

## Design and development of a greenhouse data visualization, processing and storage interface in Python.

## Diseño y desarrollo de una interfaz de visualización, procesamiento y almacenamiento de datos de un invernadero en Python.

LÓPEZ-PIZANO, Luz Elena†\*

*\*Universidad Politécnica de Juventino Rosas, Departamento de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones*

ID 1° autora: *Luz Elena López Pizano*

(Report Submission: Month, Day, and Year); Accepted (Insert date of Acceptance: Use Only ECORFAN)

### Abstract

This project focuses on the development of an interface designed for monitoring and managing the conditions of a greenhouse through an application developed in Python. The interface aims to help users observe data, such as temperature and humidity statistics, along with images of the plants to assess their coloration. This functionality allows users to determine potential issues, such as overwatering, underwatering, or pest infestations. The application integrates a database that stores historical environmental data, enabling users to visualize this information and conduct various statistical analyses, including histograms, scatter plots, and box-and-whisker plots that compare data from multiple sensors.

The project incorporates live video processing capabilities, allowing users to capture images of the plants and apply color filters to highlight specific features of interest. Enhancements in the interface design have been implemented to achieve greater aesthetics and intuitiveness, as well as functionality for storing images in the database and integrating sensor data collection, ensuring comprehensive monitoring of greenhouse conditions. Overall, this project aims to provide an efficient and user-friendly tool for greenhouse management, promoting better decision-making.

**Python GUIDE, Greenhouse, Image processing**

### Resumen

Este proyecto se centra en el desarrollo de una interfaz diseñada para el monitoreo y la gestión de las condiciones de un invernadero a través de una interfaz desarrollada en Python. La interfaz tiene como objetivo ayudar a los usuarios a observar datos, como estadísticas de temperatura y humedad, junto con imágenes de las plantas para evaluar su coloración. Esta funcionalidad permite a los usuarios determinar posibles problemas, como exceso o falta de agua, o infestaciones de plagas. La aplicación integra una base de datos que almacena datos ambientales históricos, lo que permite a los usuarios visualizar esta información y a través de varios análisis estadísticos, incluidos histogramas, gráficos de dispersión y gráficos de cajas y bigotes que comparan datos de múltiples sensores. El proyecto incorpora capacidades de procesamiento de video en vivo, permitiendo a los usuarios capturar imágenes de las plantas y aplicar filtros de color para resaltar características específicas de interés. Para implementar en el desarrollo de la interfaz se incluyen mejoras en el diseño de la interfaz para una mayor estética e intuitiva, implementar la funcionalidad de almacenamiento de imágenes en la base de datos e integrar la recopilación de datos de sensores en la base de datos, para asegurar un monitoreo integral de las condiciones del invernadero. En general, este proyecto tiene como objetivo proporcionar una herramienta eficiente y fácil de usar para la gestión de invernaderos, promoviendo una mejor toma de decisiones.

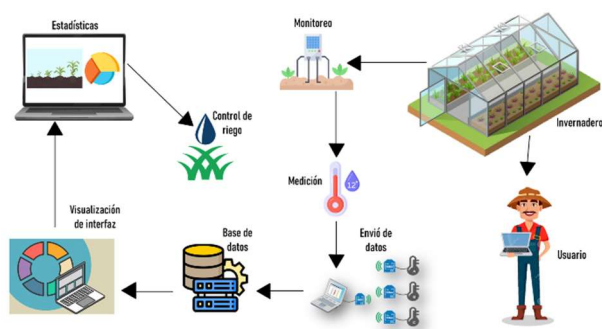
**Interfaz Python, Invernaderos, Procesamiento de imágenes**

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura enfrenta desafíos como la optimización de recursos en el manejo de cultivos. Los invernaderos son una solución eficaz para controlar las condiciones ambientales y mejorar la producción. En este proyecto se desarrolla una interfaz en Python que permite monitorear y gestionar factores como la temperatura y la humedad, así como evaluar el estado de las plantas mediante procesamiento de imágenes. Esta interfaz es una herramienta que integra análisis estadísticos y almacenamiento de datos, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

### 1.1. MOTIVACIÓN

En la figura 1 se presenta el diagrama de motivación y meta a seguir, este proyecto se enfoca en ayudar a la sociedad, en busca de un bien común y facilitar labores con una interfaz intuitiva fácil de usar y controlar.



**Figura 1** Diagrama de motivación del proyecto.

Representa la búsqueda de objetivos y puntos a lograr partiendo desde el interior del invernadero, lugar que será monitoreado con distintos sensores, y proporcionará las mediciones y valores de los sensores a la base de datos y de esta a la interfaz donde el usuario

pueda visualizar estos valores. Además de lograr almacenar las variables dentro de una base de datos que pueda mostrar los datos almacenados a través de la interfaz en modo de datos y estadísticas y a partir de esto llevar un seguimiento del interior del invernadero.

### 1.2. Planteamiento del problema

La agricultura enfrenta desafíos en la optimización de recursos y la gestión de cultivos en invernaderos. La falta de herramientas adecuadas para monitorear condiciones ambientales y la salud de las plantas puede llevar a un uso ineficiente del agua y al crecimiento de plagas.

