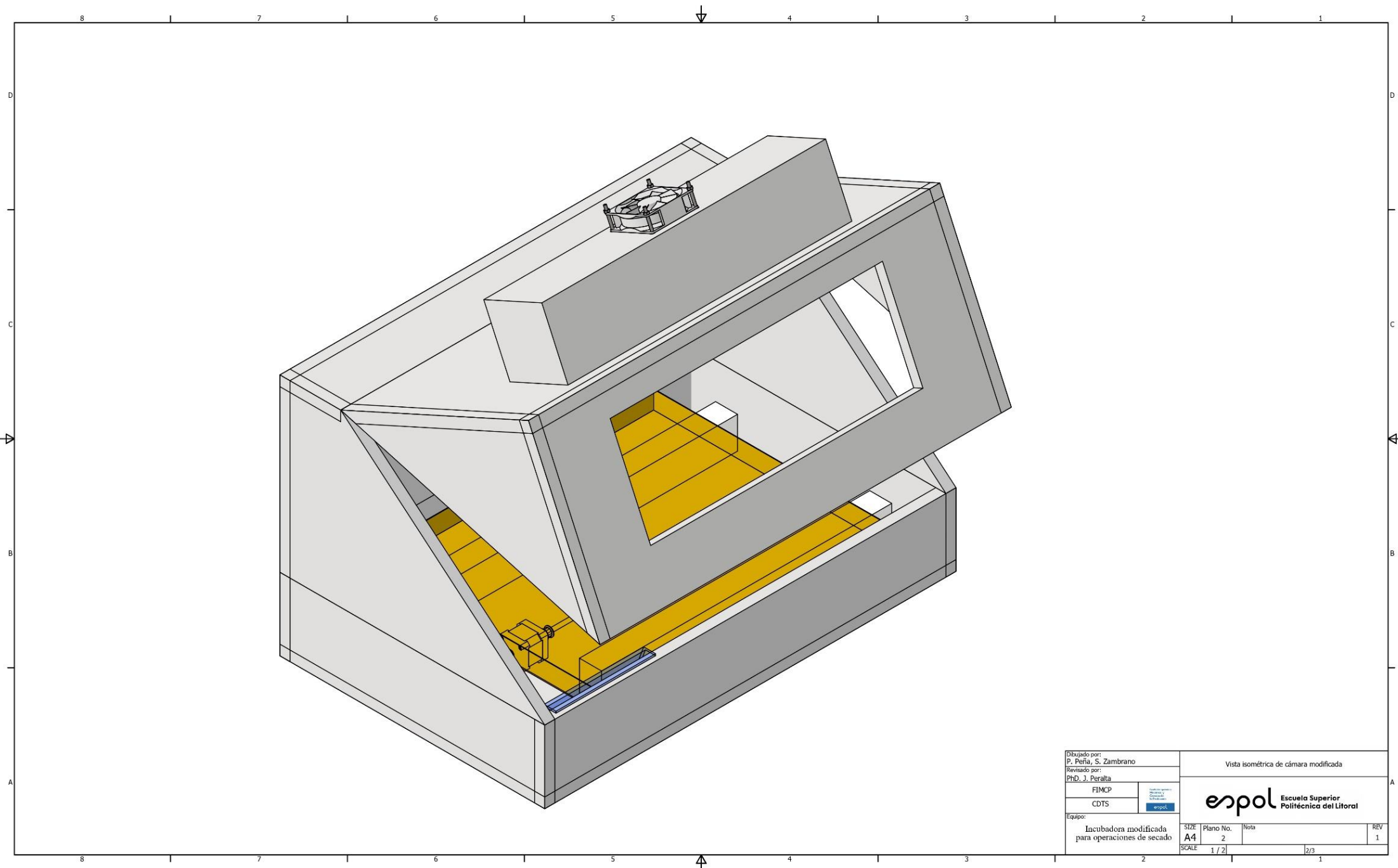
Mujumdar, A. y Devahastin, S.. (2008). in Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying: Principles, Equipment and New Developments. [https://www.researchgate.net/publication/288233229 in Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying Principles Equipment and New Development s](https://www.researchgate.net/publication/288233229_in_Mujumdar's_Practical_Guide_to_Industrial_Drying_Principles_Equipment_and_New_Development_s)

