

Diseño, estandarización y puesta en marcha de una cámara húmeda

Duván José Valenzuela Ardila

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Automatización Industrial

Director

Omar Leonardo Peña Galvis

Maestría en Ingenierías

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Automatización Industrial

2026

Contenido

Introducción.....	9
1. Diseño, estandarización y puesta en marcha de una cámara húmeda.....	11
2. Alcance.....	11
3. Justificación.....	11
4. Objetivos.....	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.1.1 Objetivos específicos.....	12
5. Marco conceptual.....	13
5.1 Cámara Húmeda.....	13
5.2 Control Ambiental.....	13
5.3 Temperatura y Humedad Relativa.....	14
5.4 Condensación.....	14
5.5 Automatización y Sistemas de Control.....	14
6. Marco teórico.....	15
6.1 Método.....	16
7. Resultados.....	17
7.1 Definiciones técnicas.....	17
7.2 Desarrollo de los objetivos.....	17
7.2.1 Diseño de estantería.....	18
7.2.2 Control de ambiente de la cámara húmeda.....	20
7.2.3 Herramienta para el cálculo del área y los equipos de control de ambiente.....	25
8. Conclusiones.....	30

ESTANDARIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE CAMARA HÚMEDA	3
Referencias.....	32

Lista tablas

Tabla 1. <i>Definiciones técnicas de los estantes</i>	18
Tabla 2. <i>Parámetros de funcionamiento de las cámaras húmedas</i>	21
Tabla 3. <i>Horarios de trabajo de la cámara húmeda en 24 horas</i>	21
Tabla 4. <i>Análisis de los deltas de temperatura</i>	23
Tabla 5. <i>Equipos necesarios en el control de ambiente de la cámara húmeda</i>	23
Tabla 6. <i>Parámetros de diseño</i>	24
Tabla 7. <i>Cálculo de equipos</i>	24

Lista de figuras

Figura 1. <i>Estante modelo 1</i>	19
Figura 2. <i>Estante modelo 2</i>	19
Figura 3. <i>Estante modelo 3</i>	20
Figura 4. <i>Imagen de los extractores instalados y el sistema de control existente</i>	22
Figura 5. <i>Muestreo de las temperaturas de la cámara húmeda con la última modificación</i>	23
Figura 6. <i>Desarrollo realizado en Excel</i>	25
Figura 7. <i>Base de datos</i>	26
Figura 8. <i>Ventana de inicio</i>	26
Figura 9. <i>Ventana secundaria, equipos y requerimientos calculados</i>	27
Figura 10. <i>Base de datos digitada</i>	28
Figura 11. <i>Dimensiones y organización de la estantería</i>	28
Figura 12. <i>Ubicación de extractores</i>	29
Figura 13. <i>Instalación de rejillas de ventilación</i>	30

Resumen

Este documento presenta las definiciones técnicas y especificaciones para el diseño e implementación de cámaras húmedas en la compañía, utilizadas para el monitoreo de *Botrytis* sp. y otros hongos en flores [1]. El proyecto, desarrollado por las áreas de ingeniería y sanidad vegetal, establece los requisitos de infraestructura considerando el tipo y cantidad de muestras por variedad de flor, así como el número y tipo de estantes, capacidad de ventilación, potencia de calefacción y dimensiones del área [2]. El objetivo principal es garantizar un ambiente controlado con rangos definidos de temperatura y humedad relativa, adaptado a las necesidades específicas de cada finca [3]. Los objetivos específicos incluyen determinar la cantidad de muestras semanales, definir la disposición y características de los estantes, establecer el área óptima de la cámara y calcular la capacidad de ventilación y calefacción necesaria para mantener las condiciones óptimas [4].

Palabras clave: hongos, flores, cámara, análisis, control, desarrollo, humedad, temperatura

Abstract

This document outlines the technical definitions and specifications for the design and implementation of humid chambers within the company, intended for monitoring *Botrytis* sp. and other fungi in flowers. Developed jointly by the engineering and plant health departments, the project defines the infrastructure requirements by considering the type and quantity of samples per flower variety, as well as the number and type of racks, ventilation capacity, heating power, and chamber dimensions. The primary objective is to ensure a controlled environment with defined temperature and relative humidity ranges, tailored to the specific needs of each farm. The specific objectives include determining the number of weekly samples, defining the layout and characteristics of the racks, establishing the optimal chamber area, and calculating the required ventilation and heating capacity to maintain optimal conditions.

Keywords: fungi, flowers, camera, analysis, control, development, humidity, temperature

Glosario

Botrytis sp.: género de hongos fitopatógenos que provoca enfermedades como el moho gris, afectando flores y cultivos hortícolas. Se desarrolla principalmente en condiciones de alta humedad relativa (superior al 90 %) y temperaturas entre 15 °C y 20 °C [5].

Cámara húmeda: recinto controlado diseñado para mantener niveles específicos de temperatura y humedad relativa, utilizado para la incubación de muestras biológicas o la evaluación fitosanitaria. En aplicaciones agrícolas, permite simular condiciones que favorecen el desarrollo de patógenos para su monitoreo y análisis [6].

Control ambiental: conjunto de procedimientos y tecnologías empleadas para regular y mantener parámetros físicos como temperatura, humedad y ventilación dentro de un espacio cerrado [7].

Delta de temperatura y humedad relativa: diferencia mínima y máxima aceptable entre el valor objetivo y el valor real medido de temperatura y humedad relativa en un espacio controlado, con el fin de asegurar estabilidad ambiental [7].

Estantes: elementos estructurales destinados a soportar y organizar muestras dentro de la cámara húmeda, cuyo diseño debe optimizar la circulación de aire y la uniformidad de condiciones ambientales [8].

Humedad relativa: relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la cantidad máxima que este puede contener a una temperatura dada, expresada en porcentaje [9].

Potencia de calefacción: capacidad nominal de un sistema térmico, expresada en vatios (W), para elevar y mantener la temperatura del aire en un recinto hasta alcanzar los valores requeridos por el proceso [10].

Sensores de temperatura y humedad: dispositivos electrónicos utilizados para medir y

monitorear las condiciones ambientales dentro de la cámara, esenciales para el control automatizado del sistema [11].

Sistema de control automático: conjunto de dispositivos y algoritmos que regulan de manera autónoma los parámetros operativos de un sistema, garantizando el cumplimiento de valores preestablecidos [12].

