



UNIVERSIDAD POLÍTÉCNICA DE JUVENTINO ROSAS

KATSI-s

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

Presenta:
Luz Elena López Pizano

Asesor:
Dr. Juan Israel Yañez Vargas
CoAsesor:
M.C. Víctor Lauro Pérez García

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto., México, 2 de abril de 2025.

Índice general

Índice de figuras	III
1.	3
1.1. Introducción	3
1.2. Motivación	4
1.3. Planteamiento del problema.	4
1.4. Justificación	5
1.5. Objetivo General	5
1.6. Objetivos particulares	5
1.7. Antecedentes	6
2.	9
2.1. Marco teórico	9
3.	15
3.1. Desarrollo	15
3.2. Sección 1	16
3.3. Sección 2	19
3.4. Sección 3	20
3.5. Sección 4	23
3.6. Sección 5	28
4.	31

4.1. Resultados	31
4.2. Imágenes Térmicas	34
4.3. Diseño de Aplicación	37
5.	44
5.1. Conclusiones y trabajo futuro	44
5.1.1. Conclusiones	44
5.1.2. Trabajo Futuro	45

Índice de figuras

1.1.	Diagrama de motivación del proyecto	4
1.2.	Tarjeta electrónica	7
1.3.	Colaboration point	8
2.1.	Imagen representativa de segmentación de imágenes de	9
2.2.	Imagen representativa análisis térmico sobre plantíos	10
2.3.	Imagen representativa de características morfológicas de una planta	10
2.4.	Imagen representativa de invernadero	11
2.5.	Imagen representativa de procesamiento de imagen	11
2.6.	Imagen representativa de base de datos	12
2.7.	Imagen representativa de análisis estadístico	12
2.8.	Imagen representativa de agricultura sostenible	13
2.9.	Imagen representativa de interfaz gráfica de usuario	13
2.10.	Cámara térmica	14
3.1.	Diagrama de flujo en espiral	15
3.2.	IDE Netbeans	16
3.3.	Ventana de acceso a la Interfaz Katsi-s	16
3.4.	Base de datos Registro	17
3.5.	Ventana de Menú principal	17
3.6.	Ventana de Visualización de base de datos	18
3.7.	Base de datos BDInvernadero	18
3.8.	Nueva ventana de Login	19

3.9.	Ventana de Menú Principal	19
3.10.	Login de la interfaz	20
3.11.	Ventana de Menú Principal	20
3.12.	Ventana de visualización de datos	20
3.13.	Ventana de visualización de datos	21
3.14.	Visualización de datos	21
3.15.	Procesamiento de imagen	21
3.16.	Gráficos de estadística	22
3.17.	Gráficos de estadística	22
3.18.	Ventana Login actualizada	23
3.19.	Campo de texto para la contraseña	23
3.20.	Menú principal actualizado	24
3.21.	Menú de opciones para visualización de base de datos	24
3.22.	Ventana par visualización de datos actualizada	25
3.23.	Ventana de visualización de datos para imágenes	25
3.24.	Ventana de procesamiento de imagen actualizada	26
3.25.	Ventana para guardar imagen en la base de datos	26
3.26.	Ventana de procesamiento de la imagen con opciones de segmentación	27
3.27.	Ventana para guardar imagen en la base de datos	27
3.28.	Ventana para guardar imagen en la base de datos	28
3.29.	Ventana para análisis de plantas, opción de carga de imagen	29
3.30.	Visualización de la imagen en formato RGB	29
3.31.	Conversión en escala de grises para separación entre fondo y plantas	30
3.32.	Segmentación y análisis de contornos en plantas	30
3.33.	Mensaje de finalización	30
4.1.	Ventana de detalles de la imagen seleccionada	31
4.2.	Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos verdes	32

4.3. Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos amarillos	32
4.4. Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos marrones	33
4.5. Ventana de gráfica de datos del sensor DHT11	33
4.6. Resultados en el output de los datos leídos del sensor	34
4.7. Pantalla de Captura	35
4.8. Segmentación de imágenes térmicas	35
4.9. Selección del filtro a aplicar.	36
4.10. Aplicación del Filtro.	36
4.11. Aplicación de la selección de Contorno	37
4.12. Pantalla Principal App.	38
4.13. Segunda Pantalla de la App	39
4.14. Imágenes Guardadas en la Base de Datos	39
4.15. Información de las imágenes guardadas en la Base de Datos	40
4.16. Toma de imagen	40
4.17. Agregar nueva imagen	41
4.18. Visualización y análisis de datos	42
4.19. Botón de imágenes térmicas	43

Resumen

El desarrollo de este proyecto está enfocado en una interfaz diseñada para el monitoreo y gestión de invernaderos a través de Python. La interfaz permitirá a los usuarios observar datos ambientales, como temperatura y humedad, junto con imágenes de las plantas para evaluar su estado. Además, incorpora herramientas avanzadas de segmentación de imágenes tanto en la parte de umbralización por coloración para identificar y analizar problemas de salud como la parte del análisis de características morfológicas, permitiendo calcular el área, resaltar la forma y la orientación.

Otra funcionalidad clave en el desarrollo es el análisis de imágenes térmicas, lo que permite evaluar la distribución de temperatura en las plantas para detectar signos de estrés hídrico, enfermedades o deficiencias nutricionales. El sistema integra una base de datos que almacena tanto los datos ambientales como las imágenes procesadas, facilitando la visualización de información histórica y el análisis mediante gráficos estadísticos.

El proyecto también incorpora procesamiento de video en vivo para capturar imágenes en tiempo real y aplicar segmentación de color, mejorando la identificación de problemas en las plantas. Con estas funcionalidades, el proyecto busca proporcionar una herramienta eficiente y fácil de usar para la gestión inteligente de invernaderos, promoviendo la toma de decisiones basada en datos y así aumentando la productividad para beneficio del usuario.

Abstract

The development of this project focuses on an interface designed for greenhouse monitoring and management using Python. The interface will allow users to observe environmental data, such as temperature and humidity, along with plant images to assess their condition. Additionally, it incorporates advanced image segmentation tools, including color-based thresholding to identify and analyze health issues, as well as morphological feature analysis, enabling the calculation of area, shape highlighting, and orientation detection.

Another key functionality in the development is thermal image analysis, which allows for the evaluation of temperature distribution in plants to detect signs of water stress, diseases, or nutritional deficiencies. The system integrates a database that stores both environmental data and processed images, facilitating historical data visualization and analysis through statistical graphs.

The project also incorporates real-time video processing to capture live images and apply color segmentation, enhancing problem identification in plants. With these features, the project aims to provide an efficient and user-friendly tool for smart greenhouse management, promoting data-driven decision-making and ultimately increasing productivity for the user's benefit.

Capítulo 1

1.1. Introducción

La optimización de recursos y el manejo eficiente de cultivos representan desafíos en la agricultura moderna. Los invernaderos son un medio de producción que ofrece un control más preciso sobre las condiciones ambientales, pero su supervisión requiere herramientas tecnológicas avanzadas que permitan detectar problemas de manera oportuna. Este proyecto desarrolla una interfaz en Python que emplea procesamiento de imágenes para evaluar el estado de las plantas, segmentando sus diferentes partes para analizar características morfológicas como área, forma y orientación.

