

**Desarrollo de una Plataforma Web con Inteligencia Artificial para el Monitoreo y Control de  
Condiciones Micro climáticas en el Invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta,  
Facatativá**

**AUTOR(ES)**

Diego Fernando Angarita Balza

Nelson Gabriel Cárdenas Gómez

**DIRECTOR**

Ing. John Monzaide Álvarez Cely

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería de Sistemas**

Facatativá, mayo de 2025

**Desarrollo de una Plataforma Web con Inteligencia Artificial para el Monitoreo y Control  
de Condiciones Microclimáticas en el Invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta,  
Facatativá**

**AUTOR(ES)**

**Diego Fernando Angarita Balza**

**Nelson Gabriel Cárdenas Gómez**

**Director: Ing. John Monzaide Álvarez Cely**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería de Sistemas**

**Facatativá, mayo de 2025**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de grado a nuestras familias, que con tiempo y dedicación nos han estado apoyando durante todo este proceso, este trabajo es un tributo a la colaboración, paciencia y comprensión que nos han brindado durante todo el proceso académico.

A nuestros amigos y compañeros, presentes y pasados, quienes durante estos años hemos compartido experiencias y conocimientos sin esperar algo a cambio, con quienes compartimos alegrías y tristezas, y no obstante al final del día, nos seguíamos apoyando para seguir adelante.

A Dios, quien nos ha apoyado en los momentos más difíciles quien al final nos mostró el camino a seguir, quien creyó en nosotros, concediéndonos el don de la vida y del conocimiento para poder lograr este trabajo de grado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a nuestro director el Ingeniero John Álvarez, por su apoyo y orientación constante durante todo el proceso de investigación, su experiencia como también su paciencia han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros de carrera, por su compañía, experiencia y conocimientos, hicieron de este camino una historia enriquecedora y llevadera. Gracias por las largas horas de discusión y trabajo, y gracias a aquellos que estuvieron con nosotros hasta el final.

A la universidad de Cundinamarca, que nos acogió como sus estudiantes, quien nos brindó el entorno y los conocimientos necesarios para culminar este proceso, sin esto, este proyecto no habría sido posible.

A la secretaria del programa, quien sin su ayuda este proceso hubiera sido mucho más largo y que gracias a su ayuda logramos terminar esta historia.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de alguna u otra manera, contribuyeron a la culminación de todo este proceso, su apoyo, aunque no siempre visible, fue esencial para alcanzar este logro.

## COMPROMISO DE AUTOR

Yo, **Nelson Gabriel Cárdenas Gómez** con célula de ciudadanía No. **1003640436** y con cód. **461220215** estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas

Firma



---

## COMPROMISO DE AUTOR

Yo, **Diego Fernando Angarita Balza** con célula de ciudadanía No. **1010132116** y con cód. **461220202** estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas

Firma



---

## RESUMEN

El presente proyecto persigue la implementación de un sistema digital con capacidades cognitivas artificiales destinado al seguimiento y regulación de parámetros microambientales en el recinto de cultivo protegido perteneciente a la institución educativa Policarpa Salavarrieta ubicada en el municipio de Facatativá. Esta propuesta emerge como respuesta estratégica ante la necesidad de sustituir un sistema externo de Internet de las Cosas cuya continuidad resultó económicamente inviable para el establecimiento educativo. Mediante la incorporación de dispositivos de sonorización ambiental vinculados a una infraestructura tecnológica de desarrollo propio, se pretende maximizar la eficiencia en la utilización de recursos hídricos, disminuir los costes de funcionamiento y potenciar el rendimiento productivo de los cultivos.

La arquitectura del sistema contempla una interfaz de visualización digital que permite el acceso a información instantánea y series temporales de indicadores críticos como temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica. Adicionalmente, la integración de algoritmos de inteligencia artificial posibilita la generación automatizada de directrices operativas y la adaptación dinámica de los parámetros de control en función de las variaciones ambientales detectadas. Este enfoque no solo garantiza la continuidad operativa del invernadero, sino que enriquece significativamente la experiencia formativa del alumnado en ámbitos relativos a la agricultura sostenible, aplicaciones tecnológicas y fenómenos asociados al cambio climático.

La iniciativa se alinea con desafíos de escala global como la seguridad alimentaria y el incremento en la demanda de producción agrícola, fomentando metodologías de cultivo optimizadas y ambientalmente responsables desde el contexto educativo. Paralelamente, constituye una solución tecnológica factible para centros de enseñanza que operan bajo restricciones presupuestarias significativas.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, agricultura sostenible, plataforma web, monitoreo climático, IoT, invernadero educativo, eficiencia hídrica.

## ABSTRACT

This research initiative focuses on the development of an artificial intelligence-enhanced web platform designed for monitoring and regulating microclimatic parameters within the greenhouse facility at Colegio Policarpa Salavarrieta in Facatativá. The project emerges as a strategic response to the necessity of replacing an externally provided Internet of Things solution that had become financially untenable for the educational institution. Through the deployment of environmental sensing devices integrated with a proprietary technological infrastructure, the system aims to optimize water resource utilization, minimize operational expenditures, and enhance agricultural productivity.

The architectural framework incorporates a digital visualization interface that facilitates access to instantaneous data and temporal series of critical indicators including temperature, relative humidity, and luminosity. Furthermore, the integration of artificial intelligence algorithms enables the automated generation of operational guidelines and dynamic adaptation of control parameters in response to detected environmental fluctuations. This approach not only ensures the continuous functionality of the greenhouse but also substantially enriches the educational experience of students in domains related to sustainable agriculture, technological applications, and climate change phenomena.

The initiative aligns with global-scale challenges such as food security and increasing agricultural production demands, promoting optimized and environmentally responsible cultivation methodologies within an educational context. Simultaneously, it constitutes a feasible technological solution for educational centers operating under significant budgetary constraints.

**Key words:** artificial intelligence, sustainable agriculture, web platform, climate monitoring, IoT, educational greenhouse, water efficiency.

## Índice

Índice.....	9
Introducción .....	16
I. Informe De Investigación .....	19
1.1 Estado del Arte .....	19
1.1.2 Implementaciones Internacionales.....	19
1.1.3. Implementaciones en Colombia .....	20
1.1.4. Relevancia para este Proyecto .....	20
1.1.5. Conclusión.....	21
1.2. Línea De Investigación.....	21
1.2.1. Justificación .....	21
1.3. Planteamiento Del Problema y Pregunta de Investigación .....	22
1.4. Objetivo General y Objetivos Específicos .....	23
1.4.1. Objetivo General: .....	23
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	24
1.5. Alcance e Impacto Del Proyecto .....	24
1.6. Metodología.....	25
1.7. Marcos de Referencia .....	26
1.7.1. Marco Teórico .....	26
1.7.2. Marco Legal.....	27
II. Documentación de Software .....	28
2.1. Plan de Proyecto .....	28
2.1.1. Estructura del cronograma .....	28
2.1.2. Recursos humanos involucrados .....	28
2.1.3. Herramientas de planificación .....	28
2.1.4. Relación con entregables claves .....	29
2.2. Determinación de Requerimientos .....	30
2.2.1. Alcance.....	30
2.2.2. Definiciones, acrónimos y abreviaturas .....	30

2.2.3. Resumen.....	32
2.2.4. Descripción general .....	32
2.2.4.2.11. Características de los usuarios .....	35
2.2.5. Restricciones .....	36
2.2.6. Suposiciones y dependencias .....	38
2.2.7. Evolución previsible del sistema .....	40
2.2.8. Requisitos específicos .....	40
2.2.9. Requisitos Técnicos .....	42
2.2.10. Requisitos funcionales .....	48
2.2.11. Requisitos no funcionales .....	53
2.3. especificación del diseño.....	55
2.3.2. Diagramas de secuencia .....	63
2.3.2.2. Diagramas de Actividad .....	87
2.3.2.3. Diagrama de Clases .....	92
2.4. Diseño de los Casos de Prueba .....	96
2.4.1. Frontend .....	96
2.4.2.Backend .....	96
2.5. Estimación de Recursos .....	97
2.5.1. Equipo de trabajo.....	97
2.5.2. Distribución de tiempo estimado .....	98
2.5.3. Observaciones .....	98
2.6. Resultados .....	100
Conclusiones y Recomendaciones.....	100
Conclusiones .....	106
Recomendaciones .....	106
Bibliografía.....	108
Anexos.....	110
Transcripción de la Entrevista .....	110
Enlace al Video de la entrevista en YouTube .....	112

Enlace a la plataforma Agroclima AI .....	119
---	-----

### **Lista De Tablas**

<b>Tabla 1</b> características del Usuario Estudiante .....	35
<b>Tabla 2</b> características del Usuario Profesor .....	35
<b>Tabla 3</b> características del Usuario Estudiante .....	36
<b>Tabla 4</b> RF01 CRUD Estudiantes .....	48

<b>Tabla 5</b> RF02 CRUD Docentes .....	49
<b>Tabla 6</b> RF03 Log in .....	49
<b>Tabla 7</b> RF04 Dashboard Principal .....	49
<b>Tabla 8</b> RF05 Registro histórico Sensor Radiacion .....	50
<b>Tabla 9</b> RF06 Registro histórico Sensor Humedad .....	50
<b>Tabla 10</b> RF07 Registro histórico Sensor Temperatura .....	50
<b>Tabla 11</b> RF08 Registro histórico Sensor Conductividad .....	51
<b>Tabla 12</b> RF09 predicción Humedad.....	51
<b>Tabla 13</b> RF10 predicción Temperatura .....	51
<b>Tabla 14</b> RF11 predicción Radiación .....	52
<b>Tabla 15</b> RF12 predicción Conductividad.....	52
<b>Tabla 16</b> RF13 Control De Aspersores.....	52
<b>Tabla 17</b> RF14 Control De Ventiladores .....	52
<b>Tabla 18</b> RF15 Auditoria de Acciones Realizadas en el Sistema.....	53
<b>Tabla 19</b> Especificación de los módulos para los diagramas de secuencia.....	63
<b>Tabla 20</b> estimación de Recursos .....	98

### **Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto.....	29
<b>Figura 2</b> Diagrama de casos de uso rol Administrador .....	57
<b>Figura 3</b> Diagrama de casos de uso rol Profesor .....	59
<b>Figura 4</b> Diagrama de casos de uso rol Estudiante .....	61

<b>Figura 5</b> Diagrama de casos de uso Inicio de sesión .....	62
<b>Figura 6</b> Diagrama de secuencia de inicio de sesión del Usuario.....	64
<b>Figura 7</b> Diagrama de Secuencia: Inicio de Sesión y Recuperación de Credenciales.....	65
<b>Figura 8</b> Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Temperatura .....	66
<b>Figura 9</b> Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Humedad.....	67
<b>Figura 10</b> Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Radiación solar .....	68
<b>Figura 11</b> Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Conductividad.....	69
<b>Figura 12</b> Diagrama de secuencia: Registro y Consulta de Usuarios .....	70
<b>Figura 13</b> Diagrama de Secuencia: Activación Manual del Sistema de Riego.....	71
<b>Figura 14</b> Diagrama de Secuencia: Activación Manual del Sistema de Ventilación.....	72
<b>Figura 15</b> Diagrama de Secuencia: Activación Manual de cortinas .....	73
<b>Figura 16</b> Diagrama de Secuencia: Consulta y Generación de Reportes de Auditoría.....	74
<b>Figura 17</b> Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Administradores .....	75
<b>Figura 18</b> Diagrama de Secuencia: Visualización de Usuarios Administradores .....	76
<b>Figura 19</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Administradores	77
<b>Figura 20</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Administrador .....	78
<b>Figura 21</b> Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Profesores .....	79
<b>Figura 22</b> Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Profesores.....	80
<b>Figura 23</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Profesores .....	81
<b>Figura 24</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Profesor.....	82
<b>Figura 25</b> Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Estudiantes .....	83

<b>Figura 26</b> Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Estudiantes .....	84
<b>Figura 27</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Estudiantes .....	85
<b>Figura 28</b> Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Estudiantes .....	86
<b>Figura 29</b> Diagrama de Actividad: Registro de Usuario.....	87
<b>Figura 30</b> Diagrama de Actividad: Inicio de Sesión y Recuperación de Contraseña .....	88
<b>Figura 31</b> Diagrama de Actividad: Activación Manual de Sistemas .....	89
<b>Figura 32</b> Diagrama de Actividad: Generación y Descarga de Reportes.....	90
<b>Figura 33</b> Diagrama de Actividad: Actualización y Eliminación de Usuarios .....	91
<b>Figura 34</b> Diagrama de clases .....	95
<b>Figura 35</b> Resultados SonarQube Frontend .....	96
<b>Figura 36</b> Resultados SonarQube Backend .....	97
<b>Figura 37</b> Dashboard AgroclimaAI: Datos en tiempo real tomados del CIIAP .....	100
<b>Figura 38</b> Dashboard AgroclimaAI: Datos específicos sensor de temperatura interno CIIAP .	101
<b>Figura 39</b> Dashboard AgroclimaAI: Comparativa de datos internos CIIAP .....	102
<b>Figura 40</b> Dashboard AgroclimaAI: Datos de la estacion meteorologica CIIAP .....	104
<b>Figura 41</b> Dashboard AgroclimaAI: Registro de Radiacion UV y Precipitaciones tomados de la estacion meteorologica del CIIAP .....	104
<b>Figura 42</b> Dashboard AgroclimaAI: Informe detallado Precipitaciones de la estacion meteorologica.....	105
<b>Figura 43</b> Agroclima AI: Generacion de reportes de variables de entorno del CIIAP .....	105

## **Lista de Anexos**

<b>Anexo 1</b> transcripción de la Entrevista.....	110
<b>Anexo 2</b> Enlace al video de la entrevista en YouTube.....	112
<b>Anexo 3</b> bitácoras Acompañamiento del director .....	113
<b>Anexo 4</b> Enlace de acceso al aplicativo Agroclima AI.....	119

## Introducción

En los últimos años, la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) ha transformado diversos sectores, entre ellos la agricultura. Frente a desafíos como el cambio climático, la escasez de recursos naturales y el aumento en la demanda global de alimentos, la agricultura de precisión se presenta como una alternativa viable y necesaria para optimizar la producción y garantizar la sostenibilidad. En este contexto, la educación juega un papel clave: formar ciudadanos capaces de aplicar soluciones tecnológicas a problemas reales, desde una perspectiva local con impacto global.

El proyecto “Desarrollo de una Plataforma Web con Inteligencia Artificial para el Monitoreo y Control de Condiciones Microclimáticas en el Invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta, Facatativá” surge como respuesta a una necesidad concreta de esta institución educativa: sustituir una plataforma IoT externa, cuya continuidad implicaría costos económicos insostenibles, por una solución propia, adaptable, económica y educativa. Esta necesidad no solo plantea un reto técnico, sino también una oportunidad pedagógica para integrar la práctica tecnológica con el aprendizaje significativo, en línea con el Modelo Educativo Digital Transmoderno (MEDIT) de la Universidad de Cundinamarca.

El MEDIT propone formar sujetos que piensen y actúen para transformar su entorno, y este proyecto lo encarna al aplicar el conocimiento adquirido en el desarrollo de una herramienta útil para una institución educativa pública. El invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta no solo funciona como un espacio de cultivo, sino también como un laboratorio vivo para el aprendizaje de prácticas agrícolas sostenibles. Integrar IA e IoT en este entorno promueve un enfoque de aula extendida, donde los estudiantes no solo aprenden teoría, sino que experimentan directamente cómo la tecnología puede resolver problemas reales.

Desde un punto de vista técnico, la plataforma permitirá el monitoreo en tiempo real de variables como temperatura, humedad y luminosidad, mediante sensores conectados a una interfaz web. La inteligencia artificial se encargará de analizar los datos recopilados, identificar patrones y ejecutar ajustes automáticos en los sistemas del invernadero. Esto optimizará las condiciones internas para el desarrollo de los cultivos, reducirá el uso de recursos como el agua y la energía, y

eliminará la dependencia tecnológica de servicios externos. A largo plazo, esta solución será más económica, escalable y adaptable a las necesidades específicas de la institución.

Económicamente, el proyecto representa una inversión estratégica. La creación de una plataforma propia elimina la carga financiera de pagar mensualmente por el servicio de una empresa externa. La inversión inicial se recuperará a través del ahorro progresivo en costos operativos, especialmente considerando el uso eficiente del agua, uno de los recursos más críticos en la agricultura. Además, al ser una herramienta de desarrollo interno, se podrá actualizar y escalar conforme evolucionen las necesidades de la institución, sin incurrir en nuevos gastos de licencias o suscripciones.

En el plano social y educativo, esta propuesta contribuye directamente al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 2 “Hambre Cero”, el ODS 4 “Educación de Calidad” y el ODS 12 “Producción y Consumo Responsables”. Los estudiantes no solo adquirirán competencias en programación, análisis de datos y uso de IA, sino que también desarrollarán una conciencia crítica sobre el uso responsable de los recursos naturales y la importancia de la sostenibilidad agrícola.

Así, este proyecto no solo pretende resolver un problema específico en una institución educativa, sino que se plantea como una experiencia formativa e innovadora que puede ser replicable en otros contextos similares. Su impacto trasciende el ámbito escolar, aportando al desarrollo tecnológico del municipio de Facatativá y del departamento, mientras promueve una visión más sostenible y autónoma de la producción agrícola. En suma, se trata de una propuesta que une educación, tecnología y compromiso social para construir soluciones reales, desde lo local hacia lo global.

Tras la implementación de Agroclima AI, los resultados obtenidos confirmaron el cumplimiento de los objetivos planteados. La plataforma desarrollada logró monitorear en tiempo real las variables críticas del invernadero, optimizando las condiciones microclimáticas y permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos técnicos y científicos en escenarios reales. El Centro de Innovación del colegio se consolidó como un espacio de aprendizaje activo e interdisciplinario, donde la tecnología y la agricultura convergen para formar ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible.

La apropiación de la plataforma por parte de la comunidad educativa no solo fortaleció las competencias en programación, análisis de datos y gestión ambiental, sino que también incentivó la investigación aplicada y la innovación tecnológica local. Además, la eliminación de la dependencia de servicios externos representó un avance hacia la autonomía institucional en términos de tecnología agrícola.

En conclusión, Agroclima AI no solo resolvió una necesidad concreta de la institución, sino que también constituyó una experiencia formativa transformadora, coherente con los principios del Modelo Educativo Digital Transmoderno. El proyecto demostró que es posible integrar IoT e IA de manera efectiva en contextos escolares públicos, impulsando prácticas agrícolas sostenibles y formando a los futuros agentes de cambio que el entorno agropecuario y la sociedad en general demandan.

## **I. Informe De Investigación**

### **1.1 Estado del Arte**

#### ***1.1.2 Implementaciones Internacionales***

##### **1.1.2.1 Indonesia: Sistema IOT para Cultivo de Tomates**

Un estudio de Ardiansah et al. (2021) en Indonesia implementó sensores IoT en invernaderos para el monitoreo en tiempo real de temperatura, humedad y niveles de CO<sub>2</sub>. El sistema activaba mecanismos de nebulización cuando la temperatura superaba los 30°C o la humedad bajaba del 80%. Como resultado, la temperatura interna se redujo en 6°C y la humedad aumentó un 28%, generando condiciones óptimas para el crecimiento de los tomates. Este sistema demuestra la efectividad del IoT en la gestión del microclima, permitiendo ajustes automáticos que optimizan la producción y reducen el consumo de agua.

##### **1.1.2.2 Japón: Integración de IoT e IA para Cultivo de Fresas**

En Japón, la Universidad de Chiba (2021) desarrolló un sistema basado en sensores IoT y algoritmos de IA para el cultivo de fresas. Los sensores monitoreaban temperatura, humedad y niveles de luz, mientras que la IA ajustaba el riego y la ventilación en función de los datos recolectados. Como resultado, el consumo de agua se redujo en un 30% y la producción aumentó en un 20%. Esta tecnología es especialmente valiosa en regiones con escasez hídrica, permitiendo un uso eficiente del agua sin comprometer el rendimiento de los cultivos.

##### **1.1.2.3. Países Bajos: Algoritmos de Aprendizaje Profundo para la Gestión del Microclima**

La Universidad de Wageningen (2022) ha implementado modelos de aprendizaje profundo para predecir el crecimiento de cultivos y optimizar el microclima en invernaderos. Utilizando datos históricos y en tiempo real, estos algoritmos ajustan parámetros como temperatura y ventilación para maximizar la eficiencia. Además, la integración de paneles solares ha permitido que algunos invernaderos operen de manera autosuficiente desde el punto de vista energético. Este enfoque demuestra el potencial del uso de IA para reducir costos energéticos y mejorar la sostenibilidad agrícola.

#### **1.1.2.4. China: IA para la Optimización del Riego y la Ventilación**

Un estudio de Zhang et al. (2021) implementó algoritmos de aprendizaje automático para predecir las necesidades de riego y ajustar los sistemas de ventilación en invernaderos de pimientos. Como resultado, se logró un aumento en la uniformidad de los cultivos y una reducción del desperdicio de agua y energía. Esta tecnología es clave para la agricultura de precisión, ya que permite la optimización del uso de recursos y minimiza los impactos ambientales.

#### ***1.1.3. Implementaciones en Colombia***

##### **1.1.3.1. Cundinamarca: Invernadero Inteligente con Energía Solar**

En Cundinamarca, la Fundación Juvenil Laguna Verde (2023) ha desarrollado un invernadero inteligente que combina sensores IoT con energía solar. Este sistema permite monitorear temperatura, humedad y radiación solar en tiempo real, ajustando la automatización del riego según las necesidades del cultivo. Gracias a la energía solar, el invernadero opera de manera autónoma, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales y minimizando su huella de carbono.

##### **1.1.3.2 Boyacá: Monitoreo del Contenido de Humedad en Suelos**

En Boyacá, un grupo de agricultores ha implementado sensores IoT para medir la humedad del suelo en cultivos al aire libre. Basado en estos datos, el sistema activa el riego solo cuando es necesario, lo que ha permitido un uso eficiente del agua y la mejora en la salud de los cultivos. Esta tecnología es fundamental para garantizar la sostenibilidad en zonas con acceso limitado a recursos hídricos (Nyakuri & Sahu, 2023).

#### ***1.1.4. Relevancia para este Proyecto***

El presente proyecto busca integrar IoT e IA para la gestión del microclima en invernaderos, optimizando el uso de agua y energía. A partir de los casos analizados, se destacan las siguientes estrategias clave:

- **Monitoreo en tiempo real:** La implementación de sensores IoT permitirá la recopilación de datos sobre temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y luz, facilitando la automatización del sistema.

- **Uso de IA para toma de decisiones:** Algoritmos de aprendizaje automático pueden anticipar necesidades de riego, ventilación y temperatura, optimizando los recursos sin afectar la producción.
- **Integración con energías renovables:** La combinación de energía solar con un sistema inteligente de gestión energética podría reducir la dependencia de fuentes externas y aumentar la sostenibilidad.
- **Reducción del consumo de recursos:** Experiencias previas indican que el uso de IoT e IA puede reducir el consumo de agua hasta en un 30% y mejorar la eficiencia energética.

### ***1.1.5. Conclusión***

El IoT y la IA representan un avance significativo en la agricultura protegida, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de los invernaderos. Los estudios revisados demuestran la viabilidad de estas tecnologías en distintos contextos, y su aplicación en el presente proyecto permitirá optimizar la gestión del microclima, reducir costos operativos y mejorar la calidad de los cultivos. Además, este enfoque servirá como una herramienta educativa, permitiendo a los estudiantes desarrollar competencias en tecnologías emergentes y toma de decisiones basada en datos.

El principal reto radica en la adaptabilidad del sistema a diferentes condiciones ambientales y en la accesibilidad para pequeños agricultores. Sin embargo, con un diseño flexible y escalable, es posible replicar esta tecnología en otros entornos, contribuyendo a la modernización del sector agrícola y a la sostenibilidad global.

## **1.2. Línea De Investigación**

Innovación tecnológica aplicada a la sostenibilidad agrícola.

### ***1.2.1. Justificación***

El presente proyecto se enmarca en la línea de investigación de innovación tecnológica aplicada a la sostenibilidad agrícola, dado que busca integrar herramientas de Internet de las Cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (IA) para optimizar el control de variables microclimáticas en ambientes controlados como los invernaderos.

Mediante el monitoreo y análisis de datos ambientales (temperatura, humedad, radiación solar), Agroclima AI contribuye al desarrollo de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles, reduciendo el consumo de recursos como agua y energía.

Esta línea de investigación resulta pertinente porque articula el uso de tecnologías emergentes con la necesidad actual de impulsar la agricultura sostenible y la gestión inteligente de los recursos naturales, además de fortalecer procesos de formación académica en ambientes reales mediante el uso de soluciones tecnológicas.

### **1.3. Planteamiento Del Problema y Pregunta de Investigación**

La erradicación del hambre es uno de los principales objetivos de las Naciones Unidas desde 2015. Sin embargo, en Colombia, la mayoría de los invernaderos y sistemas de cultivo son poco eficientes en el manejo de recursos medioambientales, lo que agrava el impacto de la agricultura en el cambio climático a nivel nacional.

Entre los principales problemas de la agricultura convencional se encuentran el manejo ineficiente de los recursos hídricos, la sobreexplotación de los suelos y el uso inadecuado de fertilizantes. Además, hay factores externos que agravan la situación, como las sequías, las inundaciones y el aumento global de la temperatura.

De acuerdo con la FAO (2024), entre 713 y 757 millones de personas estaban subalimentadas en 2023, lo que representa aproximadamente el 9% de la población mundial. Este problema se agrava por el continuo incremento en los costos de producción de alimentos, que tienden a aumentar cada año, se estima que para el 2050 la demanda de alimentos aumente en un 60% aproximadamente según la FAO (2016).

El invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta en Facatativá utiliza una plataforma IoT proporcionada por una empresa externa, que permite monitorear y controlar factores como la temperatura, humedad y luminosidad, lo que ha optimizado su gestión y el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la empresa comenzará a cobrar una tarifa mensual, lo que supone un desafío financiero para el colegio, que no cuenta con los recursos para cubrir este gasto. Esto pone en riesgo tanto la eficiencia en la gestión del invernadero como las oportunidades de aprendizaje práctico de los estudiantes sobre agricultura sostenible.

Sin una alternativa, el colegio podría verse obligado a volver a métodos manuales, menos precisos y más demandantes en tiempo y recursos. Dado que el invernadero es crucial para la educación de los estudiantes en tecnologías agrícolas avanzadas, la interrupción de la plataforma impactaría negativamente en su formación. Ante este reto, se plantea la necesidad de desarrollar una plataforma propia que utilice inteligencia artificial, lo que permitiría mantener la eficiencia del invernadero y seguir formando a los estudiantes sin depender de servicios externos ni incurrir en costos adicionales a largo plazo.

De este modo, integrar tecnologías avanzadas como IoT e inteligencia artificial no solo permitiría a la institución optimizar la producción de sus cultivos, sino que también serviría como modelo de enseñanza para los estudiantes, demostrando cómo estas herramientas pueden ayudar a la agricultura a adaptarse al cambio climático y a reducir los costos operativos, haciéndola más sostenible a nivel global y contribuyendo a la lucha contra el hambre. Todo esto nos lleva a la pregunta:

¿Cómo desarrollar una plataforma web con inteligencia artificial que permita el monitoreo y control eficiente de las condiciones microclimáticas del invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta en Facatativá, ofreciendo una alternativa sostenible y autónoma para la institución a largo plazo?

## **1.4. Objetivo General y Objetivos Específicos**

### ***1.4.1. Objetivo General:***

Desarrollar una plataforma web con inteligencia artificial para el monitoreo y control de las condiciones microclimáticas del invernadero del Colegio Policarpa Salavarrieta en Facatativá, para optimizar la gestión del invernadero y fomentar el aprendizaje de los estudiantes en prácticas agrícolas sostenibles.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos:***

1. Comprender los principios básicos del monitoreo y control de condiciones micro climáticas en invernaderos, así como las funciones de la inteligencia artificial aplicada en estos procesos.
2. Aplicar técnicas de programación y configuración para desarrollar una plataforma web que recoja datos en tiempo real de los sensores instalados en el invernadero.
3. Analizar los datos generados por los sensores para identificar patrones de comportamiento en las condiciones microclimáticas y hacer ajustes automáticos mediante algoritmos de inteligencia artificial.
4. Evaluar el impacto de la implementación de la plataforma en la eficiencia de la gestión del invernadero y en el aprendizaje de los estudiantes sobre prácticas agrícolas sostenibles, mediante la comparación de resultados antes y después de su uso.

### **1.5. Alcance e Impacto Del Proyecto**

El proyecto puede generar impacto significativo en varios aspectos estratégicos. En términos académicos, esta plataforma facilitará la enseñanza y aprendizaje de tecnologías aplicadas a la agricultura, brindando a los estudiantes la oportunidad de interactuar con la herramienta de monitoreo y control en tiempo real, lo cual fortalece sus competencias digitales y científicas.

A nivel socioeconómico, el proyecto contribuirá al desarrollo de soluciones tecnológicas que potencien la productividad agrícola, Al mejorar el control y monitoreo de los cultivos en invernadero, se optimiza el uso de recursos, se reduce el desperdicio, y se promueve una agricultura más eficiente y sostenible.

Desde una perspectiva ambiental, la plataforma permitirá un monitoreo más preciso de las variables que afectan el crecimiento de los cultivos, como la temperatura, la humedad y la conductividad en el sustrato, favoreciendo prácticas agrícolas más responsables y sostenibles, alineadas con los objetivos nacionales de conservación de recursos naturales y mitigación del cambio climático

## 1.6. Metodología

Para el progreso de este proyecto se implementará un enfoque cuantitativo siendo este fundamental para la medición, análisis y su respectiva evaluación para los datos recolectados dentro del invernadero, con este enfoque también nos permitirá realizar pruebas objetivas y basadas en datos para mejorar el sistema, nos permite indicadores claros de éxitos o fallas a través de métricas, y posteriormente nos permite trabajar con volúmenes grandes de datos. Este enfoque nos concederá una facilidad al momento de abordar la problemática y nos asegurará un desarrollo óptimo de la solución para la institución educativa.

Durante el desarrollo del proyecto se implementará la metodología de desarrollo CDIO o Concebir-Desarrollar-Implementar-Operar, esta nos permite, un aprendizaje basado en la práctica aplicando directamente los conceptos aprendidos en los campos de aprendizaje, fomenta el trabajo interdisciplinario, promueve la retroalimentación y mejora continua, es usado a nivel laboral e industrial, y genera una estructura a seguir. Esta metodología será complementada con un marco de trabajo o “*framework*”, SCRUM, la cual esta mencionada dentro del acuerdo de desarrollo del CDIO.

En la fase de concebir, se identificarán las variables ambientales que el usuario final requiere monitorear, estos datos se recolectarán mediante sensores instalados en el interior del invernadero, para medir el microclima. Se hará uso del product backlog, para la concepción de los requerimientos que necesita el cliente final, por consiguiente, utilizaran técnicas de metodología de investigación, como entrevistas hacia los docentes encargados de impartir el conocimiento hacia los estudiantes, enfocándonos en sus principales necesidades.

Al obtener la información necesaria, continuaremos el proyecto, por lo que seguiremos con la siguiente fase del enfoque CDIO. En la fase de diseño, se desarrollará la arquitectura requerida de la plataforma y del modelo de IA, mediante diagramas UML (Lenguaje Unificado de Modelado), y esta fase se acompañará de un análisis y selección de tecnologías óptimas para desarrollarlo.

Al finalizar la fase de diseño, continuaremos con la implementación del proyecto, que será dividida en dos fases, como primera fase, nos enfocaremos en el desarrollo de la plataforma, integrando los componentes requeridos del product backlog, la segunda fase, es la implementación del modelo de IA para el control y monitoreo de los datos, seguido de esto, se realizaran pruebas unitarias y de conjunto, para verificar su correcto funcionamiento. estas dos fases se realizarán

haciendo uso de los Sprint cada 2 semanas, por su parte cada semana se realizará un Daily Scrum, para verificar los avances del proyecto.

Finalmente, en la fase de operación, se desplegará la plataforma e IA, para el uso de estudiantes, docentes y comunidad estudiantil, del colegio Policarpa Salavarrieta, el sistema funcionará, en un lugar de fácil acceso a los usuarios finales y para lograr una experiencia de usuario satisfactoria, el sistema se monitoreará para corregir errores y realizar mejoras que el cliente final requiera.

## **1.7. Marcos de Referencia**

### ***1.7.1. Marco Teórico***

La agricultura de precisión ha evolucionado significativamente en las últimas décadas gracias a la incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA). Estas herramientas permiten automatizar procesos agrícolas, optimizar el uso de recursos y mejorar la productividad de los cultivos. En el contexto de invernaderos inteligentes, el uso de sensores IoT posibilita la medición en tiempo real de variables como temperatura, humedad, radiación solar y niveles de CO<sub>2</sub>, lo cual permite tomar decisiones informadas para mantener condiciones óptimas de crecimiento vegetal (Zhang et al., 2021).