Ventilación: proceso de suministrar o extraer aire de un espacio mediante medios naturales o mecánicos, con el objetivo de mantener la calidad y las condiciones ambientales necesarias para el funcionamiento del sistema [7].

Volumen útil: (ISO 16484-1, 2010). capacidad interna de un recinto o equipo, medida en metros cúbicos (m^3), que puede ser efectivamente utilizada para alojar muestras u objetos sin comprometer la circulación de aire y el control ambiental [13].

Introducción

El siguiente documento tiene como finalidad dar a conocer las definiciones técnicas de las cámaras húmedas de la compañía “ELITE FLOWER SAS”, dando información clara y concisa de las especificaciones que deben tener en función de la cantidad de muestra por tipo de flor que requiera la finca, esto incluye la cantidad de equipos que se deben instalar para una correcta ventilación, la potencia (Watts) del calentador, cantidad y tipos de estantes que se necesiten para la ubicación de las muestras.

Esta información está basada en la investigación conjunta de las áreas de ingeniería y sanidad vegetal con el fin de realizar el monitoreo de *Botrytis* sp. Y otros hongos en cámara húmeda.

1. Diseño, estandarización y puesta en marcha de una cámara húmeda

2. Alcance

El proyecto abarca el modelado técnico y la definición de la infraestructura necesaria para la implementación de las cámaras húmedas. Este modelado se realizará considerando las necesidades específicas del cultivo y las variedades de flores presentes en la finca, garantizando un ambiente controlado que mantenga un delta definido de temperatura y humedad relativa. Se determinará la cantidad de muestras semanales a procesar, el número y tipo de estantes requeridos, y el área total de la cámara, asegurando el cumplimiento con los requisitos de muestreo de la finca. Además, se estimará la capacidad de ventilación y calefacción necesarias para mantener las condiciones óptimas en el volumen de la cámara húmeda, asegurando la funcionalidad y eficiencia del sistema diseñado.

3. Justificación

En la industria floricultora, el control preciso de variables ambientales es determinante para la detección temprana de patógenos como *Botrytis* sp. y otros hongos que comprometen la calidad del producto final [14]. Sin embargo, la ausencia de un diseño estandarizado para cámaras húmedas ocasiona variaciones en los resultados de análisis, reduciendo la eficacia de los programas de monitoreo sanitario [15].

Este proyecto aborda la necesidad de contar con un sistema técnicamente definido y optimizado para la operación de cámaras húmedas, integrando criterios de ingeniería y sanidad vegetal propios del control de ambiente en instalaciones agrícola[16]. Se considera el dimensionamiento del área, el número y tipo de estantes, la capacidad de ventilación, la potencia de calefacción y el delta de temperatura y humedad relativa, garantizando un ambiente

controlado y reproducible [15].

Desde el enfoque mecatrónico, la propuesta incorpora tecnologías de automatización y control mediante sensores, actuadores y sistemas de regulación que permiten mantener las condiciones operativas dentro de los rangos establecidos, optimizando el consumo energético y reduciendo la intervención manual [17]. De esta forma, el proyecto no solo asegura la confiabilidad de los procesos de evaluación fitosanitaria, sino que también incrementa la eficiencia operativa y fortalece la competitividad de la producción floral frente a mercados que demandan altos estándares de calidad [15].

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Compilar información para la definición técnica y de indumentaria de la cámara húmeda en función de la necesidad de la compañía manteniendo los parámetros establecidos por el área de ingeniería los cuales aseguran un ambiente controlado.

4.1.1 *Objetivos específicos*

Definir el número y los tipos de estantes en función de la cantidad de muestras desglosada por tipo de flor, cumplimiento con el muestreo que requiere el cultivo definido por el área de sanidad vegetal.

Establecer el área de la cámara húmeda en función del número y tipo de estante requeridos, cumpliendo con la necesidad de muestras de la finca.

Estimar el número de unidades de ventilación y la potencia de la calefacción para el

volumen de cámara húmeda requerido, manteniendo un delta mínimo de temperatura 6°C el cual ya está establecido desde el área de ingeniería en instigaciones anteriores.

Coordinar la instalación de los equipos con el equipo técnico de las fincas, garantizando el correcto funcionamiento de la cámara húmeda.

5. Marco conceptual

El siguiente espacio tiene como finalidad poner en contexto al lector sobre algunos conceptos fundamentales que se abordaron y se debieron entender para poder llevar a cabo las labores propuesta durante las pasantías.

5.1 Cámara Húmeda

Una cámara húmeda es un recinto cerrado diseñado para mantener condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, con el objetivo de simular ambientes específicos para la incubación o monitoreo de muestras biológicas o fitosanitarias. Estas cámaras permiten el desarrollo y evaluación de microorganismos bajo condiciones estables y reproducibles, lo cual es fundamental para estudios en agricultura y sanidad vegetal [6].

5.2 Control Ambiental

El control ambiental se refiere a la regulación y aseguramiento de parámetros físicos como temperatura, humedad y ventilación dentro de un espacio cerrado, para garantizar condiciones óptimas para procesos industriales, agrícolas o científicos [7]. En las cámaras húmedas, este control se realiza mediante sistemas automatizados que utilizan sensores y actuadores

para mantener las condiciones dentro de rangos establecidos [18].

5.3 Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura es una magnitud física que indica el grado de calor o frío de un sistema. La humedad relativa (HR) es la proporción del vapor de agua presente en el aire respecto a la cantidad máxima que puede contener a una temperatura dada, expresada en porcentaje [9]. Mantener un delta controlado de temperatura y humedad relativa es clave para evitar fenómenos no deseados como la condensación.

5.4 Condensación

La condensación es el proceso por el cual el vapor de agua en el aire se transforma en líquido al enfriarse, fenómeno que puede afectar la integridad de las muestras y la funcionalidad del equipo. Un ejemplo cotidiano es el empañamiento de gafas al pasar de un ambiente frío a uno cálido y húmedo [9]. En el diseño de cámaras húmedas, el control preciso de temperatura y humedad evita la formación de condensación no deseada.

5.5 Automatización y Sistemas de Control

La automatización consiste en el uso de sistemas tecnológicos para controlar procesos con mínima intervención humana, utilizando sensores, controladores y actuadores. En cámaras húmedas, sistemas de control automático regulan la temperatura, humedad y ventilación para mantener las condiciones óptimas de operación [12].