Asimismo, la interfaz incorpora el análisis de imágenes térmicas para identificar variaciones de temperatura, lo que facilita la detección de estrés hídrico, enfermedades y otros factores que puedan afectar el desarrollo de los cultivos. Además, el sistema cuenta con una base de datos para almacenar tanto la información ambiental como las imágenes procesadas, permitiendo el acceso a datos históricos y su análisis mediante herramientas estadísticas. Con estas funcionalidades, la solución propuesta busca optimizar la gestión de invernaderos, proporcionando una herramienta innovadora para la toma de decisiones y promoviendo una agricultura más eficiente y sostenible.

1.2. Motivación

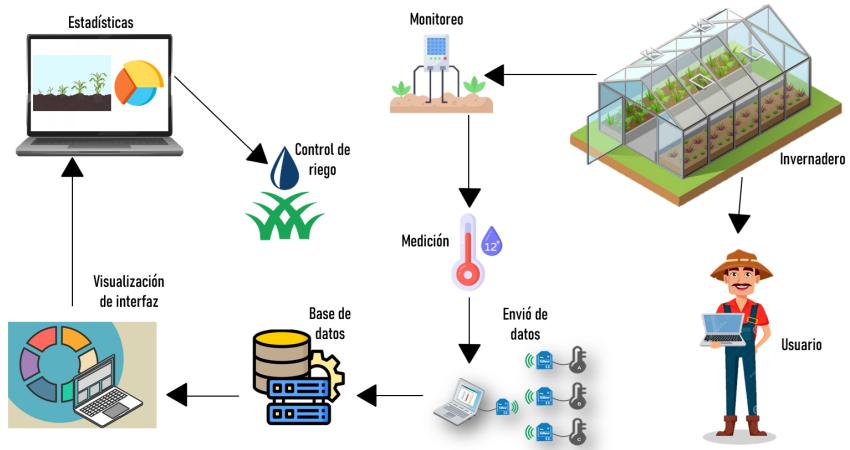


Figura 1.1: Diagrama de motivación del proyecto

En la figura 1.1. 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.

Representa la búsqueda de objetivos y puntos a lograr partiendo desde el interior del invernadero, lugar que será monitoreado con distintos sensores, y proporcionara 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.

1.3. Planteamiento del problema.

El manejo eficiente de cultivos en invernaderos requiere un monitoreo preciso de las condiciones ambientales y del estado de las plantas. Sin embargo, la falta de herramientas avanzadas para supervisar estos factores puede llevar a un uso ineficiente del agua, la proliferación de plagas y la detección tardía de enfermedades. Actualmente, muchas de las

evaluaciones se realizan de manera manual, lo que no solo es propenso a errores humanos, sino que también limita la capacidad de análisis en tiempo real. Por ello, es necesario desarrollar una solución tecnológica que automatice la captura y procesamiento de datos, permitiendo una supervisión más efectiva y una mejor toma de decisiones en la gestión agrícola.

1.4. Justificación

Al hacer uso del proyecto desarrollado se busca facilitar el monitoreo y análisis de los cultivos mediante herramientas de visión por computadora y análisis térmico. Al integrar herramientas de segmentación de imágenes el objetivo es ayudar a optimizar la gestión agrícola, reducir el desperdicio de recursos y mejorar la productividad de los cultivos mediante una toma de decisiones basada en datos más automatizados. Al adoptar esta tecnología, los agricultores podrán implementar prácticas más sostenibles y eficientes, asegurando un mejor rendimiento y calidad en sus cultivos.

1.5. Objetivo General

Desarrollar una interfaz en Python para el monitoreo y análisis de cultivos en invernaderos, integrando procesamiento de imágenes, segmentación térmica y análisis estadístico de datos ambientales, con el fin de optimizar la supervisión de las plantas y mejorar la toma de decisiones en la gestión agrícola.

1.6. Objetivos particulares

- Realizar la capacitación para el uso de una cámara térmica: Adquirir habilidades en el manejo de una cámara térmica para tomar fotografías de las plantas, con el propósito de realizar pruebas y validar el módulo de análisis térmico.
- Implementar segmentación de imágenes: Desarrollar un módulo de procesamiento de

imágenes que permita identificar y resaltar características morfológicas de los brotes y evaluar su estado de salud.

- Realizar análisis térmico: Integrar herramientas para el procesamiento de imágenes térmicas con el objetivo de detectar variaciones de temperatura en las plantas, identificando signos de enfermedades.
- Etiquetar regiones según temperatura: Integrar una funcionalidad que permita identificar y marcar zonas dentro de la imagen térmica según los rangos de temperatura detectados.
- Diseñar una interfaz intuitiva: Trabajar sobre el diseño del nuevo desarrollo para que se mantenga con un enfoque intuitivo y entendible para el uso del usuario.

1.7. Antecedentes

Proyecto: RIO

En Guanajuato la construcción de invernaderos a lo largo y ancho del estado es muy común con diferentes cultivos [1]. RIO es un proyecto en el que el principal objetivo es disminuir el consumo de agua en los sistemas de riego, así como, reducir costos de operación de estos, para lograr la meta se construirá un sistema embebido empleando microcontroladores, los cuales medirán temperatura del invernadero en diferentes puntos y a través de radiofrecuencias se creará una red multipunto implementando módulos xbee donde la cual las temperaturas obtenidas serán enviadas a un dispositivo central el cual procesará la información y activará el riego de forma automática.

En la figura 1.2 se muestra el diseño de la tarjeta electrónica desarrollada en este proyecto.

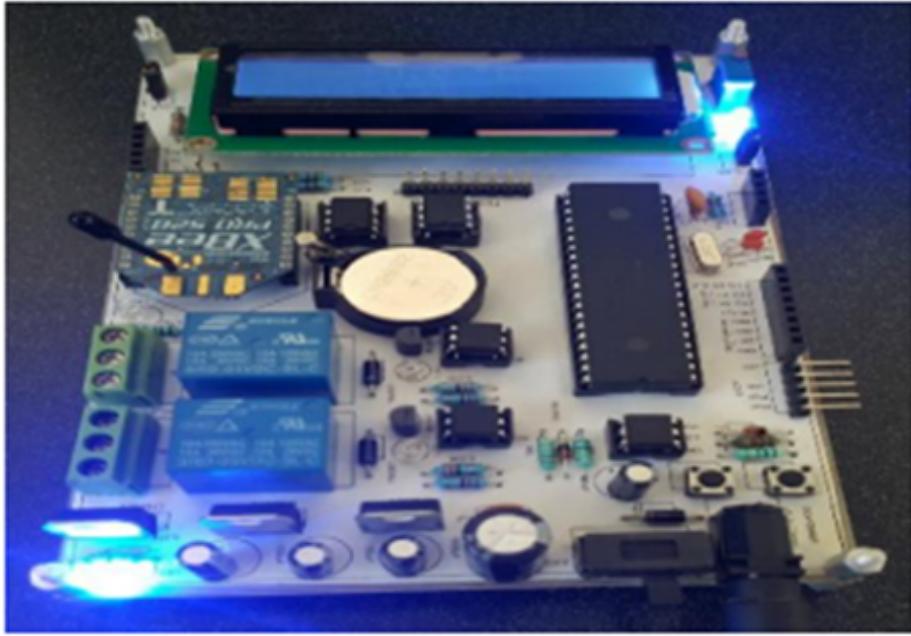


Figura 1.2: Tarjeta electrónica

Articulo:HEMS-IoT: A Big Data and Machine Learning-Based Smart Home System for Energy Saving

El artículo [?] demuestra que el IoT está modificando los entornos vitales de los ciudadanos al pasar de un hogar tradicional a un inteligente. En los hogares inteligentes, las personas pueden controlar, supervisar y gestionar el consumo de energía en función de su estilo de vida.