La IA, y en particular el aprendizaje automático (machine learning), aporta capacidades predictivas a estos sistemas. Algoritmos como las redes neuronales LSTM (Long Short-Term Memory) permiten anticipar comportamientos climáticos y ajustar automáticamente sistemas de riego, ventilación o calefacción (Universidad de Wageningen, 2022). Esta sinergia entre IoT e IA ha sido aplicada con éxito en diferentes partes del mundo: desde el cultivo de tomates en Indonesia hasta invernaderos autosuficientes energéticamente en los Países Bajos. En Colombia, iniciativas como la Fundación Juvenil Laguna Verde en Cundinamarca han demostrado la viabilidad de integrar estas tecnologías en entornos educativos, permitiendo no solo mejorar la producción agrícola, sino también fomentar el aprendizaje práctico de estudiantes en el uso de tecnologías emergentes.

El desarrollo de plataformas web integradas con estas tecnologías permite centralizar la visualización de datos, facilitar el acceso remoto y fortalecer la toma de decisiones mediante paneles interactivos y análisis históricos. Este enfoque promueve una agricultura más sostenible y

resiliente ante los retos del cambio climático, al tiempo que fortalece la formación de competencias digitales en contextos escolares.

### ***1.7.2. Marco Legal***

El desarrollo y despliegue de sistemas tecnológicos en entornos educativos y agrícolas debe enmarcarse en el cumplimiento de normativas legales vigentes, especialmente en lo relacionado con la protección de datos personales, el uso responsable de tecnologías emergentes y la interoperabilidad de sistemas.

En Colombia, la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 establecen las disposiciones generales para la protección de datos personales. Estas normativas aplican a los sistemas que recolectan, almacenan y procesan información sobre usuarios, como es el caso de plataformas educativas o de monitoreo ambiental con acceso por parte de estudiantes y docentes. La Superintendencia de Industria y Comercio es la entidad encargada de su regulación y vigilancia.

Adicionalmente, el Marco de Referencia para la Transformación Digital del Sector Educativo y las guías del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) sobre el uso de tecnologías emergentes (2020) orientan a las instituciones sobre cómo adoptar soluciones digitales de forma segura, ética y efectiva. Estas guías recomiendan el uso de arquitecturas abiertas, estándares de interoperabilidad, mecanismos de autenticación robusta y control de accesos diferenciados, como los contemplados en este proyecto.

La aplicación de estas normativas garantiza que la plataforma propuesta no solo sea funcional y pedagógicamente pertinente, sino también segura y legalmente compatible con el entorno institucional donde será implementada.

## II. Documentación de Software

### 2.1. Plan de Proyecto

#### 2.1.1. Estructura del cronograma

El cronograma fue diseñado con base en 22 actividades principales, organizadas en orden lógico y secuencial. Las actividades se clasifican en fases: **investigación, diseño, desarrollo, integración, pruebas, documentación y socialización.**

- Cada actividad incluye:
- Fecha de inicio y fin.
- Duración estimada en días calendario.
- Responsables asignados.
- Dependencias con otras tareas previas.

El cronograma fue representado visualmente en un **diagrama de Gantt**, permitiendo la visualización del progreso del proyecto, el encadenamiento de tareas y los tiempos disponibles para cada fase.

#### 2.1.2. Recursos humanos involucrados

El desarrollo del proyecto fue realizado de forma colaborativa por:

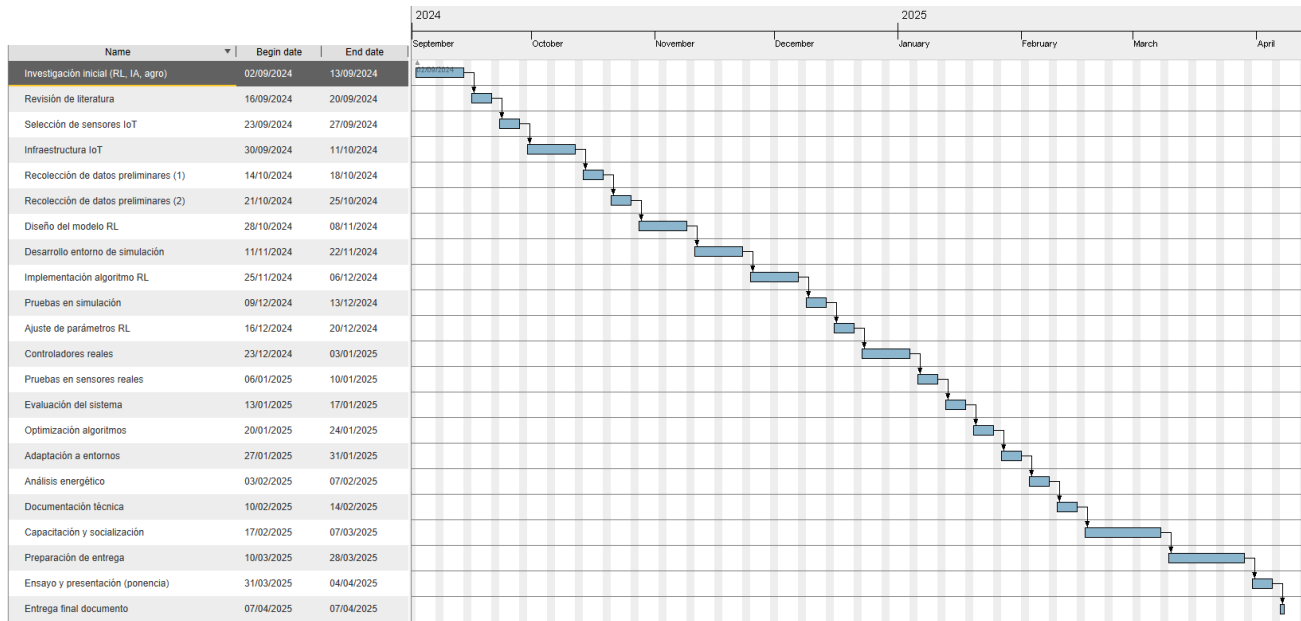
- **Diego Angarita:** encargado del desarrollo técnico, integración de sensores, programación de Backend y controladores.
- **Gabriel Cárdenas:** responsable de la coordinación académica, documentación, diseño de interfaces y articulación con el entorno educativo.
- **Profesor Jhon Monzaide:** guía académico y asesor metodológico del proyecto, acompañando cada fase crítica.

#### 2.1.3. Herramientas de planificación

Para la elaboración del cronograma se utilizaron herramientas digitales como **Libre office, Project Libre** y formatos `.CSV` compatibles con herramientas de gestión de proyectos. Estas

herramientas permitieron generar tanto versiones editables como archivos exportables para la presentación final.

**Figura 1** Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto



### 2.1.4. Relación con entregables claves

El cronograma contempla dos hitos fundamentales:

- Ponencia en evento de software libre: programada para el 25 de abril de 2025.
- Entrega final del informe del proyecto de grado: establecida para el 28 de abril de 2025.

Ambos hitos marcan la culminación del ciclo de desarrollo, validación y documentación del proyecto.

La planificación estructurada del proyecto Agroclima AI ha permitido un desarrollo ordenado, colaborativo y adaptable a las condiciones del entorno educativo. El cronograma no solo sirve como guía para la ejecución, sino como evidencia del compromiso metodológico y técnico del equipo de trabajo.

## **2.2. Determinación de Requerimientos**

A continuación, se describe los requisitos funcionales y no funcionales del sistema de análisis climático para el control del invernadero en la Institución Educativa Policarpa Salavarrieta en Facatativá. El objetivo del sistema es automatizar el monitoreo y predicción de variables ambientales (temperatura, humedad, Conductividad y Radiación) y permitir que tanto profesores como estudiantes interactúen con la plataforma según sus roles.

### **2.2.1. Alcance**

El sistema recolectará datos en tiempo real desde sensores ubicados en el invernadero y realizará análisis predictivo para controlar las condiciones internas.

- Estudiantes: Podrán visualizar datos en tiempo real y las predicciones del clima.
- Profesores: Además de visualizar los datos, tendrán acceso para tomar el control de forma manual sobre los sistemas del invernadero.

El sistema busca fomentar la educación en agricultura de precisión y la aplicación de tecnologías IoT e IA en el ámbito educativo.

### **2.2.2. Definiciones, acrónimos y abreviaturas**

**2.2.2.1 Aprendizaje Automático (Machine Learning - ML):** Rama de la inteligencia artificial (IA) que permite a los sistemas aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia, sin ser explícitamente programados. El ML se basa en algoritmos y modelos estadísticos para realizar predicciones o tomar decisiones basadas en datos.

**2.2.2.2. Internet de las Cosas (Internet of Things - IoT):** Interconexión de dispositivos físicos a través de internet, que permite recolectar, compartir y analizar datos en tiempo real. Los sensores IoT son comúnmente usados en la agricultura para monitorear variables como la temperatura, humedad, niveles de CO<sub>2</sub> y radiación solar.

**2.2.2.3. Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence - IA):** Campo de estudio que busca desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y el aprendizaje. En la agricultura, la IA se utiliza para optimizar procesos como el riego, la ventilación y el control del microclima en los invernaderos.

**2.2.2.4. Predicción Basada en Datos (Data-Driven Prediction):** Método que utiliza modelos estadísticos y matemáticos basados en grandes volúmenes de datos históricos para realizar predicciones sobre eventos futuros, como las necesidades de riego o ventilación en un invernadero.

**2.2.2.5. Sensores IoT:** Dispositivos conectados a internet que monitorean variables del entorno en tiempo real. En la agricultura, los sensores IoT son empleados para controlar factores clave como la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar y el nivel de dióxido de carbono en los invernaderos.

#### **2.2.2.6. HTTPS: Seguridad en la Transmisión de Datos**

El protocolo HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) es una extensión segura de HTTP, utilizado para la transmisión de información en redes digitales. Su implementación en sistemas agrícolas inteligentes es fundamental para proteger los datos transmitidos desde sensores IoT hacia servidores o plataformas de gestión en la nube. HTTPS utiliza protocolos de cifrado como SSL/TLS para garantizar la confidencialidad, autenticidad e integridad de los datos, previniendo ataques como la interceptación o manipulación de información. En el contexto del presente proyecto, el uso de HTTPS permite resguardar las comunicaciones entre el sistema de monitoreo del invernadero y los usuarios, protegiendo tanto la información sensible como las credenciales de acceso de los estudiantes y docentes que interactúan con la plataforma.

#### **2.2.2.7. Random Forest: Modelado Predictivo Basado en IA**

Random Forest es un algoritmo de aprendizaje supervisado que combina múltiples árboles de decisión para generar predicciones más precisas y robustas. Es ampliamente utilizado en entornos agrícolas para analizar grandes volúmenes de datos generados por sensores, permitiendo la predicción de variables clave como la demanda hídrica, la aparición de enfermedades o el rendimiento de los cultivos. Este modelo es especialmente útil en situaciones con alta variabilidad climática, ya que puede adaptarse a patrones complejos y no lineales. En este proyecto, Random Forest podría emplearse para anticipar las condiciones óptimas de riego o ventilación, mejorando la toma de decisiones automatizada y aumentando la eficiencia del invernadero escolar.

### **2.2.3. Resumen**

A continuación, se presentan los requisitos funcionales y no funcionales del sistema de análisis y control climático del invernadero de la Institución Educativa Policarpa Salavarrieta en Facatativá. El sistema está diseñado para recolectar datos de sensores IoT en tiempo real, realizar predicciones mediante un modelo de predicción y permitir la interacción de estudiantes y profesores con los datos y sistemas del invernadero. El propósito es mejorar la automatización del microclima, optimizar las condiciones de cultivo y apoyar la enseñanza de tecnología aplicada y agricultura de precisión.

- Secciones Introdutorias: La Introducción y la Descripción General proporcionan el contexto necesario y una visión global del proyecto.
- Requisitos Específicos: Las secciones de Requisitos Funcionales y No Funcionales detallan todas las características esperadas del sistema desde el punto de vista del usuario y de la calidad del software.
- Detalles Técnicos y Validación: Las secciones de Modelos del Sistema y Plan de Validación aseguran que se definan correctamente los componentes tecnológicos y la metodología para probar el sistema.
- Anexos: Se agregan referencias y configuraciones adicionales que pueden ser útiles durante el desarrollo o la implementación.

Esta organización busca ser clara y lógica para facilitar el entendimiento por parte de todos los involucrados en el desarrollo y permitir una fácil navegación del contenido durante las distintas fases del proyecto.

### **2.2.4. Descripción general**

**2.2.4.1. Perspectiva del producto.** El sistema es una plataforma web independiente que se conecta con sensores IoT en el invernadero, pero podría integrarse en el futuro con otros sistemas educativos o de gestión agrícola más amplios. La plataforma actuará como una herramienta centralizada para la monitorización y control climático, accesible desde cualquier dispositivo conectado a Internet.

#### **2.2.4.2. Funcionalidad del producto**

**2.2.4.2.1. Monitoreo en Tiempo Real.** Visualización de las Variables Ambientales: Los usuarios (estudiantes y profesores) podrán visualizar en tiempo real los datos recolectados por los sensores del invernadero: Temperatura, Humedad, Iluminación.

**2.2.4.2.2. Alertas de Anomalías.** Si alguna variable supera los umbrales definidos, se enviarán notificaciones automáticas a los profesores para que tomen decisiones correctivas.

**2.2.4.2.3. Predicción y Optimización del Microclima mediante Predicciones de las Variables Ambientales:** El sistema utilizará el algoritmo de aprendizaje supervisado *Random Forest* para predecir cambios en las condiciones ambientales del invernadero. Este modelo permite analizar múltiples variables como temperatura, humedad y radiación solar, generando pronósticos precisos que facilitan la toma de decisiones automatizada. Gracias a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y detectar patrones complejos, *Random Forest* es una herramienta robusta para optimizar la gestión del microclima y anticipar necesidades de riego, ventilación y otros procesos clave.

#### **2.2.4.2.3.1. Ventajas del uso de Random Forest en la predicción del microclima**

El algoritmo Random Forest resulta especialmente adecuado para aplicaciones de predicción ambiental debido a su capacidad para manejar escenarios complejos y datos heterogéneos. En primer lugar, destaca por su **capacidad para gestionar múltiples variables interrelacionadas**, como temperatura, humedad, presión atmosférica y velocidad del viento. Estas variables, fundamentales en la configuración del microclima, suelen presentar relaciones no lineales y dependencias difíciles de modelar mediante técnicas estadísticas tradicionales.

En segundo lugar, Random Forest **ofrece una alta precisión y estabilidad en las predicciones**, al tratarse de un conjunto de árboles de decisión que trabajan en paralelo. Este enfoque reduce significativamente el riesgo de sobreajuste (*overfitting*), frecuente en modelos individuales, lo cual se traduce en estimaciones más confiables en contextos reales.

Además, el modelo **es capaz de capturar relaciones no lineales** entre variables sin requerir suposiciones matemáticas previas sobre la distribución de los datos. Esto lo convierte en una herramienta poderosa para modelar fenómenos meteorológicos complejos.

Por último, una de sus fortalezas más relevantes es su **robustez frente a datos ruidosos o valores atípicos**. Random Forest puede generar predicciones consistentes incluso cuando existen errores o inconsistencias en los datos recolectados por los sensores, lo cual es especialmente valioso en ambientes agrícolas donde las condiciones pueden variar abruptamente.

**2.2.4.2.4. Control Manual para Profesores.** Control Independiente del Invernadero: Los profesores podrán ajustar manualmente la temperatura, ventilación e iluminación si prefieren gestionar los sistemas sin intervención automatizada.

**2.2.4.2.5. Visualización Histórica de Datos.** Acceso a Registros de Datos: Profesores y estudiantes podrán consultar gráficas de datos históricos para evaluar patrones y tendencias en las variables ambientales.

**2.2.4.2.6. Acceso a Registros de Datos.** Profesores y estudiantes podrán consultar gráficas de datos históricos para evaluar patrones y tendencias en las variables ambientales.

**2.2.4.2.6. Comparación de Predicciones con Valores Reales.** El sistema permitirá comparar las predicciones realizadas con los valores reales para evaluar la precisión del modelo.

**2.2.4.2.7. Panel de Usuario Diferenciado.**

- Estudiantes: Visualización de datos en tiempo real, Acceso a gráficos y predicciones ambientales, Sin permisos para modificar sistemas o realizar controles manuales.
- Profesores: Acceso completo a control manual y configuración del sistema, Gestión de alertas personalizadas, Supervisión de predicciones e intervenciones.

**2.2.4.2.8. Alertas y Notificaciones Personalizadas**

Alertas Programadas: Los profesores podrán configurar umbrales personalizados para recibir notificaciones en la plataforma.

Notificaciones Inteligentes: Las alertas se basarán en predicciones futuras, no solo en valores actuales, permitiendo respuestas anticipadas a cambios climáticos.

**2.2.4.2.9. Actualización y Entrenamiento del Modelo**

Reentrenamiento Automático: El modelo se actualizará regularmente con nuevos datos históricos para mejorar su precisión.

#### **2.2.4.2.10. Escalabilidad y Mantenimiento del Sistema.**

Integración de Nuevos Sensores: El sistema permitirá adicionar nuevos sensores para registrar variables adicionales sin afectar el rendimiento.

#### **2.2.4.2.11. Características de los usuarios**

*Tabla 1 características del Usuario Estudiante*

<b>TIPO USUARIO</b>	<b>DE ESTUDIANTES</b>
Formación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Secundaria</li></ul>
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conocimientos básicos en ciencias naturales y TIC.</li><li>• Habilidad para interpretar gráficos simples y datos numéricos.</li><li>• Manejo básico de plataformas web y dispositivos móviles.</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visualización de datos en tiempo real.</li><li>• Interpretación de las predicciones del sistema.</li><li>• Consulta de datos históricos y tendencias ambientales.</li></ul>

*Tabla 2 características del Usuario Profesor*

<b>TIPO USUARIO</b>	<b>DE PROFESORES</b>
Formación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Licenciatura o Ingeniería (preferiblemente en áreas relacionadas con ciencias o tecnología).</li></ul>
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experiencia en el manejo de plataformas educativas.</li><li>• Conocimientos básicos de gestión de sistemas agrícolas o invernaderos.</li><li>• Capacidad para configurar sistemas de control y analizar datos predictivos.</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Supervisión del sistema: configuración de umbrales y notificaciones.</li><li>• Control manual de los sistemas del invernadero.</li><li>• Evaluación de las predicciones y toma de decisiones sobre el uso del modelo de predicción.</li><li>• Capacitación de estudiantes en el uso de la plataforma y análisis de datos.</li></ul>

*Tabla 3 características del Usuario Estudiante*

<b>TIPO USUARIO</b>	<b>DE ADMINISTRADORES DEL SISTEMA</b>
Formación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación técnica en sistemas o ingeniería (ej. Ingeniería en sistemas, electrónica, o automatización).</li></ul>
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habilidades avanzadas en programación y mantenimiento de plataformas web.</li><li>• Conocimiento en inteligencia artificial y modelos predictivos.</li><li>• Manejo de bases de datos y APIs.</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mantenimiento de la plataforma web y el modelo predictivo.</li><li>• Actualización y reentrenamiento del modelo con datos históricos.</li><li>• Soporte técnico para sensores IoT y conexión con sistemas del invernadero.</li><li>• Integración de nuevos sensores o módulos en el sistema.</li></ul>

### **2.2.5. Restricciones**

**2.2.5.1. Restricciones de Desarrollo.** El sistema debe ser desarrollado utilizando metodologías ágiles, como Scrum, para permitir iteraciones rápidas e incorporar retroalimentación continua de profesores y estudiantes.

El desarrollo del Backend se realizará en NodeJS, Con una base de datos en MongoDB.

La interfaz web será construida utilizando React 18, y ANT Design y Recharts para la visualización de gráficos.

**2.2.5.2. Restricciones de Hardware.** El sistema dependerá de sensores IoT que recolectarán datos ambientales (temperatura, humedad, niveles de CO<sub>2</sub>, e iluminación). La precisión del sistema estará condicionada por la calidad de estos sensores y su calibración.

Los sensores y dispositivos de control (ventiladores, luces, sistemas de riego) deben ser compatibles con protocolos estándar de comunicación como MQTT o HTTP.

### **2.2.5.3. Restricciones de Plataforma y Sistema Operativo.**

El sistema será accesible a través de navegadores web modernos (como Google Chrome, Firefox, y Edge) y deberá ser compatible con dispositivos móviles.

La base de datos empleada será en MongoDB para el almacenamiento de datos históricos y el acceso rápido a los registros.

**2.2.5.4. Restricciones Normativas y de Seguridad.** La plataforma deberá cumplir con las políticas de protección de datos personales establecidas por la institución educativa. Los estudiantes tendrán acceso limitado a la visualización de datos, mientras que los profesores podrán gestionar y configurar los sistemas del invernadero.

Se implementarán mecanismos de autenticación y autorización para garantizar niveles de acceso diferenciados para los usuarios (profesores, estudiantes y administradores).

Se asegurará la integridad de los datos recolectados mediante el uso de cifrado en la comunicación entre sensores, servidor, y plataforma web.

#### **2.2.5.5. Restricciones del Modelo predictivo y Predicciones.**

La cantidad mínima de datos históricos necesarios para entrenar el modelo predictivo será de varios meses, garantizando que las predicciones tengan suficiente precisión.

El sistema deberá contar con la capacidad de procesar datos en tiempo real para generar predicciones de clima interno, utilizando GPU en caso de que las predicciones sean computacionalmente intensivas.

El reentrenamiento del modelo se realizará en horarios de baja demanda, para no afectar el rendimiento del sistema durante los periodos de uso activo.

#### **2.2.5.6 Restricciones de Conectividad.**

El sistema debe ser independiente de la conexión a internet para la recolección de datos y las operaciones básicas. Sin embargo, funcionalidades como notificaciones o actualización del modelo podrían requerir conectividad.

En caso de pérdida de conexión, los datos recolectados se deberán almacenar localmente hasta que el sistema pueda sincronizarse nuevamente con el servidor principal.

## **2.2.6. Suposiciones y dependencias**

### **2.2.6.1. Suposiciones**

#### **2.2.6.1.1. Disponibilidad de Sensores IoT Funcionales**

- Se asume que los sensores de temperatura, humedad, y luz estarán correctamente instalados, calibrados y operativos durante el desarrollo y operación del sistema.
- Si alguno de los sensores falla o no está disponible, las predicciones del sistema podrían ser inexactas, lo que requeriría ajustes o reemplazo del hardware.

#### **2.2.6.1.2. Acceso a Servidores Locales y Conectividad Estable**

- Se supone que habrá acceso continuo al servidor donde se aloje la plataforma y que la red interna del invernadero será estable para la transmisión de datos entre sensores y la plataforma web.
- Cambios en la infraestructura de red o problemas de conectividad prolongados afectarían la recopilación de datos en tiempo real.

#### **2.2.6.1.3. Uso de Python y TensorFlow como Entorno de Desarrollo**

- Se asume que las versiones requeridas de Python, TensorFlow, y otras dependencias estarán disponibles y actualizadas en el servidor de la institución.
- Si alguna biblioteca o herramienta no es compatible o deja de ser soportada, se requeriría una actualización del entorno de desarrollo o migración a otro marco de trabajo.

#### **2.2.6.1.4. Participación de Profesores y Estudiantes**

- Se asume que tanto los profesores como los estudiantes utilizarán el sistema regularmente para visualizar datos y realizar ajustes, lo que permitirá evaluar la efectividad del proyecto.
- La falta de participación podría limitar la recopilación de retroalimentación necesaria para mejorar la plataforma.

#### ***2.2.6.1.5. Acceso al aplicativo por medio de Microsoft Windows, Linux, Android o MacOS***

- Se asume que el acceso a la plataforma se realizara mediante los sistemas operativos Microsoft Windows, Linux, Android o MacOS.

#### **2.2.6.2. Dependencias**

**2.2.6.2.1. *Compatibilidad con Navegadores Web y Dispositivos Móviles:*** El correcto funcionamiento de la plataforma depende de la compatibilidad con navegadores web modernos y dispositivos móviles. Cambios significativos en las versiones de estos navegadores podrían requerir actualizaciones de la interfaz web.

**2.2.6.2.2. *Dependencia del Modelo predictivo del Volumen de Datos:*** El sistema necesita recopilar una cantidad suficiente de datos históricos antes de que el modelo predictivo pueda proporcionar predicciones precisas. Si los sensores no generan suficientes datos en el tiempo estimado, podría retrasarse la fase de análisis predictivo.

**2.2.6.2.3. *Normativas Institucionales y Políticas de Uso de Tecnología:*** El diseño del sistema depende del cumplimiento de las políticas de uso de datos de la institución educativa. Si estas normativas cambian, será necesario realizar ajustes en el manejo de usuarios y datos personales.

**2.2.6.2.3. *Infraestructura Eléctrica del Invernadero:*** La capacidad del sistema para operar los dispositivos de control dependerá de la infraestructura eléctrica del invernadero. Problemas en la alimentación o fallas en los equipos eléctricos afectarían la funcionalidad del sistema.

**2.2.6.2.4. *Actualización del Hardware y Soporte Técnico:*** Se depende de la disponibilidad de soporte técnico para mantener el hardware y sensores en condiciones operativas. La falta de mantenimiento oportuno podría generar inconsistencias en los datos o interrupciones en el sistema.

## ***2.2.7. Evolución previsible del sistema***

**2.2.7.1. Integración de Nuevos Sensores.** Posibilidad de agregar sensores para medir variables como pH y humedad del suelo, y utilizar visión artificial para detectar plagas y enfermedades.

**2.2.7.2. Mejora del Modelo de Predicción.** Mejora continua del modelo predictivo con datos históricos, explorando otros modelos avanzados de inteligencia artificial para optimizar condiciones ambientales.

**2.2.7.3. Automatización Completa.** Evolución hacia un sistema de automatización total que gestione el riego, ventilación e iluminación de manera autónoma.

**2.2.7.4. Módulo de Reportes Avanzados.** Implementación de generación automática de reportes y análisis predictivo para optimizar siembras y cosechas.

**2.2.7.5. Interacción con Sistemas Externos.** Integración con plataformas de IoT y sistemas meteorológicos para control y supervisión remota.

**2.2.7.6. Funcionalidades Educativas Mejoradas.** Incorporación de herramientas de gamificación y paneles interactivos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

**2.2.7.7. Mejora de la Seguridad.** Implementación de gestión de usuarios y permisos más robustos, junto con medidas adicionales de ciberseguridad.

## ***2.2.8. Requisitos específicos***

### **2.2.8.1. Requisitos comunes de los interfaces.**

#### ***2.2.8.1.1. Interfaces de usuario.***

#### ***2.2.8.1.2. Interfaz Principal.***

**2.2.8.1.2.1. Descripción:** La interfaz principal será la primera pantalla que los usuarios verán al acceder al sistema. Deberá ser intuitiva y fácil de navegar.

#### **2.2.8.1.2.2. Elementos de la Interfaz:**

**Logo y Nombre del Sistema:** En la parte superior, con un diseño que representa el enfoque en la agricultura sostenible y la tecnología.

**Menú de Navegación:** Un menú lateral que incluya las siguientes opciones: Inicio, Visualización de Datos, Predicciones, Configuración, Ayuda.

### ***2.2.8.1.3. Pantalla de Visualización de Datos.***

**2.2.8.1.3.1. Descripción:** Esta pantalla mostrará datos en tiempo real provenientes de los sensores del invernadero.

#### **2.2.8.1.3.2. Elementos de la Interfaz:**

**Gráficos Interactivos:** Gráficos de líneas y barras que representen la temperatura, humedad y niveles de luz.

**Panel de Resumen:** Un panel que muestre las métricas clave (temperatura actual, humedad actual, etc.) en formato de tarjetas.

**Filtros de Tiempo:** Opción para filtrar los datos por hora, día o semana.

**Interactividad:** Los usuarios podrán hacer clic en los gráficos para obtener detalles adicionales sobre los datos históricos.

### ***2.2.8.1.4. Pantalla de Predicciones***

**2.2.8.1.4.1. Descripción:** Muestra las predicciones del clima interno del invernadero.

#### **2.2.8.1.4.2. Elementos de la Interfaz:**

**Gráficos de Predicción:** Visualización de predicciones futuras de temperatura y humedad en forma de gráficos.

**Alertas:** Sección para mostrar alertas cuando se anticipen condiciones críticas (ej. temperatura demasiado alta).

**Descripción de las Predicciones:** Texto que explique las predicciones y su relevancia para el manejo del invernadero.

## **2.2.9. Requisitos Técnicos**

**2.2.9.1. Compatibilidad:** La interfaz debe ser compatible con navegadores modernos (Chrome, Firefox, Edge).

**2.2.9.2. Accesibilidad:** Asegurar que el sistema sea accesible para usuarios con discapacidades, incluyendo compatibilidad con lectores de pantalla y navegación mediante teclado.

### **2.2.9.2.1. Interfaces de hardware**

**Sensores Ambientales.** Tipo de Sensores: **Temperatura:** Sensores de temperatura (ej. DHT22), **Humedad:** Sensores de humedad (ej. DHT22, Pic FC-28 YL-69). **CO<sub>2</sub>:** Sensores de niveles de CO<sub>2</sub> (ej. MH-Z19).

**Interfaz: Comunicación:** Los sensores utilizarán protocolos de comunicación como I2C o SPI para enviar datos al microcontrolador, **Frecuencia de Muestreo:** Configuración para que los sensores envíen datos cada minuto.

**Microcontrolador. Características: Modelo:** Se utilizará un microcontrolador (ej. Arduino Uno), **Conectividad:** Capacidad de conectarse a internet para enviar datos a la plataforma web.

**Interfaz. Entradas/Salidas (I/O): Entradas:** Puertos GPIO para conectar los sensores, **Salidas:** Puertos para activar actuadores (por ejemplo, ventiladores o sistemas de riego).

**Módulos de Comunicación. Tipo de Módulos: Wi-Fi:** Módulo Wi-Fi (ej. ESP8266) para la conexión a Internet.

**Interfaz. Configuración de Conexiones:** Interfaz para establecer la configuración de conexión a la red Wi-Fi, incluyendo SSID y contraseña, **Interfaz de Comunicación:** Configuración de protocolos de comunicación (ej. MQTT para la transmisión de datos).

**Características de Configuración. Seguridad de la Red:** Configuración de la encriptación (ej. WPA2) para asegurar la red.

### **2.2.9.2.2. Interfaces de software**

#### **2.2.9.2.2.1. Plataforma de Visualización de Datos. Descripción del**

#### **2.2.9.2.2.2. Producto Software Utilizado:**

**Nombre:** Agroclima AI

**Tecnologías:** Para el desarrollo del proyecto, se eligieron tecnologías específicas tanto para el Frontend como para el Backend, priorizando la eficiencia, la escalabilidad, la facilidad de mantenimiento y la integración fluida entre componentes. A continuación, se presenta la justificación de cada una:

#### **Frontend**

- **React 18:** Se seleccionó React 18 como la base del Frontend debido a su enfoque en la creación de interfaces de usuario reactivas, modulares y altamente eficientes. React ofrece un rendimiento optimizado gracias a su nuevo sistema de renderizado concurrente, lo cual permite una experiencia de usuario más fluida incluso en aplicaciones con gran carga de datos o múltiples interacciones simultáneas.
- **Recharts:** Para la visualización de datos, se optó por Recharts, una biblioteca basada en React que facilita la creación de gráficos dinámicos y personalizables. Su integración nativa con React permite una actualización automática de las gráficas ante cambios de estado, ofreciendo una representación clara y estética de los datos en tiempo real.
- **AntDesign:** Se utilizó AntDesign para agilizar el desarrollo de componentes de interfaz de usuario estéticos, accesibles y consistentes. Esta librería proporciona un amplio conjunto de elementos preconstruidos (formularios, tablas, modales, etc.), permitiendo

mantener una coherencia visual y acelerar significativamente los tiempos de desarrollo.

## **Backend**

- **Python:** Python fue elegido por su versatilidad y su capacidad de integración con modelos de análisis y procesamiento de datos, inteligencia artificial o machine learning si el proyecto lo requiere. Además, su sintaxis clara y sus librerías robustas lo convierten en un aliado clave para desarrollar módulos complejos de manera eficiente.
- **NodeJS:** NodeJS fue utilizado para gestionar la comunicación entre el Frontend y el Backend a través de APIs rápidas y escalables. Su arquitectura basada en eventos es ideal para manejar aplicaciones con alta concurrencia de usuarios y flujos de datos en tiempo real, ofreciendo una excelente capacidad de respuesta.
- **MongoDB:** Como base de datos, se optó por MongoDB debido a su modelo flexible orientado a documentos, que facilita el manejo de datos no estructurados y la rápida iteración de cambios en el modelo de datos conforme avanza el desarrollo del proyecto. Además, su escalabilidad horizontal permite soportar aumentos de demanda futuros sin necesidad de rediseñar toda la infraestructura.

**Propósito del Interfaz:** Proporcionar una interfaz gráfica donde profesores y estudiantes puedan visualizar datos en tiempo real y realizar análisis históricos.

### **Definición del Interfaz:**

#### **Contenido:**

- Datos en tiempo real de temperatura, humedad, niveles de CO<sub>2</sub> y conductividad.
- Gráficos interactivos para visualizar tendencias a lo largo del tiempo.
- Predicciones generadas por el modelo.

- Alertas y recomendaciones sobre el clima interno del invernadero.

**Formato:**

- Datos en formato JSON.
- Los gráficos utilizarán bibliotecas como Recharts para su renderización.