Ventilación y Potencia de Calefacción

La ventilación asegura la renovación y circulación del aire dentro del recinto para homogenizar las condiciones internas, mientras que la potencia de calefacción se refiere a la capacidad energética necesaria para mantener la temperatura deseada [7]. Ambos aspectos son críticos para el desempeño y eficiencia de la cámara húmeda.

6. Marco teórico

El siguiente espacio tiene como finalidad poner al lector en contexto de los fundamentos teóricos que se utilizaron para llevar a cabo los objetivos antes mencionados.

El control ambiental en cámaras húmedas implica mantener parámetros específicos de temperatura y humedad relativa, regulados dentro de un delta mínimo y máximo para asegurar condiciones estables [7]. En este proyecto, el delta mínimo establecido por el área de ingeniería de la compañía es de 6 °C con esto se garantiza un ambiente adecuado para el desarrollo y monitoreo de los hongos. Esto se logra mediante un sistema de control on / off el cual ya se encontraba instalado en la cámara húmeda existente a la fecha de iniciar las pasantías, este sistema ajusta las condiciones internas mediante actuadores como ventiladores y calefactores [12].

Un principio físico fundamental en estos ambientes es la condensación, que ocurre cuando el aire húmedo se enfría y el vapor de agua se transforma en gotas líquidas. Un ejemplo cotidiano de este fenómeno es cuando unas gafas se empañan al cambiar rápidamente de un ambiente frío a uno cálido y húmedo; el aire caliente y húmedo se enfría al contacto con las lentes frías, generando condensación [9]. En las cámaras húmedas, controlar la temperatura y humedad relativa es clave para evitar condensaciones no deseadas que puedan afectar el desarrollo de las muestras o dañar el equipo.

El dimensionamiento de la cámara, incluyendo el volumen útil y la disposición de estantes,

es fundamental para garantizar una distribución uniforme de aire y condiciones homogéneas para las muestras. Además, el cálculo adecuado de la potencia de calefacción y la capacidad de ventilación permite mantener los rangos óptimos de operación [10].

6.1 Método

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, se definió una metodología estructurada que permitió desarrollar y validar el diseño de las cámaras húmedas de manera eficiente y acorde a las necesidades de la empresa. El desarrollo contó con la colaboración directa del área de sanidad vegetal de la empresa, cuyos especialistas aportaron su experiencia en investigaciones anteriores para definir parámetros técnicos, como el diseño de los estantes las áreas de trabajo y validar las condiciones ambientales necesarias para el monitoreo fitosanitario. También se trabajó en conjunto con el ingeniero Javier Mauricio Aguirre cote, director de producto de la compañía el cual gracias a su experiencia en este proyecto aportó con todas las definiciones técnicas como parámetros de diseño para calefacción y ventilación, y las ecuaciones para el software desarrollado en Excel VBA para el cálculo rápido de los equipos requeridos en las cámaras. Se realizaron visitas a diferentes fincas de la compañía con el propósito de observar las cámaras húmedas existentes, analizar sus características, recopilar información.

La metodología adoptada fue de carácter iterativo, combinando la recopilación sistemática de información y la aplicación de pruebas prácticas. Inicialmente, mediante visitas a las fincas, se realizó un levantamiento de datos y observaciones sobre las configuraciones y funcionamiento de las cámaras húmedas existentes. En conjunto con el departamento de ingeniería y el departamento de sanidad vegetal se identificaron las características más adecuadas, tomando en cuenta la cantidad y tipo de muestras, así como las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de

Botrytis sp. y otros hongos.

Estas configuraciones seleccionadas fueron evaluadas mediante pruebas de funcionamiento cambio de ajustes de temperatura, y ventilación, siguiendo los parámetros técnicos definidos al inicio del proyecto por el departamento de ingeniería, el cual incluyendo un delta mínimo de temperatura de 6 °C.

7. Resultados

El siguiente espacio tiene como finalidad mostrar los resultados obtenidos durante estas pasantías los cuales corresponden a los objetivos planteados al principio de este documento.

7.1 Definiciones técnicas

Todas las definiciones técnicas encontradas a continuación corresponden a la recopilación de información que realice y socialice con los departamentos de ingeniería y sanidad vegetal los cuales fueron fundamentales en este proceso, aportando conocimientos adquiridos en investigación ya adelantadas en este proyecto.

7.2 Desarrollo de los objetivos

Para lograr estos objetivos se realizaron visitas a 4 fincas de la compañía las cuales ya cuentan con cámaras húmedas, en cada visita se encontraron estantes de diferentes tamaños, en los cuales se podían ubicar diferentes productos gracias a su estructura. Todos estos estantes se construyeron partiendo de la necesidad entregada por la finca, presentada en la cantidad de muestras desglosada por tipo de flor gracias a estas visitas y reuniones que se realizaron con el departamento de sanidad vegetal se definieron tres tipos de estantes y los productos que tendría cada uno, como resultado se obtuvo una tabla con estas definiciones y 3 modelos de estantes.

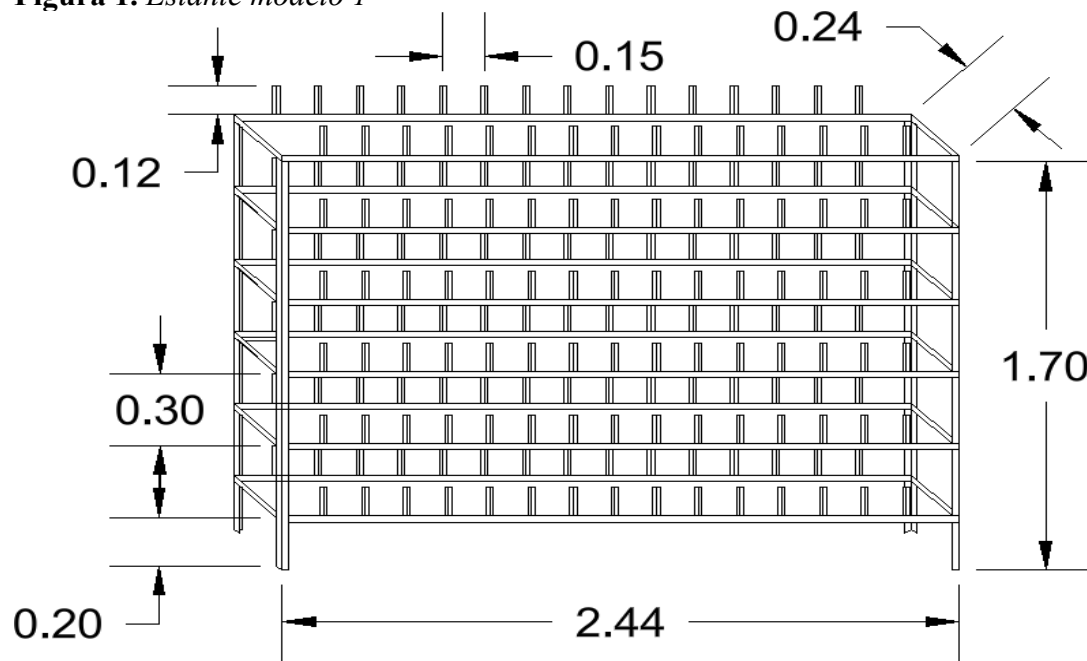
Tabla 1. *Definiciones técnicas de los estantes*