### 1.3. Objetivo General

Desarrollar una interfaz para monitorear y gestionar las condiciones de invernaderos, permitiendo a los usuarios observar datos ambientales y evaluar la salud de las plantas, con el fin de promover una toma de decisiones informada.

### 1.4. Objetivos Específicos

- Evaluar la salud de las plantas: Integrar capacidades de procesamiento de imágenes que permitan capturar fotografías de las plantas y aplicar filtros para resaltar características específicas relacionadas con la coloración.
- Realizar análisis estadísticos: Desarrollar la herramienta para generar análisis estadísticos de los datos recolectados, incluyendo histogramas, gráficos de dispersión y gráficos de cajas y bigotes.
- Almacenar imágenes en base de datos: Implementar la funcionalidad para almacenar las imágenes capturadas en la base de datos, facilitando un registro

visual del estado de las plantas a lo largo del tiempo.

- Mejorar la interfaz de usuario: Actualizar el diseño de la interfaz para hacerla más atractiva e intuitiva, mejorando la experiencia del usuario.

## 2. DESARROLLO

En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo desarrollado para la construcción del proyecto de la interfaz gráfica.

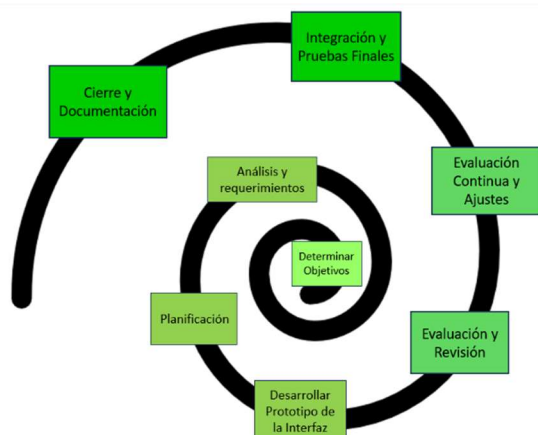


Figura 2 Diagrama de flujo en espiral.

### 2.1. Desarrollo en Java

La primer ventana que se desarrollo fue un login o ventana de acceso para el usuario, en esta el usuario puede acceder con el usuario y contraseña que se le asigna al ser registrado en la base de datos que se enlaza con la ventana, en esta base de datos llamada Registro se almacenan los datos del usuario, asignándole un nombre de usuario y contraseña con la que pueda acceder a la interfaz. Se puede observar la ventana de acceso de la interfaz en la figura 3 y de igual forma en la figura 4 se muestra un ejemplo de los datos almacenados en la base de datos enlazada con la ventana.



Figura 3 Ventana de acceso a la Interfaz Katsi-s

```
mysql> use registro;
Database changed
mysql> select *from usuario;
```

Id	Nombre	ApellidoP	ApellidoM	Usuario	Contraseña
10	Horacio	Luna	Gonzales	HLG000	00000
15	Hannia	Velasquez	Gamez	HVG0	55555
20	Elena	Lopez	Pizano	LOPL	12345E

3 rows in set (0.00 sec)

Figura 4 Base de datos Registro

La siguiente ventana a la que se accede desde el login es la de Menú principal, en esta se encuentra 4 ventanas en las que se desarrollaran las opciones de datos y/o información que el usuario desee consultar y visualizar. En la figura 5 se puede observar la presentación de la ventana de Menú principal.



Figura 5 Ventana de menú principal

Finalizando con el avance del desarrollo de la interfaz se presenta en la figura 6 la imagen de la ventana a la que se accede pulsando el botón de Base de datos en el menú principal, en esta ventana se desarrollo un espacio de visualización de todos los datos de la base de datos llamada

BDInvernadero esta ejemplificación fue realizada con una base de datos creada de manera local en Mysql y llenada manualmente con datos de prueba.

En la figura 7 se muestran los datos insertados en la base de datos en la que se creó el enlace con la ventana.

Fecha	Tipo_Dato	Grados	Porcentaje	Sensor
2022-05-11 00:00:00	Humedad		83	Sensor H
2022-05-12 00:00:00	Humedad		80	Sensor H
2022-05-12 00:00:00	Temperatura	23		Sensor T
2022-05-12 00:00:00	Temperatura	21		Sensor T
2022-05-13 00:00:00	Temperatura	19		Sensor T
2022-05-13 00:00:00	Humedad		85	Sensor H
2022-05-13 00:00:00	Humedad		83	Sensor H
2022-05-14 00:00:00	Humedad		83	Sensor H
2022-05-15 00:00:00	Humedad		81	Sensor H
2022-05-15 00:00:00	Temperatura	20		Sensor T
2022-05-16 00:00:00	Temperatura	20		Sensor T
2022-05-18 00:00:00	Temperatura	22		Sensor T
2022-05-18 00:00:00	Humedad		83	Sensor H
2022-05-19 00:00:00	Humedad		80	Sensor H
2022-05-19 00:00:00	Temperatura	20		Sensor T
2022-05-20 00:00:00	Temperatura	20		Sensor T
2022-05-21 00:00:00	Temperatura	22		Sensor T
2022-05-21 00:00:00	Humedad		80	Sensor H
2022-05-22 00:00:00	Humedad		80	Sensor H
2022-05-24 00:00:00	Humedad		80	Sensor H
2022-05-25 00:00:00	Humedad		81	Sensor H
2022-05-26 00:00:00	Humedad		81	Sensor H
2022-05-26 00:00:00	Temperatura	22		Sensor T
2022-05-27 00:00:00	Temperatura	24		Sensor T