### **2.2.9.2.2.3. Sistema de Gestión de Base de Datos**

**Descripción del Producto Software Utilizado:**

**Nombre:** MongoDB

**Versión:** MongoDB (8.0)

**Propósito del Interfaz:** Almacenar y gestionar datos históricos recolectados de los sensores, así como los resultados de las predicciones.

**Definición del Interfaz:**

**Contenido:** Tablas para almacenar datos de sensores (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>), Tablas para almacenar los registros de predicciones y resultados.

**Formato:** Datos en formato JSON para ser enviados al Frontend cuando sea necesario.

### **2.2.9.2.2.4. Servicio de Machine Learning**

**Descripción del Producto Software Utilizado:**

**Nombre:** Framework de Machine Learning (TensorFlow, Keras).

**Propósito del Interfaz:** Ejecutar el modelo predictivo para hacer predicciones sobre las condiciones climáticas del invernadero.

### **Definición del Interfaz:**

**Contenido:** Datos de entrada para las predicciones: temperatura, humedad, niveles de CO<sub>2</sub>, Resultados de las predicciones generadas por el modelo.

**Formato:** Datos enviados en formato NumPy o pandas DataFrame, Resultados devueltos en formato JSON con las predicciones y sus intervalos de confianza.

### **2.2.9.2.2.5 Sistema de Notificaciones**

#### **2.2.9.2.2.5.1. Descripción del Producto Software Utilizado:**

**Nombre:** Servicio de Notificaciones (Twilio, Firebase).

**Propósito del Interfaz:** Enviar alertas a usuarios (profesores y estudiantes) sobre condiciones críticas del invernadero.

### **Definición del Interfaz:**

**Contenido:** Mensajes de alerta sobre condiciones fuera de los parámetros óptimos, Información sobre recomendaciones para corregir las condiciones.

**Formato:** Mensajes de texto en formato JSON para ser enviados a través de la API del servicio de notificaciones.

### **2.2.9.2.3. Interfaces de comunicación**

#### **2.2.9.2.3.1. Comunicación entre el Sistema de Análisis de Datos y los Sensores**

**Descripción:** El sistema se comunicará con sensores IoT que recolectan datos sobre temperatura, humedad, niveles de CO<sub>2</sub> y otros parámetros relevantes del invernadero.

**Protocolo de Comunicación:**

**HTTP/HTTPS:** Para la comunicación directa entre los dispositivos de sensor y el servidor del sistema, Permite enviar datos mediante solicitudes POST a la API del servidor.

#### **2.2.9.2.3.2. Comunicación entre el Backend y la Base de Datos**

**Descripción:** El Backend del sistema se comunicará con la base de datos para almacenar y recuperar datos.

##### **Protocolo de Comunicación:**

**Conexiones TCP/IP:** Las conexiones entre el servidor de aplicaciones y la base de datos se realizarán utilizando el protocolo TCP/IP para garantizar una comunicación confiable y eficiente.

#### **2.2.9.2.3.3. Comunicación entre el Sistema de Análisis y el Servicio de Machine Learning**

**Descripción:** El sistema enviará datos al modelo de Machine Learning para realizar predicciones y recibirá resultados.

##### **Protocolo de Comunicación:**

**RESTful API:** Se utilizará una API REST para la comunicación entre el sistema de análisis y el servicio de Machine Learning. Los datos se enviarán en formato JSON y se recibirán las predicciones en el mismo formato.

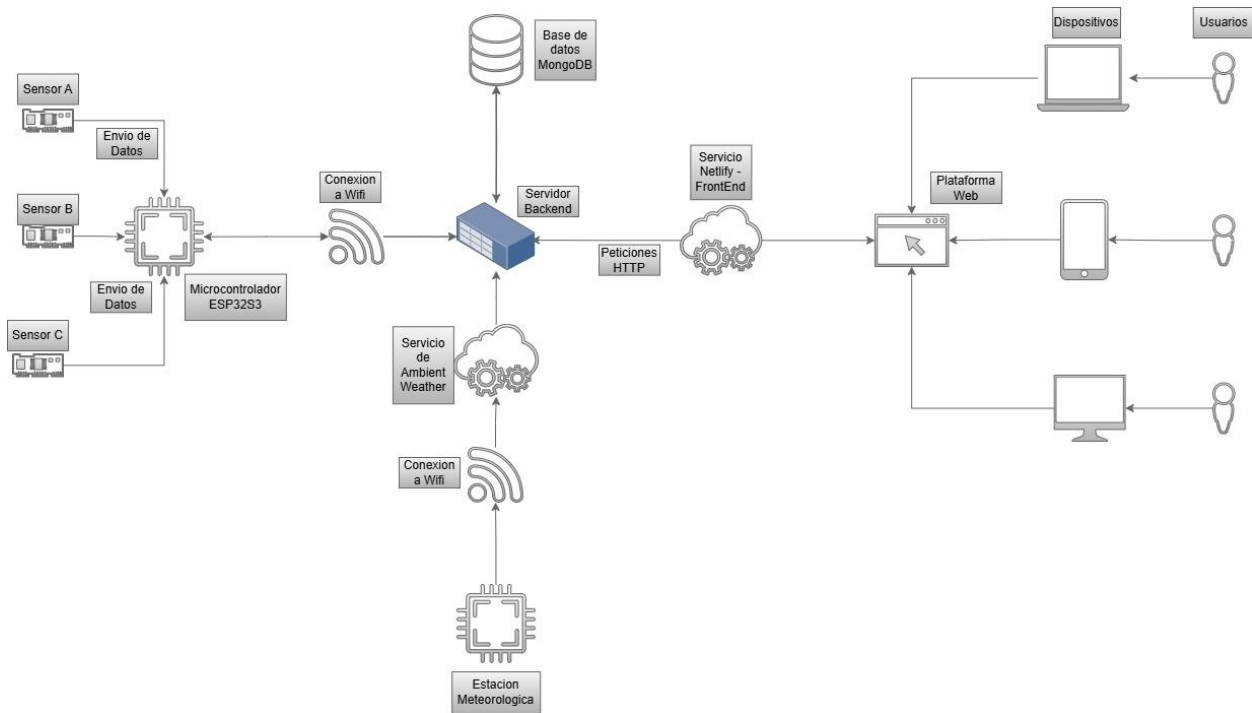
#### **Comunicación entre el Sistema y el Servicio de Notificaciones**

**Descripción:** El sistema enviará alertas y notificaciones a los usuarios mediante un servicio externo.

##### **Protocolo de Comunicación:**

**HTTP/HTTPS:** Se realizarán solicitudes a la API del servicio de notificaciones utilizando HTTP/HTTPS, Los mensajes se enviarán en formato JSON y se recibirán respuestas sobre el estado de envío.

**Figura 2** Arquitectura del Proyecto



**Descripción resumida de la Figura 2. Arquitectura del Proyecto Agroclima AI.** El diagrama representa la arquitectura del sistema Agroclima AI, integrando sensores de variables microclimáticas internas, una estación meteorológica externa y un microcontrolador ESP32 para la transmisión de datos vía WiFi hacia un servidor Backend. El Backend, conectado a una base de datos MongoDB, gestiona y almacena la información, permitiendo su consulta desde una plataforma web accesible mediante dispositivos móviles y de escritorio.

La arquitectura soporta el análisis en tiempo real de las condiciones ambientales, facilitando la toma de decisiones y el aprendizaje práctico de los estudiantes.

### 2.2.10. Requisitos funcionales

**Tabla 4** RF01 CRUD Estudiantes

IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTO	RF01
Nombre del requerimiento	CRUD Estudiantes
Rol	Administrador, Docentes
Descripción	El sistema permitirá agregar estudiantes que requieran el uso de la aplicación, así como actualizarlos, eliminarlos

en caso de que se requiera, o visualizar cuántos estudiantes hay registrados en la plataforma

Campos ID, Nombres, Apellidos, Grado

*Tabla 5 RF02 CRUD Docentes*

**IDENTIFICACIÓN DE RF02  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento CRUD Docentes

Rol Administrador

Descripción El sistema permitirá agregar a los docentes que estén encargados del invernadero, así como su actualización, eliminación, también se podrá observar los docentes registrados en la plataforma

Campos ID, Nombres, Apellidos, Asignatura

*Tabla 6 RF03 Log in*

**IDENTIFICACIÓN DE RF03  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento Log in

Rol Usuarios Registrados

Descripción Los usuarios registrados podrán ingresar al módulo de inicio de sesión, utilizando sus credenciales en los campos de usuario y contraseña para el acceso a la plataforma

*Tabla 7 RF04 Dashboard Principal*

**IDENTIFICACIÓN DE RF04  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento Dashboard principal

Rol Estudiante, Docente, Administrador

Descripción	En el Dashboard principal, se podrán visualizar todos los datos recolectados por los sensores en tiempo real, cada sensor, con su respectivo espacio dentro del Dashboard
-------------	---

**Tabla 8** RF05 Registro histórico Sensor Radiacion

**IDENTIFICACIÓN DE RF05  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Histórico sensor radiación
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, al seleccionar la sección del sensor de radiación, nos redireccionará a la página específica del sensor, en donde observaremos todos los datos recolectados por dicho sensor, así como poderlos descargar en un archivo CSV

**Tabla 9** RF06 Registro histórico Sensor Humedad

**IDENTIFICACIÓN DE RF06  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Histórico sensor humedad
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, al seleccionar la sección del sensor de humedad, nos redireccionará a la página específica del sensor, en donde observaremos todos los datos recolectados por dicho sensor, así como poderlos descargar en un archivo CSV

**Tabla 10** RF07 Registro histórico Sensor Temperatura

**IDENTIFICACIÓN DE RF07  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Histórico sensor temperatura
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, al seleccionar la sección del sensor de temperatura, nos redireccionará a la página específica del

sensor, en donde observaremos todos los datos recolectados por dicho sensor, así como poderlos descargar en un archivo CSV

*Tabla 11 RF08 Registro histórico Sensor Conductividad*

**IDENTIFICACIÓN DE RF08  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Histórico sensor Conductividad
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, al seleccionar la sección del sensor de Conductividad, nos redireccionará a la página específica del sensor, en donde observaremos todos los datos recolectados por dicho sensor, así como poderlos descargar en un archivo CSV

*Tabla 12 RF09 predicción Humedad*

**IDENTIFICACIÓN DE RF09  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Predicción Humedad
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, en una página aparte, mostrará las predicciones de humedad del invernadero

*Tabla 13 RF10 predicción Temperatura*

**IDENTIFICACIÓN DE RF10  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Predicción Temperatura
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, en una página aparte, mostrará las predicciones de Temperatura del invernadero

*Tabla 14 RF11 predicción radiación*

<b>IDENTIFICACIÓN DE RF11 REQUERIMIENTO</b>	
Nombre del requerimiento	Predicción radiación
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, en una página aparte, mostrará las predicciones de radiación del invernadero

*Tabla 15 RF12 predicción Conductividad*

<b>IDENTIFICACIÓN DE RF12 REQUERIMIENTO</b>	
Nombre del requerimiento	Predicción Conductividad
Rol	Estudiante, docente, administrador
Descripción	La plataforma web, en una página aparte, mostrará las predicciones de Conductividad del invernadero

*Tabla 16 RF13 Control De Aspersores*

<b>IDENTIFICACIÓN DE RF13 REQUERIMIENTO</b>	
Nombre del requerimiento	Control de aspersores
Rol	Docente, Administrador
Descripción	En el módulo de histórico de humedad, se presentarán controles de activación de los aspersores del invernadero

*Tabla 17 RF14 Control De Ventiladores*

<b>IDENTIFICACIÓN DE RF14 REQUERIMIENTO</b>	
Nombre del requerimiento	Control de ventiladores
Rol	Docente, Administrador
Descripción	En cada módulo de histórico, se presentarán controles de activación de los aspersores del invernadero

*Tabla 18 RF15 Auditoría de Acciones Realizadas en el Sistema*

**IDENTIFICACIÓN DE RF15  
REQUERIMIENTO**

---

Nombre del requerimiento	Auditoría de acciones realizadas en el sistema
Rol	Estudiante, Administrador
Descripción	El administrador podrá generar un registro sobre las acciones realizadas sobre los sistemas del invernadero, en donde se detallarán datos como responsable, hora y fecha

**2.2.11. Requisitos no funcionales**

**2.2.11.1. Requisitos de rendimiento**

**2.2.11.1.1. Tiempo de Respuesta.** El 95% de las transacciones realizadas por los usuarios deben completarse en menos de 5 segundos.

**2.2.11.1.2. Actualización de Datos.** La plataforma debe actualizar los datos de los sensores en tiempo real, con un intervalo de actualización no superior a 5 segundos.

**2.2.11.2. Seguridad**

**2.2.11.2.1. Registro de Actividades.** Se debe implementar un sistema de **logs** para registrar todas las actividades del sistema, incluyendo accesos, cambios en configuraciones y alertas generadas.

**2.2.11.2.2. Control de Acceso:** Las funcionalidades del sistema deben estar asignadas a diferentes módulos según los roles de usuario, permitiendo solo el acceso a los permisos correspondientes (por ejemplo, profesores pueden modificar configuraciones, mientras que estudiantes solo pueden visualizar datos).

**2.2.11.2.3. Comprobaciones de Integridad:** Se deben realizar comprobaciones de integridad en la información crítica (por ejemplo, valores de sensores) para detectar modificaciones no autorizadas.

### **2.2.11.3. Fiabilidad**

**2.2.11.3.1. Tiempo Entre Fallos:** El sistema debe garantizar un tiempo entre fallos de al menos 1000 horas de operación continua. El número total de incidentes críticos permitidos por año no debe exceder de 5 incidentes que afecten la operación del sistema

### **2.2.11.4. Disponibilidad**

**2.2.11.4.1 Disponibilidad del Sistema:** El sistema debe estar disponible al menos el 99% del tiempo en un período de un mes, lo que implica un tiempo máximo de inactividad de 14.4 horas al mes.

### **2.2.11.5. Mantenibilidad**

**2.2.11.5.1. Mantenimiento Preventivo:** Las tareas de mantenimiento deben realizarse al menos una vez al mes, incluyendo la revisión de logs y actualizaciones de software.

**2.2.11.5.2. Responsable de Mantenimiento:** El mantenimiento debe ser realizado por un desarrollador del equipo de TI, con el apoyo del personal docente cuando sea necesario.

### **2.2.11.6. Portabilidad**

**2.2.11.6.1. Lenguaje de Programación:** El software debe estar desarrollado en Python, que es ampliamente reconocido por su portabilidad y soporte en diversas plataformas.

**2.2.11.6.2. Sistema Operativo:** El sistema debe ser compatible con los sistemas operativos Windows.

### **2.2.11.6. Otros requisitos**

**2.2.11.6.1. Requisitos Legales:** El sistema debe cumplir con la normativa local y nacional sobre protección de datos (ej. GDPR o leyes similares en Colombia) para asegurar la privacidad de los datos de los usuarios.

**2.2.11.6.2. Requisitos Culturales:** Considerar la implementación de contenido educativo que respete y promueva la diversidad cultural del entorno educativo en el que se implementa el sistema.

## **2.3. especificación del diseño**

### **2.3.1 Diagramas de Casos de Uso**

#### **2.3.1.1. Diagrama de Casos de Uso: Interacción del Administrador con el Sistema**

El siguiente diagrama de casos de uso representa la interacción del usuario Administrador con el sistema, detallando las distintas funcionalidades disponibles para la gestión de usuarios (estudiantes y profesores), la generación de informes ambientales y el control manual de ciertos aspectos del sistema.

#### **2.3.1.1.2. Actores**

- Administrador: Es el actor principal del sistema y tiene la capacidad de gestionar usuarios y utilizar diversas funcionalidades del sistema.

#### **2.3.1.1.3. Casos de Uso**

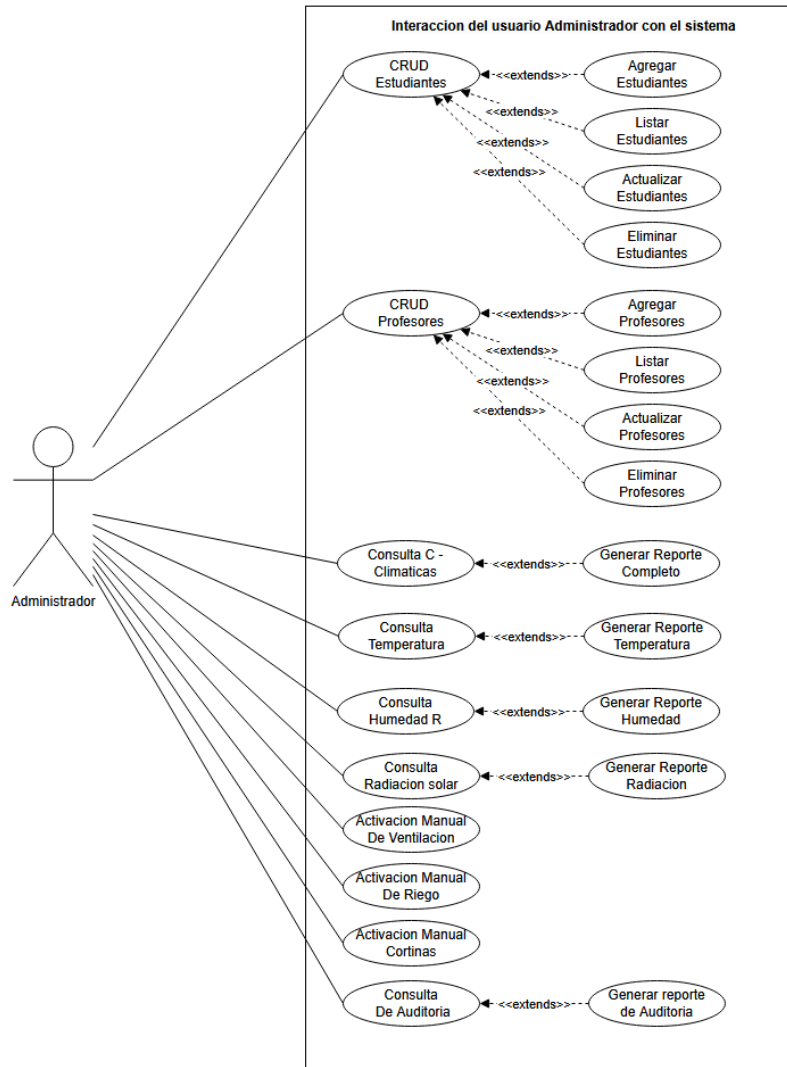
- Gestión de Usuarios
  - El administrador puede realizar operaciones CRUD (Crear, Leer, Actualizar y Eliminar) tanto para estudiantes como para profesores.
  - Los casos de uso "CRUD Estudiantes" y "CRUD Profesores" contienen relaciones de extensión a las acciones específicas de agregar, listar, actualizar y eliminar estudiantes o profesores.
- Consulta y Generación de Informes Ambientales
  - El administrador puede realizar diferentes consultas sobre datos ambientales:
  - Consulta C-Climáticas: Permite la generación de un informe climático completo.
  - Consulta Temperatura: Permite la generación de un informe de temperatura.
  - Consulta Humedad R: Permite la generación de un informe de humedad.
  - Consulta Radiación Solar: Permite la generación de un informe de radiación.

- Cada consulta cuenta con la funcionalidad opcional de generar un informe, representada en el diagrama como una relación de extensión.
- Activaciones Manuales del Sistema
  - El administrador puede realizar activaciones manuales de ciertas funciones del sistema, como: Activación del sistema de ventilación, Activación del sistema de riego, Control manual de cortinas, Consulta de Auditoría
  - El administrador puede consultar los registros de auditoría del sistema.
  - Este caso de uso incluye una funcionalidad adicional para la generación de un informe de auditoría, representada como una relación de extensión.

#### **2.3.1.1.4. Relaciones.**

Las relaciones de extensión ("<<extends>>") indican que ciertas funcionalidades pueden ejecutarse de manera opcional dentro de los casos de uso principales. Por ejemplo, la generación de un informe es una extensión de la consulta de datos ambientales, lo que significa que se puede activar como un paso adicional, pero no es obligatorio para la consulta.

**Figura 3** Diagrama de casos de uso rol Administrador



### 2.3.1.2. Diagrama de casos de uso rol Profesor

Este diagrama de casos de uso representa la interacción del usuario Profesor con el sistema, mostrando las funcionalidades disponibles para la gestión de estudiantes, la consulta de datos ambientales y el control manual de ciertas funciones del sistema.

#### 2.3.1.2.1. Actores

- Profesor: Es el actor principal en este diagrama y tiene permisos para gestionar estudiantes, realizar consultas ambientales y activar manualmente ciertos sistemas.

#### **2.3.1.2.2. Casos de Uso**

- Gestión de Estudiantes
- El profesor puede realizar operaciones CRUD (Crear, Leer, Actualizar y Eliminar) sobre los estudiantes dentro del sistema.
- El caso de uso "CRUD Estudiantes" tiene extensiones para las siguientes acciones específicas: Agregar Estudiantes, Listar Estudiantes, Actualizar Estudiantes, Eliminar Estudiantes.
- Consulta y Generación de Informes Ambientales: El profesor puede realizar diversas consultas sobre datos ambientales:
  - Consulta C-Climáticas: Permite la generación de un informe climático completo.
  - Consulta Temperatura: Permite la generación de un informe de temperatura.
  - Consulta Humedad R: Permite la generación de un informe de humedad.
  - Consulta Radiación Solar: Permite la generación de un informe de radiación.
  - Consulta Conductividad: Permite la generación de un informe de conductividad.

Cada consulta tiene la funcionalidad opcional de generar un informe, representada mediante una relación de extensión.

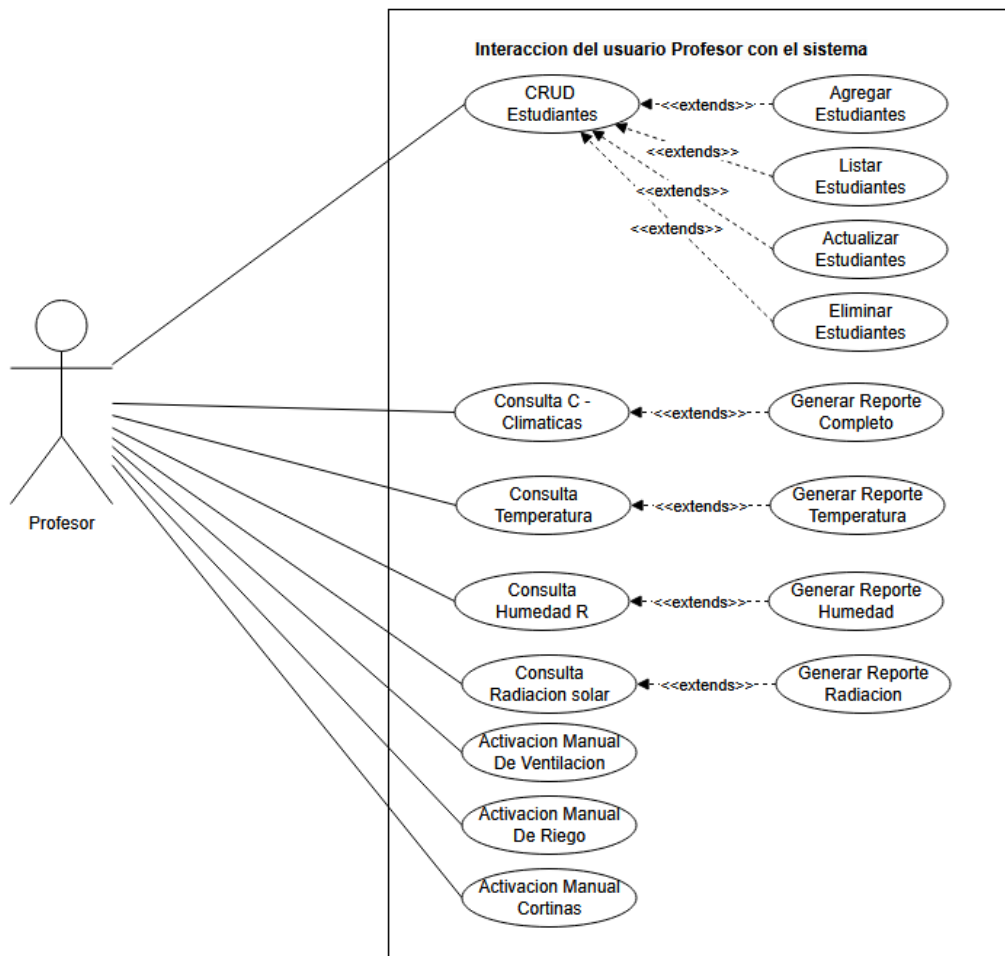
- Activaciones Manuales del Sistema: El profesor también tiene la capacidad de realizar activaciones manuales de ciertos sistemas, incluyendo: Activación del sistema de ventilación, Activación del sistema de riego, Control manual de cortinas.

#### **2.3.1.2.3. Relaciones**

Las relaciones de extensión ("<<extends>>") indican que algunas funcionalidades pueden ejecutarse como pasos adicionales dentro de los casos de uso principales.

En particular, la generación de informes es una extensión de las consultas ambientales, lo que significa que se puede ejecutar opcionalmente después de realizar una consulta.

**Figura 4** Diagrama de casos de uso rol Profesor



### 2.3.1.3. Diagrama de casos de uso rol estudiante

Este diagrama de casos de uso representa la interacción del usuario Estudiante con el sistema, mostrando las funcionalidades disponibles para la consulta de datos ambientales y la generación de informes.

### **2.3.1.3.1. Actores**

- Estudiante: Es el actor principal en este diagrama y tiene permisos para consultar información ambiental y generar reportes asociados.

### **2.3.1.3.2. Casos de Uso**

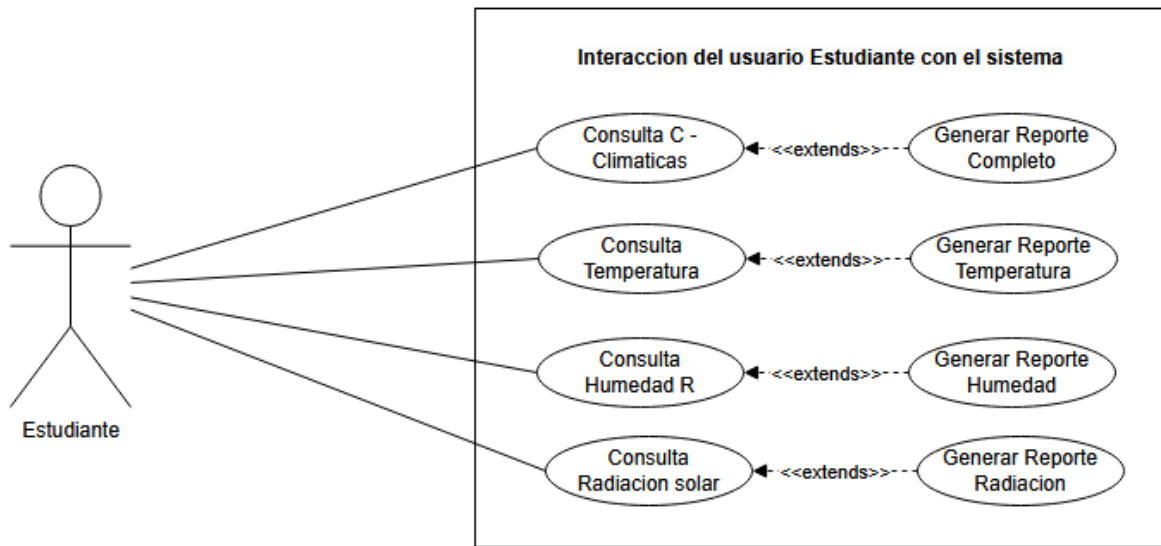
- Consulta y Generación de Informes Ambientales
  - El estudiante puede realizar diversas consultas sobre datos ambientales: Consulta C-Climáticas: Permite la generación de un informe climático completo.
    - Consulta Temperatura: Permite la generación de un informe de temperatura.
    - Consulta Humedad R: Permite la generación de un informe de humedad.
    - Consulta Radiación Solar: Permite la generación de un informe de radiación.
    - Consulta Conductividad: Permite la generación de un informe de conductividad.

Cada consulta cuenta con la funcionalidad opcional de generar un informe, representada en el diagrama como una relación de extensión.

### **2.3.1.3.3. Relaciones**

Las relaciones de extensión ("<<extends>>") indican que la generación de informes es una funcionalidad opcional dentro de cada consulta de datos ambientales. Es decir, una vez que se realiza la consulta, el estudiante puede decidir si generar un reporte basado en la información obtenida.

**Figura 5** Diagrama de casos de uso rol Estudiante



#### **2.3.1.4. Diagrama de casos de uso Inicio de sesión**

Este diagrama de casos de uso representa el proceso de inicio de sesión en el sistema, mostrando la interacción de diferentes tipos de usuarios y las funcionalidades asociadas a la autenticación.

##### **2.3.1.4.1. Actores**

- Administrador: Usuario con privilegios avanzados en el sistema.
- Profesor: Usuario con permisos específicos para la gestión educativa y consulta de información.
- Estudiante: Usuario con permisos de consulta y acceso restringido a ciertas funcionalidades.
- Usuario: Representa a cualquier persona que intente acceder al sistema, incluyendo administradores, profesores y estudiantes.

##### **2.3.1.4.2. Casos de Uso**

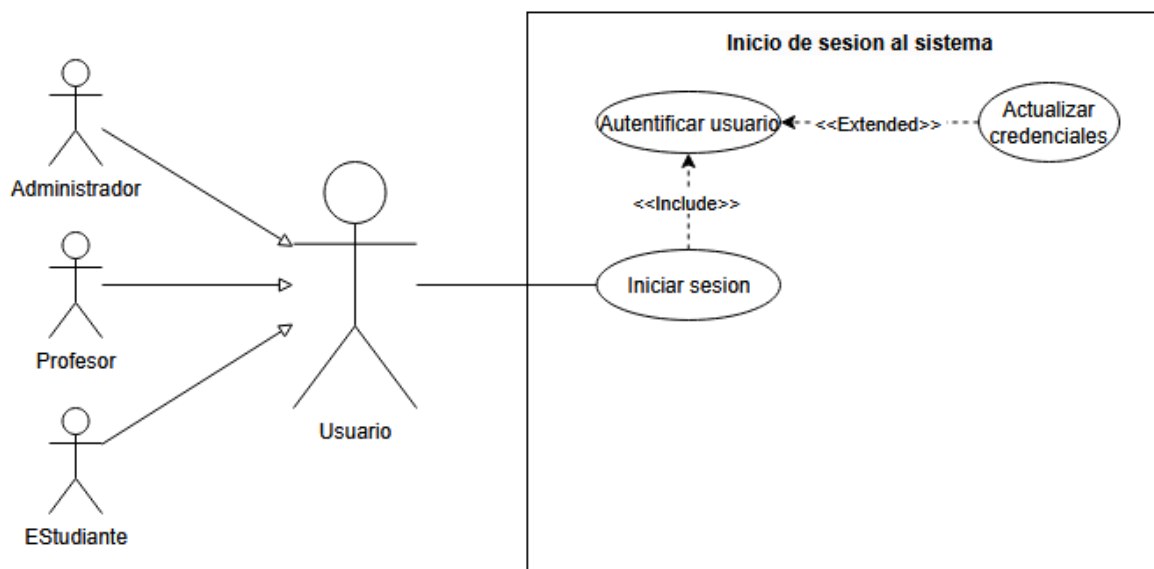
- Iniciar Sesión
  - Es el caso de uso principal y permite a cualquier tipo de usuario acceder al sistema.

- Incluye la acción de Autenticar Usuario, ya que la validación de credenciales es un paso obligatorio dentro del proceso de inicio de sesión.
- Autenticar Usuario
  - Se encarga de verificar la identidad del usuario mediante credenciales (usuario y contraseña).
  - Tiene una relación de extensión con Actualizar Credenciales, lo que significa que la opción de actualizar credenciales solo se activará en casos donde sea necesario, como cuando el usuario introduce una contraseña caducada o decide cambiarla tras un intento de autenticación fallido.

#### 2.3.1.4.3. Relaciones

- <<Include>> (Incluir): La autenticación del usuario es un paso obligatorio dentro del inicio de sesión, por lo que el caso de uso "Autenticar Usuario" está incluido en "Iniciar Sesión".
- <<Extend>> (Extender): La actualización de credenciales es una funcionalidad opcional dentro de la autenticación, que solo ocurre si el usuario necesita cambiar su contraseña o actualizar sus datos de acceso.