Estantes	Tipo de flor	Cantidad de muestras	Tamaño bolsa (largo × ancho, cm)	Factor de diseño estantes (E/m ²)	Longitud de tallo (cm)	Observaciones
MODELO 1	Rosa spray, mini clavel	180	60 × 30	3,4246	15	Cuenta con 6 niveles para ubicar las muestras; altura máxima de 2 m; ocupa un área de 0,5856 m ² por unidad.
	Rosa estándar, gerberas		30 × 20		10 a 15	
MODELO 2	Clavel spray, sunflower, stock, lirios, matricaria, dianthus, delphinium, hypericum, eucalyptus	88	60 × 30	4	45	Cuenta con 4 niveles para ubicar las muestras; altura máxima de 2 m; ocupa un área de 0,976 m ² por unidad.
MODELO 3	Atromelia	40	80 × 30	3	70	Cuenta con 2 niveles para ubicar las muestras; altura máxima de 1,6 m; ocupa un área de 0,8 m ² por unidad.

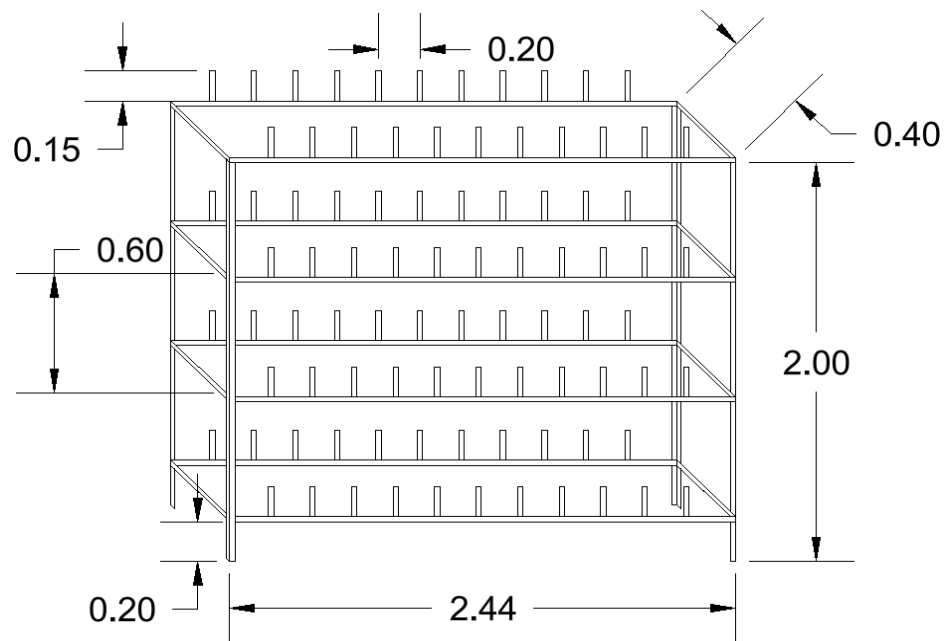
7.2.1 *Diseño de estantería*

Para el diseño de la estantería se tomó como base los datos recogidos en las visitas. Los materiales, los espacios entre muestras y la cantidad que debería tener cada estante. Están definidos por el área de sanidad vegetal.

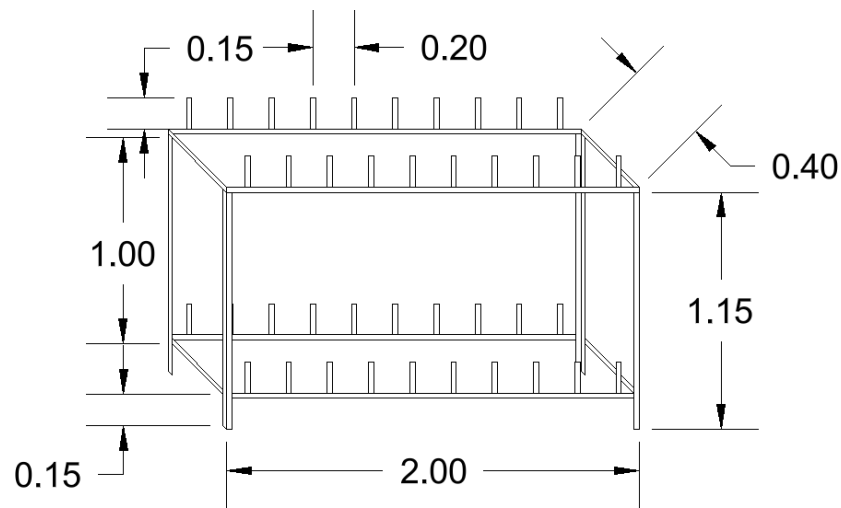
La estructura de los estantes está fabricada en ángulo de 1'' y tubería de PVC de ½'' para los tubos donde se podrán las muestras. el resto de la tubería se fabrica en tubo de 1''. Todas las medidas expuestas desde la figura 1 a la 10 están expresadas en metros. Todos estos modelos me fueron entregados por el departamento sanidad vegetal mi trabajo fue plasmarlos en un plano 2D, para poder integrar la información y que su replicación sea mucho más fácil.

Figura 1. *Estante modelo 1*

Nota. El estante modelo 1 cuenta con 6 niveles, en cada nivel se puede acomodar 30 tallos, para un total de 180.