En este artículo se presenta una revisión de trabajos relacionados con iniciativas IoT para la eficiencia energética en hogares inteligentes. Fue prestada especial atención a aquellas iniciativas que utilizan machine learning y big data. El IMS se diseñó con software y hardware de código abierto para poder extenderse en el contexto IoT.

Internet of Things in Greenhouse Agriculture: A Survey on Enabling Technologies, Applications, and Protocols

El invernadero es una de las formas sostenibles de agricultura inteligente, se considera como un método alternativo para superar la crisis alimentaria que se genera debido al elevado crecimiento demográfico el cambio climático y la contaminación ambiental. La figura 1.4 es

una muestra de como el usuario puede utilizar un dispositivo inteligente para controlar su hogar desde cualquier lugar y en cualquier momento.



Figura 1.3: Colaboration point

Capítulo 2

2.1. Marco teórico

Segmentación de imágenes de plantas

Es un proceso clave en el análisis de imágenes, ya que permite dividir una imagen en diferentes regiones que corresponden a distintos objetos o partes de un objeto. En el caso de las plantas, la segmentación puede ayudar a separar las hojas, tallos, raíces y otras estructuras, lo que facilita el análisis posterior. Existen diversas técnicas de segmentación, como el umbralización, la segmentación basada en contornos como se observa en la figura 2.1, y los enfoques basados en redes neuronales [2].

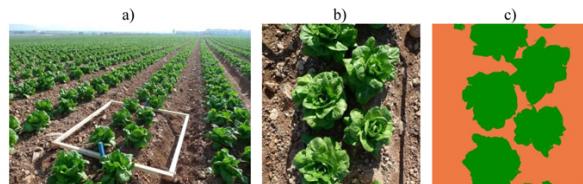


Figura 2.1: Imagen representativa de segmentación de imágenes de

Análisis de imágenes térmicas

Se refiere a la medición de la temperatura de las distintas partes de la planta mediante cámaras térmicas como se muestra en la figura 2.2. Este tipo de análisis es crucial para detectar estrés hídrico, enfermedades y otros factores que puedan afectar la salud de la planta. Las cámaras térmicas permiten observar variaciones de temperatura en las plantas, que pueden ser indicativas de procesos fisiológicos anormales [3].

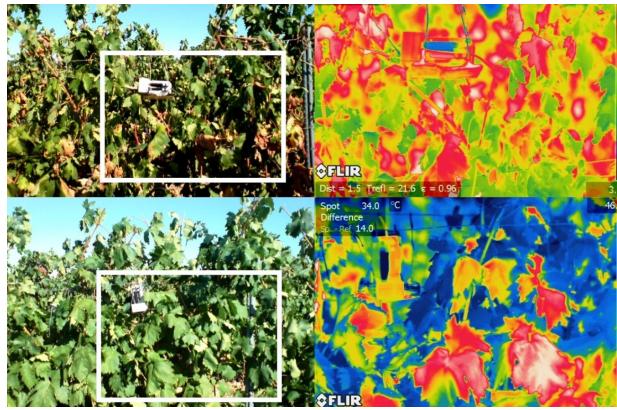


Figura 2.2: Imagen representativa análisis térmico sobre plantíos

Análisis de características morfológicas

Este análisis permite entender el crecimiento de la planta, la salud de sus partes y cómo están distribuidas en el espacio. El área de los contornos y la orientación pueden ayudar, por ejemplo, a identificar la inclinación de una hoja hacia la luz o la distribución de las raíces en el suelo [4].

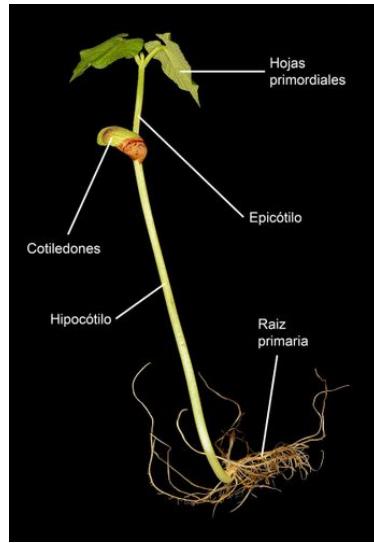


Figura 2.3: Imagen representativa de características morfológicas de una planta

Invernaderos

Los invernaderos son estructuras diseñadas para cultivar plantas en un ambiente controlado, lo que permite extender la temporada de crecimiento y mejorar los rendimientos. Existen varios tipos de invernaderos, como los de tipo túnel, los de vidrio y los de policarbonato [5],

en la figura 2.4 se observa una imagen de un invernadero de ejemplo.



Figura 2.4: Imagen representativa de invernadero

Condiciones ambientales

Importancia de la temperatura y la humedad en el crecimiento de las plantas: La temperatura y la humedad son factores cruciales que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Condiciones óptimas son necesarias para maximizar la fotosíntesis y minimizar el estrés hídrico [6].

Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes implica la manipulación y análisis de imágenes digitales para extraer información útil. Se utiliza en la agricultura para detectar plagas y evaluar la salud de las plantas o frutos. [7], en la figura 2.5 se colocó una imagen representativa donde se aplica procesamiento de imágenes a una fotografía.



Figura 2.5: Imagen representativa de procesamiento de imagen

Bases de datos

Las bases de datos permiten almacenar y gestionar grandes volúmenes de datos ambientales, facilitando el análisis y la toma de decisiones en la agricultura [8], en la figura 2.6 se puede observar una imagen representativa de una base de datos.

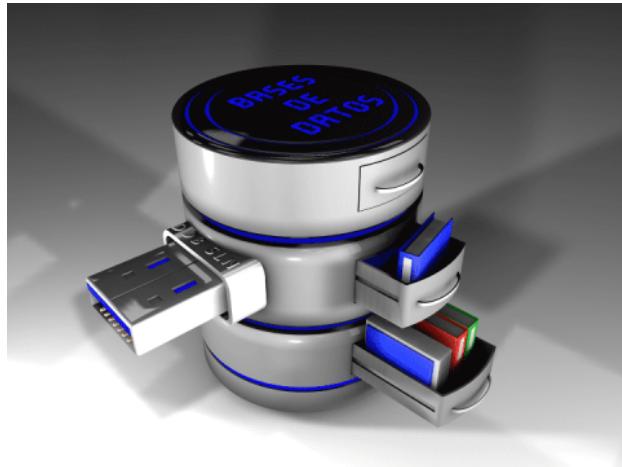


Figura 2.6: Imagen representativa de base de datos

Análisis estadístico

La estadística descriptiva se utiliza para resumir y analizar datos, proporcionando información valiosa a los agricultores sobre el rendimiento de los cultivos y las condiciones ambientales [9], en la figura 2.7 se colocó una imagen representativa de análisis estadístico.



Figura 2.7: Imagen representativa de análisis estadístico

Agricultura sostenible

La agricultura sostenible busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la ca-

pacidad de futuras generaciones. Promueve prácticas que preserven los recursos naturales y minimicen el impacto ambiental [10], en la figura 2.8 se observa una imagen representativa de el tema en agricultura sostenible.