*Figura 6 Diagrama de casos de uso Inicio de sesión*



## 2.3.2. Diagramas de secuencia

### 2.3.2.1. Especificación de los módulos para los diagramas de secuencia

*Tabla*

19

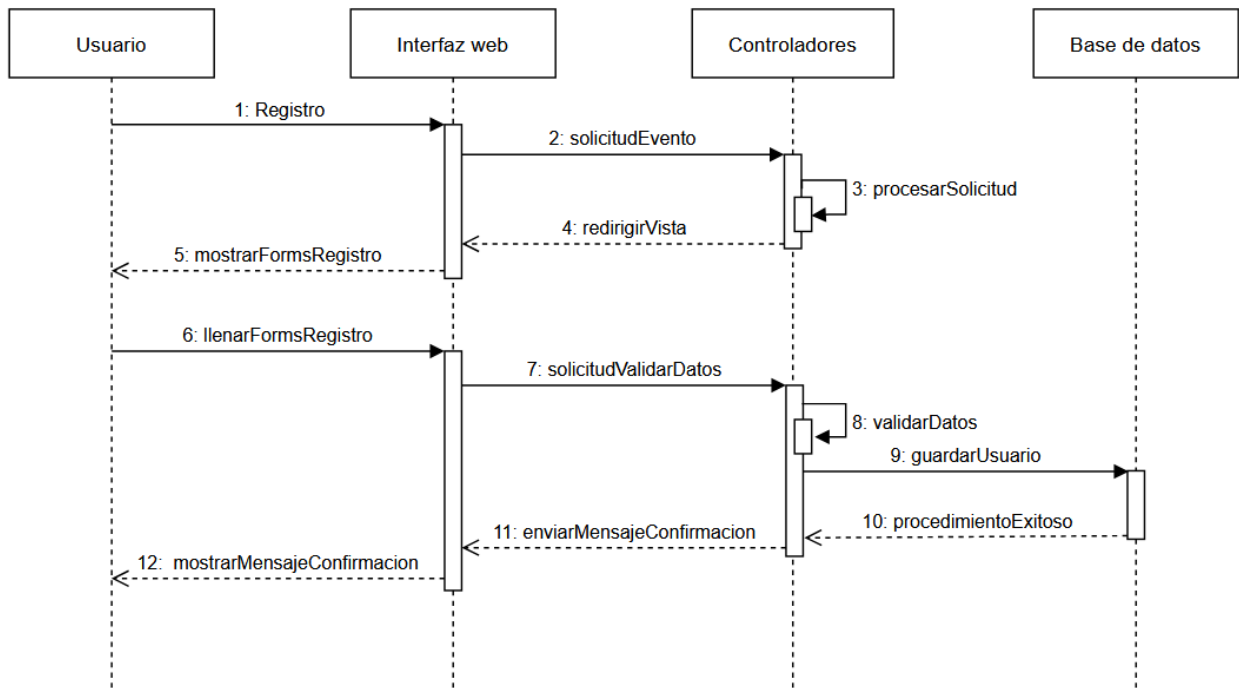
*Especificación de los módulos para los diagramas de secuencia*

---

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
Base de datos	Representa el modelo en la arquitectura MVC. Se encarga del almacenamiento, gestión y manipulación de datos en el desarrollo del aplicativo web. Permite el acceso a la información de manera estructurada.
Controladores	Actúan como intermediarios entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información y aplicando las reglas de negocio. Transforman los datos según los requerimientos del sistema.
Usuario	Representa un actor que interactúa con el sistema a través de la interfaz web. Puede ser un administrador, profesor o estudiante, enviando solicitudes que son procesadas por los controladores.
Interfaz de usuario	de La interfaz de usuario web envía peticiones HTTP al sistema de controladores del servidor web. Facilita la interacción del usuario con las funcionalidades del sistema mediante una interfaz gráfica.

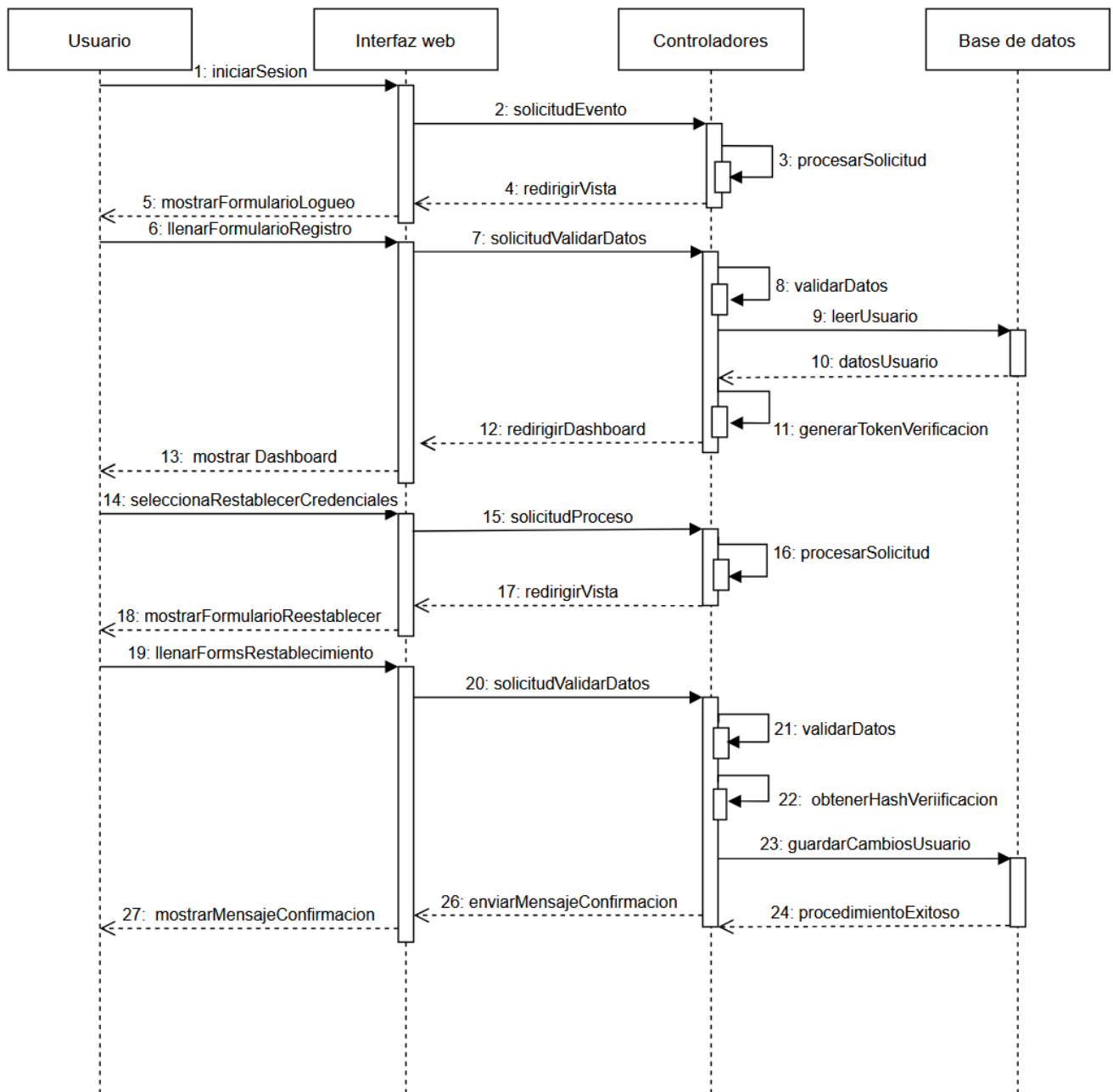
---

**Figura 7** Diagrama de secuencia de inicio de sesión del Usuario



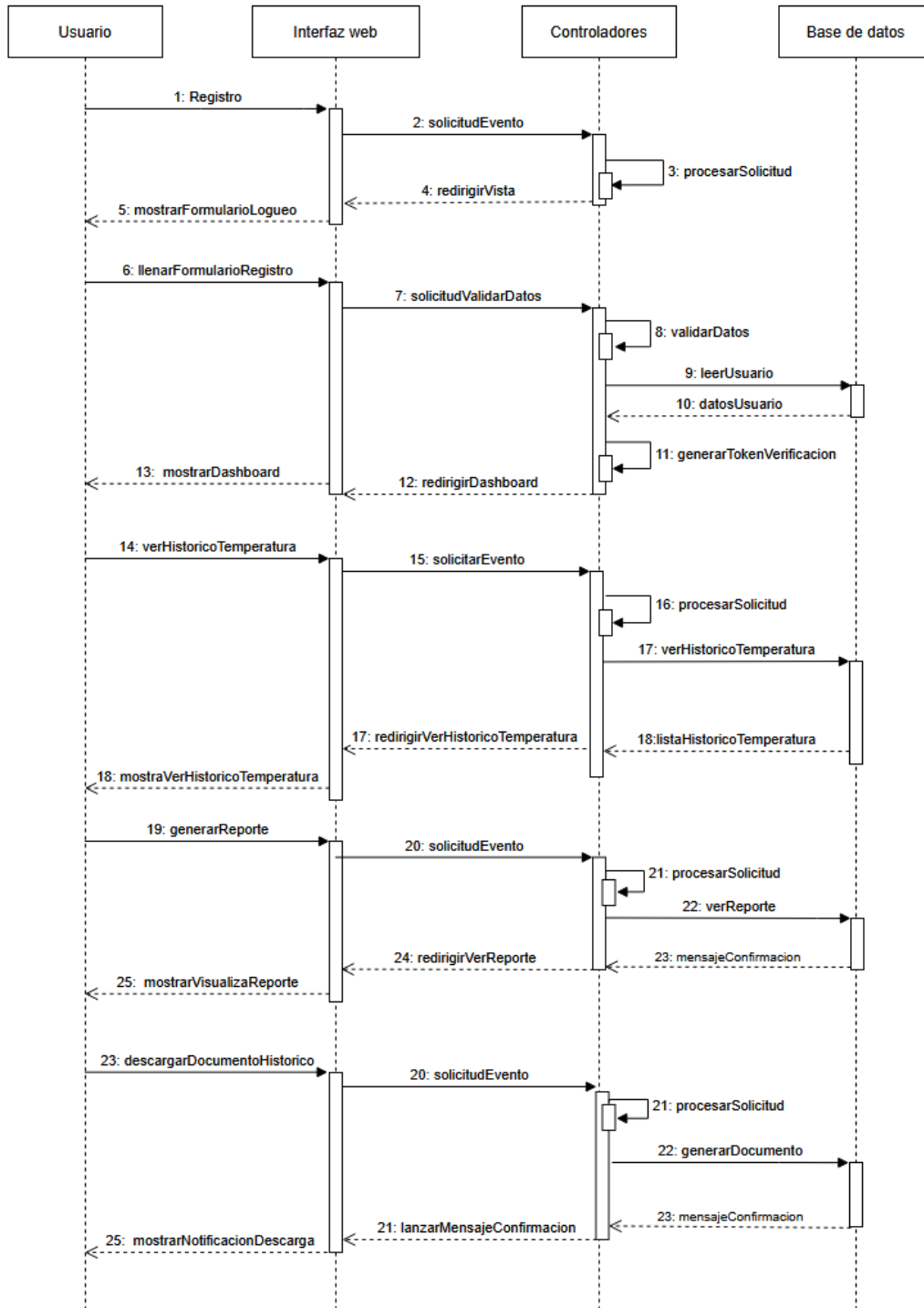
**Descripción.** Este diagrama de secuencia representa el proceso de registro de un usuario en el sistema. El usuario inicia la solicitud a través de la interfaz web, la cual comunica el evento al controlador. El controlador valida los datos y los guarda en la base de datos. Finalmente, el sistema envía un **mensaje de confirmación** al usuario indicando que el registro se ha completado con éxito.

**Figura 8** Diagrama de Secuencia: Inicio de Sesión y Recuperación de Credenciales



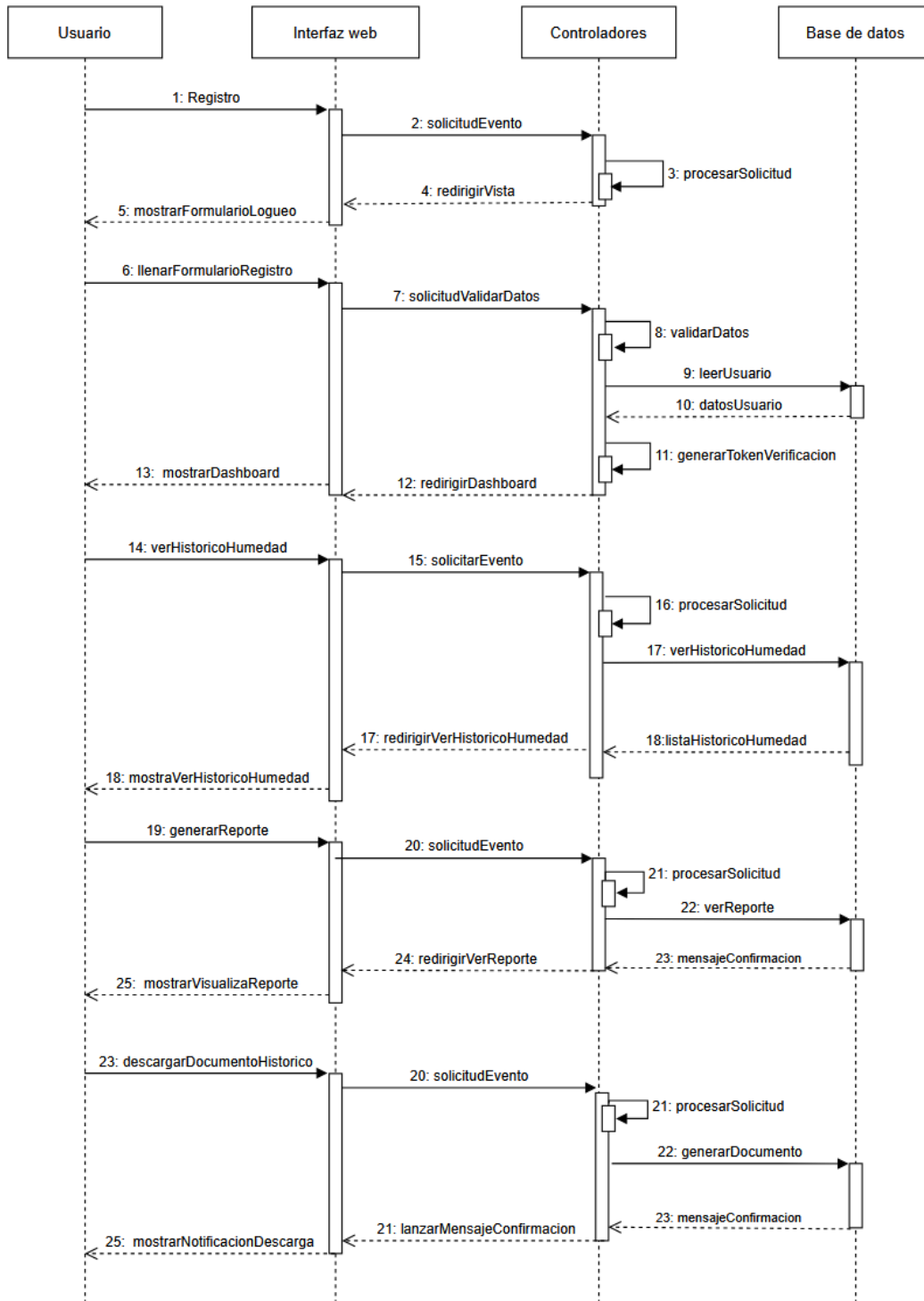
**Descripción.** Este diagrama de secuencia ilustra el flujo del **inicio de sesión y la recuperación de credenciales** en el sistema. El usuario ingresa sus credenciales a través de la interfaz web, que envía la solicitud al controlador para su validación. Si los datos son correctos, se genera un **token de verificación** y se redirige al usuario al **dashboard**. En caso de necesitar restablecer su contraseña, el sistema procesa la solicitud, valida los datos y actualiza las credenciales en la base de datos, enviando un **mensaje de confirmación** al finalizar el proceso.

**Figura 9** Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Temperatura



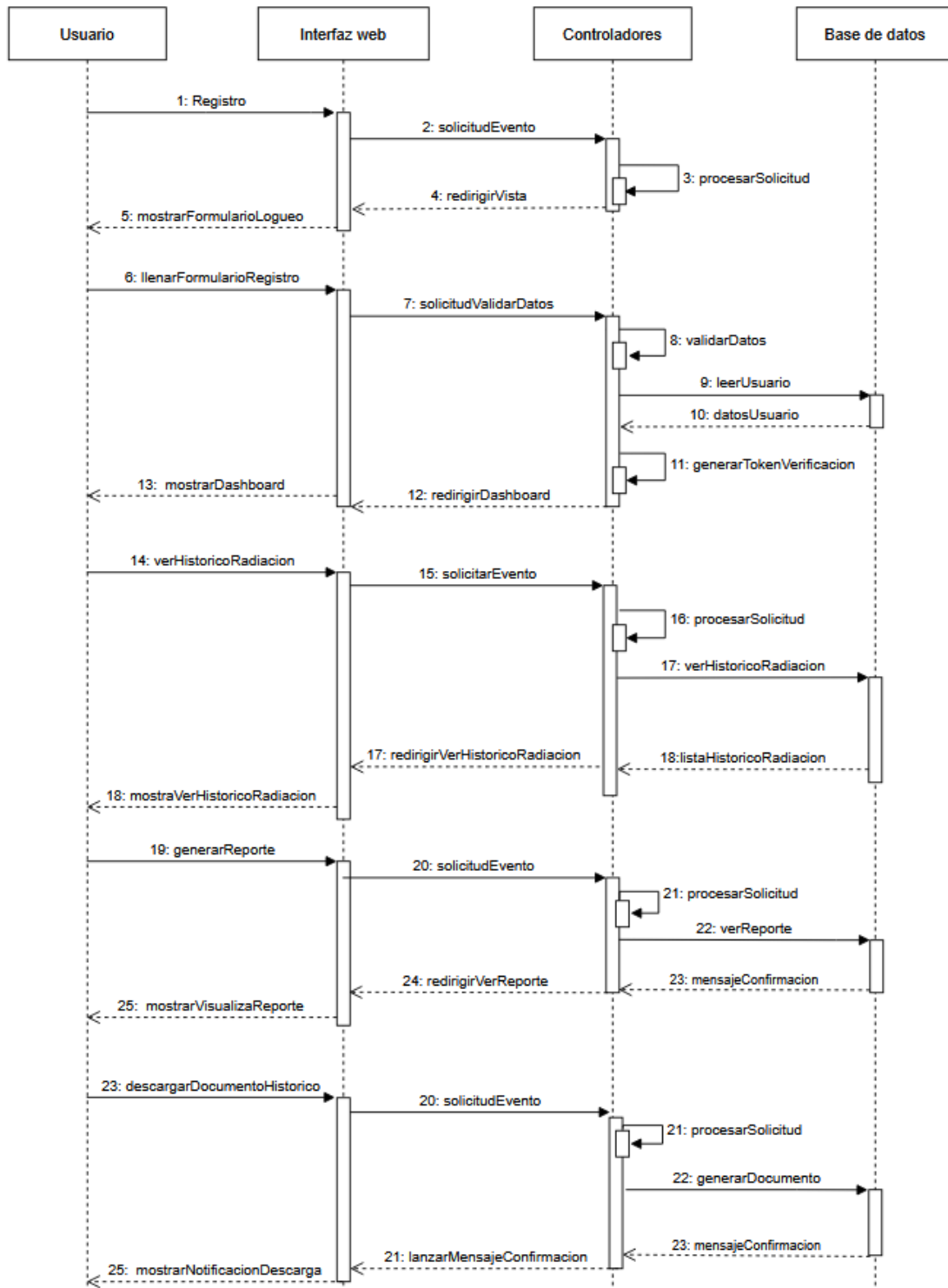
**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el flujo de interacción del usuario con el sistema para **registro**, **consulta de datos históricos** y **generación de reportes**. El proceso inicia con la solicitud de registro, seguida por la validación de datos y la generación de un **token de verificación**. Luego, el usuario puede consultar el **historial de temperatura**, solicitar la **generación de un reporte** y descargar documentos históricos. Cada solicitud es procesada por los controladores y la base de datos, devolviendo los resultados a la interfaz web y mostrando mensajes de confirmación al usuario.

**Figura 10** Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Humedad



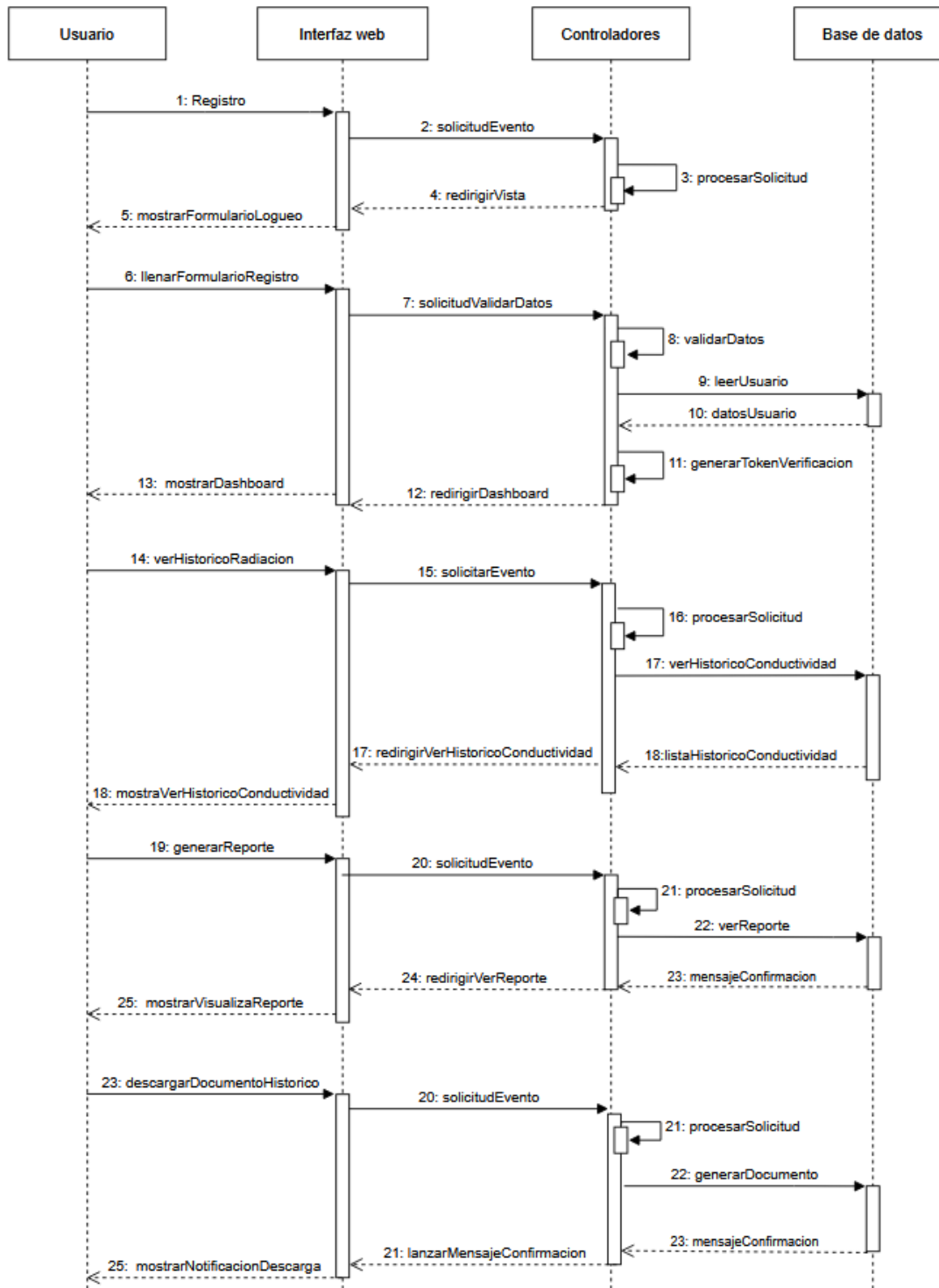
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el proceso de **registro de usuario, consulta del historial de humedad y generación de reportes**. El usuario inicia su registro a través de la interfaz web, que envía la solicitud al controlador para su validación y almacenamiento en la base de datos. Posteriormente, el usuario puede consultar el **historial de humedad**, cuya solicitud es procesada y devuelta por el sistema. También se permite la **generación y descarga de reportes**, con el sistema confirmando cada operación mediante mensajes de respuesta.

Figura 11 Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Radiación solar



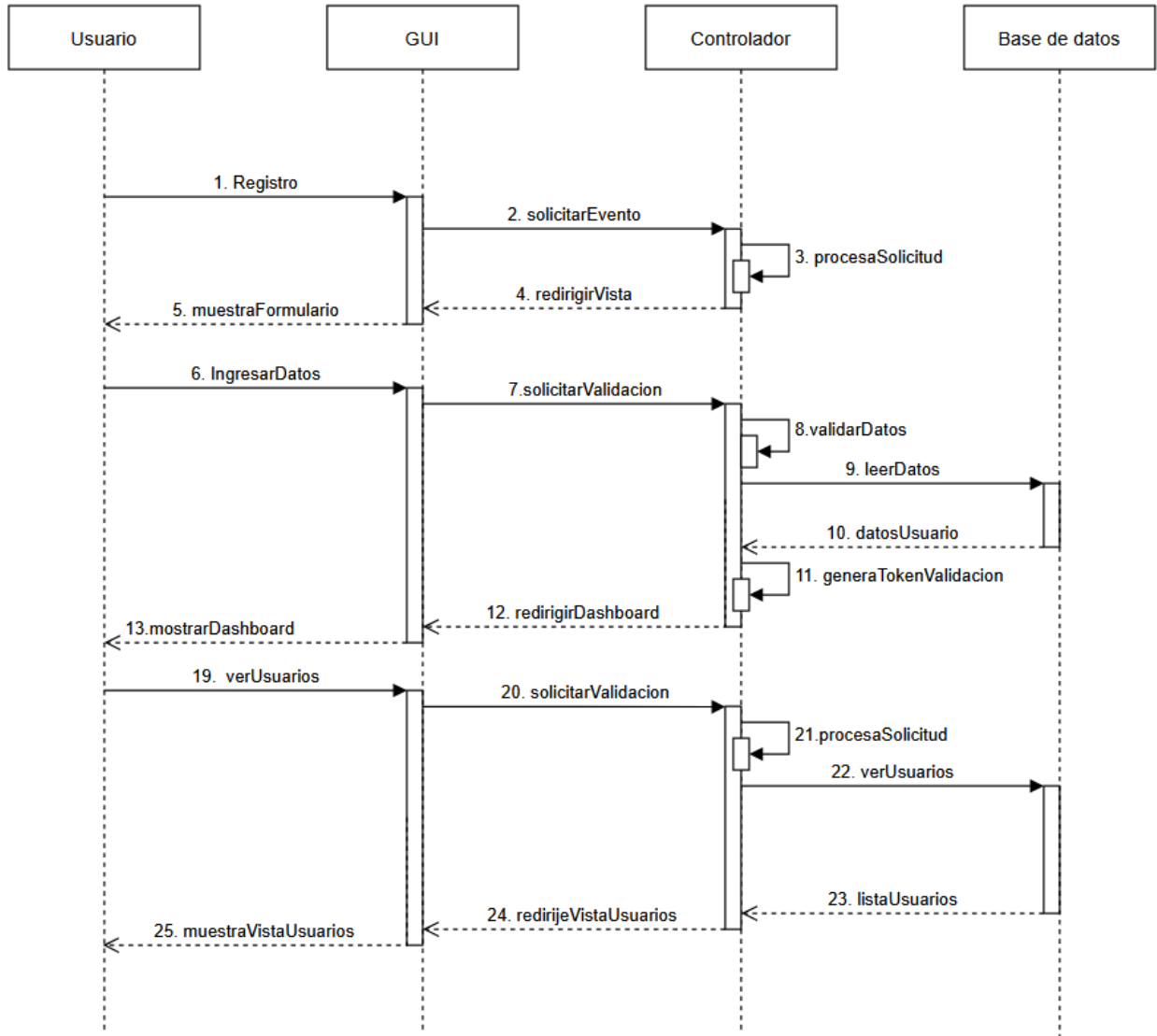
*descripción* Este diagrama de secuencia ilustra el proceso de **registro de usuario**, **consulta del historial de radiación** y **generación de reportes**. El usuario inicia su registro a través de la interfaz web, que envía la solicitud al controlador para su validación y almacenamiento en la base de datos. Posteriormente, el usuario puede consultar el **historial de radiación**, con la solicitud procesada y devuelta por el sistema. Además, se permite la **generación y descarga de reportes**, con la confirmación del sistema mediante mensajes de respuesta.

Figura 12 Diagrama de secuencia: Reporte histórico de Conductividad



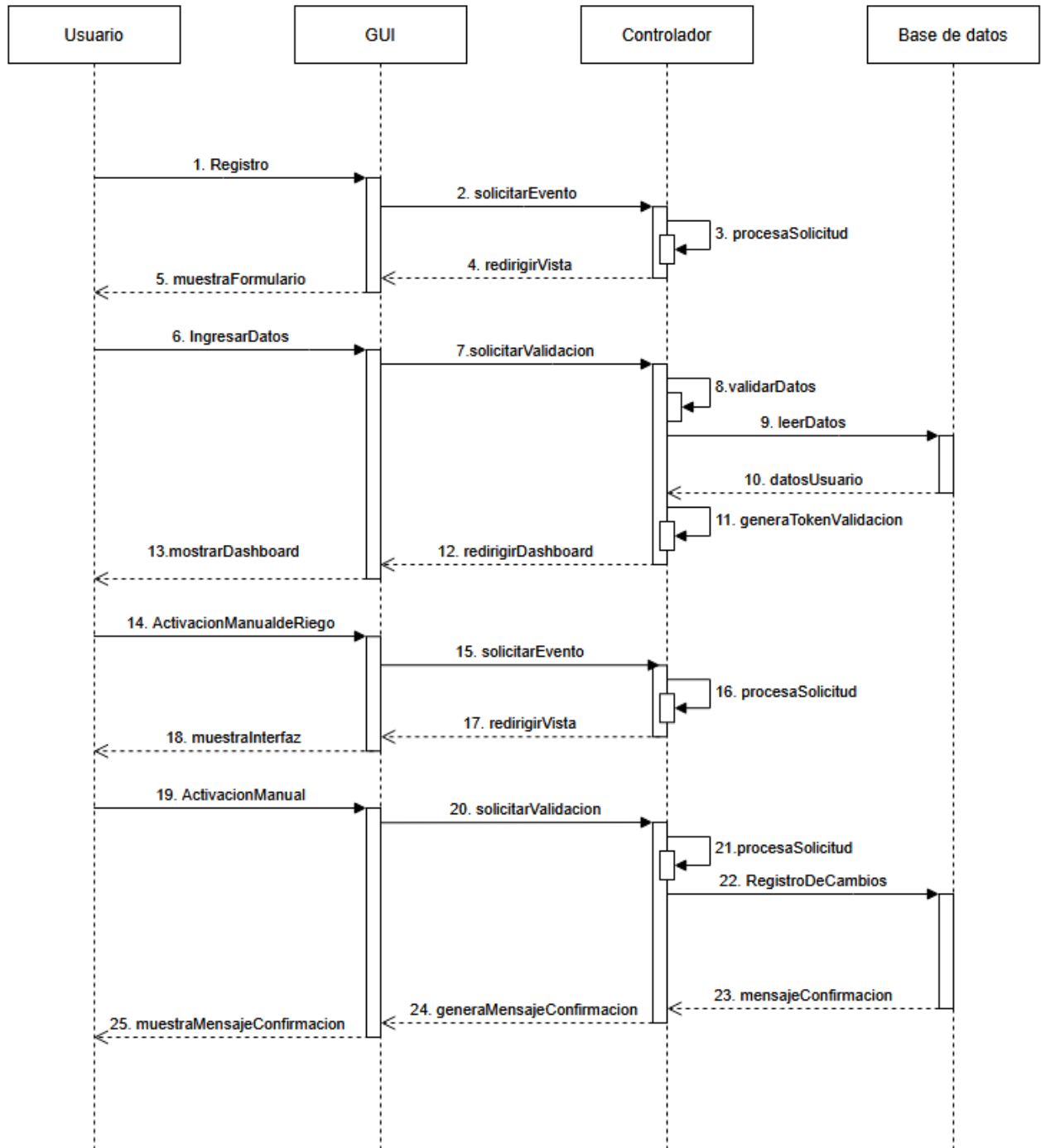
*descripción* Este diagrama de secuencia ilustra el proceso de **registro de usuario**, **consulta del historial de Conductividad** y **generación de reportes**. El usuario inicia su registro a través de la interfaz web, que envía la solicitud al controlador para su validación y almacenamiento en la base de datos. Posteriormente, el usuario puede consultar el **historial de Conductividad**, con la solicitud procesada y devuelta por el sistema. Además, se permite la **generación y descarga de reportes**, con la confirmación del sistema mediante mensajes de respuesta.

**Figura 13** Diagrama de secuencia: Registro y Consulta de Usuarios



**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el flujo del **registro de usuarios y la consulta de usuarios en el sistema**. El usuario inicia su registro ingresando datos a través de la **interfaz gráfica (GUI)**, la cual envía la solicitud al controlador para su validación y almacenamiento en la base de datos. Luego, el usuario puede acceder al **Dashboard** y visualizar la lista de usuarios registrados. La consulta de usuarios se procesa mediante una solicitud de validación, que es gestionada por el controlador y devuelta a la interfaz con la lista de usuarios almacenados.