Figura 2. *Estante modelo 2*

Nota. El estante modelo 2 cuenta con 4 niveles, en cada nivel se puede acomodar 22 tallos, para un total de 88. En la siguiente figura se especifican las medidas que debe llevar.

Figura 3. *Estante modelo 3*

Nota. El estante modelo 3 cuenta con 2 niveles, en cada nivel se pueden acomodar 20 tallos, para un total de 40. En la siguiente figura se especifican las medidas que debe llevar.

7.2.2 *Control de ambiente de la cámara húmeda*

Todos sus rangos de operación: como rango de temperaturas, horarios de trabajo, ciclos y tiempos fueron definidos por el ingeniero Javier Mauricio Aguirre Cote, el cual encabeza el desarrollo de este proyecto. Mi trabajo junto a él fue recopilar toda esta información y plasmarlas de una forma fácil de entender y replicar en construcciones futuras de estas cámaras.

la siguiente tabla presenta la configuración que llevarán las cámaras húmedas de la compañía, lo equipos de calefacción y ventilación presentes en esta son de la cámara húmeda construida en la finca florex 2, a partir del buen funcionamiento de esta cámara se definen unos parámetros de diseño para hallar la cantidad de extractores y la potencia de la calefacción (WATTS) en función del área requerida.

Tabla 2. *Parámetros de funcionamiento de las cámaras húmedas*

Variable	Especificación	Detalle
Ciclos de trabajo por día	12	—
Tiempo de ventilación	45 min	—
Tiempo de calefacción	75 min	—
Equipos	2 extractores	Extractor HXM-315 (1800 m ³ /h)
Horario diurno	6:00 a.m. – 6:00 p.m.	Rango de temperatura: 28–25 °C
Horario nocturno	6:00 p.m. – 6:00 a.m.	Rango de temperatura: 25–22 °C
Referencia	—	La referencia del equipo se define con la potencia requerida

Este funcionamiento de control de ambiente de la cámara húmeda presenta dentro de las muestras un entorno de condensación, siendo esta una condición ideal para el seguimiento de los hongos. Los tiempos de ventilación y calefacción se calculan a partir de las especificaciones técnicas de los equipos instalados, dando el tiempo justo para que la cámara suba a una temperatura máxima de más o menos 26 °C en el día y 22°C en la noche, y la ventilación disminuya la temperatura al punto que se pueda mantener un delta mínimo de 6 grados durante cada ciclo de trabajo. Los ciclos de trabajo de la cámara húmeda los define el ingeniero Javier Mauricio de 120 minutos (2 horas) y estarán definidos en el siguiente horario:

Tabla 3. *Horarios de trabajo de la cámara húmeda en 24 horas*

Hora	Función
8:00 a.m. – 9:15 a.m.	Calefacción
9:15 a.m. – 10:00 a.m.	Ventilación
10:00 a.m. – 11:15 a.m.	Calefacción
11:15 a.m. – 12:00 p.m.	Ventilación
12:00 p.m. – 1:15 p.m.	Calefacción
1:15 p.m. – 2:00 p.m.	Ventilación
2:00 p.m. – 3:15 p.m.	Calefacción
3:15 p.m. – 4:00 p.m.	Ventilación
4:00 p.m. – 5:15 p.m.	Calefacción
5:15 p.m. – 6:00 p.m.	Ventilación
6:00 p.m. – 7:15 p.m.	Calefacción
7:15 p.m. – 8:00 p.m.	Ventilación
8:00 p.m. – 9:15 p.m.	Calefacción
9:15 p.m. – 10:00 p.m.	Ventilación
10:00 p.m. – 11:15 p.m.	Calefacción
11:15 p.m. – 12:00 a.m.	Ventilación
12:00 a.m. – 1:15 a.m.	Calefacción
1:15 a.m. – 2:00 a.m.	Ventilación

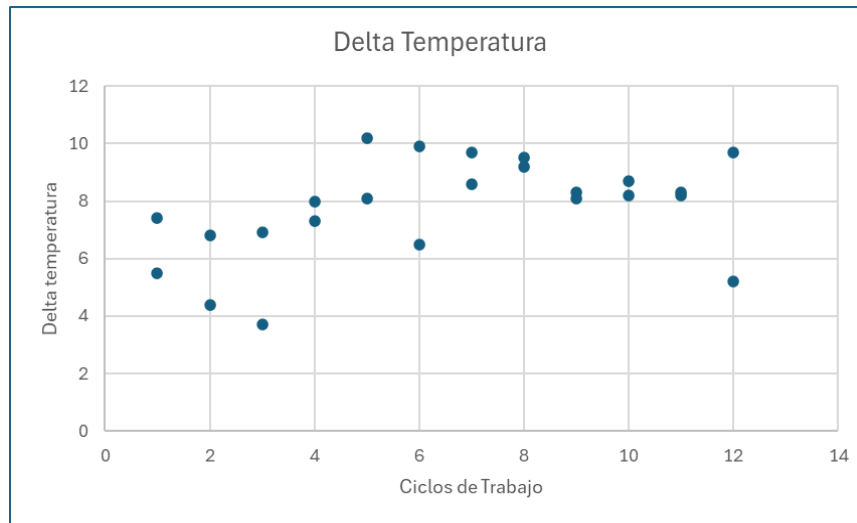
Hora	Función
2:00 a.m. – 3:15 a.m.	Calefacción
3:15 a.m. – 4:00 a.m.	Ventilación
4:00 a.m. – 5:15 a.m.	Calefacción
5:15 a.m. – 6:00 a.m.	Ventilación
6:00 a.m. – 7:15 a.m.	Calefacción
7:15 a.m. – 8:00 a.m.	Ventilación

Estos ciclos de trabajo se programan en un módulo Logo Soft de Siemens el cual alterna el encendido y apagado de los equipos en los horarios establecidos, este módulo ya se encontraba instalado en la cámara junto con sus elementos de protección, mi trabajo fue ir campo ajustar la programación e instalar dos extractores seleccionados por el ingeniero Javier y verificar que todo funcionara correctamente.