Figura 2.8: Imagen representativa de agricultura sostenible

Interfaz de usuario

Un diseño de interfaz como se muestra en la figura 2.6 efectivo es crucial para la usabilidad de cualquier aplicación. Debe ser intuitivo y centrado en el usuario para facilitar la interacción [11].



Figura 2.9: Imagen representativa de interfaz gráfica de usuario

Sensores y Tecnología IoT

Los sensores son dispositivos que permiten medir condiciones ambientales, como temperatura y humedad. La tecnología IoT facilita la recopilación y transmisión de estos datos en tiempo real [12].

Cámara Térmica

Para el presente desarrollo se ha utilizado la cámara de imagen térmica Hikmicro M11, es una cámara de imagen térmica resistente y duradera capaz de producir imágenes en videos en varios entornos industriales. Con una resolución IR de 192 x 144 (27.144 píxeles) y un rango de medición de temperatura de -20 a 550 C y una precisión de 2 grados. Una pantalla táctil LED de 3,5 pulgadas muestra resultados de medición claros con el nivel y el intervalo de 1 toque, lo que permite a los usuarios resaltar rápidamente un área de interés al reducir el intervalo con un toque de la pantalla, proporcionando un contraste de imagen mejorado y resaltando cualquier problema potencial, como la que se muestra en la figura 2.10 .



Figura 2.10: Cámara térmica

Capítulo 3

3.1. Desarrollo

En la figura 3.1 se presenta el diagrama de flujo desarrollado para la construcción del proyecto de la interfaz gráfica.

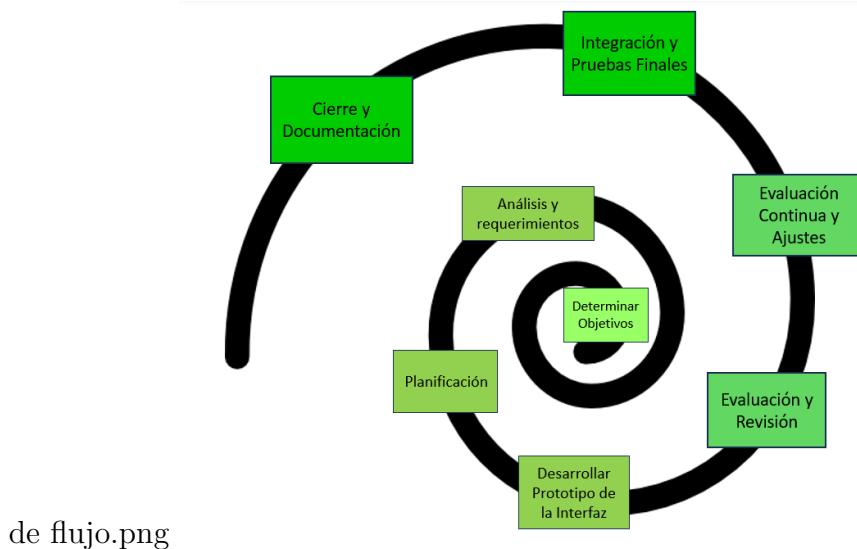


Figura 3.1: Diagrama de flujo en espiral

En la primera sección 3.2 se presenta el desarrollo llevado a cabo durante el primer cuatrimestre de desarrollo de la interfaz en el cual se desarrollo la interfaz en el IDE de Netbeans mediante programación en Java. En la segunda sección de desarrollo se presenta el avance y desarrollo del proyecto durante el segundo cuatrimestre en el cual se desarrollo y migró la interfaz a Python.

3.2. Sección 1

Para la creación de dicha interfaz se tomo en cuenta la ventaja de utilizar el IDE Netbeans para su desarrollo debido a que este es un software libre y esto beneficiaria a la parte de costos y accesibilidad. En la figura 3.2 se expone el logo del IDE de desarrollo.



Figura 3.2: IDE Netbeans

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 3.3 y de igual forma en la figura 3.4 se muestra un ejemplo de los datos almacenados en la base de datos enlazada con la ventana.



Acceso.png

Figura 3.3: Ventana de acceso a la Interfaz Katsi-s

```

mysql> use registro;
Database changed
mysql> select *from usuario;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Id | Nombre | ApellidoP | ApellidoM | Usuario | Contrasena |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 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)

```

Registro.png

Figura 3.4: Base de datos Registro

La siguiente ventana a la que se accede desde el login es la de Menú principal, en esta se encuentran 4 ventanas en las que se desarrollaran las opciones de datos y/o información que el usuario desee consultar y visualizar. En la figura 3.5 se puede observar la presentación de la ventana de Menú principal.



Figura 3.5: Ventana de Menú principal

Finalizando con el avance del desarrollo de la interfaz se presenta en la figura 3.6 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 desarollo 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 3.7 se muestran los datos insertados en la base de datos en la que se creo el enlace con la ventana.



Figura 3.6: 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
2022-05-12 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
2022-05-16 00:00:00	Temperatura	22	NULL	Sensor T
2022-05-16 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	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	80		Sensor H
2022-05-22 00:00:00	Humedad	80		Sensor H
2022-05-24 00:00:00	Humedad	NULL	88	Sensor H
2022-05-25 00:00:00	Humedad	NULL	81	Sensor H
2022-05-25 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
2022-06-01 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 3.7: Base de datos BDInvernadero

3.3. Sección 2

Para el desarrollo del proyecto en el segundo cuatrimestre de desarrollo del proyecto 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 3.8 se muestra la ventana principal del Login.



Figura 3.8: 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 3.11 se visualiza la ventana de menú principal realizada en Python.



Figura 3.9: Ventana de Menú Principal

3.4. Sección 3

Para el desarrollo del proyecto en el tercer cuatrimestre, se realizó lo siguiente.



Figura 3.10: Login de la interfaz

La ventana inicial de la interfaz es el login, si los datos en los campos de usuario y contraseña son correctos se realiza la validación con la base de datos y si coincide permite el acceso a la ventana de menú principal.



Figura 3.11: Ventana de Menú Principal



Figura 3.12: Ventana de visualización de datos

La ventana de visualización de datos 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.

visualización de datos				
fecha	invernadero	temperatura	humedad	
1 2024-07-01	invernadero2	20	80	
2 2024-07-01	invernadero2	20	80	
3 2024-07-01	invernadero2	21	72	
4 2024-07-01	invernadero2	22	83	
5 2024-07-01	invernadero2	20	85	
6 2024-07-01	invernadero3	21	85	
7 2024-07-01	invernadero3	21	85	
8 2024-07-01	invernadero2	21	80	
9 2024-07-02	invernadero2	22	83	
10 2024-07-03	invernadero2	21	85	
11 2024-07-04	invernadero2	21	84	
12 2024-07-01	invernadero2	21	75	
13 2024-07-12	invernadero2	21	75	
14 2024-07-13	invernadero3	20	78	
15 2024-07-15	invernadero3	20	81	
16 2024-07-16	invernadero2	20	82	
17 2024-07-17	invernadero2	21	80	

Figura 3.13: 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.

visualización de datos				
fecha	invernadero	temperatura	humedad	
1 2024-07-01	invernadero2	20	80	
2 2024-07-01	invernadero2	20	80	
3 2024-07-01	invernadero2	21	80	
4 2024-07-01	invernadero2	21	75	

Figura 3.14: Visualización de datos



Figura 3.15: Procesamiento de imagen

En esta ventana 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 segmentación de imagen para seleccionar ciertas áreas con un cierto rango de coloración.



Figura 3.16: Gráficos de estadística

Esta última ventana 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.