Buttons: **VISUALIZAR BASE DE DATOS**, **Menú Principal**

Figura 6 Ventana de visualización de base de datos

Fecha	Tipo_Dato	Grados	Porcentaje	Sensor
2022-05-11 00:00:00	Humedad	NULL	83	Sensor H
2022-05-12 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-05-12 00:00:00	Temperatura	23	NULL	Sensor T
2022-05-12 00:00:00	Temperatura	21	NULL	Sensor T
2022-05-13 00:00:00	Temperatura	19	NULL	Sensor T
2022-05-13 00:00:00	Humedad	NULL	85	Sensor H
2022-05-13 00:00:00	Humedad	NULL	83	Sensor H
2022-05-14 00:00:00	Humedad	NULL	83	Sensor H
2022-05-15 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-05-15 00:00:00	Temperatura	20	NULL	Sensor T
2022-05-16 00:00:00	Temperatura	20	NULL	Sensor T
2022-05-18 00:00:00	Temperatura	22	NULL	Sensor T
2022-05-18 00:00:00	Humedad	NULL	83	Sensor H
2022-05-19 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-05-19 00:00:00	Temperatura	20	NULL	Sensor T
2022-05-20 00:00:00	Temperatura	20	NULL	Sensor T
2022-05-21 00:00:00	Temperatura	22	NULL	Sensor T
2022-05-21 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-05-22 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-05-24 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-05-25 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-05-26 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-05-26 00:00:00	Temperatura	22	NULL	Sensor T
2022-05-27 00:00:00	Temperatura	24	NULL	Sensor T
2022-05-28 00:00:00	Temperatura	24	NULL	Sensor T
2022-05-28 00:00:00	Humedad	NULL	76	Sensor H
2022-05-30 00:00:00	Humedad	NULL	78	Sensor H
2022-05-31 00:00:00	Humedad	NULL	80	Sensor H
2022-06-02 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-06-03 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-06-05 00:00:00	Humedad	NULL	85	Sensor H
2022-06-06 00:00:00	Humedad	NULL	85	Sensor H
2022-06-06 00:00:00	Temperatura	22	NULL	Sensor T

Figura 7 Base de datos BDInvernadero

### 3.2. Python

Para el desarrollo del proyecto en el segundo parcial se optó por migrar la interfaz a Python

esto por consideraciones como que es un software gratuito y de código libre además de que se pueden implementar nuevos conocimientos adquiridos.

Principalmente se desarrolló las ventanas principales las cuales ya habían sido presentadas anteriormente es decir, el Login y la ventana de Menú principal.

En la figura 8 se muestra la ventana principal del Login.

Figura 8 Nueva ventana de Login

Igualmente se migró el menú principal en el que se visualizan las opciones de consulta para el invernadero. En la figura 9 se visualiza la ventana de menú principal realizada en Python.



Figura 9 Ventana de Menú Principal

La ventana de visualización de datos que se muestra en la figura 10 se encarga de crear una conexión con la base de datos y que al pulsar el botón de visualizar datos realiza el enlace para mostrar la información almacenada en la tabla, como se muestra en la figura 11.



Figura 10 Ventana de visualización de datos



Figura 11 Ventana de visualización de datos

Además de esto también se puede realizar la selección de una fecha en específico con un widget de calendario que permite que sea más sencillo e intuitivo para el usuario seleccionar la fecha deseada, como es mostrado en la figura 11.



Figura 12 Visualización de datos



Figura 13 Procesamiento de imagen

En la ventana de la figura 13 se realiza un trabajo de procesamiento de imágenes donde el usuario puede visualizar un video en vivo al tener una cámara conectada y a partir de este video tomar una fotografía a la cual se le puede aplicar un filtrado de imagen para seleccionar ciertas áreas con un cierto rango de coloración.



Figura 14 Gráficos de estadística

La última ventana que se muestra en la figura 14 implementa una aplicación gráfica utilizando PySide6, que permite al usuario cargar y visualizar datos estadísticos desde una base de datos, muestra tres gráficos diferentes: un histograma, un gráfico de cajas y un diagrama de dispersión. Estos gráficos se actualizan al presionar un botón que carga los datos directamente desde la base de datos. Es una herramienta visual que facilita la exploración y análisis de datos de temperatura, presentándolos de manera clara y organizada en una interfaz amigable y accesible.



En la figura 15 se muestran los resultados de las estadísticas obtenidas.