Figura 4. Imagen de los extractores instalados y el sistema de control existente



La cámara húmeda donde se realizaron estos ajustes de ventilación y calefacción, cuenta con un data logger el cual censa la temperatura cada 5 min según fecha y hora actual, después de los ajustes se deja funcionando la cámara 2 días y se realiza la extracción de la información censada, se toma como punto de referencia los horarios presentados en la tabla 3, se restan las temperaturas más altas en las horas de calefacción y las más bajas en las horas de ventilación dentro de la cámara, los datos se pueden observar en la figura 5.

Figura 5. Muestreo de las temperaturas de la cámara húmeda con la última modificación**Tabla 4.** Análisis de los deltas de temperatura

Variable	Resultado
Delta de temperatura	7,76 °C
Delta de temperatura > 6 °C	83,33 %

Este análisis nos arroja que la cámara húmeda en un periodo de 48 horas continuas de funcionamiento tiene un 83.33% de efectividad con los parámetros de funcionamiento previamente definidos.

Partiendo de esto se toman los equipos ya instalados en la cámara los cuales hizo la selección el ingeniero Javier Mauricio Aguirre Cote, y se realiza el trámite para que el departamento de compras lo cree en el sistema con su respectivo código, con esto se facilita la compra de estos en cualquier finca de la compañía.

Tabla 5. Equipos necesarios en el control de ambiente de la cámara húmeda

Equipo y accesorios	Función	Referencia	Código
Extractor	Ventilación	HXM-315 (1800 m³/h), Soler y Palau	63893
Rejillas de gravedad	Ventilación	Persiana de gravedad para extractor HXM-315	63894
Caja metálica para acoplar extractor	Ventilación	Caja metálica p/extractor HXM 315	64157

Equipo y accesorios	Función	Referencia	Código
HXM-315		S&P	
Rejillas de renovación de aire	Ventilación	Rejillas 40 cm × 40 cm	63927
PLC	Control	Módulo lógico LOGO! 12/24RCE, Siemens	61238
Contactor	Control	Interruptor Siemens 4A monopolar	61239
Calentador de instalación	Calefacción	Alteca S30 3000 W	Orden de trabajo

La cantidad de equipos requeridos para el control de ambiente de las cámaras húmedas va en función del volumen de la cámara, teniendo en cuenta que la altura de techo de las cámaras será 2.5 metros y lo único que varía será su área, estos son definidos por el ingeniero Javier Mauricio Aguirre Cote.

Tabla 6. *Parámetros de diseño*

Equipos	Factor de diseño
Ventilación	60 m ³ /h
Calefacción	50 W/m ³

Tabla 7. *Cálculo de equipos*

Área total de la cámara húmeda (m ²)	Volumen (m ³)	Ventilación (m ³ /h)	Unidades de ventilación	Potencia requerida para calefacción (W)
28	70	4200	3	3500

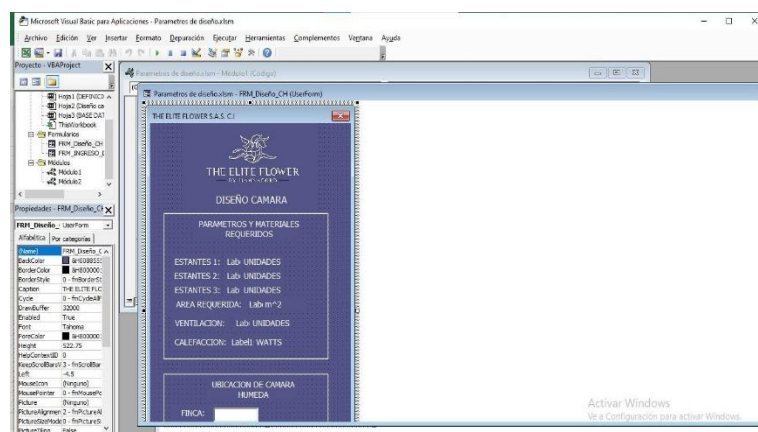
Ejemplo. En el siguiente ejemplo, partiendo del cálculo del área de la cámara húmeda y considerando una altura estándar de 2.5 m, se determina su volumen. Al multiplicar este volumen por el factor de diseño de ventilación, se obtiene el caudal de aire necesario para la extracción dentro de la cámara. En la figura 10 se presentan las referencias de los equipos necesarios para el control ambiental de la cámara húmeda. Con base en el caudal requerido, se

calcula la cantidad de extractores necesarios, dividiendo el caudal total de la cámara entre el caudal proporcionado por cada extractor. En caso de obtener un valor decimal, este se redondea al entero superior más próximo. Para el cálculo de la potencia requerida en la calefacción, se multiplica el factor de diseño por el volumen de la cámara, obteniendo así la potencia requerida para el cuarto. Con este dato, se debe contactar a los proveedores de equipos de Alteca para solicitar una cotización de un equipo que cumpla con esta necesidad. La cotización debe incluir, además, la instalación del equipo en campo.

7.2.3 Herramienta para el cálculo del área y los equipos de control de ambiente

Como resultado de todo este proceso, utilizando la información recopilada y las ecuaciones aplicadas por el departamento de ingeniería que definen el funcionamiento de la cámara húmeda, desarrolle un programa que facilita el acceso a las definiciones, ofreciendo una interfaz gráfica intuitiva y de fácil uso. Este programa permite a los usuarios acceder de manera rápida y práctica a toda la información necesaria para la configuración y montaje de los equipos para el control de ambiente en la cámara.

Figura 6. Desarrollo realizado en Excel



En el documento de Excel llamado “Cámaras húmedas” se debe ingresar a la hoja llamada “BASE DATOS CAMARAS HUMEDAS” y dar click en el botón “INGRESO DATOS”.

Figura 7. *Base de datos*

CODIGO	FINCA	UBICACIÓN	MODELO 1 (188/u)	MODELO 2 (88/u)	MODELO 3 (40/u)	AREA CAMARA HUMEDA	UNIDADES DE VENTILACION	POTENCIA DE LA CALEFACCION (W)	ESTADO OPERACION
INGRESO DATOS									

Aparecerá una ventana emergente en la cual se ingresará las muestras requeridas (muestra Tipo 1 hacen referencia a las muestras que caben en el estante modelo 1). Después de ingresar las muestras click en el botón “Calcular parámetros de construcción”

Figura 8. *Ventana de inicio*

THE ELITE FLOWER S.A.S. C.I.

THE ELITE FLOWER
— BY HANNAFORD —

DISEÑO CAMARA HUMEDA

INGRESE LA CANTIDAD DE MUESTRAS
ACORDE A LA NECESIDAD DE LA FINCA.