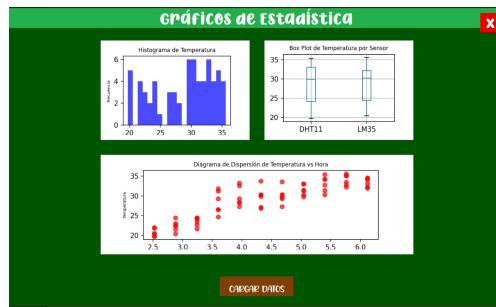


Figura 3.17: Gráficos de estadística

3.5. Sección 4

Durante el cuarto cuatrimestre de desarrollo se actualizo principalmente el diseño en toda la interfaz, la paleta de colores, la fuente, el botón de salida. En la figura 3.18 se muestra la ventana de login con las actualizaciones y en la figura 3.19 el campo para texto de la contraseña, que se configuro como no visible.



Figura 3.18: Ventana Login actualizada



Figura 3.19: Campo de texto para la contraseña

Como siguiente parte para el menú principal se actualizó en cuestión de diseño en la siguiente figura se muestra el resultado de la ventana.



Figura 3.20: Menú principal actualizado

Para la ventana de la opción "Base de datos", se trabajo en tres partes, la principal presentada en la figura 3.21 es el menú para seleccionar la opción que el usuario desea, al seleccionar la primera opción se abre la ventana que muestra datos de texto en una tabla, en la figura 3.21 se muestra la mencionada y en está los cambios fueron aplicados en el tema de diseño.



Figura 3.21: Menú de opciones para visualización de base de datos



Figura 3.22: Ventana para visualización de datos actualizada

La otra opción de base de datos es una ventana presentada en la figura 3.23 que toma los datos almacenados en una base de datos y los muestra en una tabla con imágenes, se configuró para que al hacer clic para seleccionar alguna de las imágenes mostradas en la tabla se abra la tercera parte de desarrollo, es una ventana que toma los datos de imagen y texto de la seleccionada y los muestra.

Visualización Datos De Imagen					
ID	Nombre	Identificador	Imagen	Observaciones	Recomendaciones
1_1	Brote	200		No hay	Ninguna
2_2	Brote original	200		No hay	Ninguna
3_3	Planta	200		No hay observaciones	Ninguna
4_4	Planta original	200		No hay	No hay

Figura 3.23: Ventana de visualización de datos para imágenes

La ventana presentada en la figura 3.24 es la de procesamiento de imágenes, principalmente se actualizó la parte de diseño y en funcionalidad se agregó un botón, para guardar la imagen en una base de datos, 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 3.25 se presenta la ventana para guardar en la base de datos.

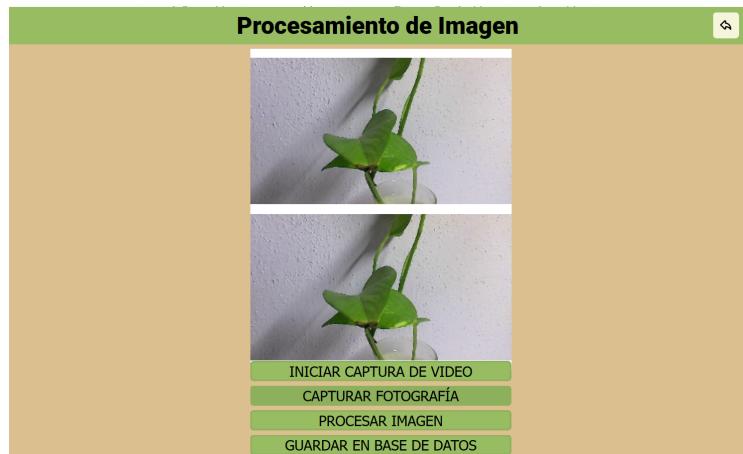


Figura 3.24: Ventana de procesamiento de imagen actualizada

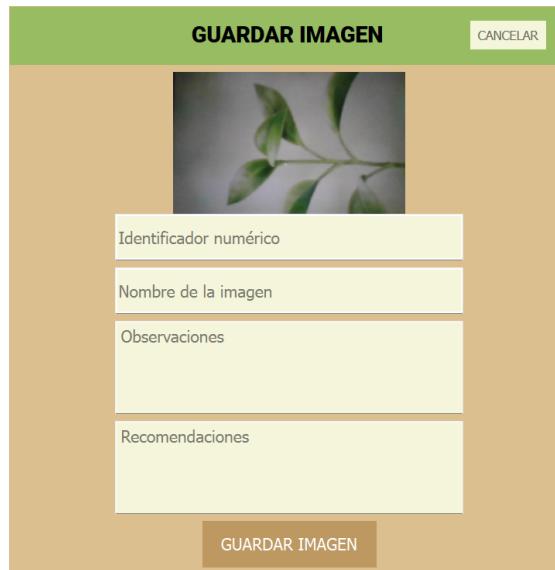


Figura 3.25: Ventana para guardar imagen en la base de datos

Se modificó la opción de procesar la imagen para que al dar clic se abra la ventana mostrada en la figura 3.26 que presenta un menú con tres opciones de segmentación por color para elegir y procesar la imagen, en esta ventana igualmente esta la opción para poder guardar en la base de datos.



Figura 3.26: Ventana de procesamiento de la imagen con opciones de segmentación

Se colocó el campo de identificador numérico para que el usuario guarde la fotografía capturada originalmente y además una fotografía procesada con el mismo identificador numérico para relacionarlas en los datos guardados.



Figura 3.27: Ventana para guardar imagen en la base de datos

En la ventana para visualizar los datos de estadística se actualizó el diseño, el resultado se observa en la figura 3.28.

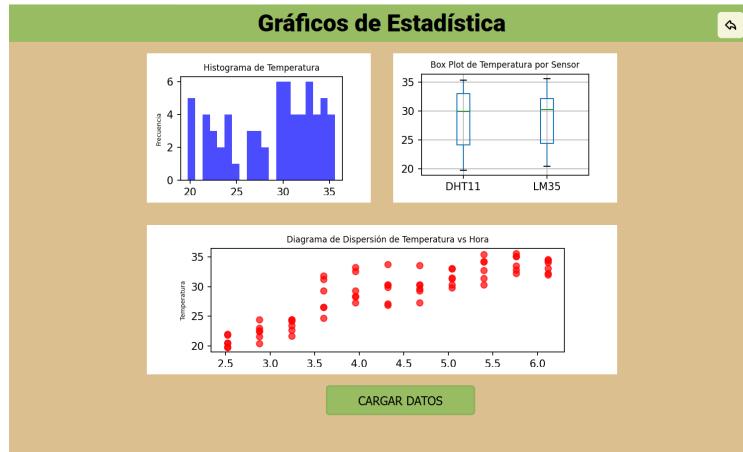


Figura 3.28: Ventana para guardar imagen en la base de datos

La ultima ventana desarrollada muestra una gráfica de datos tomados en tiempo real de un sensor DHT11 que mide temperatura y humedad a la vez.

3.6. Sección 5

Actualmente para el desarrollo se plantea el uso de una cámara térmica para trabajar con imágenes térmicas de plantas y aplicar segmentación, este trabajo es enfocado a la búsqueda de una mejor producción con mejor calidad, ya que al trabajar con estas características en complemento con su morfología se pueden detectar a tiempo enfermedades o deficiencias.