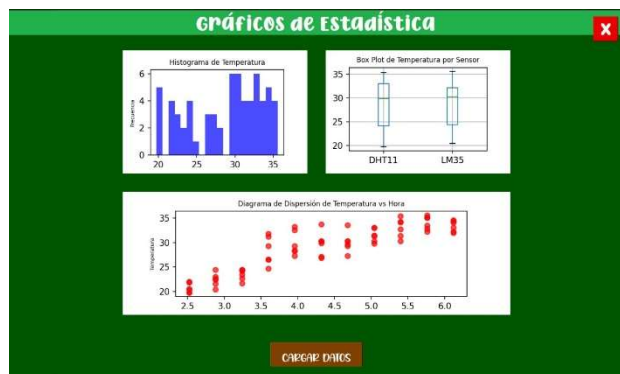


Figura 15 Resultados de estadísticas

Así mismo, en la figura 16 es mostrado un ejemplo de como se realiza la segmentación de la planta para las áreas verdes.



Figura 16 Segmentación de imagen

### 3.3. Actualización Interfaz Python

Actualmente el desarrollo y actualización dentro de la interfaz fue el siguiente, comenzando por la ventana principal, el login para dar acceso a la aplicación, en donde se coloca el usuario y contraseña para la validación de ingreso, en esta ventana se actualizaron cosas principalmente en el diseño, la paleta de colores y la fuente en cada widget, al botón de salida se le agregó un icono de cierre y además en la esquina superior izquierda se colocó el logo de about el cual tiene un tooltip que muestra una pequeña descripción de la página inicial, por último punto

de actualización aquí se configuro el campo de contraseña como texto "secreto", esto quiere decir que no se muestran los caracteres que se colocan. En la figura 17 se muestra la ventana mencionada con sus actualizaciones.



Figura 17 Ventana login actualizada

Como siguiente parte de actualización para el menú principal únicamente se actualizó en cuestión de diseño manteniendo la misma funcionalidad, en la siguiente figura 18 se muestra el resultado de la ventana.



Figura 18 Menú principal actualizado

Para la ventana de la opción "Base de datos", se trabajó en tres partes nuevas, la principal presentada en la figura 20 es el menú que aparece principalmente para seleccionar la opción que el usuario desea visualizar, ya sea "Visualización para tabla" o "Visualización para imágenes", al seleccionar la primera opción se muestra la ventana ya presentada en el cuatrimestre anterior, que muestra datos de texto en una tabla, en la figura 20 se muestra la mencionada y como se puede observar los únicos cambios fueron aplicados en el tema de diseño.



**Figura 19** Menú de opciones para visualización de base de datos

En la otra opción de base de datos se presenta la segunda parte de desarrollo para este cuatrimestre en tema de base de datos, esta es una ventana presentada en la figura 20 que al igual que en la figura 23 muestra una tabla que toma los datos almacenados en una base de datos y los muestra, la diferencia radica en que esta tabla muestra además imágenes, ya que la información tomada es de la base de datos en la tabla de almacenamiento de la ventana de procesamiento de imágenes, otro punto a destacar del desarrollo de esta ventana es la configuración que tiene, al hacer clic para seleccionar alguna de las imágenes mostradas en la tabla se abre la tercera parte de desarrollo, que es una ventana que unicamente toma los datos de imagen y texto de la imagen seleccionada y los muestra.



**Figura 20** Ventana para visualización de datos actualizada

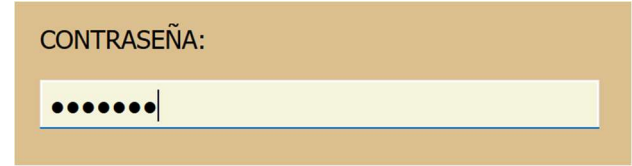
La figura 21 muestra el ejemplo de actualización de la captura de video y de imágenes, con los colores ya modificados y los botones nuevos.



**Figura 21** Ventana de captura de imagen actualizada

#### 4. RESULTADOS

La figura 22 muestra el campo para texto de la contraseña y su visualización.



**Figura 22** Campo de texto para la contraseña

La figura 23 muestra el ejemplo de como son cargadas las imágenes dentro de la base de datos



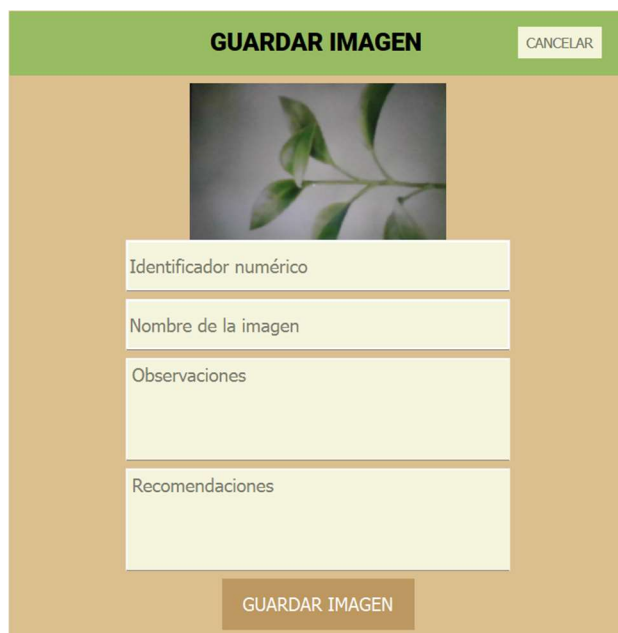
**Figura 23** Ventana de visualización de datos para imágenes.