MUESTRAS TIPO 1:

MUESTRAS TIPO 2:

MUESTRAS TIPO 3:

CALCULAR PARAMETROS CONSTRUCCION

SALIR

En la siguiente ventana emergente se observa los parámetros y elementos necesarios en la cámara húmeda Figura 9.

Si no hay ninguna corrección con respecto a las muestras ya ingresadas, se digitan las casillas con la ubicación de la cámara húmeda indicando la finca y la ubicación de esta, esta ubicación puede ser referenciado por alguna estructura cercana a la cámara como un bloque o estructuras conocidas dentro del mapa de esta. Y por último con el botón guardar estos datos se añaden dentro la base de datos mostrada anteriormente.

Figura 9. *Ventana secundaria, equipos y requerimientos calculados*

THE ELITE FLOWER S.A.S. C.I. X

THE ELITE FLOWER
— BY HANNAFORD —

DISEÑO CAMARA HUMEDA

PARAMETROS Y MATERIALES REQUERIDOS

ESTANTES 1: 3 UNIDADES
ESTANTES 2: 5 UNIDADES
ESTANTES 3: 3 UNIDADES
AREA REQUERIDA: 40 m²
VENTILACION: 4 UNIDADES
CALEFACCION: 5000 WATTS

UBICACION DE CAMARA HUMEDA

FINCA: Santa Maria
UBICACION: Bloque 1

GUARDAR

ATRAS SALIR

Nota. El botón guardar envía todos los datos calculados a la tabla, cada cámara húmeda agregada tendrá un código único. (cuanto se desee agregar una cámara húmeda la tabla no debe tener ningún filtro activado).

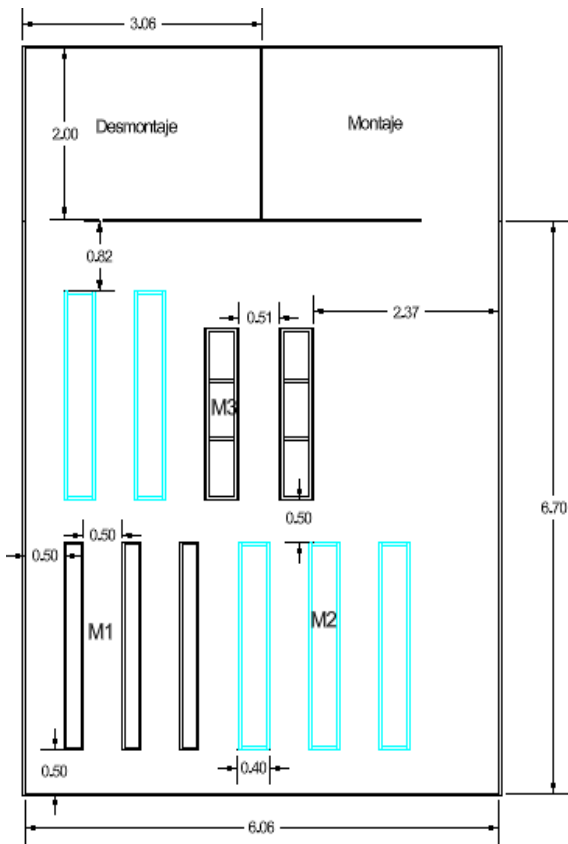
Figura 10. Base de datos digitada

CODIGO	FINCA	UBICACIÓN	Estante 1 (160/u)	Estante 2 (88/u)	Estante 3 (40/u)	ÁREA CÁMARA HUMEDA	UNIDADES DE VENTILACIÓN	POTENCIA DE LA CALEFACCIÓN (W)	ESTADO OPERACIÓN
2	A	B	2	2	2	21	2	2625	
1	Santa María	Bloque 1	3	5	3	40	4	5000	
INGRESO DATOS									

Recomendaciones para la ubicación de los elementos y construcción de la cámara:

Junto con el la base de Excel y sus macros desarrolladas, también se deja como resultado un documento el cual con tiene la información de uso de la base de datos y la información a continuación mencionada la cual es una guía para la instalación de equipos de ventilación y estantería en construcciones de cámara húmedas a futuro.

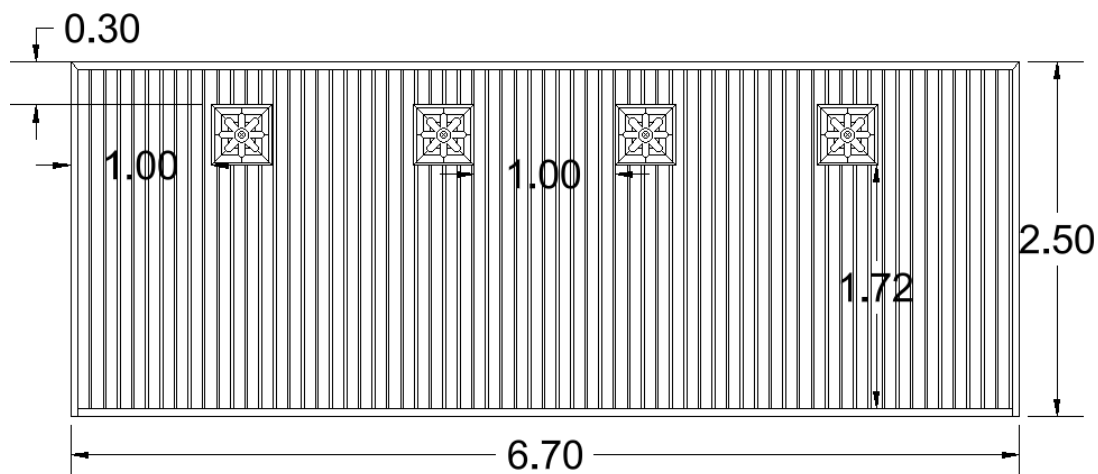
Figura 11. Dimensiones y organización de la estantería



Tomando como ejemplo el cálculo de los elementos realizado; Se muestra como debe ser la organización de los estantes en la cámara húmeda, estos se pueden organizar en cualquier posición, manteniendo un espacio de mínimo 0.5 metros entre cada uno, garantizando que dentro de la cámara haya el espacio suficiente para la revisión, montaje y desmontaje de las muestras. Se recomienda que la cámara húmeda que se requiere construir cuente con dos cuartos de 3x2 metros los cuales serán para el montaje y desmontaje de las muestras.