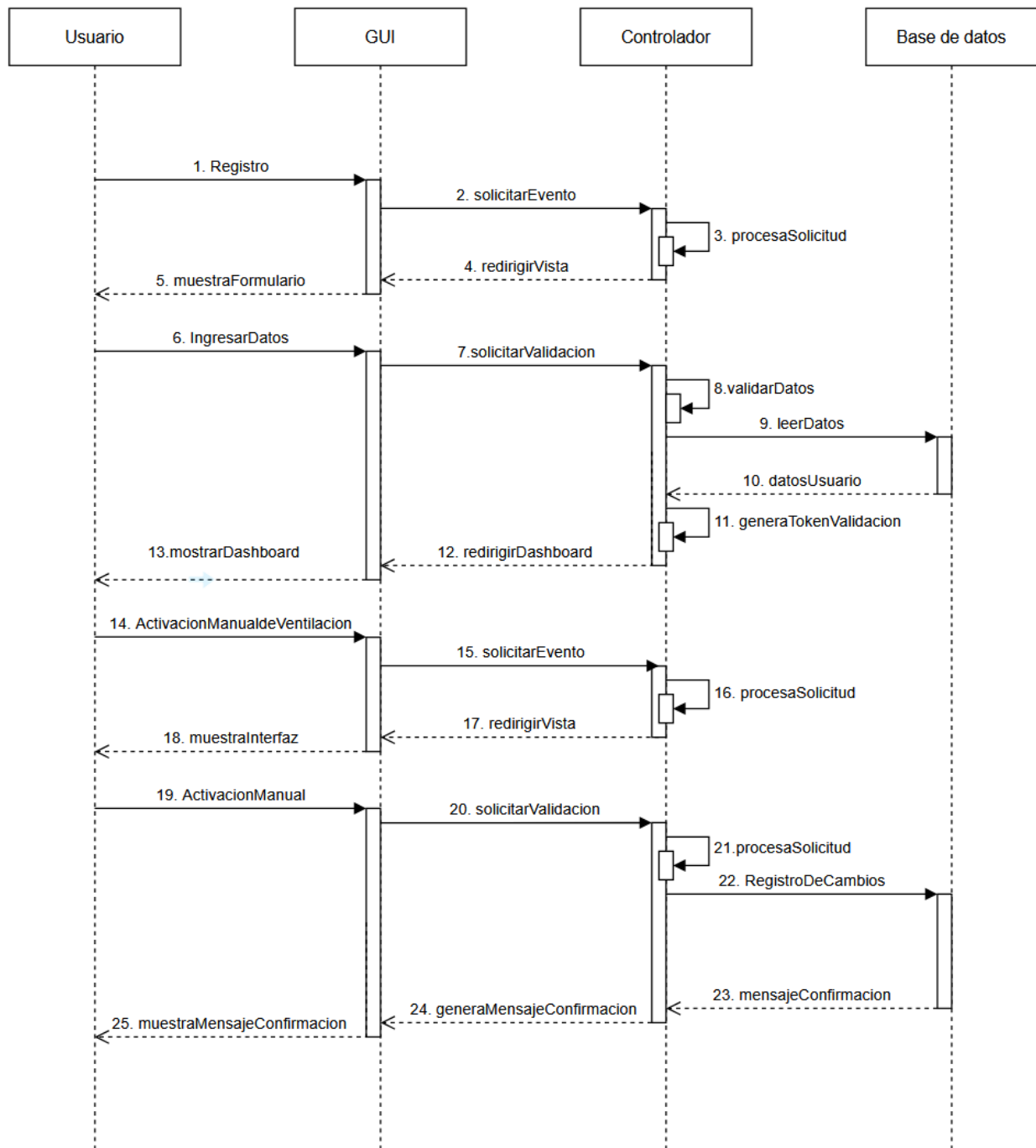
**Figura 14** Diagrama de Secuencia: Activación Manual del Sistema de Riego



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **activación manual del sistema de riego**. El usuario accede a la interfaz gráfica (GUI) e inicia la solicitud de activación, la cual es enviada al **controlador** para su procesamiento. Posteriormente, el sistema valida la solicitud y registra el cambio en la **base de datos**.

Finalmente, se genera un **mensaje de confirmación** que es enviado a la interfaz para notificar al usuario que la activación del riego se ha realizado con éxito.

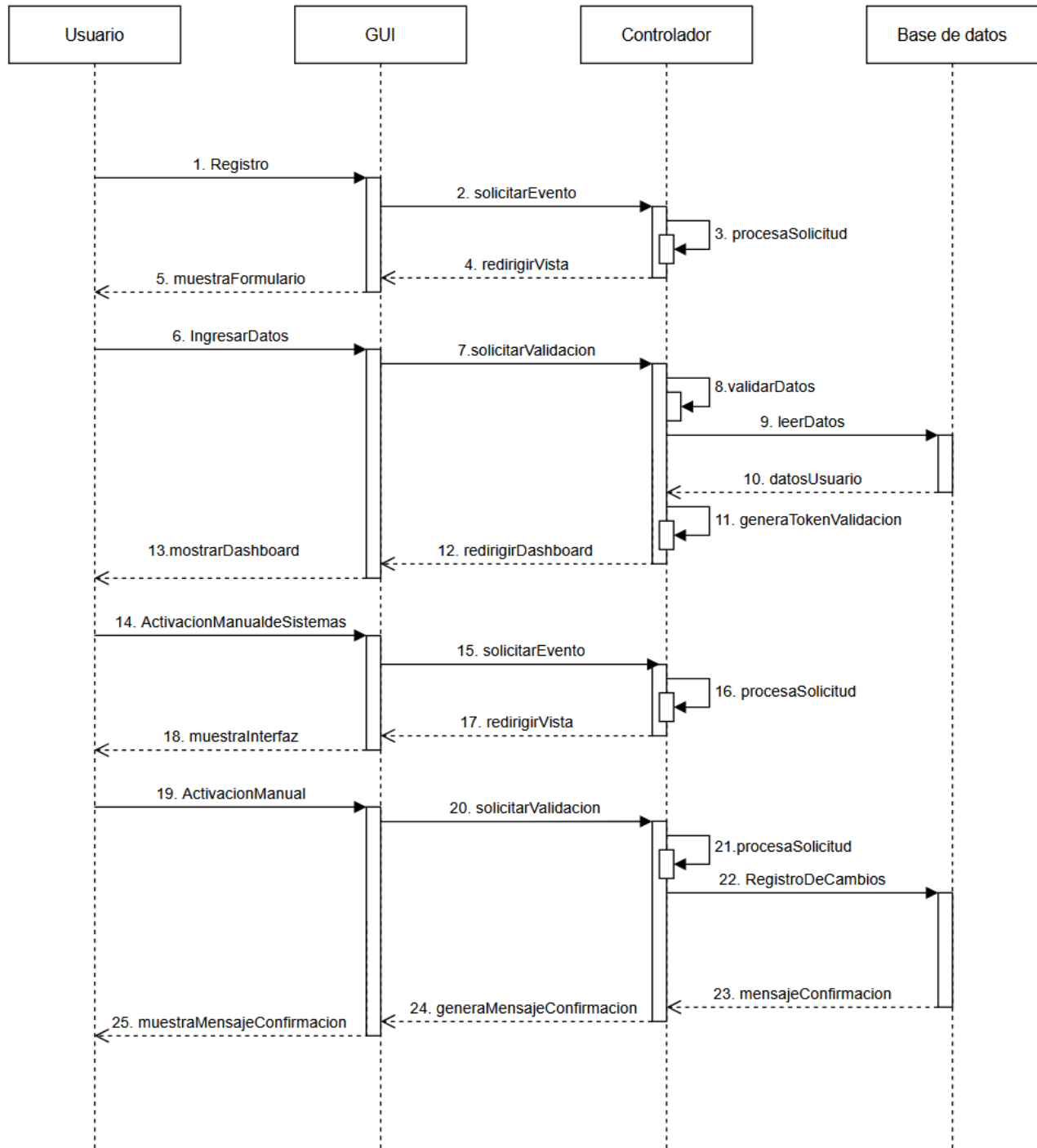
**Figura 15** Diagrama de Secuencia: Activación Manual del Sistema de Ventilación



**Descripción** Este diagrama de secuencia ilustra el proceso de **activación manual del sistema de ventilación**. El usuario accede a la interfaz gráfica (GUI) y solicita la activación, enviando la petición al **controlador** para su procesamiento.

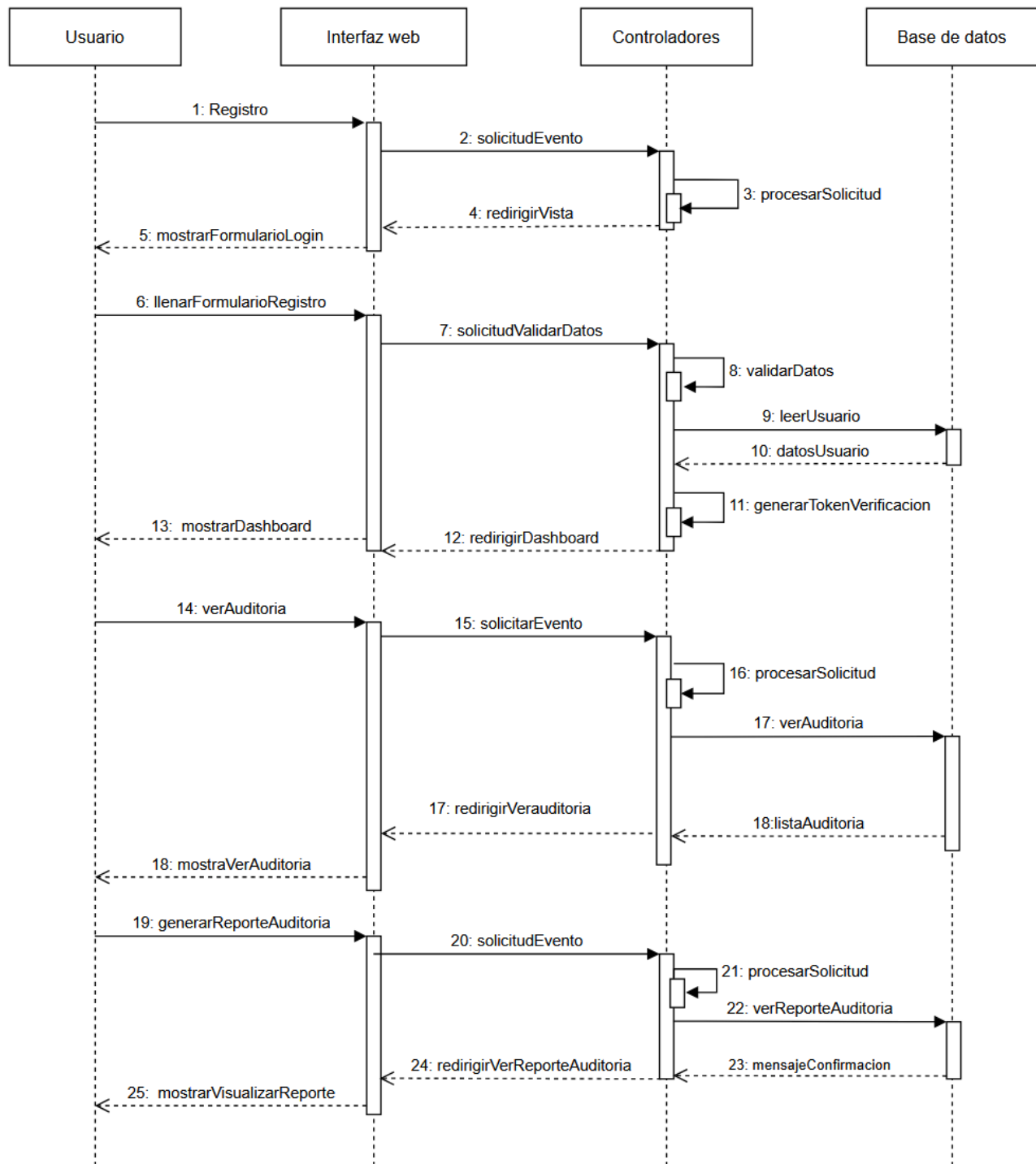
Una vez validada la solicitud, el cambio de estado es registrado en la **base de datos**. Finalmente, el sistema envía un **mensaje de confirmación** a la interfaz para informar al usuario que la activación de la ventilación se ha realizado con éxito.

**Figura 16** Diagrama de Secuencia: Activación Manual de cortinas



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **activación manual de cortinas** dentro de la plataforma. El usuario accede a la interfaz gráfica (GUI) y solicita la activación de un sistema, enviando la petición al **controlador** para su procesamiento. Una vez validada la solicitud, el sistema registra los cambios en la **base de datos**. Finalmente, se genera un **mensaje de confirmación** que es enviado a la interfaz para informar al usuario que la activación se ha realizado con éxito

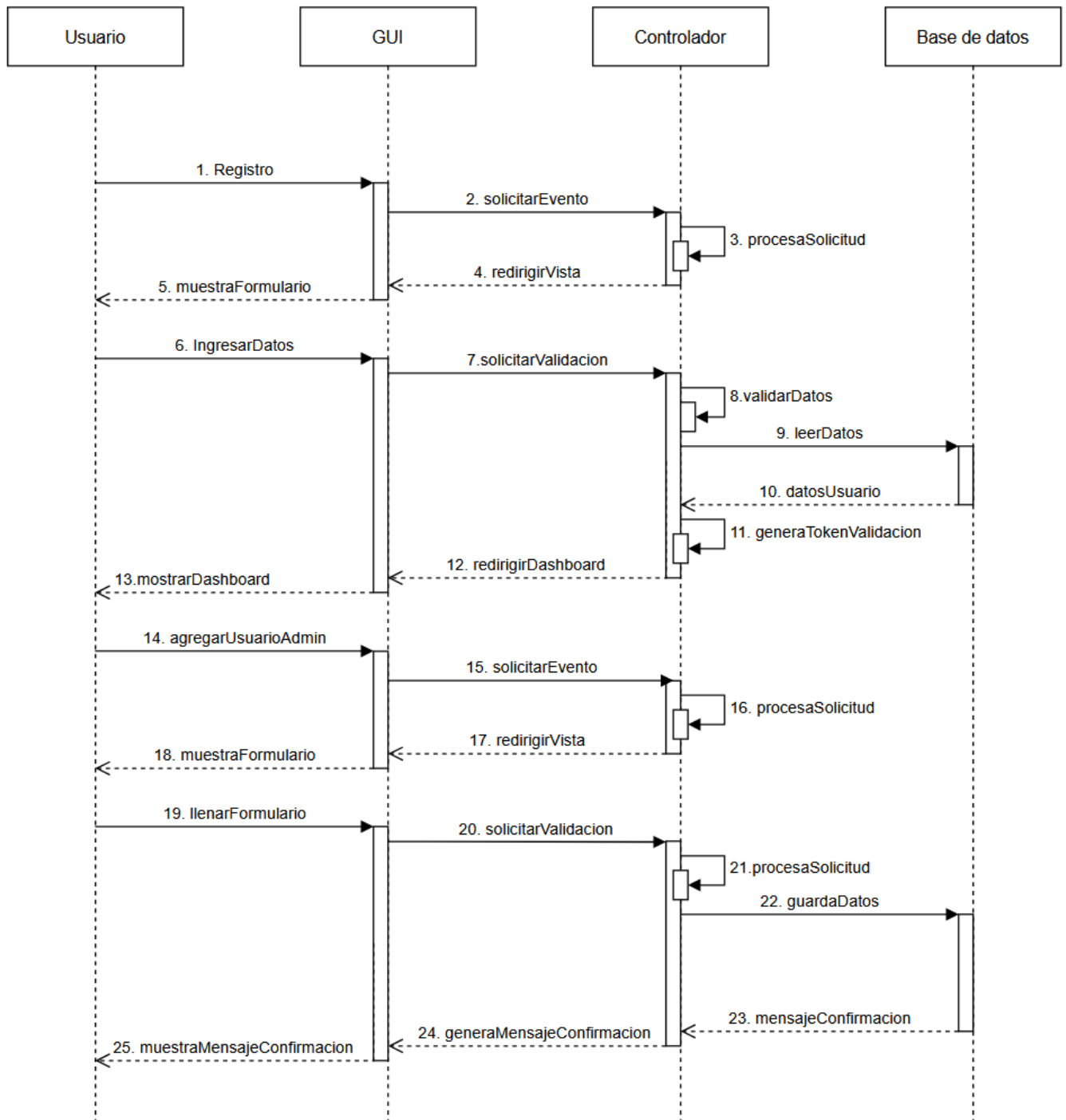
**Figura 17** Diagrama de Secuencia: Consulta y Generación de Reportes de Auditoría



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el flujo de **consulta y generación de reportes de auditoría** dentro del sistema. El usuario accede a la interfaz web y solicita la visualización de registros de auditoría, enviando la petición al **controlador**, que la procesa y obtiene la información de la **base de datos**.

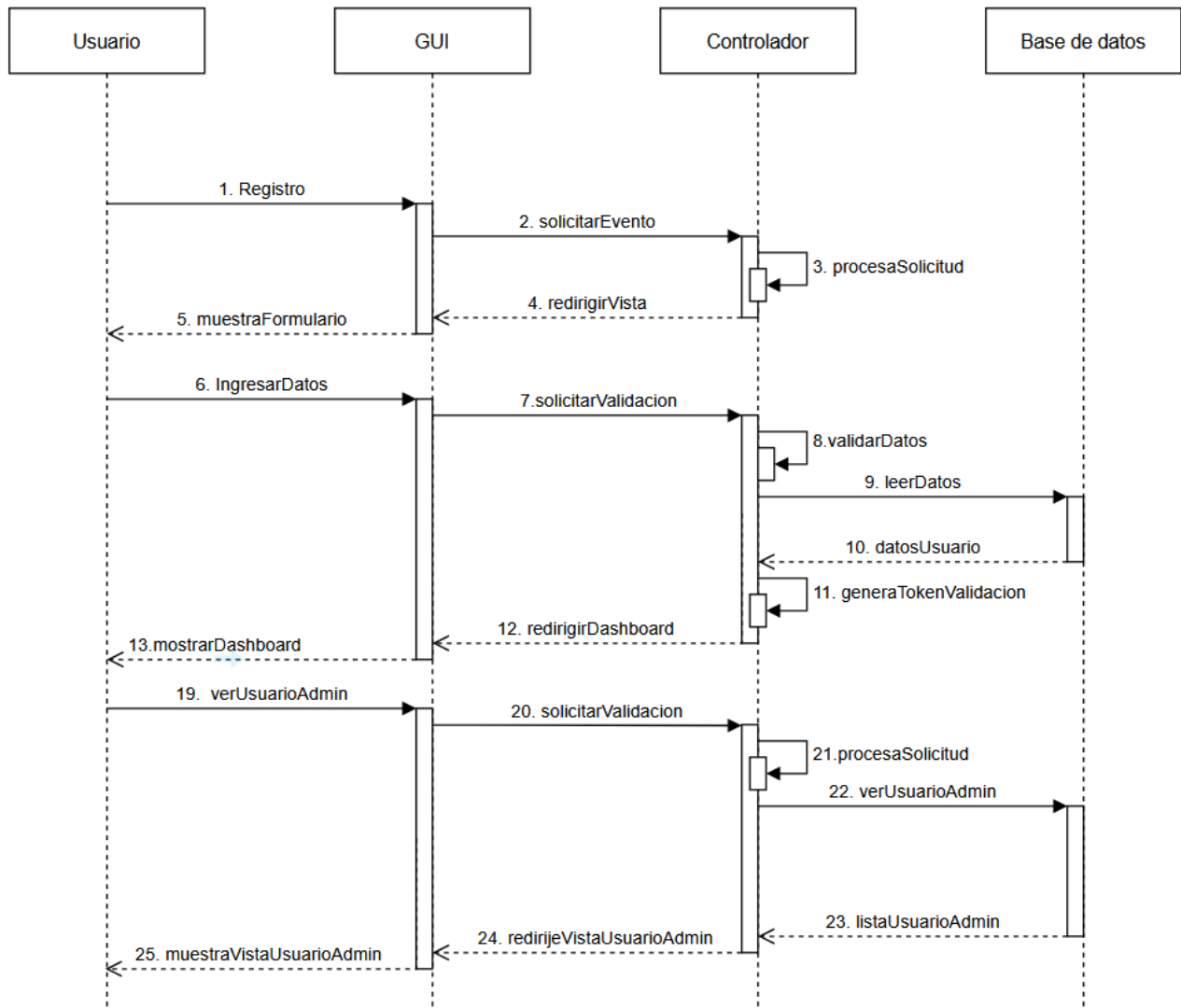
Posteriormente, el usuario puede generar un **reporte de auditoría**, siguiendo un proceso similar, donde el sistema procesa la solicitud, recupera los datos y los presenta en la interfaz web con una confirmación visual.

**Figura 18** Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Administradores



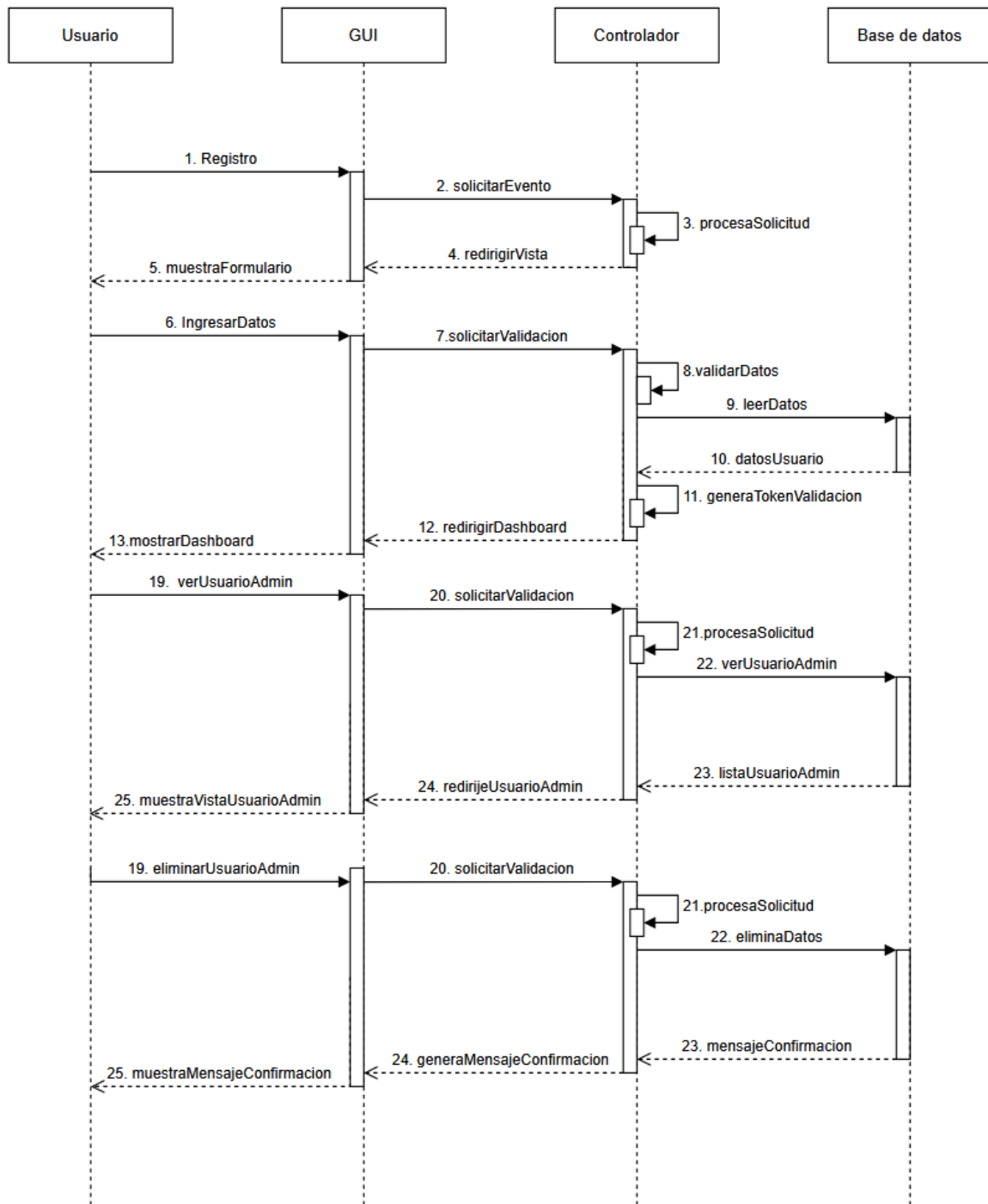
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el flujo de **registro de usuario** y la **adición de un usuario administrador** en el sistema. El usuario inicia el registro proporcionando sus datos en la **interfaz gráfica (GUI)**, que envía la solicitud al **controlador** para su validación y almacenamiento en la **base de datos**. Posteriormente, un usuario con privilegios administrativos puede agregar un nuevo usuario administrador; completando un formulario enviando la solicitud al sistema. Una vez validada la información, los datos se almacenan en la base de datos y se genera un **mensaje de confirmación** para notificar que el proceso se ha completado con éxito.

**Figura 19** Diagrama de Secuencia: Visualización de Usuarios Administradores



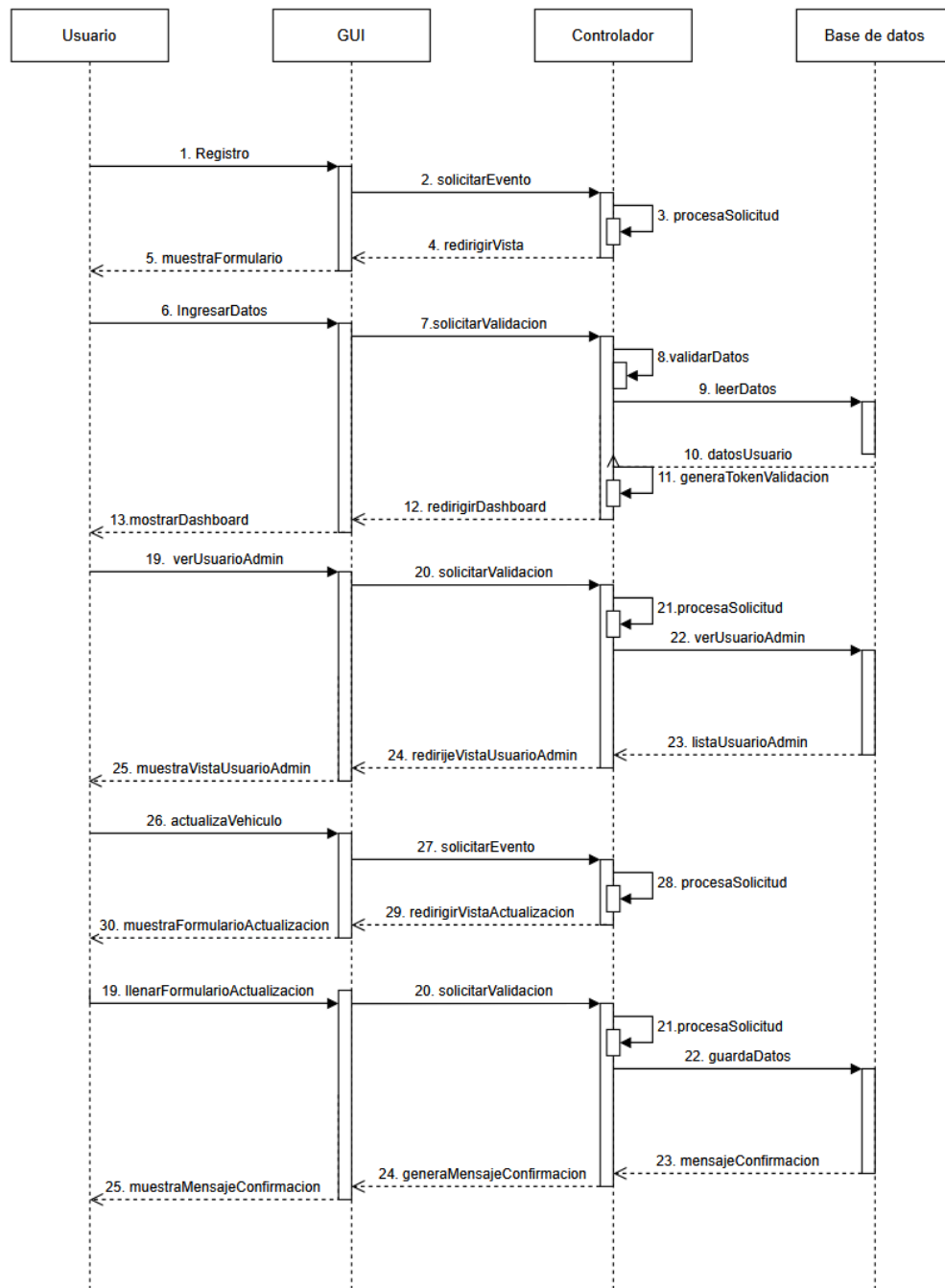
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el proceso de **consulta y visualización de usuarios administradores** en el sistema. El usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es enviada al **controlador**, que la procesa y consulta la **base de datos** para recuperar la información. Finalmente, la interfaz web recibe y muestra la lista de usuarios administradores disponibles, notificando al usuario que la operación se ha completado con éxito.

**Figura 20** Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Administradores



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y eliminación de usuarios administradores** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz. Posteriormente, si el usuario decide eliminar un administrador, se envía una nueva solicitud de validación al controlador, que procesa la eliminación en la base de datos y envía un **mensaje de confirmación** para notificar que la operación se ha realizado con éxito.

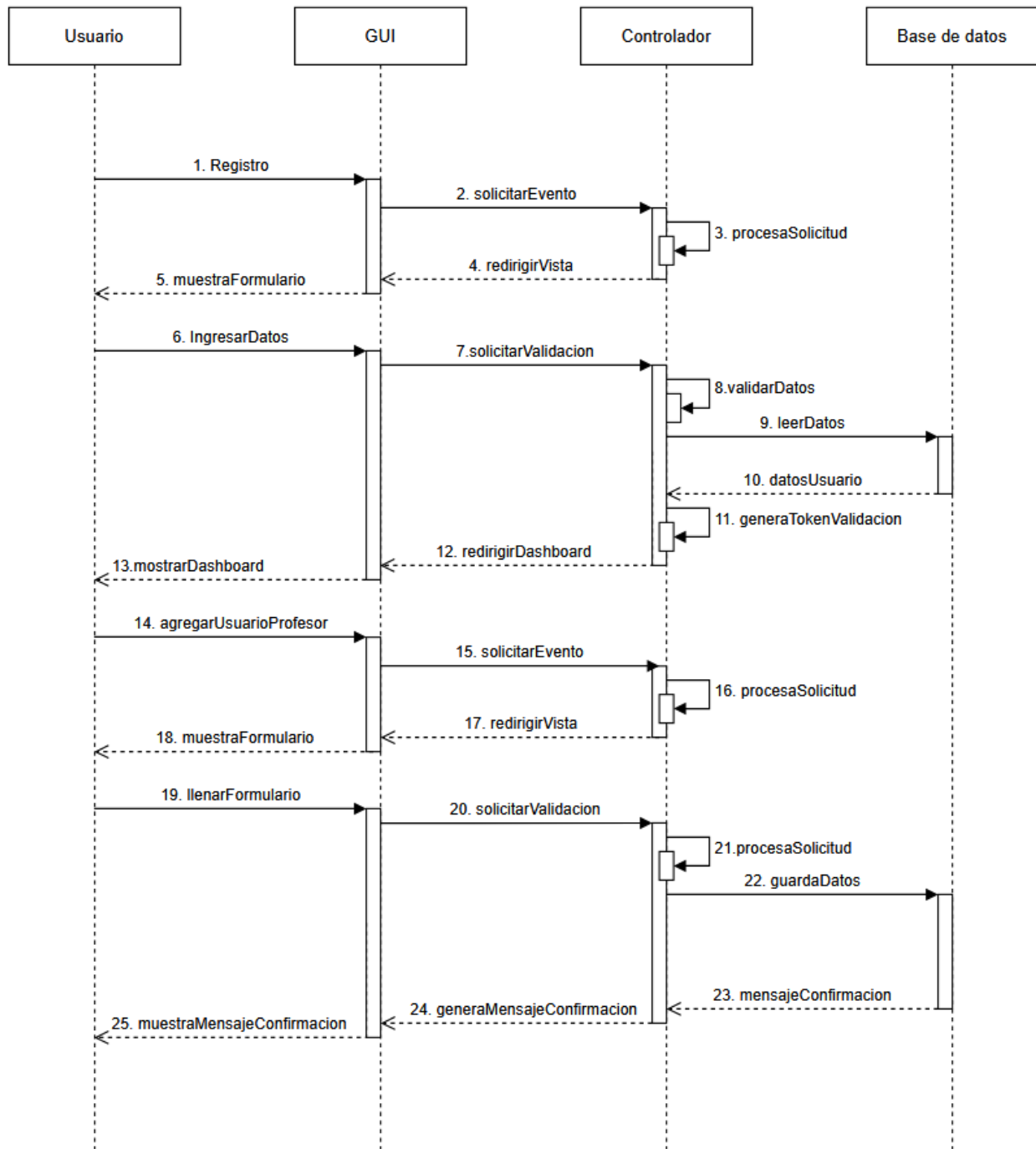
**Figura 21** Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Administrador



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y actualización de información de un usuario administrador** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz.