Continuando con el desarrollo la siguiente ventana presentada en la figura 24 es la de procesamiento de imágenes, en desarrollo anterior ya se había presentado esta pero actualmente cuenta con algunas modificaciones, principalmente se actualizó la parte de diseño y en la parte

de funcionalidad en esta ocasión se agregó un nuevo botón, para guardar la imagen en la base de datos ya que antes únicamente se podía visualizar la imagen capturada y/o procesada, pero sin opción de almacenarla, al dar clic en el botón se abre una pequeña ventana que presenta la imagen original capturada y los campos para asignar los datos con los que se desea guardar, en la figura 25 se presenta la nueva ventana para guardar en la base de datos.



**Figura 24** Ventana de procesamiento actualizada



**Figura 25** Ventana para guardar imagen en la base de datos.

Además se modificó el botón que anteriormente tenía la opción que solo procesaba la imagen al resaltar los píxeles que entraban dentro del rango de colores de filtrado, ahora al dar clic en este botón se abre una nueva ventana mostrada en la figura 26 en esta por el momento se presenta un menú con tres opciones de filtrado por color: "Tonos verdes", "Tonos amarillos" "Tonos marrones", de estos se puede elegir uno y procesar la imagen y en esta

ventana igualmente esta la parte de la opción para poder guardar en la base de datos.



**Figura 26** Ventana de procesamiento de la imagen con opciones de filtrado.

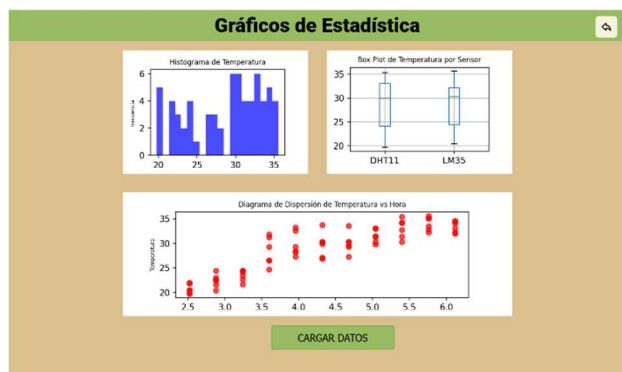
Un punto de tema en la ventana para guardar imagen es el campo de identificador numérico este se colocó con la idea de que si el usuario desea guardar la fotografía capturada originalmente sin proceso de filtrado y además una fotografía procesada les pueda colocar un identificador numérico igual para relacionarlas, como es mostrado en la figura 27.



**Figura 27** Ventana para guardar imagen en la base de datos.

En la opción para visualizar los datos de estadística lo único nuevo fue la parte del diseño y el resultado de la ventana se puede observar en la figura 28.





**Figura 28** Ventana de estadísticas.

Para la sección de resultados se muestran algunas capturas de el funcionamiento de las ventanas, para observar los resultados de visualización obtenidos.

Al seleccionar cualquier imagen en la tabla para la visualización de base de datos de imágenes se puede observar una ventana con los detalles de la imagen al igual que esta misma, todo esto se describe en la figura 29.



**Figura 29** Ventana de detalles de la imagen seleccionada

En la parte de la ventana de procesamiento existen 3 opciones de filtrado, en las figuras 30, 31 y 32 se muestran los resultados del filtrado de la imagen para cada opción con una fotografía de ejemplo.



**Figura 30** Ventana de procesamiento de imagen aplicando filtrado por tonos verdes.



**Figura 31** Ventana de procesamiento de imagen aplicando filtrado por tonos amarillos.



**Figura 32** Ventana de procesamiento de imagen aplicando filtrado por tonos marrones.

Finalmente en la figura 33 se muestra el resultado para la ventana que muestra la gráfica de datos a partir del DHT11 con un arduino nano y en la figura 34 los datos que se muestran en el output, cada uno de estos datos se toma cada segundo y son cada punto graficado.

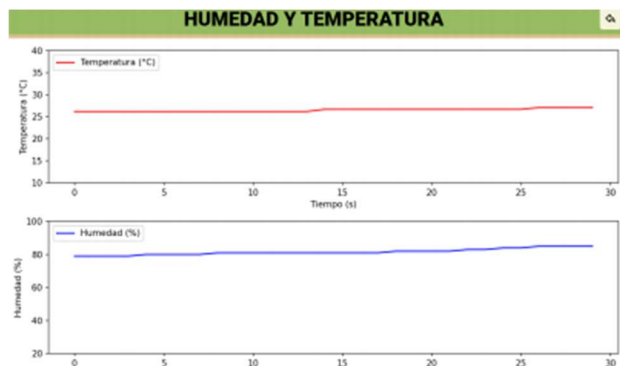


Figura 33 Ventana de gráfica de datos del sensor DHT11

PROBLEMS	OUTPUT	DEBUG CONSOLE	TERMIN
	Datos recibidos: 26.70,82.00		
	Datos recibidos: 26.70,82.00		
	Datos recibidos: 26.70,82.00		
	Datos recibidos: 26.70,83.00		
	Datos recibidos: 26.70,83.00		
	Datos recibidos: 26.70,84.00		
	Datos recibidos: 26.70,84.00		
	Datos recibidos: 27.10,85.00		
	Datos recibidos: 27.10,85.00		
	Datos recibidos: 27.10,85.00		
	Datos recibidos: 27.60,86.00		
	Datos recibidos: 27.60,86.00		
	Datos recibidos: 27.60,86.00		
	Datos recibidos: 27.60,86.00		
	Datos recibidos: 27.60,86.00		
	Datos recibidos: 27.60,87.00		
	Datos recibidos: 27.60,87.00		
	Datos recibidos: 27.60,87.00		

Figura 34 Resultados en el output de los datos leídos del sensor.