Para comenzar con el desarrollo de la ventana se establecieron ideas clave, principalmente al investigar opciones de librerías y procesamientos se optó por utilizar Plant CV v2, para enfocarse en la parte de segmentación para identificar y segmentar las plantas, analizar las características morfológicas calculando diferentes características como el área, la forma y la orientación de la planta y hacer el análisis de imágenes térmicas para estudiar la distribución de temperatura en las plantas.

Al inicializar la ventana aparece una opción para cargar la imagen, esto se observa en la figura 3.29, al dar clic en la opción deja cargar un archivo de imagen desde el almacenamiento y en caso de no poder cargar la imagen, muestra un mensaje de error.

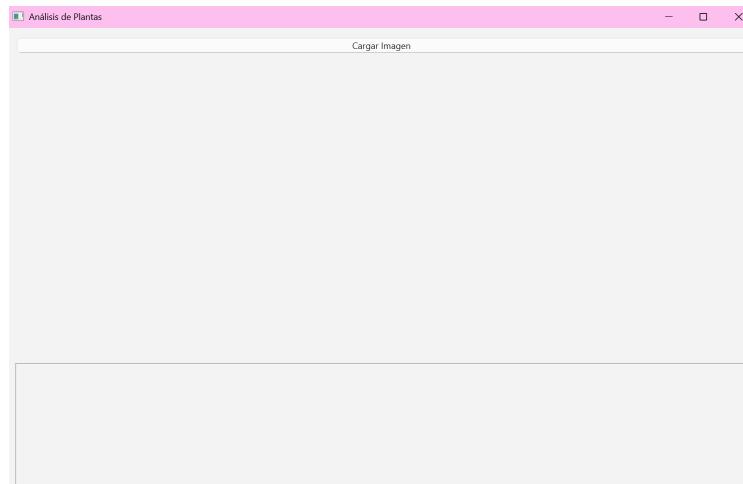


Figura 3.29: Ventana para análisis de plantas, opción de carga de imagen

Como al hacer la carga de imagen se carga con OpenCV en formato BGR, posteriormente esta se convierte al campo del espacio RGB, que es el formato estándar para la visualización.



Figura 3.30: Visualización de la imagen en formato RGB

Posteriormente a la imagen en RGB se hace la conversión a escala de grises usando el canal a del espacio de color LAB. Luego se usa el método de umbralización para separar la imagen en objetos, resultando en una imagen binaria donde los objetos se destacan del fondo.



Figura 3.31: Conversión en escala de grises para separación entre fondo y plantas

Para la segmentación y análisis de contornos principalmente se encuentran los contornos de los objetos en la imagen binaria y para cada contorno detectado se calcula el área, el perímetro y la orientación de los objetos.

Área: 11.00 px ²
Perímetro: 15.66 px
Orientación: 50.99285125732422

Área: 0.00 px ²
Perímetro: 2.00 px
Orientación: No disponible (contorno pequeño)

Área: 7.00 px ²
Perímetro: 10.83 px

Figura 3.32: Segmentación y análisis de contornos en plantas

Si la imagen cumple, se carga y el proceso es aplicado correctamente se muestra un mensaje emergente que indica que el análisis ha finalizado.

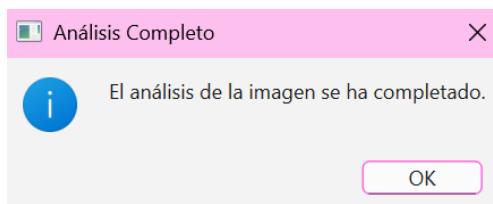


Figura 3.33: Mensaje de finalización

Capítulo 4

4.1. Resultados

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.



Figura 4.1: Ventana de detalles de la imagen seleccionada

En la parte de la ventana de procesamiento existen 3 opciones de segmentación, en las figuras 3.30, 3.31 y 3.32 se muestran los resultados de la segmentación de la imagen para cada opción con una fotografía de ejemplo.

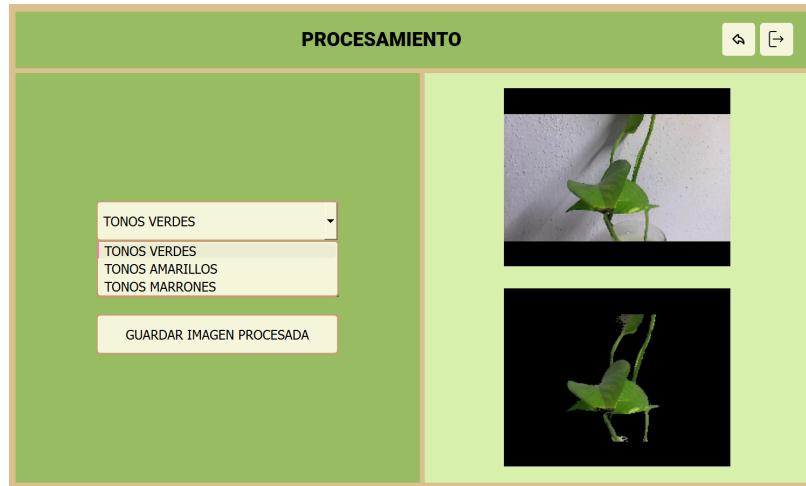


Figura 4.2: Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos verdes



Figura 4.3: Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos amarillos



Figura 4.4: Ventana de procesamiento de la imagen aplicando segmentación por tonos marrones

Finalmente en la figura 3.33 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 3.34 los datos que se muestran en el output, cada uno de estos datos se toma cada segundo y son cada punto graficado.

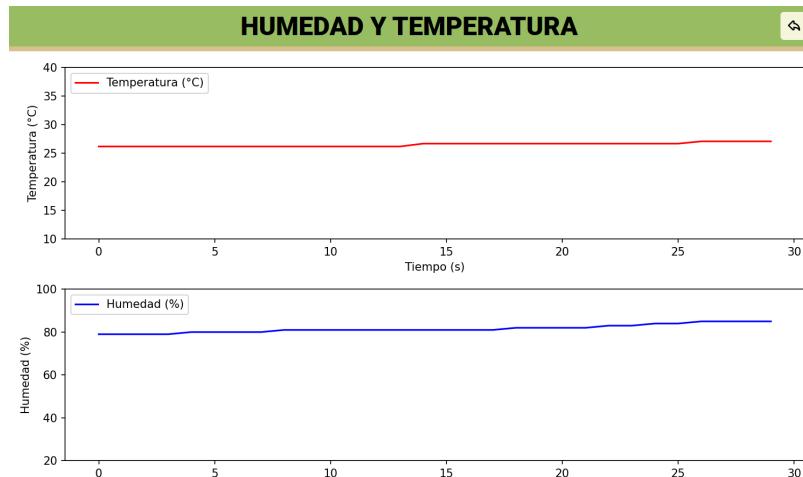


Figura 4.5: Ventana de gráfica de datos del sensor DHT11



The image shows a terminal window with four tabs at the top: PROBLEMS, OUTPUT (which is selected), DEBUG CONSOLE, and TERMIN. The terminal displays a series of data entries under the heading "Datos recibidos:" followed by coordinates (longitude, latitude) in decimal degrees. The data is as follows:

```
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: 27.60,87.00
Datos recibidos: 27.60,87.00
Datos recibidos: 27.60,87.00
```

Figura 4.6: Resultados en el output de los datos leídos del sensor

4.2. 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 4.7 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 4.7: Pantalla de 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 4.8 muestra una visualización de la pantalla.