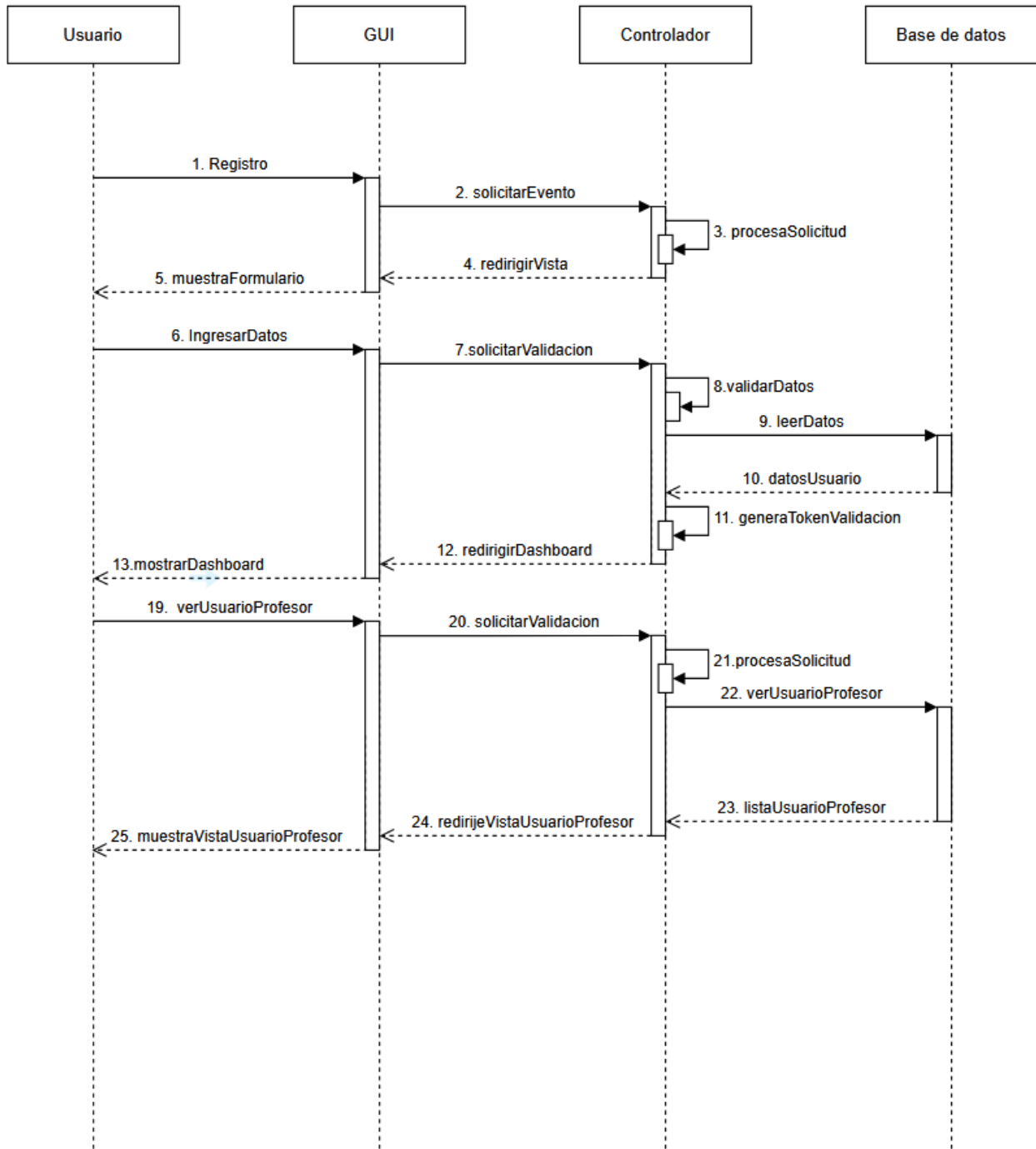
Posteriormente, si el usuario decide **actualizar la información de un administrador**, se inicia una nueva solicitud que redirige a la vista de actualización. El usuario llena el formulario correspondiente, enviando los datos al controlador para su validación y actualización en la **base de datos**. Finalmente, el sistema envía un **mensaje de confirmación** para notificar que los cambios se han guardado correctamente.

**Figura 22** Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Profesores



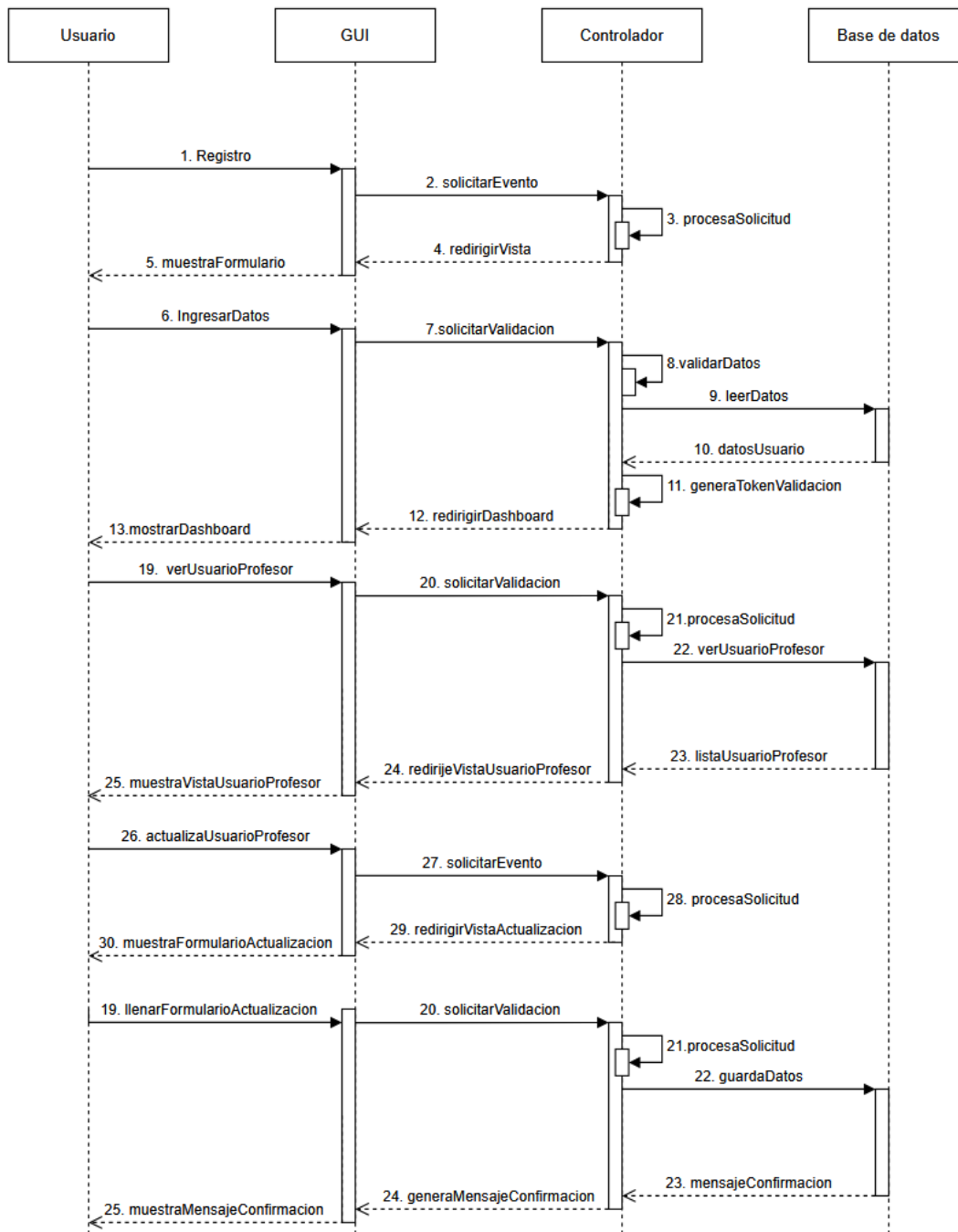
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el flujo de **registro de usuario** y la **adición de un usuario profesor** en el sistema. El usuario inicia el registro proporcionando sus datos en la **interfaz gráfica (GUI)**, que envía la solicitud al **controlador** para su validación y almacenamiento en la **base de datos**. Posteriormente, un usuario con privilegios administrativos puede agregar un nuevo usuario administrador; completando un formulario y enviando la solicitud al sistema. Una vez validada la información, los datos se almacenan en la base de datos y se genera un **mensaje de confirmación** para notificar que el proceso se ha completado con éxito.

**Figura 23** Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Profesores



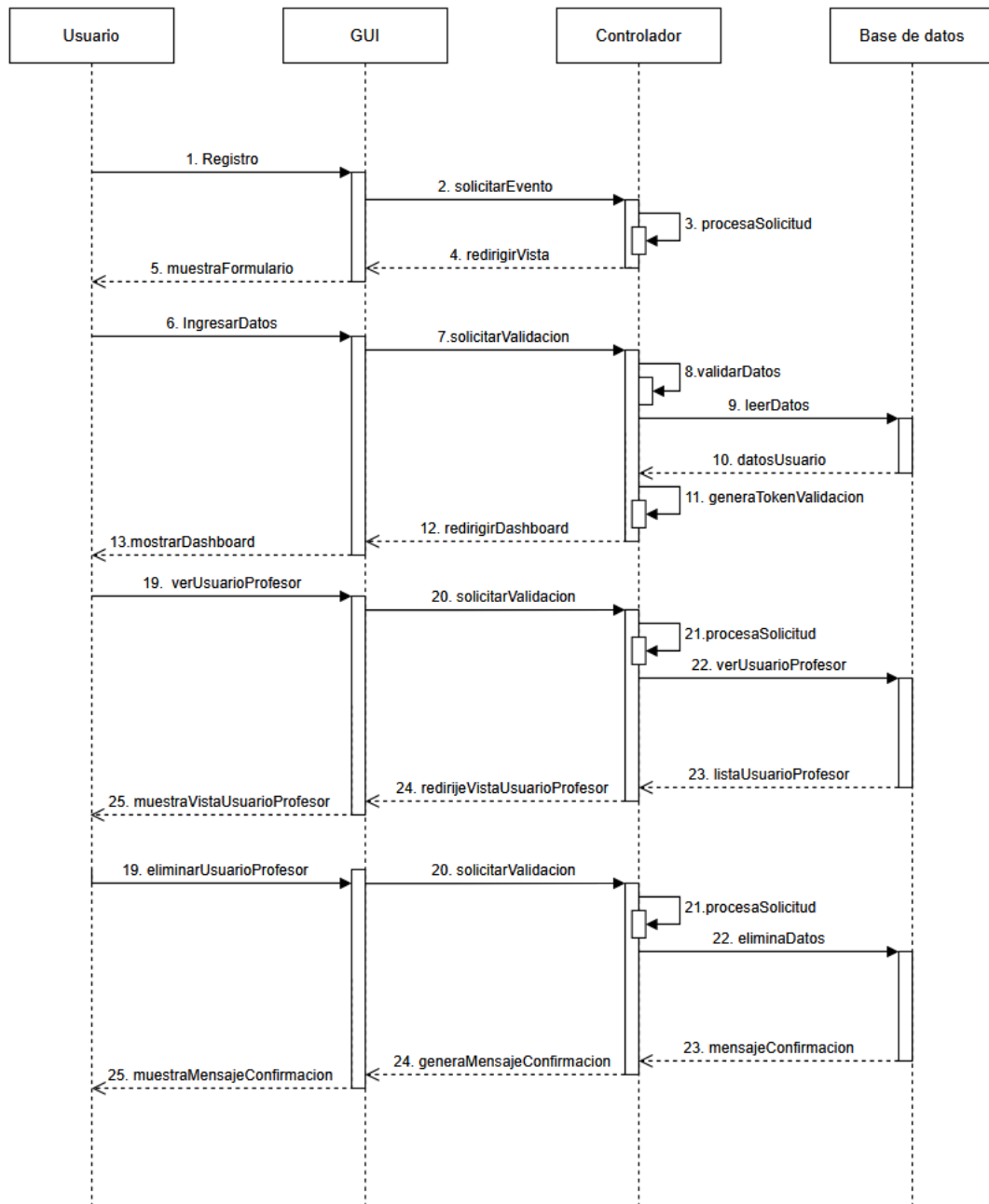
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el proceso de **consulta y visualización de usuarios profesores** en el sistema. El usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es enviada al **controlador**, que la procesa y consulta la **base de datos** para recuperar la información. Finalmente, la interfaz web recibe y muestra la lista de usuarios administradores disponibles, notificando al usuario que la operación se ha completado con éxito.

**Figura 24** Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Profesores



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y eliminación de usuarios Profesores** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz. Posteriormente, si el usuario decide eliminar un administrador, se envía una nueva solicitud de validación al controlador, que procesa la eliminación en la base de datos y envía un **mensaje de confirmación** para notificar que la operación se ha realizado con éxito.

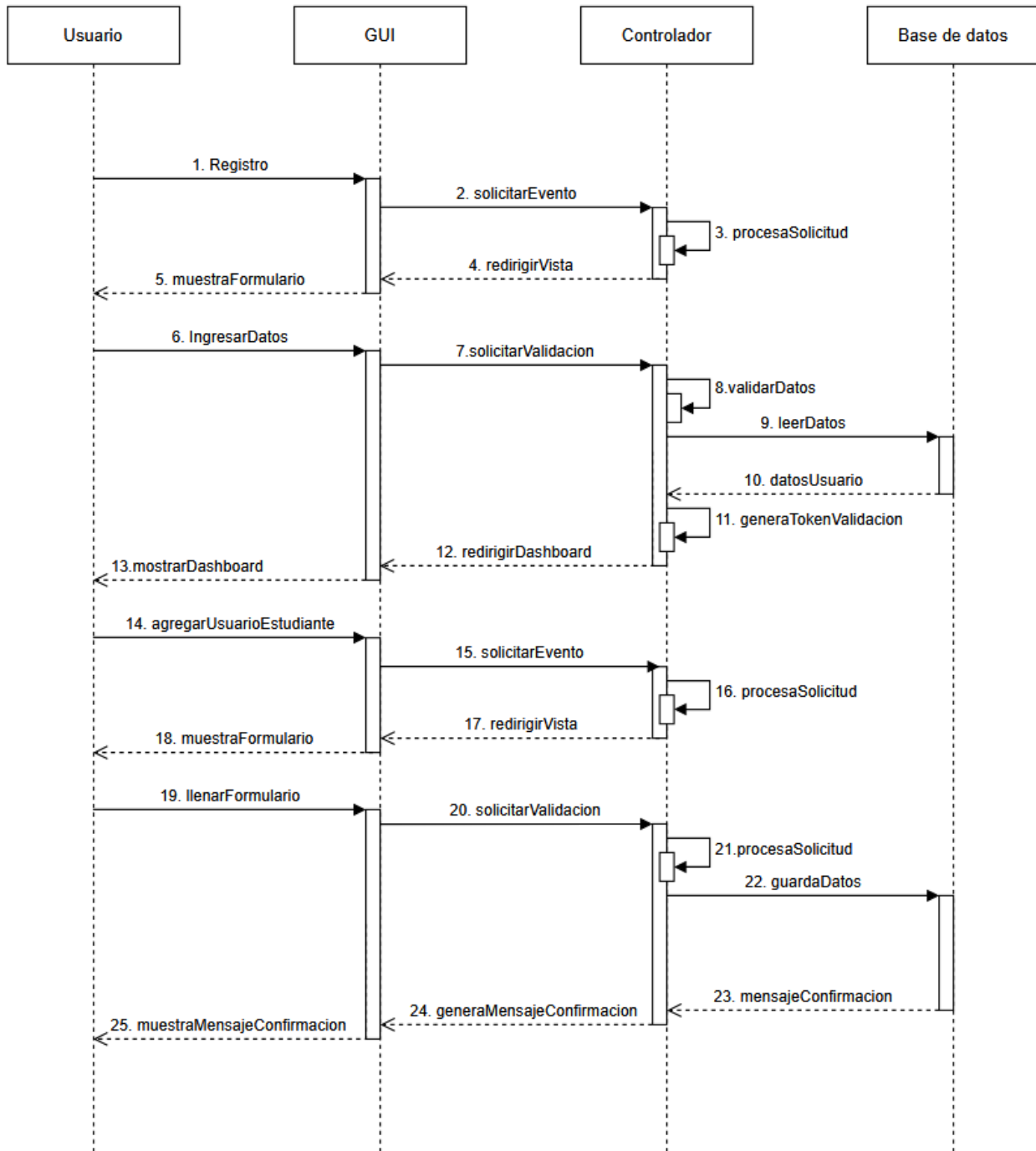
**Figura 25** Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Profesor



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y actualización de información de un usuario Profesor** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz.

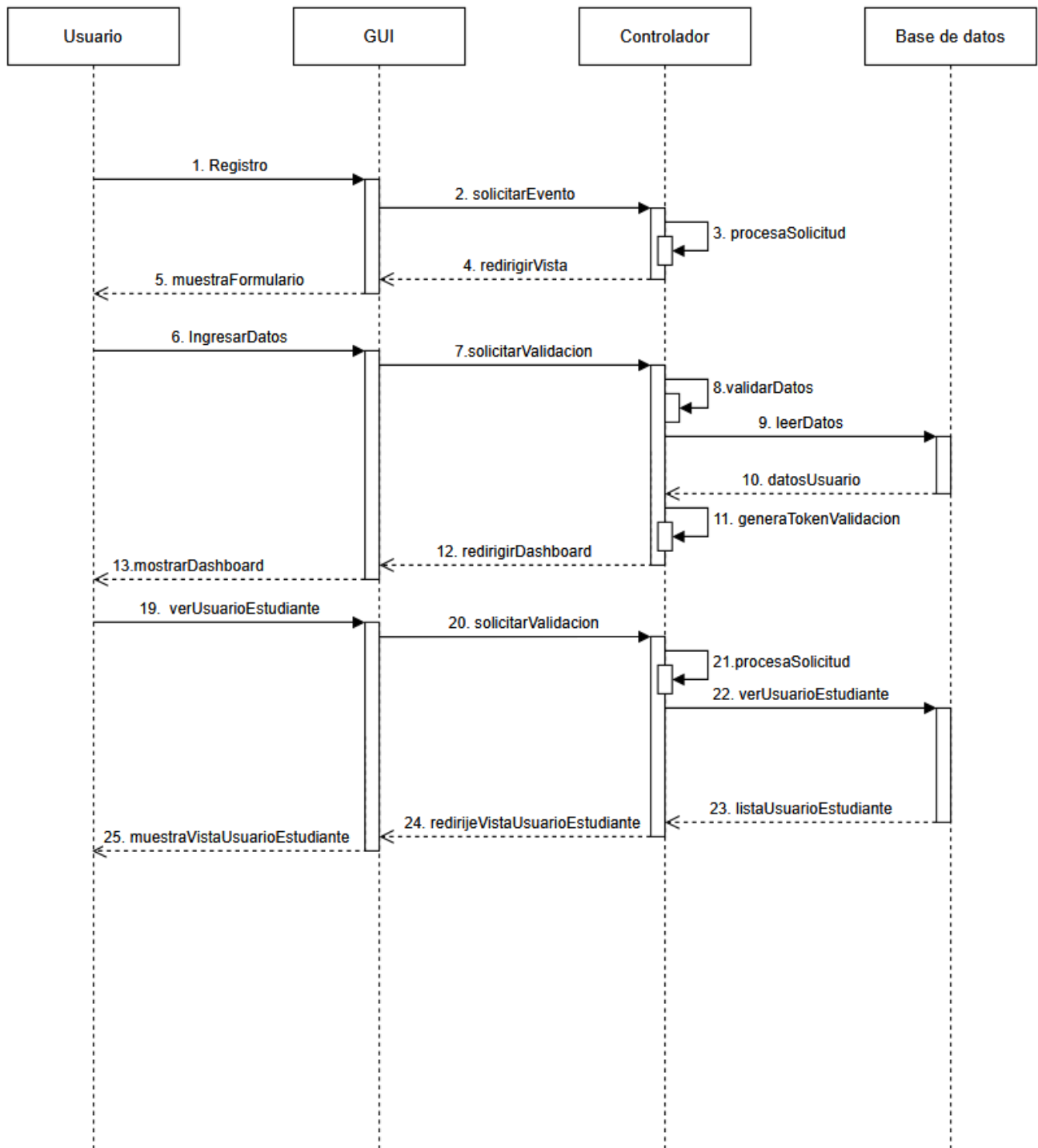
Posteriormente, si el usuario decide **actualizar la información de un Profesor**, se inicia una nueva solicitud que redirige a la vista de actualización. El usuario llena el formulario correspondiente, enviando los datos al controlador para su validación y actualización en la **base de datos**. Finalmente, el sistema envía un **mensaje de confirmación** para notificar que los cambios se han guardado correctamente.

**Figura 26** Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Estudiantes



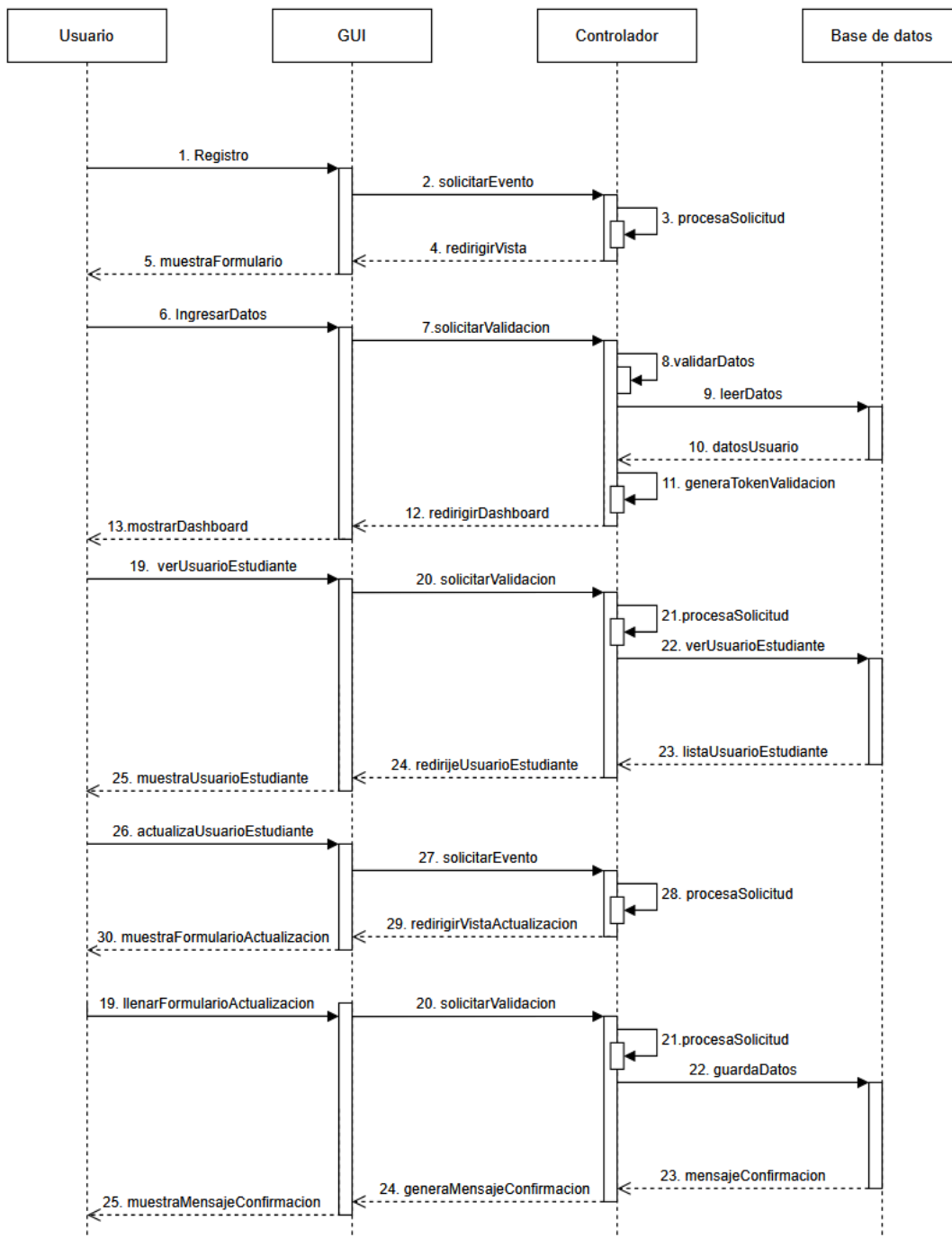
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el flujo de **registro de usuario** y la **adición de un usuario estudiantes** en el sistema. El usuario inicia el registro proporcionando sus datos en la **interfaz gráfica (GUI)**, que envía la solicitud al **controlador** para su validación y almacenamiento en la **base de datos**. Posteriormente, un usuario con privilegios administrativos puede agregar un nuevo usuario administrador, completando un formulario y enviando la solicitud al sistema. Una vez validada la información, los datos se almacenan en la base de datos y se genera un **mensaje de confirmación** para notificar que el proceso se ha completado con éxito.

**Figura 27** Diagrama de Secuencia: Registro y Adición de Usuarios Estudiantes



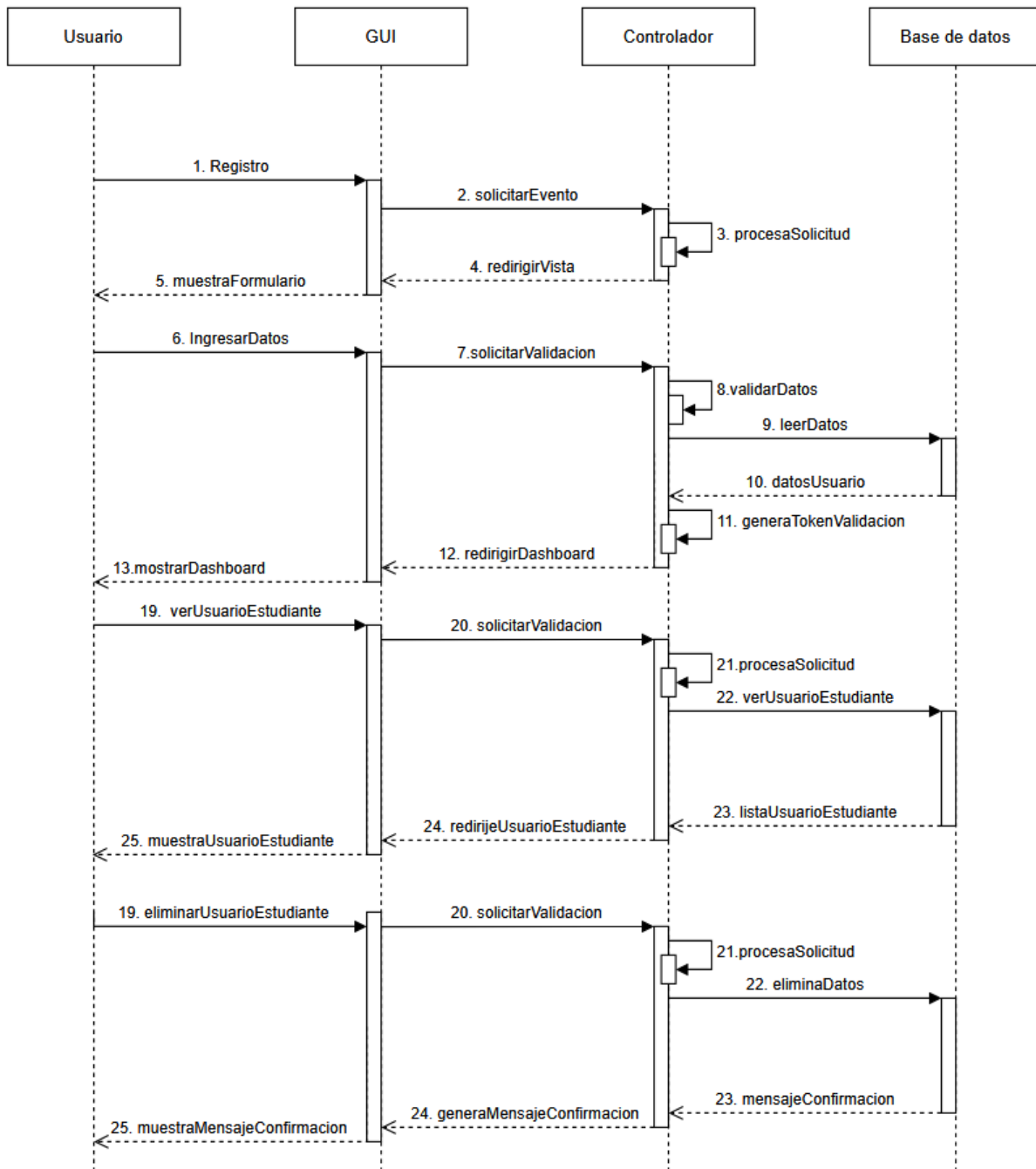
**Descripción** Este diagrama de secuencia muestra el proceso de **consulta y visualización de usuarios estudiantes** en el sistema. El usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es enviada al **controlador**, que la procesa y consulta la **base de datos** para recuperar la información. Finalmente, la interfaz web recibe y muestra la lista de usuarios administradores disponibles, notificando al usuario que la operación se ha completado con éxito.

**Figura 28** Diagrama de Secuencia: Visualización y Eliminación de Usuarios Estudiantes



**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y eliminación de usuarios estudiantes** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz. Posteriormente, si el usuario decide eliminar un administrador, se envía una nueva solicitud de validación al controlador, que procesa la eliminación en la base de datos y envía un **mensaje de confirmación** para notificar que la operación se ha realizado con éxito.

**Figura 29** Diagrama de Secuencia: Visualización y Actualización de Información de Usuario Estudiantes

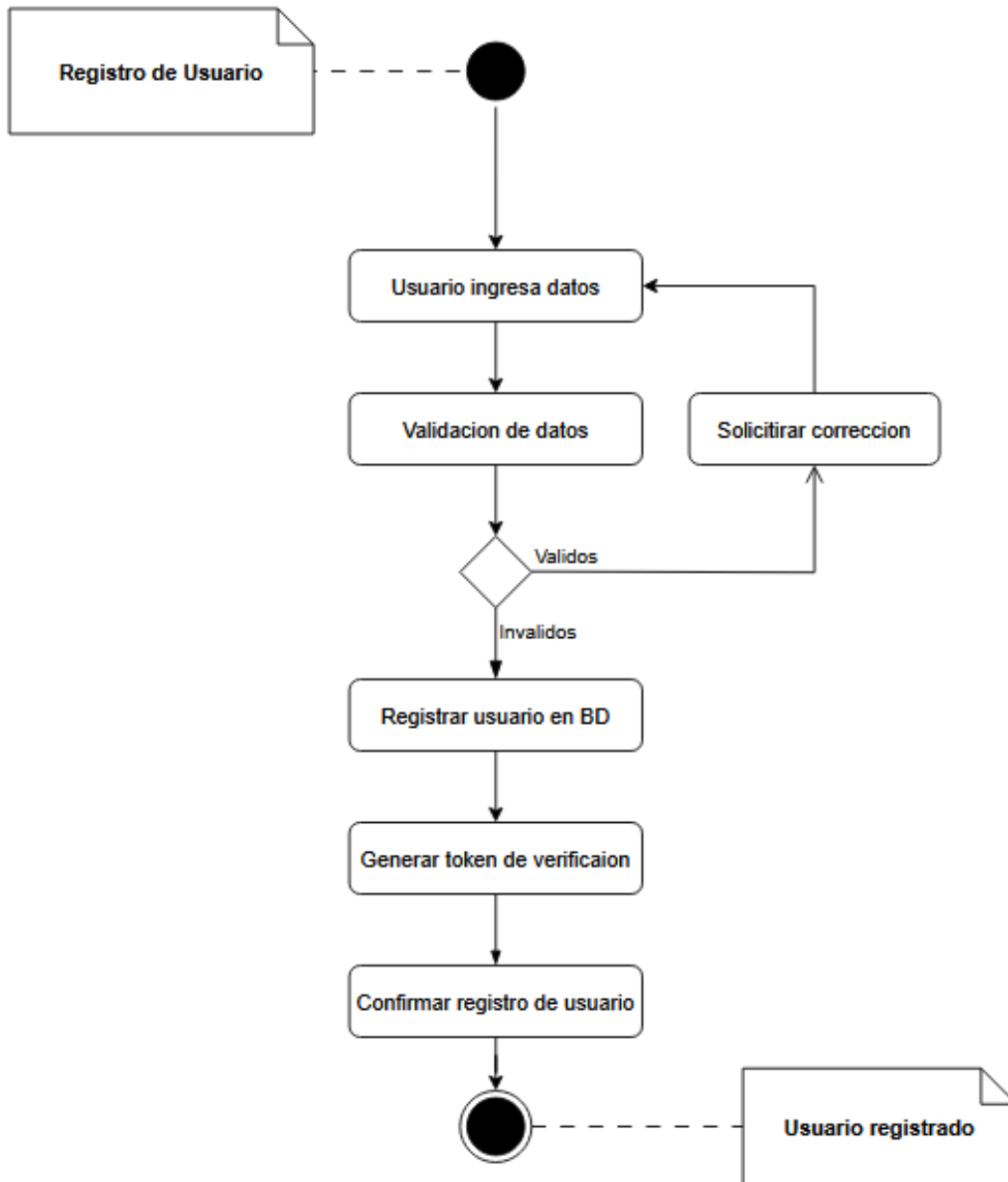


**Descripción** Este diagrama de secuencia representa el proceso de **consulta y actualización de información de un usuario estudiantes** en el sistema. Inicialmente, el usuario accede a la **interfaz gráfica (GUI)** y solicita ver la lista de usuarios administradores. La solicitud es procesada por el **controlador**, que consulta la **base de datos** y devuelve la información a la interfaz.