El área de la cámara húmeda puede variar hasta en un 20% de su tamaño manteniendo los equipos ya calculados, esto con el fin de que se ajuste a estructuras o espacios que se puedan aprovechar para el proyecto. En este ejemplo el área ideal para la cámara húmeda es de 40 m², se puede observar en la figura 11 la ubicación de todos los estantes calculados y un espacio considerable que queda en la cámara, con la capacidad de almacenar más muestras de las requeridas de ser necesario.

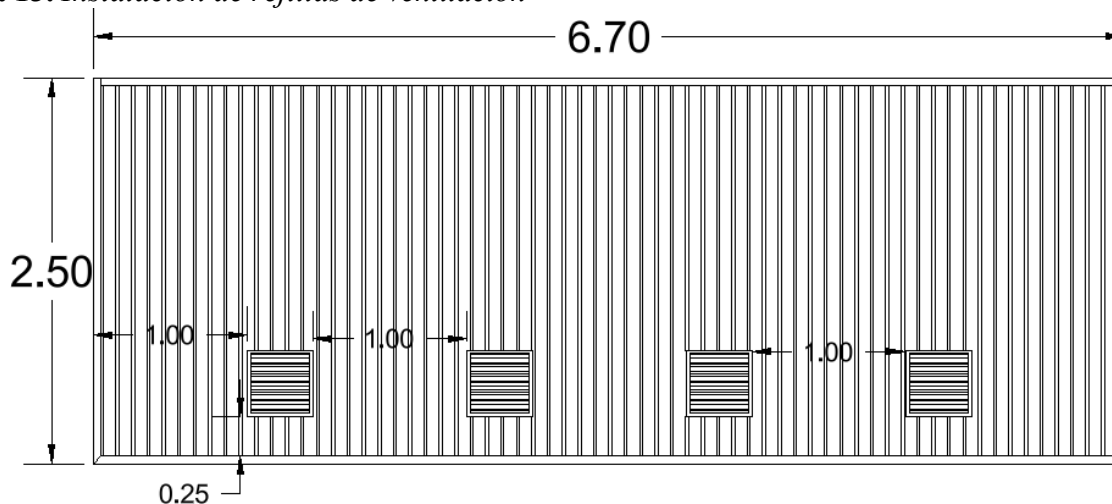
Figura 12. *Ubicación de extractores*



En la figura 12 se observa la ubicación de los extractores estos deben estar instalados a uno de los costados de la cámara, la distancia de estos se calcula en función de los equipos necesarios

y el tamaño de la pared, con el fin de que todos queden instalados a la misma distancia horizontalmente, las medidas verticales de los equipos se mantienen.

Figura 13. *Instalación de rejillas de ventilación*



En la figura 13 se evidencia como deben quedar las rejillas para la renovación de aire, las cuales deben ir instaladas al suelo a una distancia de 25 cm a 30 cm, en el muro contrario donde estarán ubicados los extractores, por cada extractor son dos rejillas, una interna y la otra externa.

8. Conclusiones

El proyecto permitió definir con precisión los parámetros técnicos necesarios para el diseño, construcción y puesta en marcha de las cámaras húmedas requeridas por la compañía, basándose en las necesidades específicas de la finca y la cantidad de muestras a analizar por tipo de flor. Se definieron tres modelos de estantes con características adecuadas para acomodar de manera eficiente los tallos, optimizando el espacio y facilitando la manipulación de las muestras dentro de la cámara.

El control ambiental de la cámara húmeda se dejó documentando y estipulado en un documento guía que se le dejó al departamento de ingeniería, este documento plasmo todas las

definiciones ya creadas que dejaron estudios anteriores al desarrollo de estas pasantías y sustentado con el análisis del funcionamiento exitoso de la cámara construida en la finca Florex 2.

Finalmente, las recomendaciones sobre la distribución y ubicación de los estantes, extractores y rejillas de ventilación, así como la flexibilidad del área de la cámara para adaptarse a espacios físicos existentes, contribuyen a que la implementación sea práctica y funcional en diferentes contextos productivos. Este enfoque integral asegura que las cámaras húmedas diseñadas cumplan con las condiciones técnicas y ambientales necesarias para un monitoreo efectivo, confiable y reproducible, fortaleciendo así la capacidad de la empresa para gestionar la sanidad vegetal de sus cultivos.

Referencias

- [1] R. Jones and T. Sutton, *Fungal Pathogens in Controlled-Environment Horticulture: Identification and Monitoring*. Springer, 2020.
- [2] L. Martínez, P. Gómez and H. Rodríguez, “Diseño de cámaras de ambiente controlado para investigación fitosanitaria,” *Revista de Tecnología Agrícola*, vol. 22, no. 3, pp. 45–59, 2018.
- [3] ASABE, *Heating, Ventilation, and Cooling for Agricultural Facilities*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2018.
- [4] S. J. Kays, *Postharvest Biology*. Exon Press, 2012.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *Integrated Pest Management for Horticultural Crops*, 2020.
- [6] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 14644-1: Cleanrooms and Associated Controlled Environments – Part 1*, 2015.
- [7] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), *ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI ed.)*. ASHRAE, 2019.
- [8] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 3394: Steel Wire, Welded Fabric and Mesh*, 2012.
- [9] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 13788: Hygrothermal Performance of Building Components*, 2012.
- [10] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60050-841*, 3rd ed., 2004.
- [11] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60751*, 2017.
- [12] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60050-351*, 3rd ed., 2013.
- [13] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 16484-1*, 2010.
- [14] C. Cañadas and D. Cibrián, *Manejo integrado de enfermedades en cultivos ornamentales*.

Editorial Trillas, 2019.

- [15] Y. Wang *et al.*, “A rapid detection method for fungal spores from greenhouse crops...,” *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 4, p. 374, 2022.
- [16] J. Pérez, M. López and F. Andrade, *Control ambiental en instalaciones agrícolas: Fundamentos y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia, 2021.
- [17] A. Cotter *et al.*, “Isothermal detection methods for fungal pathogens...,” *Journal of Fungi*, vol. 10, no. 12, p. 851, 2024.
- [18] C. Stanghellini and J. Montero, *Greenhouse Climate Control: An Integrated Approach*. Wageningen Academic Publishers, 2012.