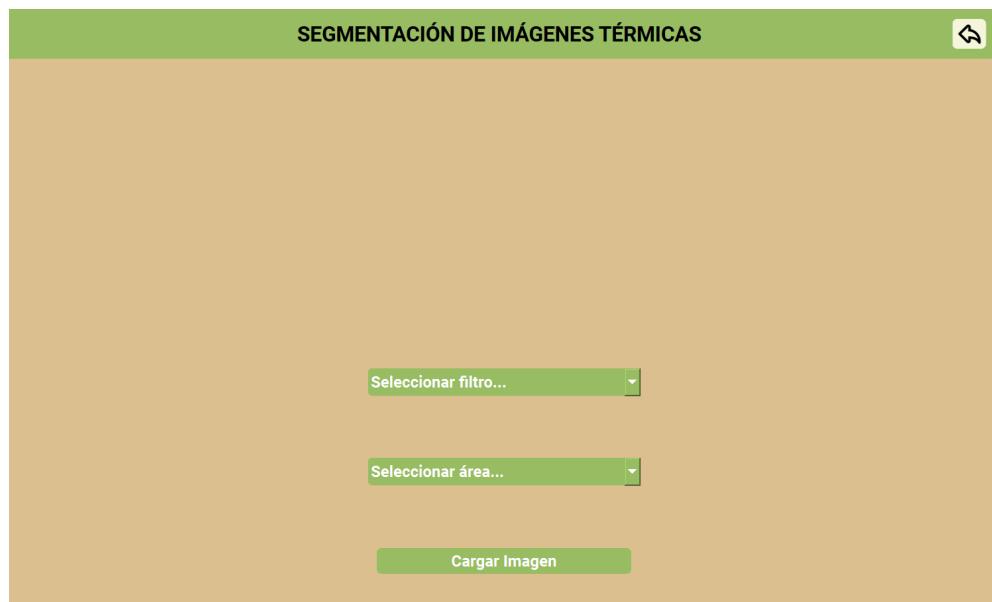


Figura 4.8: Segmentación de imágenes térmicas

Posteriormente, ya que el usuario selecciono la imagen térmica a procesar, puede elegir el filtro que requiera aplicar, todo con la idea de poder realizar segmentaciones simples

de resultado de colores, como el caso de algoritmos de umbralización, dicha actividad se muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9: Selección del filtro a aplicar.

La siguiente figura 4.10 describe la aplicación del filtro seleccionado, que para este caso será el área de zonas térmicas templadas.



Figura 4.10: 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 4.11.



Figura 4.11: Aplicación de la selección de Contorno

4.3. Diseño de Aplicación

Para complementar la interfaz de escritorio se procede al desarrollo de una aplicación que sirva de apoyo móvil a la interfaz 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 4.12.

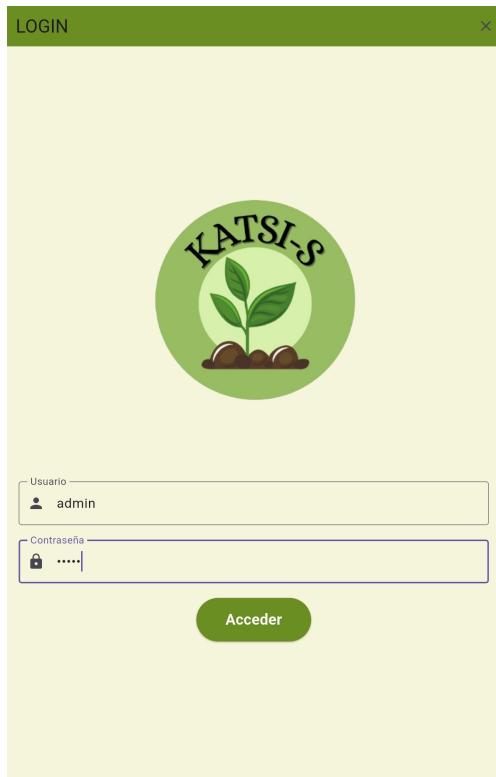


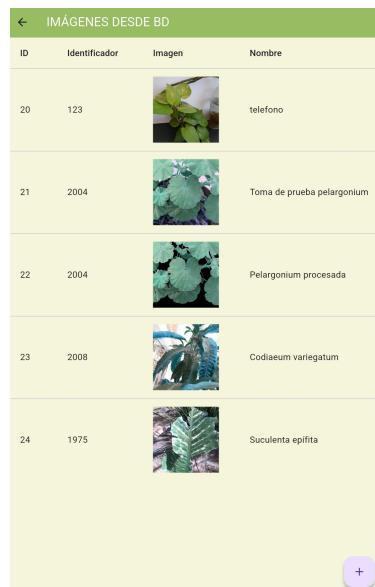
Figura 4.12: Pantalla Principal App.

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 4.13.



Figura 4.13: Segunda Pantalla de la App

Si se desea ingresar en el apartado que dice Imágenes desde DB se mostrará la imagen de la figura 4.14, 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.



The image shows a table titled "IMÁGENES DESDE BD" with a back arrow icon at the top left. The table has four columns: "ID", "Identificador", "Imagen", and "Nombre". There are five rows of data:

ID	Identificador	Imagen	Nombre
20	123		telefono
21	2004		Toma de prueba pelargonium
22	2004		Pelargonium procesada
23	2008		Codiaeum variegatum
24	1975		Succulenta epifta

Figura 4.14: Imágenes Guardadas en la Base de Datos

La figura 4.15 muestra la descripción de cada una de las imágenes previamente almacenadas.

IMÁGENES DESDE BD		
Observaciones	Recomendaciones	Acciones
Color y textura uniforme, sin signos de manchas sequedad o plagas lo que indica un buen estado.	Limpiar ocasionalmente los restos de polvo y suciedad para favorecer la fotosíntesis y prevenir problemas.	
Presenta un aparente estado de salud óptimo	Sin recomendaciones	
Muestra signos de estrés y deficiencia de nutrientes, tiene 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.	
Muestra bordes secos y manchas blancas indicando estrés por sol, sequedad y posiblemente plaga.	Se recomienda ubicarla en luz filtrada, regar moderadamente, limpiar las hojas y aumentar el insecticida orgánico.	

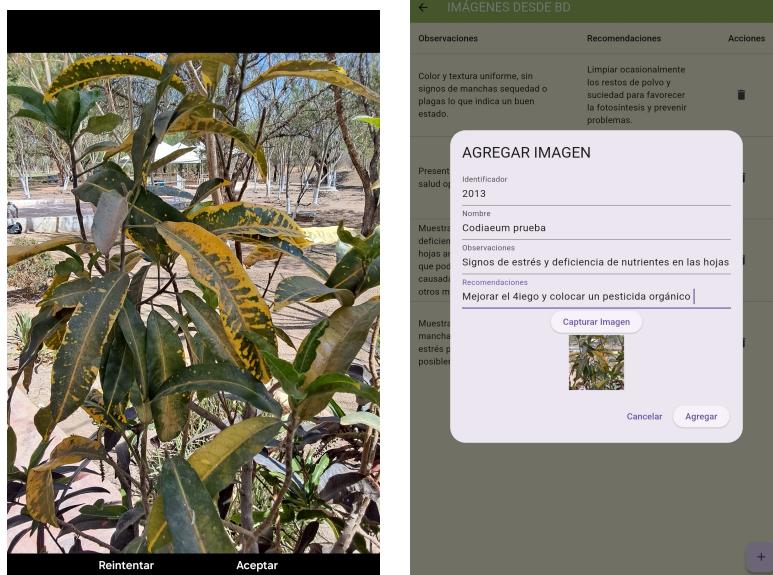
Figura 4.15: Información de las imágenes guardadas en la Base de Datos

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 4.16.