Ministerio de agricultura y ganadería (2022). *Plan estratégico institucional*. Ministerio de agricultura y ganadería. [agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/07/PEI-MAG-2021-2025-22\\_04\\_2022-signed-signed-1\\_compressed.pdf](#)

Mujumdar, A.S. (Ed.). (2006). *Handbook of Industrial Drying* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420017618>

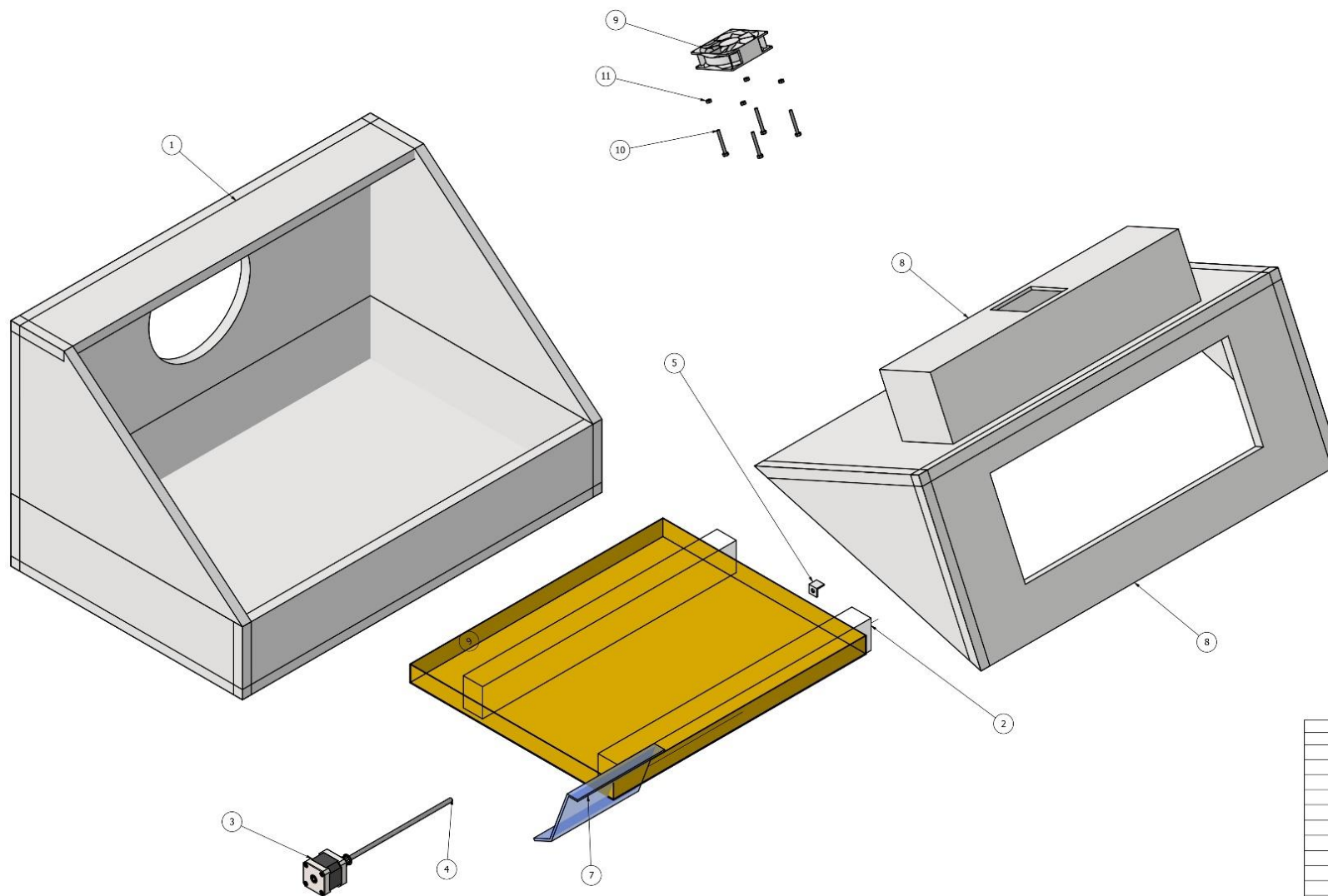
# **Apéndice A**

## **Planos realizados**



Dibujado por: P. Peña, S. Zambrano		Vista isométrica de cámara modificada			
Revisado por: PhD. J. Peralta					
FIMCP	CDTS				
Equipo: Incubadora modificada para operaciones de secado		SIZE A4	Plano No. 2	Nota	REV 1
		SCALE 1 / 2			2/3





LISTADO DE PIEZAS		
ID	Cantidad	Nombre de pieza
1	1	Cámara principal
2	2	Bases para rieles
3	1	Motor