#### 4.1. Imágenes Térmicas

Dado que es necesario realizar un estudio térmico de las plantas y del propio invernadero, se diseñó una ventana en la interfaz que cumpla con lo requerido, para eso se cuenta con actividades extra que benefician al proyecto, como es el caso de agregar un nuevo botón a la interfaz que visualizará las imágenes obtenidas por la cámara térmica y se le aplicará un procesamiento para detección de anomalías.

La figura 35 muestra la actualización de la pantalla, en la que se agregó el botón de procesamiento de imágenes térmicas, las cuales se encuentran ya guardadas en la base de datos.



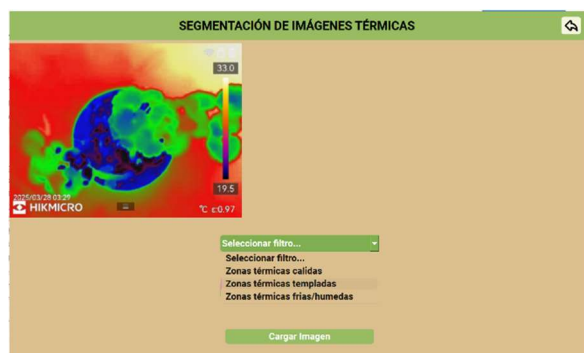
Figura 35 Pantalla Captura

Una vez que se ha dado click al botón de procesamiento de imágenes térmica, se enlaza a una nueva pantalla, la cual contiene 2 selectores de procesamiento y un botón de cargar la imagen a procesar, la figura 36 muestra una visualización de la pantalla.



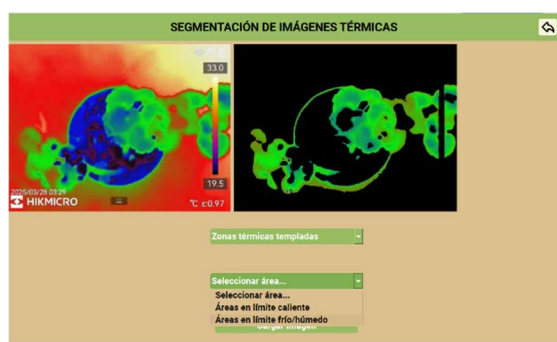
Figura 36 Segmentación de imágenes térmicas.

Posteriormente, ya que el usuario seleccione la imagen térmica a procesar, puede elegir el filtro que requiera aplicar, todo con la idea de poder realizar segmentaciones simples de resaltado de colores, como el caso de algoritmos de umbralización, dicha actividad se muestra en la figura 37.



**Figura 37** Selección del filtro para aplicar.

La siguiente figura 38 describe la aplicación del filtro seleccionado, que para este caso será el área de zonas térmicas templadas.



**Figura 38** Aplicación del Filtro.

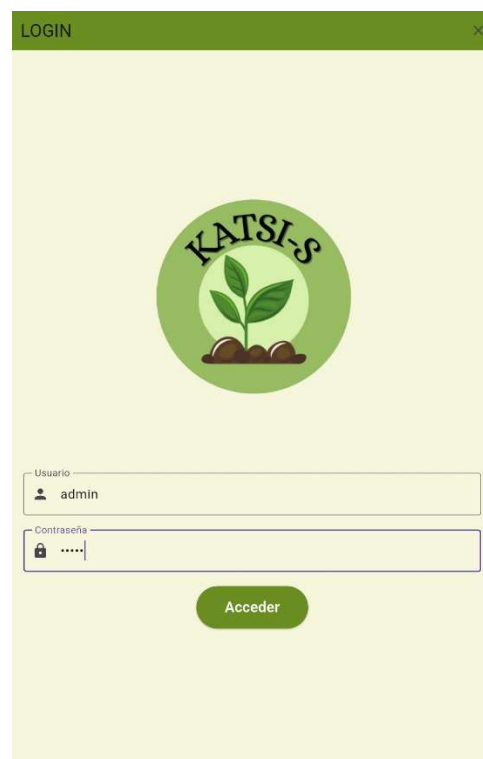
Ya que se ha seleccionado el filtro y se realizó el procesamiento, se puede agregar el apartado de selección de área, la cual ayudará a resaltar información relevante de cada planta, para su posterior análisis por parte de los usuarios, como es mostrado en la figura 39.



**Figura 39** Contorno de imagen térmica.

## 4.2. Diseño de aplicación.

Para complementar la interfaz de escritorio se procede al desarrollo de una aplicación que sirva de apoyo móvil a la interfaz de escritorio, por lo cual se diseñaron ventanas que contenga información similar a lo desarrollado anteriormente, para estos pasos se pretende el desarrollo de una venta que contenga un login que se encuentre enlazado a la base de datos diseñada previamente, como se muestra en la figura 40.