Posteriormente, si el usuario decide **actualizar la información de un estudiantes**, se inicia una nueva solicitud que redirige a la vista de actualización. El usuario llena el formulario correspondiente, enviando los datos al controlador para su validación y actualización en la **base de datos**. Finalmente, el sistema envía un **mensaje de confirmación** para notificar que los cambios se han guardado correctamente.

### 2.3.2.2. Diagramas de Actividad

Figura 30 Diagrama de Actividad: Registro de Usuario

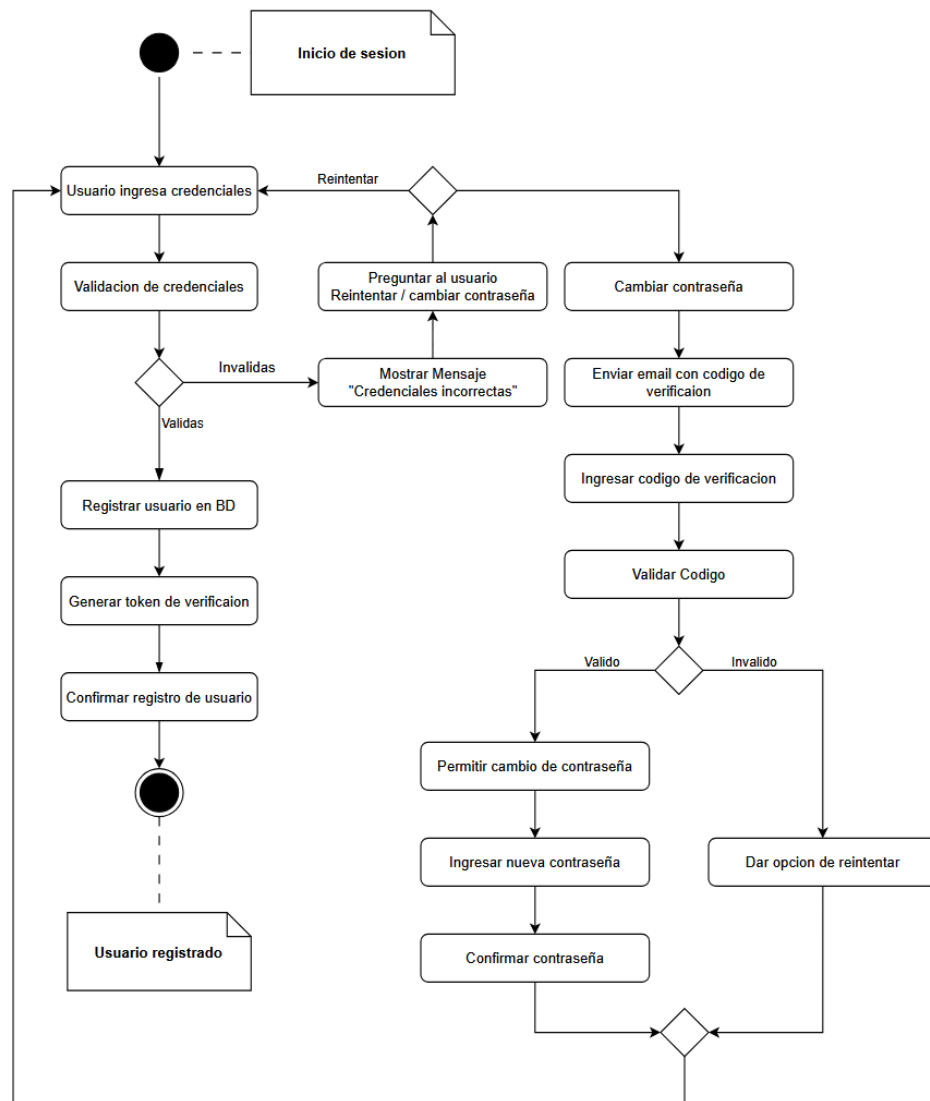


**Descripción** Este diagrama de actividad representa el proceso de **registro de usuario** en el sistema. El flujo inicia con la **ingesta de datos por parte del usuario**, seguido de la **validación de la información** ingresada.

Si los datos son **inválidos**, el sistema solicita una **corrección** antes de continuar. Si los datos son **válidos**, se procede a **registrar al usuario en la base de datos (BD)**. Posteriormente, se genera un **token de verificación**, y el proceso concluye con la **confirmación del registro**.

Al finalizar con éxito, el usuario queda registrado en el sistema y puede autenticar.

**Figura 31** Diagrama de Actividad: Inicio de Sesión y Recuperación de Contraseña



**Descripción** Este diagrama de actividad representa el proceso de **inicio de sesión y recuperación de contraseña** en el sistema. El usuario ingresa sus **credenciales** y el sistema procede a **validarlas**. Si son **correctas**, se registra el inicio de sesión en la **base de datos (BD)**, se genera un **token de verificación** y se confirma el acceso al sistema.

Si las credenciales son **inválidas**, el sistema muestra un mensaje de **“Credenciales incorrectas”** y ofrece dos opciones:

- **Reintentar el ingreso** de credenciales.
- **Cambiar la contraseña**, lo que inicia el proceso de recuperación.

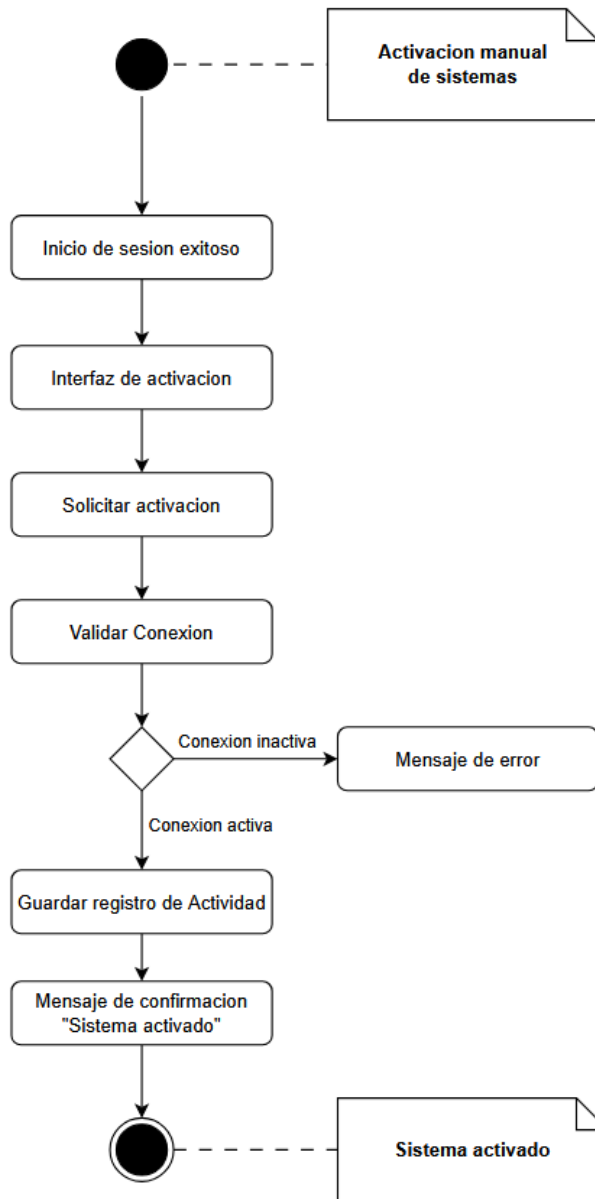
Para cambiar la contraseña, el sistema envía un **código de verificación por correo**.

- Si el código es **válido**, se permite el **cambio de contraseña**, y el usuario ingresa y confirma su nueva clave.

- Si el código es **inválido**, el sistema da la opción de **reintentar el proceso**.

El flujo finaliza cuando el usuario **ingresa correctamente** o **recupera su contraseña con éxito**.

**Figura 32** Diagrama de Actividad: Activación Manual de Sistemas



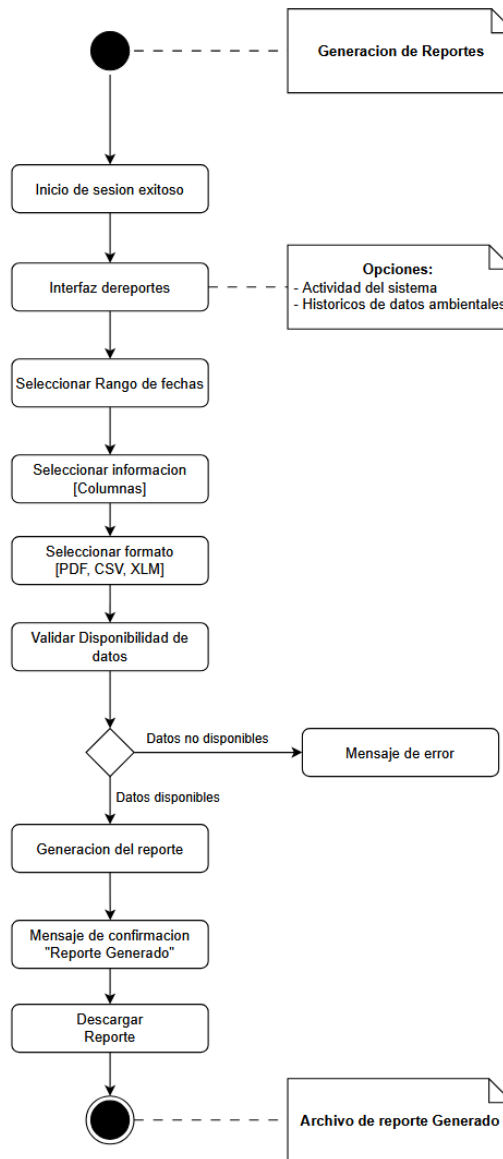
**Descripción** Este diagrama de actividad representa el flujo del proceso de **activación manual de un sistema** dentro de la plataforma.

El usuario inicia sesión correctamente y accede a la **interfaz de activación**, donde solicita la activación del sistema. El sistema procede a **validar la conexión** antes de continuar con el proceso.

- Si la **conexión está inactiva**, se genera un **mensaje de error**, y la activación no se lleva a cabo.
- Si la **conexión está activa**, el sistema **registra la actividad** en la base de datos y envía un **mensaje de confirmación** indicando que el sistema ha sido activado correctamente.

El proceso finaliza con el **sistema activado y listo para su uso**.

Figura 33 Diagrama de Actividad: Generación y Descarga de Reportes



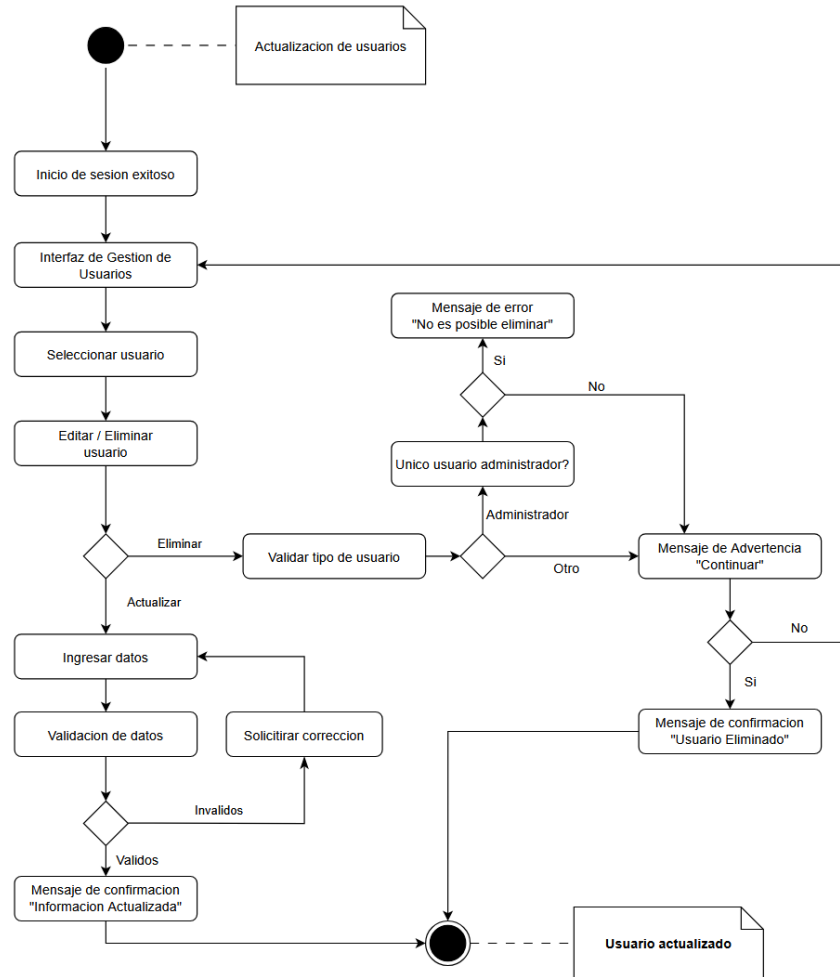
**Descripción** Este diagrama de actividad representa el proceso de **generación y descarga de reportes** dentro del sistema.

El usuario inicia sesión y accede a la **interfaz de reportes**, donde puede seleccionar entre diferentes opciones, como **actividad del sistema** o **históricos de datos ambientales**. Luego, configura los parámetros del reporte:

- **Rango de fechas**
- **Información para incluir (columnas de datos)**
- **Formato del archivo (PDF, CSV, XML)**
- El sistema valida la **disponibilidad de los datos** antes de proceder:
- Si **no hay datos disponibles**, se genera un **mensaje de error**.
- Si los datos están disponibles, se inicia la **generación del reporte**.

Una vez completado el proceso, el usuario recibe una **confirmación** y puede **descargar el archivo generado**, concluyendo así el flujo de trabajo.

Figura 34 Diagrama de Actividad: Actualización y Eliminación de Usuarios



**Descripción** Este diagrama de actividad representa el proceso de **actualización y eliminación de usuarios** dentro del sistema.

El usuario inicia sesión y accede a la **interfaz de gestión de usuarios**, donde selecciona un usuario para **editar o eliminar**.

**Si se selecciona actualizar:**

- Se ingresan los nuevos datos del usuario.
- El sistema valida la información.
- Si los datos son incorrectos, se solicita una **corrección**.
- Si los datos son correctos, se actualiza la información y se muestra un **mensaje de confirmación**.

**Si se selecciona eliminar:**

- Se valida el tipo de usuario.
- Si el usuario es el **único administrador**, la eliminación no es permitida y se genera un **mensaje de error**.
- Si el usuario no es el único administrador, se muestra un **mensaje de advertencia** para confirmar la acción.
- Si el usuario confirma la eliminación, se elimina el registro y se muestra un **mensaje de confirmación**.

El proceso finaliza con la confirmación de que el usuario ha sido **actualizado o eliminado** según corresponda

**Diagrama de clases**

### **2.3.2.3. Diagrama de Clases**

El siguiente diagrama de clases representa la estructura del sistema para la aplicación web del invernadero. Se incluyen las clases principales, sus atributos y las relaciones entre ellas.

**2.3.2.3.1. Clase Usuario.** Esta es la clase base que representa a todos los usuarios del sistema. Contiene atributos generales como:

- id: Identificador único del usuario.
- nombreUsuario: Nombre de usuario en la plataforma.
- contraseña: Almacenada encriptada en la base de datos.
- tipoUsuario: Define si el usuario es Administrador, Profesor o Estudiante.
- fechaCreacion: Fecha en que el usuario fue registrado en el sistema.

#### **2.3.2.3.1.1 Relaciones.**

- Se hereda a las clases Administrador, Profesor y Estudiante.
- Se relaciona con Reporte, ReporteAuditoria y ActivacionSistema, ya que los usuarios pueden generar reportes, ejecutar acciones y activar sistemas en el invernadero.

**2.3.2.3.2. Clase Administrador** Hereda de Usuario e incluye todos sus atributos. Es el rol con mayores privilegios dentro del sistema.

#### **2.3.2.3.2.1. Funciones Clave:**

- Puede gestionar todos los usuarios del sistema.
- Accede a reportes históricos y de auditoría.
- Puede activar y desactivar sistemas manualmente.

**2.3.2.3.3. Clase Profesor.** Hereda de Usuario e incluye los mismos atributos. Tiene permisos intermedios dentro del sistema.

#### **2.3.2.3.3.1. Funciones Clave:**

- Puede gestionar y eliminar usuarios Profesor y Estudiante.
- Tiene acceso a la visualización de datos y generación de reportes.
- Puede activar y desactivar sistemas manualmente en el invernadero.

**2.3.2.3.4. Clase Estudiante** Hereda de Usuario y añade atributos específicos para los estudiantes del colegio:

- grado: Nivel académico (de 0 a 11).
- grupo: Identificador del grupo al que pertenece el estudiante.

**2.3.2.3.4.1. Funciones Clave:**

- Solo puede visualizar datos y generar reportes históricos.
- No tiene acceso a la gestión de usuarios ni a la activación de sistemas.

**2.3.2.3.5. Clase Sensor** Representa los sensores del invernadero encargados de recopilar datos ambientales. Sus atributos incluyen:

- id: Identificador del sensor.
- tipo: Tipo de medición (temperatura, humedad, radiación).
- ubicacion: Lugar dentro del invernadero donde está instalado el sensor.

**2.3.2.3.5.1. Relaciones:**

- Se relaciona con RegistroSensor, ya que cada sensor genera múltiples registros de datos.

**2.3.2.3.6. Clase RegistroSensor** Almacena los datos capturados por los sensores. Incluye los siguientes atributos:

- id: Identificador único del registro.
- fechaHora: Fecha y hora en que se tomó la medición.
- valor: Dato registrado por el sensor.
- sensorId: Identificador del sensor que generó el dato.

**2.3.2.3.6.1. Relaciones:**

- Cada RegistroSensor está asociado a un Sensor

**2.3.2.3.7. Clase Reporte** Representa los reportes generados por los usuarios. Sus atributos incluyen:

- id: Identificador único del reporte.

- tipo: Tipo de reporte (histórico de sensores, auditoría).
- fechaGeneracion: Fecha en que se generó el reporte.
- usuarioId: Usuario que generó el reporte.

#### **2.3.2.3.7.1 Relaciones:**

- Un usuario puede generar múltiples reportes.

**2.3.2.3.8. Clase ReporteAuditoria** Almacena el historial de acciones realizadas por los usuarios en el sistema. Contiene los siguientes atributos:

- id: Identificador único del registro de auditoría.
- usuarioId: Usuario que realizó la acción.
- accion: Descripción de la acción realizada.
- fechaHora: Fecha y hora del evento.

#### **2.3.2.3.8.1. Relaciones:**

- Relacionada con Usuario, ya que cada acción registrada corresponde a un usuario.

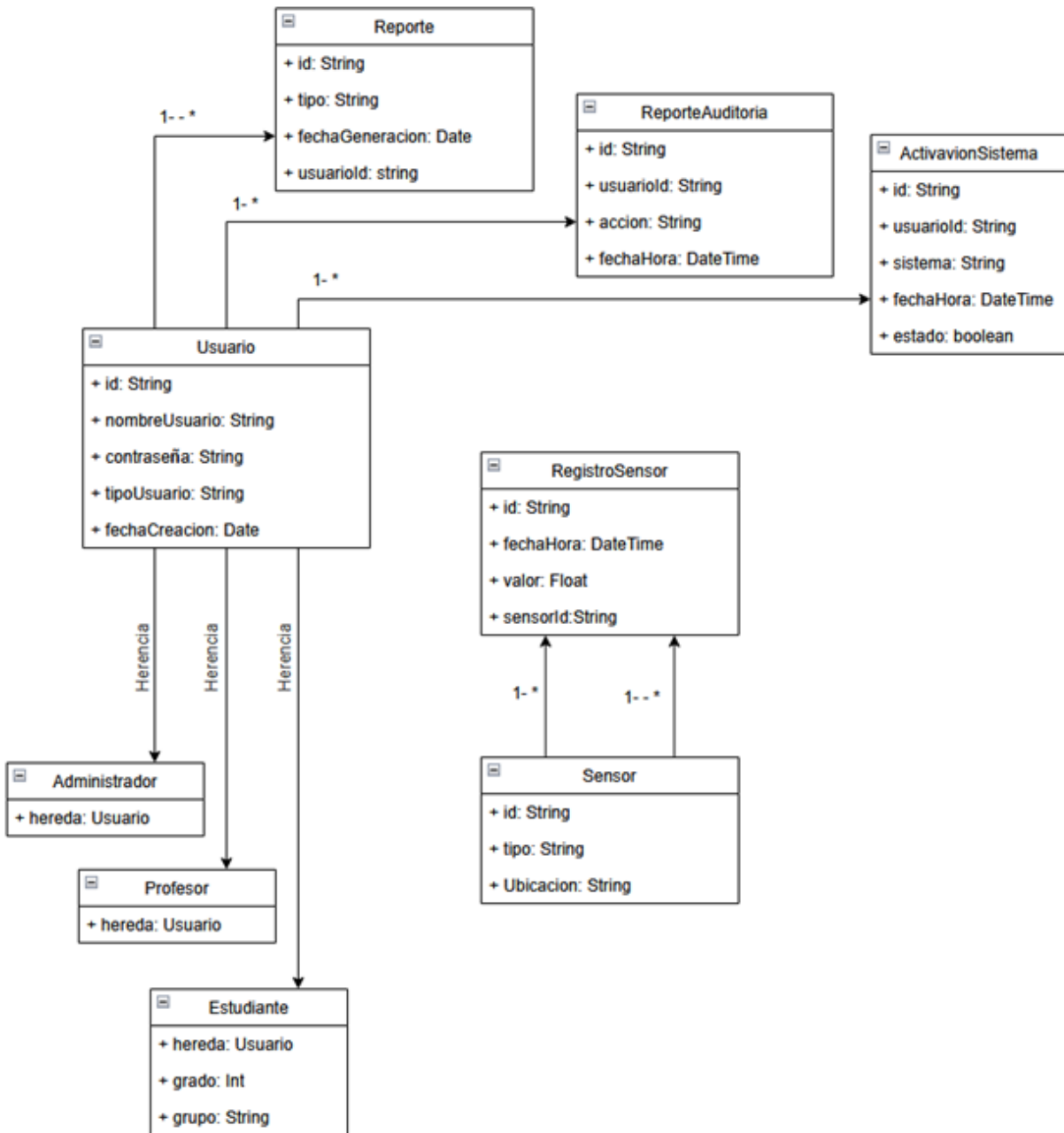
**2.3.2.3.9. Clase ActivacionSistema** Registra la activación manual de sistemas en el invernadero. Sus atributos incluyen:

- id: Identificador único de la activación.
- usuarioId: Usuario que realizó la activación.
- sistema: Sistema activado (riego, ventilación, etc.).
- fechaHora: Fecha y hora de la activación.
- estado: Estado de la activación (True para activado, False para desactivado).

#### **2.3.2.3..9.1. Relaciones:**

- Se asocia con Usuario, ya que solo Administradores y Profesores pueden ejecutar esta acción.

Figura 35 Diagrama de clases



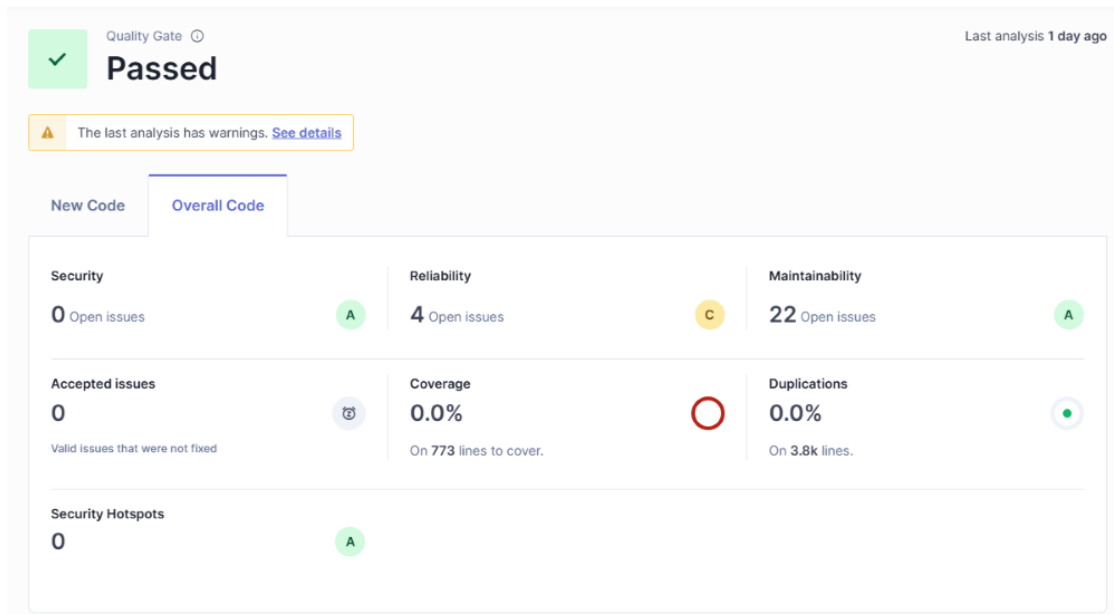
## 2.4. Diseño de los Casos de Prueba

Para la validación de la calidad del código en el proyecto **Agroclima AI**, se utilizó la herramienta **SonarQube** como parte del diseño y ejecución de los casos de prueba. Se realizaron análisis tanto en el módulo **Frontend** (React.js) como en el **Backend** (Node.js con WebSocket).

### 2.4.1. Frontend

El análisis arrojó un resultado de **Quality Gate: Passed**, indicando que el código cumple con los estándares mínimos de calidad establecidos. No se identificaron problemas de seguridad, ni hotspots críticos. Se detectaron **4 issues** de confiabilidad y **22 issues** de mantenibilidad, sin cobertura de pruebas (0.0%) ni duplicaciones de código.

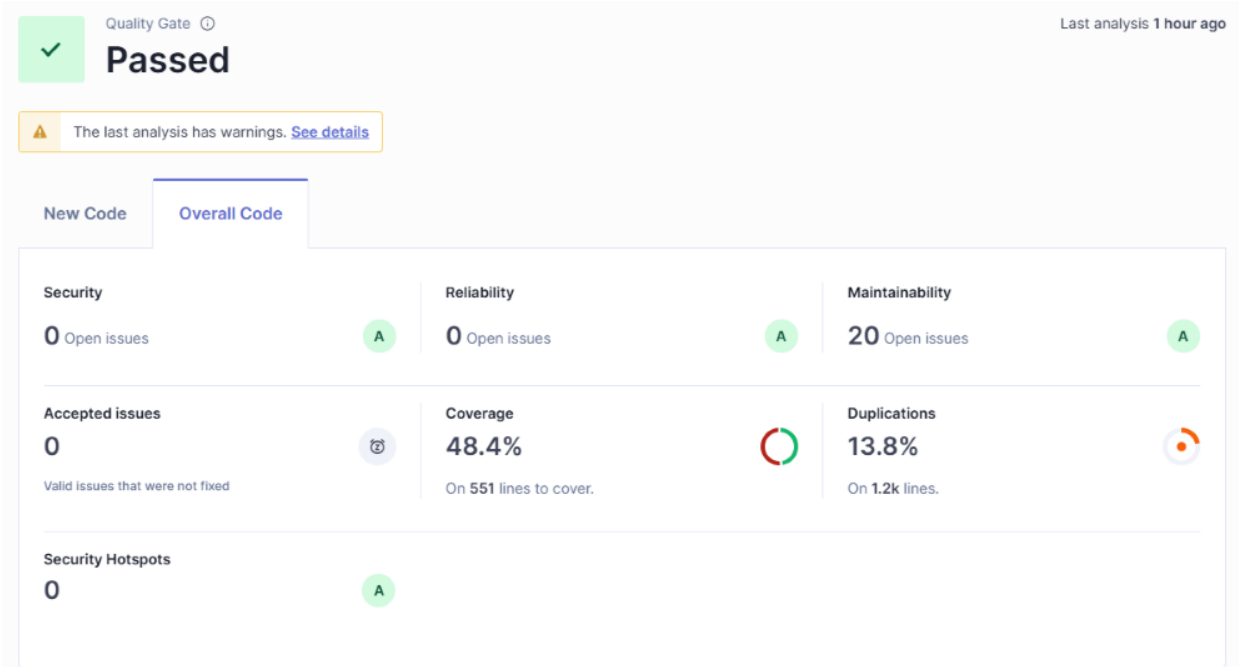
*Figura 36 Resultados SonarQube Frontend*



### 2.4.2. Backend

El análisis también resultó en **Quality Gate: Passed**. No se reportaron problemas de seguridad ni hotspots. En términos de confiabilidad, se registraron **0 issues**, y en mantenibilidad **20 issues**. El porcentaje de cobertura de pruebas alcanzó un **48.4%**, mientras que las duplicaciones de código representaron el **13.8%** del total de líneas analizadas.

Figura 37 Resultados SonarQube Backend



Estos resultados reflejan que ambos módulos alcanzan un nivel aceptable de calidad de software para su versión actual, con oportunidades de mejora en cobertura de pruebas y refactorización de código para reducir la deuda técnica.

## 2.5. Estimación de Recursos

La presente estimación de recursos evidencia la planificación del tiempo invertido por los integrantes del equipo de trabajo y el docente asesor en el desarrollo del proyecto **Agroclima AI**. Al ser una iniciativa académica de carácter público, no se contempla inversión económica directa, centrándose el recurso principal en la dedicación y el compromiso del equipo durante 32 semanas continuas.

### 2.5.1. Equipo de trabajo

El proyecto fue desarrollado por un equipo interdisciplinario conformado por dos estudiantes y un docente asesor:

- **Diego Angarita:** encargado del desarrollo técnico, integración de sensores, backend, y validación de los algoritmos de inteligencia artificial.
- **Gabriel Cárdenas:** responsable de la coordinación académica, documentación del proceso, desarrollo frontend, diseño del dashboard, y elaboración de informes y ponencias.
- **Profesor Jhon Monzaide:** orientador metodológico y técnico, brindando acompañamiento en la formulación del problema, estructura académica del proyecto y validación de los entregables.

### 2.5.2. Distribución de tiempo estimado

Cada integrante dedicó su tiempo según el rol desempeñado, asegurando cobertura de todas las etapas del proyecto. A continuación, se presenta una tabla resumen de la estimación de horas por fase:

*Tabla 20 estimación de Recursos*

Fase del proyecto	Diego Angarita	Gabriel Cárdenas	Jhon Monzaide	Total por fase
Investigación y análisis	20 h	20 h	10 h	50 h
Diseño del sistema	16 h	16 h	5 h	37 h
Desarrollo técnico	72 h	24 h	–	96 h
Integración y pruebas	24 h	24 h	5 h	53 h
Documentación y entrega	16 h	48 h	10 h	74 h
Preparación de ponencia	12 h	28 h	10 h	50 h
<b>Total por persona</b>	<b>160 h</b>	<b>160 h</b>	<b>40 h</b>	<b>360 h</b>

### 2.5.3. Observaciones

- Esta estimación considera una dedicación semanal distribuida en jornadas alternas, compatibles con las obligaciones académicas y laborales del equipo.

- La mayor carga horaria del estudiante Gabriel Cárdenas se encuentra en la fase de documentación y socialización, mientras que Diego Angarita concentra su esfuerzo en la parte técnica.
- El docente Jhon Monzaide participó activamente como guía, especialmente en las fases iniciales (diseño e investigación) y finales (validación y revisión de entregables).

## 2.6. Resultados

### Conclusiones y Recomendaciones

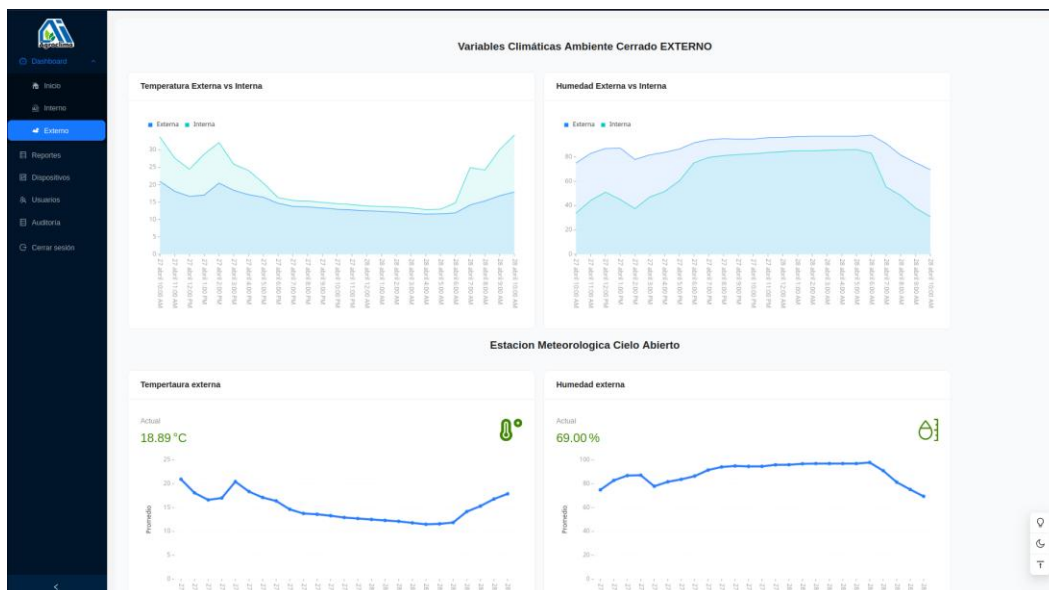
La implementación del proyecto Agroclima AI en el Centro de Innovación e Investigación Agrícola del Colegio Policarpa Salavarrieta permitió validar la pertinencia y aplicabilidad de una plataforma web basada en inteligencia artificial para el monitoreo de condiciones microclimáticas en ambientes controlados.