4	1	Varilla ACME
5	1	Base para bandeja en varilla ACME
6	1	Bandeja
7	1	Cubierta de componentes electrónicos
8	1	Tapa de equipo
9	1	Extractor de humedad
10	4	Perno 5/32"x2"
11	4	Tuerca 5/32"

Dibujado por:  
P. Peña, S. Zambrano

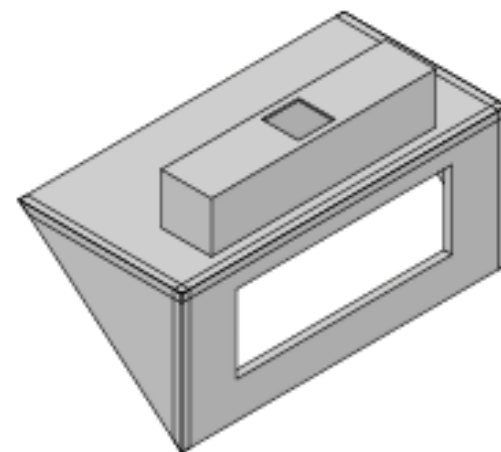
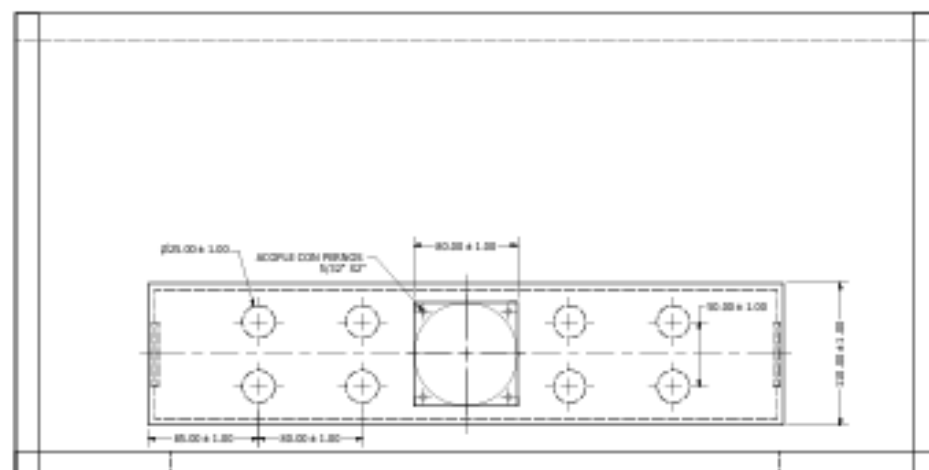
Revisado por:  
PnD. J. Peralta

Equipo:  
Incubadora modificada para operaciones de secado

Vista explotada de cámara modificada

espol Escuela Superior Politécnica del Litoral

SIZE A4	Plano No. 3	Nota	REV 1
SCALE 1 / 3			3/3



Diseño por: E. Peña, S. Zambona		Clase de extracción	
Diseño por: IND. J. Perilla		 <b>espol</b> Escuela Superior Politécnica del Litoral	
FEOP			
CDTS		Fecha: _____ Escala: _____	
Descripción: Bandeja modificada para operaciones de lavado		Hoja: <b>A4</b> Total: 1/2	Total: 1