**Figura 40** Pantalla Principal App.

Una vez que se accede a la aplicación aparecerá la segunda pantalla, en la cual se muestran 3 botones los cuales son la visualización de las imágenes de Base Datos, así mismo, la toma de nuevas fotografías para almacenarlas, el segundo botón contiene los datos guardados en la base de datos de los valores de los sensores adquiridos, y el último botón corresponde a la visualización de las imágenes térmicas almacenadas, lo anterior puede verse en la figura 41.



Figura 41 Segunda Pantalla de la App.

Si se desea ingresar en el apartado que dice Imágenes desde DB se mostrará la imagen de la figura 42, en la cual se cuenta con imágenes en la base de datos que fueron obtenidas en procesos anteriores y se le describe información de cada imagen tomada y puede agregarse más información, como se agrego en la propia imagen 42.

← IMÁGENES DESDE BD		← IMÁGENES DESDE BD			
ID	Identificador	Imagen	Nombre	Observaciones	Recomendaciones
20	123		Leñero	Color y textura uniforme, sin signos de manchas amarillas o pliegues lo que indica un buen estado.	Uplmer ocasionalmente los insectos de pulga y sustrato para favorecer la focalización y prevenir problemas.
21	2204		loma de prueba poligonum	Presenta un aparente estado de salud normal.	Sin recomendaciones.
22	2204		Poligonum prostrata	Muestra signos de estrés y deficiencia de nutrientes, las hojas amarillas e irregulares lo que podría indicar clorosis causada por falta de hierro u otros minerales.	Mejorar el riego manteniendo el sustrato húmedo, aplicar fertilizante para aportar nutrientes.
23	2208		Codium vermiculatum	Muestra bordes secos y manchas blancas indicando estrés por sal, sequedad y posiblemente plaga.	Se recomienda ubicarla en luz filtrada, regar moderadamente, limpiar las hojas y aumentar el insecticida orgánico.
24	1875		Susandra spiffi		

Figura 42 Imágenes guardadas en la Base de Datos y sus descripciones.

Al mismo tiempo, es posible agregar una imagen nueva, para eso es necesario dar click en el botón de captura de imagen, el cual se muestra en la figura 43.



Figura 43 Toma de imagen.

La figura 44 del lado izquierdo es un ejemplo de captura de la imagen y posteriormente se le puede agregar la información que corresponde a cada planta, como es mostrado en la figura 44 del lado derecho.

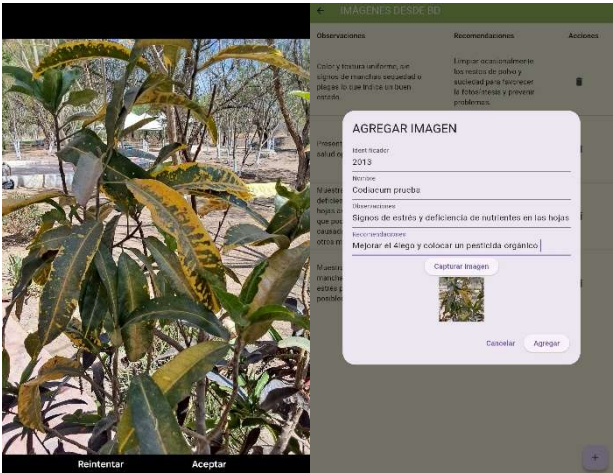
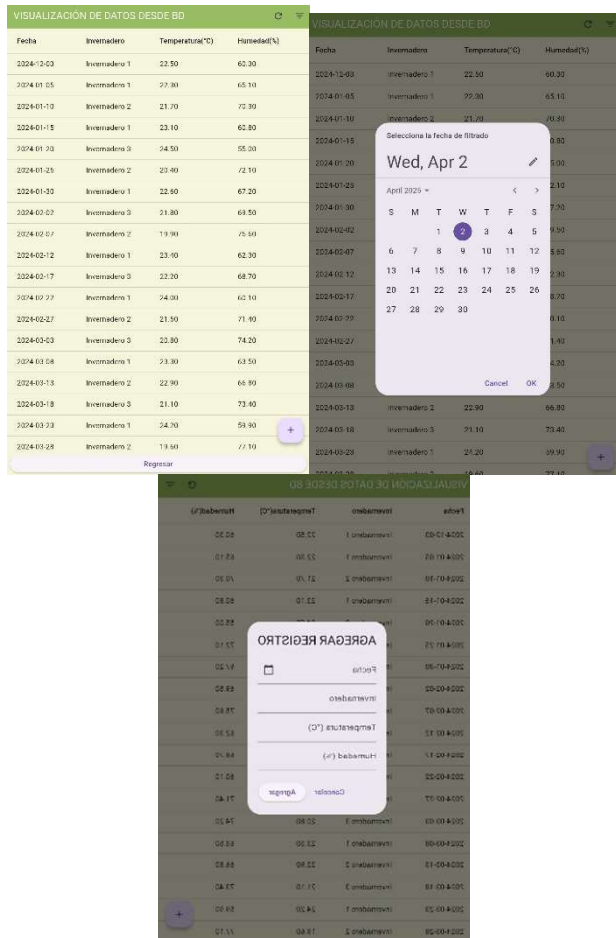


Figura 44 Agregar nueva imagen.