Figura 4.16: Toma de imagen

La figura 4.17(a) 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 4.17(b).



(a) Ejemplo de planta.

(b) Descripción de características

Figura 4.17: 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 4.18(a), así mismo, será posible filtrar la información por fechas, como es visualizado en la imagen 4.18(b) y al mismo tiempo agregar datos nuevos de mediciones como se describe en la figura 4.18(c).

VISUALIZACIÓN DE DATOS DESDE BD			
Fecha	Invernadero	Temperatura(°C)	Humedad(%)
2024-12-03	Invernadero 1	22.50	60.30
2024-01-05	Invernadero 1	22.30	65.10
2024-01-10	Invernadero 2	21.70	70.30
2024-01-15	Invernadero 1	23.10	60.80
2024-01-20	Invernadero 3	24.50	55.00
2024-01-25	Invernadero 2	20.40	72.10
2024-01-30	Invernadero 1	22.60	67.20
2024-02-02	Invernadero 3	21.80	69.50
2024-02-07	Invernadero 2	19.90	75.60
2024-02-12	Invernadero 1	23.40	62.30
2024-02-17	Invernadero 3	22.20	68.70
2024-02-22	Invernadero 1	24.00	60.10
2024-02-27	Invernadero 2	21.50	71.40
2024-03-03	Invernadero 3	20.80	74.20
2024-03-08	Invernadero 1	23.30	63.50
2024-03-13	Invernadero 2	22.90	66.80
2024-03-18	Invernadero 3	21.10	73.40
2024-03-23	Invernadero 1	24.20	59.90
2024-03-28	Invernadero 2	19.60	77.10

(a) Mediciones de sensores.

VISUALIZACIÓN DE DATOS DESDE BD			
Fecha	Invernadero	Temperatura(°C)	Humedad(%)
2024-12-03	Invernadero 1	22.50	60.30
2024-01-05	Invernadero 1	22.30	65.10
2024-01-10	Invernadero 2	21.70	70.30
2024-01-15	Invernadero 1	23.10	60.80
2024-01-20	Invernadero 3	24.50	55.00
2024-01-25	Invernadero 2	20.40	72.10
2024-01-30	Invernadero 1	22.60	67.20
2024-02-02	Invernadero 3	21.80	69.50
2024-02-07	Invernadero 2	19.90	75.60
2024-02-12	Invernadero 1	23.40	62.30
2024-02-17	Invernadero 3	22.20	68.70
2024-02-22	Invernadero 1	24.00	60.10
2024-02-27	Invernadero 2	21.50	71.40
2024-03-03	Invernadero 3	20.80	74.20
2024-03-08	Invernadero 1	23.30	63.50
2024-03-13	Invernadero 2	22.90	66.80
2024-03-18	Invernadero 3	21.10	73.40
2024-03-23	Invernadero 1	24.20	59.90

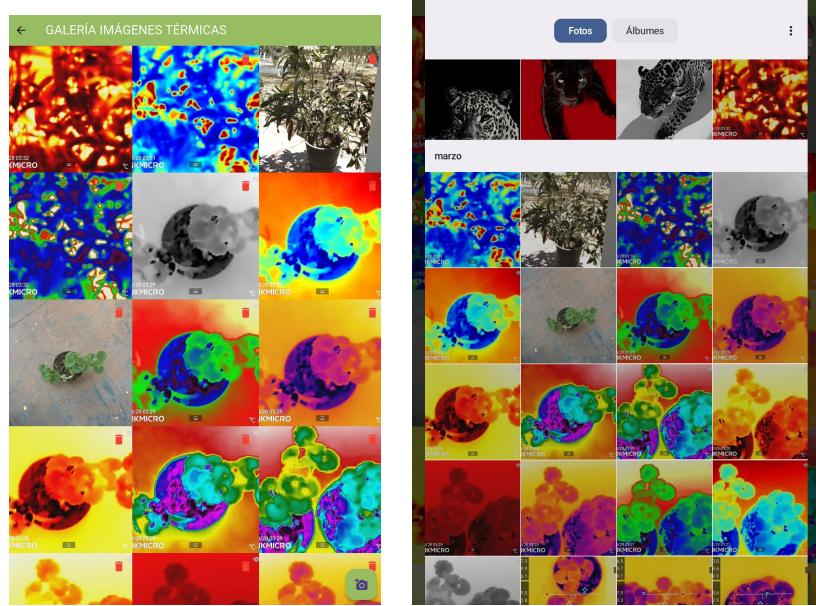
(b) Visualización por fecha

VISUALIZACIÓN DE DATOS DESDE BD			
Fecha	Invernadero	Temperatura(°C)	Humedad(%)
2024-12-03	Invernadero 1	22.50	60.30
2024-01-05	Invernadero 1	22.30	65.10
2024-01-10	Invernadero 2	21.70	70.30
2024-01-15	Invernadero 1	23.10	60.80
2024-01-20	Invernadero 3	24.50	55.00
2024-01-25	Invernadero 2	20.40	72.10
2024-01-30	Invernadero 1	22.60	67.20
2024-02-02	Invernadero 3	21.80	69.50
2024-02-07	Invernadero 2	19.90	75.60
2024-02-12	Invernadero 1	23.40	62.30
2024-02-17	Invernadero 3	22.20	68.70
2024-02-22	Invernadero 1	24.00	60.10
2024-02-27	Invernadero 2	21.50	71.40
2024-03-03	Invernadero 3	20.80	74.20
2024-03-08	Invernadero 1	23.30	63.50
2024-03-13	Invernadero 2	22.90	66.80
2024-03-18	Invernadero 3	21.10	73.40
2024-03-23	Invernadero 1	24.20	59.90

(c) Agregar nuevos datos

Figura 4.18: Visualización y análisis de datos

El último botón 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 4.19(a) y 4.19(b).



(a) Ejemplos de imágenes térmicas

(b) Ejemplos de imágenes almacenadas

Figura 4.19: Botón de imágenes térmicas

Capítulo 5

5.1. Conclusiones y trabajo futuro

5.1.1. 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 ícono 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 segmentación 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.

5.1.2. Trabajo 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 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.

Bibliografía

- [1] 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.
- [2] R. C. González and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. New Jersey, USA: Pearson, 2008.
- [3] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*. London, UK: Academic Press, 1982.
- [4] J. M. Peña and J. M. Navas, “Thermal imaging for plant stress diagnosis,” *Journal of Experimental Botany*, vol. 69, no. 11, pp. 2749–2760, June 2018.
- [5] L. D. Albright, *Greenhouses: Advanced Technology for Controlled Environment Horticulture*. Horticulture Publications, 2005.
- [6] 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.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. Pearson, 2018.
- [8] C. J. Date, *An Introduction to Database Systems*. Addison-Wesley, 2004.
- [9] S. Siegel and N. J. Castellan, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw-Hill, 1988.
- [10] J. Pretty, “Agriculture and food systems in a changing climate,” *Nature*, vol. 455, no. 7214, pp. 1153–1154, 2008.
- [11] B. Shneiderman and C. Plaisant, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson, 2010.
- [12] 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.