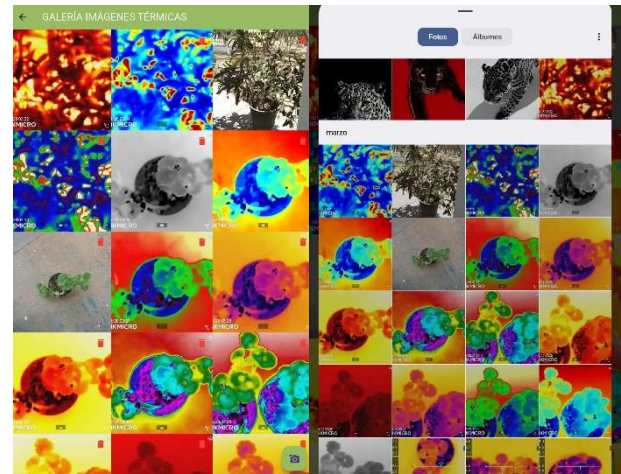
Regresando a la pantalla de opciones se puede elegir el botón de los datos almacenados en la BD, en el cual se podrán visualizar mediciones de sensores que se realizaron con anterioridad, como es mostrado en la figura 45 (1) , así mismo, será posible filtrar la información por fechas, como es visualizado en la imagen 45 (2) y al mismo tiempo agregar datos nuevos de mediciones como se describe en la figura 45 (3).





**Figura 45** Visualización y análisis de datos.

El último boton corresponde a la parte de imágenes térmicas, la cual accede a la galería de imágenes obtenidas a partir de la cámara térmica, para su visualización y posterior almacenamiento en la base de datos y que puedan ser procesadas por la interfaz de escritorio, los ejemplos de visualización son mostrados en la figura 46 izquierda y 46 derecha.



**Figura 46** Botón de imágenes térmicas.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo realizado a lo largo de este cuatrimestre se concluye de manera satisfactoria, para el proyecto en esta etapa del desarrollo, se realizaron mejoras significativas en diseño y funcionalidad de la interfaz, consolidando tanto la experiencia del usuario como las capacidades del sistema. La ventana del Login fue actualizada en su diseño, además de configurar el campo de texto para contraseñas, un icono de cierre y un about para brindar información adicional. El Menú Principal también fue refinado en diseño, manteniendo su funcionalidad original.

En la sección de Base de Datos, se implementó un menú que permite elegir entre visualizar datos en tablas o imágenes. La nueva opción de imágenes permite interactuar con estas, mostrando detalles en una ventana adicional. Además, la ventana de Procesamiento de Imágenes ahora incluye la opción para guardar imágenes en la base de datos y un menú para aplicar filtros por colores (verdes, amarillos y marrones).

La ventana de Estadísticas fue actualizada en diseño, logrando coherencia visual con el resto



de la interfaz. Durante este proceso, se reforzaron conocimientos en diseño de interfaces gráficas, manejo de bases de datos, y funcionalidades interactivas, aplicando prácticas que mejoraron significativamente la usabilidad y la organización del sistema. Estas actualizaciones reflejan un aprendizaje continuo y el enfoque en entregar una herramienta más funcional y adaptada a las necesidades del usuario.

Se agregaron nuevas actividades como lo fueron la visualización de imágenes de la cámara térmica, además de la parte de la creación de una aplicación que servirá de visualización móvil de la interfaz principal y de toma de muestras en un invernadero.

## 5. TRABAJO A FUTURO

Realización de una mejora del procesamiento de imágenes para la segmentación de las imágenes y en especial énfasis en la pigmentación de la planta a partir de su estado de salud.

Generar un mejor enlace entre la interfaz y la base de datos para su futura visualización y seguridad.

Generación de un ejecutable de escritorio para trasladarse o usarse en cualquier computadora.

Estandarizar todas las ventanas acorde al usuario final.

## Referencias

J. P. Y. G. Cesar Miranda, Bryan Aguado, Sistema de monitoreo de variables ambientales y control de riego de un invernadero (RIO). Reporte Integrador, 2022.

L. D. Albright, Greenhouses: Advanced Technology for Controlled

Environment Horticulture. Horticulture Publications, 2005.

C. Ghoulam and A. Foursy, "Effect of salinity on germination, growth and yield of chickpea (*cicer arietinum* L.)," *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol. 185, no. 1, pp. 59–65, 2000.

R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. Pearson, 2018.  
[5] C. J. Date, *An Introduction to Database Systems*. Addison-Wesley, 2004.

S. Siegel and N. J. Castellan, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw-Hill, 1988.

J. Pretty, "Agriculture and food systems in a changing climate," *Nature*, vol. 455, no. 7214, pp. 1153–1154, 2008.

B. Shneiderman and C. Plaisant, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson, 2010.

D. J. Mulla, "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining gaps," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 125, pp. 29–35, 2013.