A partir de la entrevista realizada al docente encargado del centro, Álvaro Veloza, se evidenció la importancia de integrar tecnologías emergentes como IoT e IA en los procesos educativos y de investigación agrícola escolar.

**En relación con el Objetivo Específico 1:** "Comprender los principios básicos del monitoreo y control de condiciones microclimáticas en invernaderos, así como las funciones de la inteligencia artificial aplicada en estos procesos".

El uso de la plataforma facilitó el seguimiento en tiempo real del desarrollo vegetativo de los cultivos y la observación de variaciones climáticas que afectan los ambientes cerrados. Este seguimiento fortaleció el aprendizaje en prácticas agrícolas sostenibles, permitiendo a los estudiantes adquirir competencias prácticas sobre gestión eficiente del recurso hídrico y control climático dentro del invernadero.

*Figura 38 Dashboard Agroclima AI: Datos en tiempo real tomados del CIIAP*

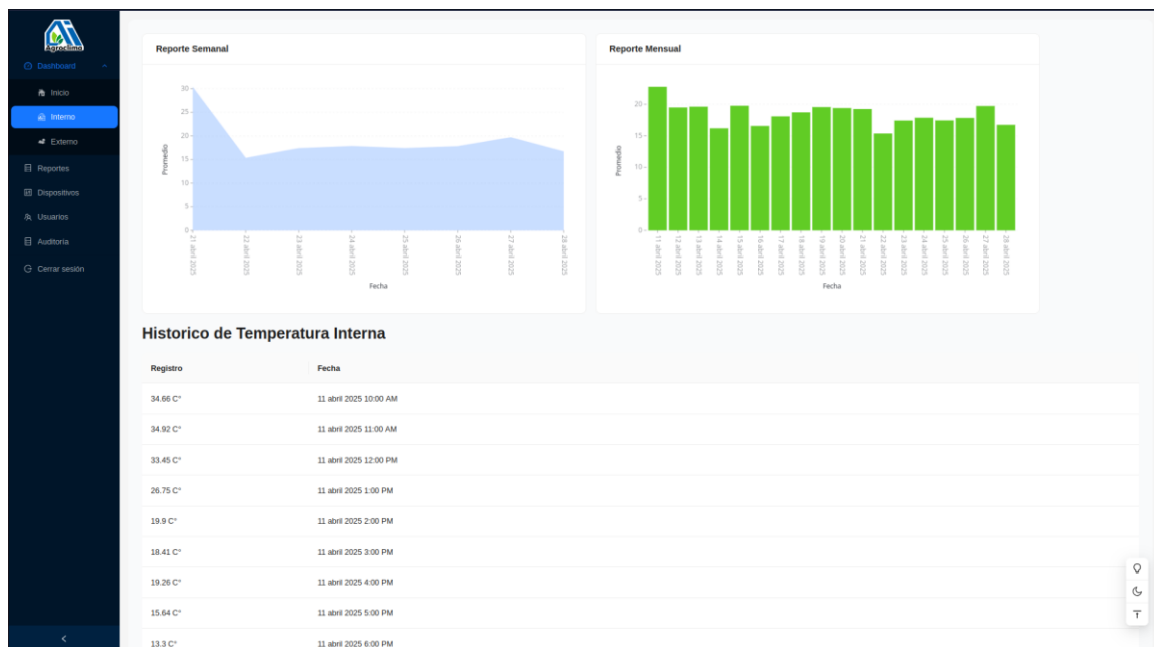


La **Figura 37** ilustra el monitoreo en tiempo real de condiciones microclimáticas dentro del invernadero, evidenciando el cumplimiento del Objetivo Específico 1. A través del Dashboard Agroclima AI, se facilita la comprensión práctica de los principios de control climático y el uso de inteligencia artificial, fortaleciendo el aprendizaje de prácticas agrícolas sostenibles.

**Respecto al Objetivo Específico 2:** "Aplicar técnicas de programación y configuración para desarrollar una plataforma web que recoja datos en tiempo real de los sensores instalados en el invernadero",

el desarrollo de un aplicativo propio, utilizando tecnologías como React, Node.js y MongoDB, demostró un impacto positivo en el proceso formativo. El docente destacó que la creación de soluciones propias fomenta el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo entre estudiantes y docentes, además de fortalecer alianzas interinstitucionales para proyectos de innovación.

**Figura 39** Dashboard Agroclima AI: Datos específicos sensor de temperatura interno CIAP

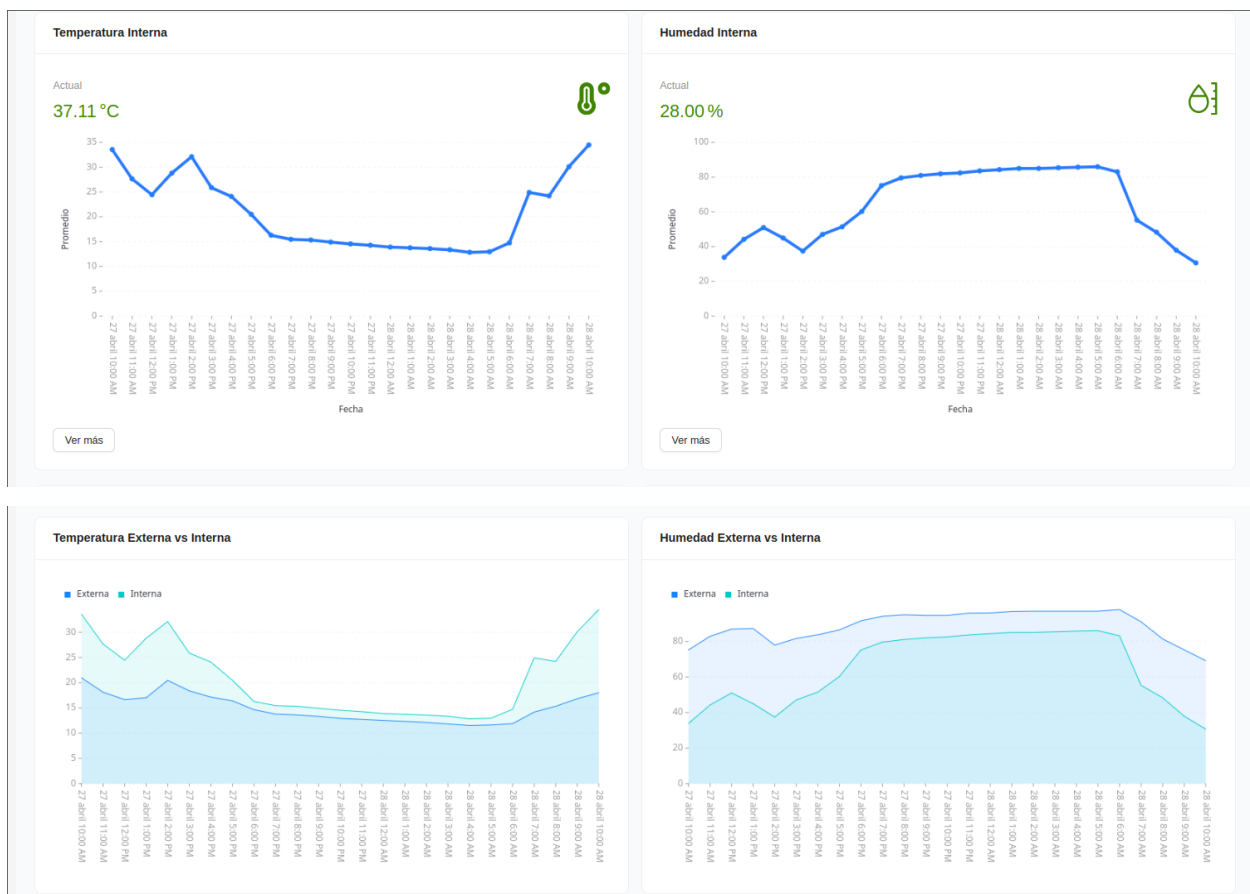


La imagen de la **Figura 38** ilustra la captura y visualización de datos de temperatura interna en tiempo real dentro del aplicativo, evidenciando el cumplimiento del objetivo de desarrollar una plataforma propia que recoja, procese y presente información crítica para la gestión climática del invernadero.

**En cuanto al Objetivo Específico 3:** "Analizar los datos generados por los sensores para identificar patrones de comportamiento en las condiciones microclimáticas y hacer ajustes automáticos mediante algoritmos de inteligencia artificial".

la plataforma permitió a los estudiantes interpretar datos en tiempo real desde dispositivos móviles. Esto los impulsó a tomar decisiones técnicas fundamentadas en la variabilidad ambiental, integrando diversas áreas del conocimiento (matemáticas, estadística, física, química y biología) en un enfoque interdisciplinario que enriquece su proceso de aprendizaje.

**Figura 40** Dashboard Agroclima AI: Comparativa de datos internos CIAP



La imagen de la **Figura 39** muestra la comparación gráfica de variables internas y externas del invernadero, apoyando el análisis de patrones microclimáticos y evidenciando el cumplimiento del objetivo de interpretar datos en tiempo real para fundamentar ajustes mediante algoritmos de inteligencia artificial.

### **Implementación adicional: Integración de la Estación Meteorológica del CIIAP**

Durante el proceso de desarrollo se incorporó, de manera complementaria, la integración de los datos provenientes de la estación meteorológica del Centro de Innovación e Investigación Agrícola (CIIAP) dentro de la plataforma Agroclima AI.

Esta implementación permitió:

- Visualizar y registrar las condiciones climáticas externas (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar, entre otros) de manera simultánea con las condiciones internas del invernadero.
- Mejorar la capacidad de análisis comparativo entre los factores climáticos exteriores e interiores, posibilitando identificar correlaciones importantes para la toma de decisiones en la gestión de cultivos.
- Sensibilizar a los estudiantes sobre la influencia del entorno climático externo en la productividad agrícola bajo ambientes controlados, fortaleciendo su comprensión integral de los sistemas agrícolas modernos.

La inclusión de estos datos externos se alinea directamente con los objetivos de análisis de datos y optimización de la gestión del invernadero, aportando valor adicional al proyecto educativo.

*Las imágenes de las **figuras 40 , 41 y 42** evidencian la integración de datos de la estación meteorológica externa, fortaleciendo el monitoreo simultáneo de condiciones ambientales y apoyando el análisis comparativo para una mejor gestión del invernadero, y el registro detallado de radiación UV y precipitaciones, resaltando la importancia de considerar factores climáticos externos en la optimización de cultivos bajo ambientes controlados.*

Figura 41 Dashboard Agroclima AI: Datos de la estación meteorológica CIAP

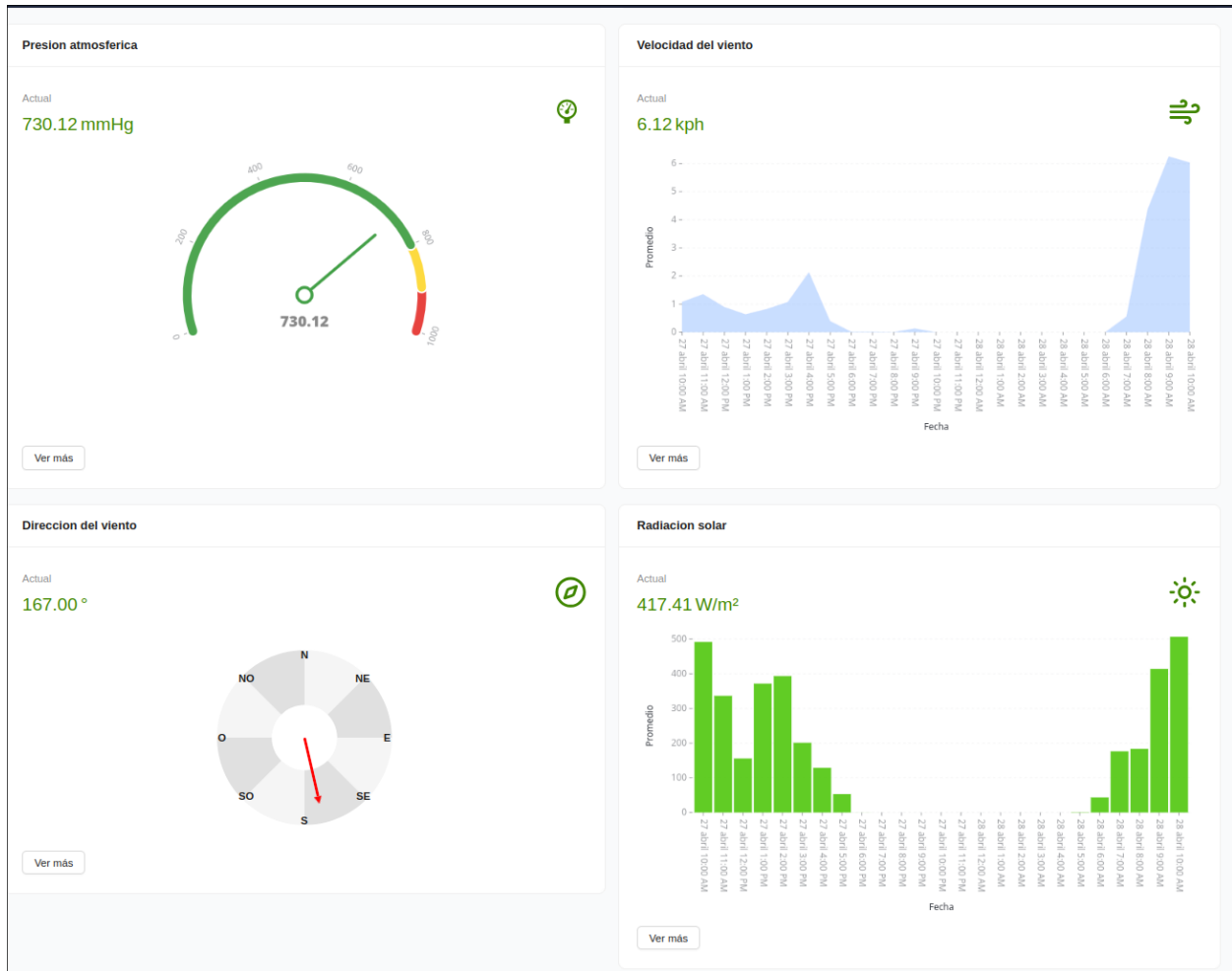


Figura 42 Dashboard Agroclima AI: Registro de radiación UV y Precipitaciones tomados de la estación meteorológica del CIAP

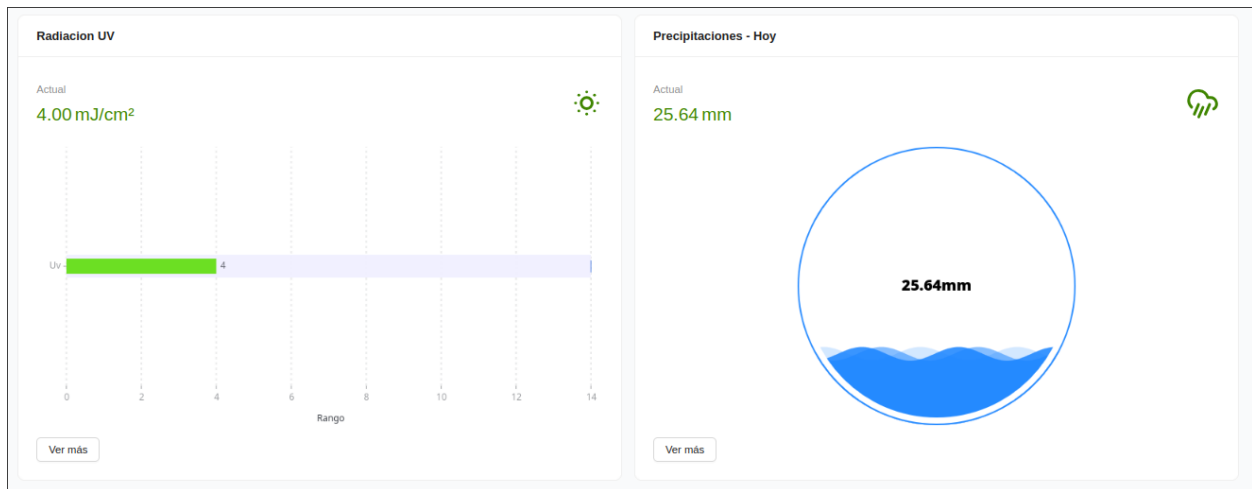
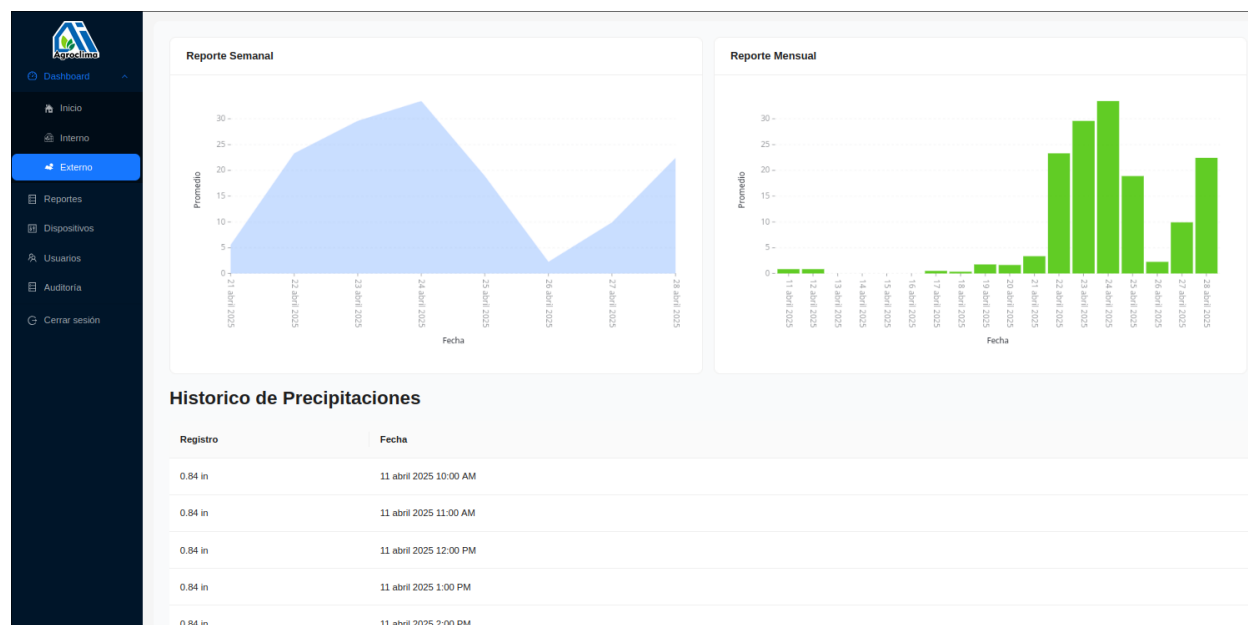


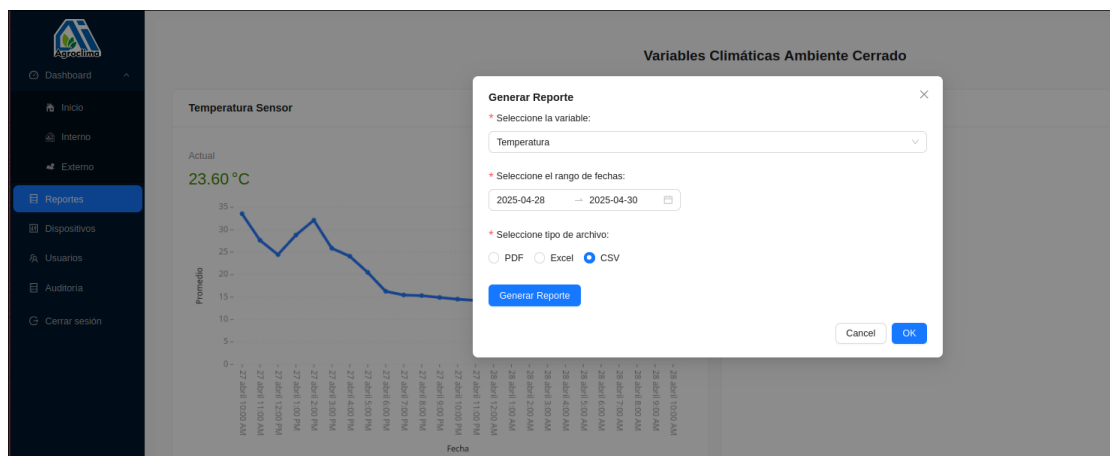
Figura 43 Dashboard AgroclimaAI: Informe detallado Precipitaciones de la estación meteorológica.



**Finalmente, en relación con el Objetivo Específico 4:** "Evaluar el impacto de la implementación de la plataforma en la eficiencia de la gestión del invernadero y en el aprendizaje de los estudiantes sobre prácticas agrícolas sostenibles".

los resultados mostraron que el sistema optimizó la gestión de recursos hídricos, incrementó la productividad agrícola en espacios controlados y sensibilizó a los estudiantes sobre la importancia de la sostenibilidad y la innovación tecnológica. El Centro de Innovación se consolidó como un escenario propicio para la formación de futuros profesionales en tecnologías aplicadas al sector agropecuario.

Figura 44 Agroclima AI: generación de reportes de variables de entorno del CIAP



La imagen de la **Figura 43** muestra la funcionalidad de generación de reportes en Agroclima AI, evidenciando la optimización en la gestión de variables microclimáticas y su contribución al fortalecimiento del aprendizaje en prácticas agrícolas sostenibles.

### **Conclusiones**

El proyecto Agroclima AI logró cumplir con los objetivos planteados, demostrando la viabilidad de integrar tecnologías de IoT e Inteligencia Artificial en ambientes educativos para el monitoreo y control de condiciones microclimáticas en invernaderos escolares. La plataforma desarrollada permitió la recolección de datos en tiempo real, favoreciendo el aprendizaje activo de los estudiantes y su participación en prácticas agrícolas sostenibles.

Se evidenció que el uso de una plataforma propia fortalece el proceso pedagógico al incentivar la apropiación tecnológica, el pensamiento crítico y la interdisciplinariedad, integrando áreas del conocimiento como matemáticas, física, biología, estadística y química en proyectos de aplicación práctica. La disponibilidad de información climática en tiempo real fomentó la toma de decisiones informadas por parte de los estudiantes, mejorando su comprensión de los procesos agrícolas y de gestión ambiental.

El impacto observado en el Centro de Innovación fue positivo, contribuyendo al fortalecimiento de capacidades en producción agrícola bajo ambientes controlados y optimizando el uso de recursos como el agua y la energía. Asimismo, se fortaleció el vínculo entre los niveles de educación básica, media y superior, posicionando al centro como un espacio estratégico para la investigación y la innovación tecnológica en el sector agropecuario.

### **Recomendaciones**

Se sugiere continuar con la ampliación de la plataforma Agroclima AI mediante la incorporación de nuevas variables climáticas y la optimización de los algoritmos de inteligencia artificial, para aumentar la precisión en el control de los ambientes agrícolas.

Es recomendable fomentar el uso transversal de la plataforma en diversas áreas del currículo escolar, promoviendo proyectos interdisciplinarios que fortalezcan la formación científica y tecnológica de los estudiantes.

De igual forma, se propone establecer alianzas formales con universidades y centros de investigación que permitan la actualización permanente del sistema, la formación de docentes en nuevas tecnologías y la implementación de programas de investigación aplicada en el Centro de Innovación.

Finalmente, se sugiere realizar evaluaciones periódicas del impacto educativo y productivo de la plataforma, mediante el seguimiento de indicadores de desempeño agrícola y académico, con el fin de orientar procesos de mejora continua en el uso de tecnologías emergentes en el ámbito escolar.

## **Bibliografía**

Ardiansah, I., Purwari, S., & Sari, R. F. (2021). Application of Internet of Things in smart greenhouse microclimate management for tomato growth. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 14(23), 3941. <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/23/3941>

Chiba University. (2021). IoT and AI-based smart greenhouse for strawberry cultivation in Japan. *Journal of Intelligent Systems and Applications*, 12(4), 215–228. <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/jaiscr-2023-0002>

Fundación Juvenil Laguna Verde. (2023). Smart greenhouse with IoT and solar energy for sustainable agriculture in Colombia. *Latin American Journal of Smart Agriculture*, 5(2), 135–148. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000300553&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000300553&script=sci_arttext)

González, P., & Rodríguez, L. (2022). Impacto de las tecnologías emergentes en la educación agrícola: Un enfoque desde la sostenibilidad. *Revista Colombiana de Educación Rural*, 14(1), 78–95. <https://doi.org/10.23854/recur.v14i1.105>

Gupta, M., Abdelsalam, M., Khorsandroo, S., & Mittal, S. (2020). Security and privacy in smart farming: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 8, 34564–34584. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975142>

Martínez, L., & Cifuentes, J. (2021). Integración de IoT y aprendizaje automático en invernaderos inteligentes: Un estudio de caso en América Latina. *Journal of Smart Agriculture and Systems*, 7(3), 211–225. <https://doi.org/10.1007/s12345-021-00789-6>

MathWorks. (2024). LSTM en aprendizaje automático. MathWorks. <https://la.mathworks.com/help/deeplearning/ug/long-short-term-memory-networks.html>

MinTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). (2020). Guía de uso de tecnología IoT. Gobierno Digital. [https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-160829\\_Guia\\_Tecnologias\\_Emergentes.pdf](https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-160829_Guia_Tecnologias_Emergentes.pdf)

Nyakuri, J., & Sahu, B. (2023). Artificial intelligence and automation in smart agriculture: A comprehensive review of IoT innovations and environmental impact mitigation. *Agricultural Water Management*, 278, 108–122. [https://www.researchgate.net/profile/Jean-Nyakuri/publication/371508939\\_AI\\_Based\\_Real-](https://www.researchgate.net/profile/Jean-Nyakuri/publication/371508939_AI_Based_Real-)

Time\_Weather\_Condition\_Prediction\_with\_Optimized\_Agricultural\_Resources/links/64880ddb3dfd73b7781293a/AI-Based-Real-Time-Weather-Condition-Prediction-with-Optimized-Agricultural-Resources.pdf

Ortiz, A., & Ramírez, E. (2023). Innovación educativa en agricultura de precisión: Proyectos escolares con tecnologías emergentes. *Revista de Educación y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 58–73. <https://doi.org/10.20868/eta.2023.6.1.447>

Rodríguez, C., & Hernández, J. (2021). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la agricultura: Retos y perspectivas. *Agrotecnología en Latinoamérica*, 5(2), 45–60. <https://doi.org/10.32445/alt.v5i2.214>

Sánchez, D., & Valdés, R. (2022). Modelos predictivos en agricultura inteligente: Un análisis de casos de éxito. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Sociedad*, 18(2), 120–138. <https://doi.org/10.21503/rits.v18i2.532>

Superintendencia de Industria y Comercio. (2024). Normativa de protección de datos. *Función Pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Universidad de Wageningen. (2022). Deep learning algorithms for greenhouse microclimate management and crop prediction. *Applied Energy*, 310, 118–129. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261922006845>

Villalba, J., & Torres, A. (2021). Internet de las cosas y big data en la agricultura moderna: Tendencias y desafíos. *Tecnología y Ciencia Agropecuaria*, 15(1), 40–55. <https://doi.org/10.1080/19315260.2021.1939182>

Zhang, Y., Liu, H., & Chen, X. (2021). Machine learning-based irrigation and ventilation optimization in pepper greenhouses in China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 105–118. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959152423001245>

## **Anexos**

### *Anexo 1 transcripción de la Entrevista*

#### ***Transcripción de la Entrevista***

**Entrevistador:** Diego Angarita

**Entrevistado:** Profesor Álvaro Veloza

**Fecha:** 26-04-2025

**Lugar:** Centro de Innovación e Investigación Agrícola – Colegio Policarpa Salavarrieta.

**Diego Angarita:** Buenos días. Nos encontramos acá con el profesor Álvaro Veloza, el profesor encargado del Centro de Innovación e Investigación Agrícola del Colegio Policarpa Salavarrieta. El día de hoy vamos a realizar una entrevista respecto a cómo nuestro proyecto Agroclima AI influye en el ámbito educativo. Como primera pregunta, profesor:

**¿Cuál es la importancia que representa para el Centro de Innovación el desarrollo de un aplicativo IoT o Internet de las Cosas que permita el monitoreo de diferentes variables requeridas?**

**Álvaro Veloza:** Bien, mucho gusto y bienvenidos al Centro de Innovación. Primero que todo, la importancia que tiene la nueva tecnología es muy, muy significativa para motivar a los chicos a que realicen un trabajo investigativo, principalmente enfocado en el desarrollo vegetativo de las plantas y en tener información en tiempo real sobre las variaciones climáticas que afectan un cultivo en ambientes cerrados.

**Diego Angarita:** Gracias, profesor. Como segunda pregunta: **¿de qué manera pueden integrarse otras áreas de conocimiento como matemáticas, física, estadística, química, ciencias sociales, etcétera, en el desarrollo y uso de este aplicativo?**

**Álvaro Veloza:** La idea y el objetivo del Centro de Innovación es precisamente incorporar todas las áreas del conocimiento de la institución: matemáticas, física, biología, química, estadística, entre otras. Tenemos una diversidad de materias en el colegio, y los docentes de cada

una de ellas también deben apropiarse de los datos que podamos obtener a través de estos aplicativos de nueva generación.

**Diego Angarita: Como tercera pregunta: ¿cuál es el impacto de este tipo de iniciativas en los estudiantes y cómo influye el Centro de Innovación en su formación académica y personal?**

**Álvaro Veloza:** Nos encontramos a la vanguardia de la nueva producción bajo ambientes controlados, lo que permite mitigar un poco el impacto de los cambios de temperatura y del cambio climático que estamos sufriendo. Optimizamos principalmente el recurso agua, logrando obtener, en pequeñas áreas, una mayor producción de diferentes productos como tomates, lechugas y plántulas.

Realizamos comparativos entre cultivos a cielo abierto y cultivos en sistemas cerrados, permitiendo que los estudiantes aprendan cómo es la nueva producción agrícola, no solo en el país, sino en el mundo. Motivamos a los estudiantes del colegio, bachilleres técnicos y universitarios a desarrollar nuevas tecnologías, entendiendo que este Centro de Innovación es, ante todo, un salón de clases productivo.

Además, los muchachos utilizan el celular para interactuar con los aplicativos y observar los cambios de temperatura en tiempo real, lo cual es clave para que empiecen a tomar decisiones técnicas frente al cultivo, formando competencias prácticas para el futuro.

**Diego Angarita: Como penúltima pregunta: ¿qué relevancia tiene contar con un aplicativo propio en comparación de usar soluciones comerciales de terceros?**

**Álvaro Veloza:** Desde un pensamiento pedagógico, considero que aunque existen muchas plataformas comerciales en el mercado, nuestro enfoque debe ser el desarrollo propio. Ya hemos tenido experiencias con plataformas comerciales, pero nuestro objetivo es que los estudiantes vean que aquí también podemos crear tecnología.

Queremos que las diferentes carreras universitarias encuentren en el sector agropecuario una ventana para realizar investigaciones pertinentes y que los estudiantes del colegio se vinculen en la creación de soluciones desde nuestro entorno, no solo adoptando tecnología externa.

**Diego Angarita:** Finalmente, ¿considera usted que la inteligencia artificial puede aportar beneficios tanto en el ámbito educativo como en el desarrollo agrícola dentro del Centro de Innovación?

**Álvaro Veloza:** Totalmente. Tenemos que vincularnos a las nuevas tecnologías. La inteligencia artificial está tomando una trascendencia espectacular en el momento actual. Seguramente, aquí tenemos a los futuros programadores y creadores de soluciones aplicadas al sector agropecuario. La IA será un pilar fundamental para el futuro desarrollo de nuestras actividades agrícolas y educativas.

*Anexo 2 Enlace al video de la entrevista en YouTube*

*Enlace al Video de la entrevista en YouTube*



<https://youtu.be/jkLWH4Fw9Mw>

*Anexo 3 bitácoras Acompañamiento del director*

**Bitácoras de acompañamiento del director**

## **Enero 2025**

### **Bitácora 1**

**Fecha:** 5 de enero de 2025

**Actividad Realizada:** Reunión inicial de planificación del proyecto Agroclima AI.

**Acompañamiento del director:** Participación en la definición de objetivos, metodología de trabajo y cronograma preliminar.

**Observaciones:** Se establecieron los entregables y se aprobó la línea de investigación.

### **Bitácora 2**

**Fecha:** 15 de enero de 2025

**Actividad Realizada:** Revisión del estado del arte y marco teórico.

**Acompañamiento del director:** Retroalimentación sobre la selección de fuentes bibliográficas y ajustes en el enfoque de investigación.

**Observaciones:** Se recomendaron artículos adicionales sobre IA aplicada a la agricultura.

### **Bitácora 3**

**Fecha:** 26 de enero de 2025

**Actividad Realizada:** Presentación de la propuesta técnica de la plataforma.

**Acompañamiento del director:** Revisión del diseño preliminar del sistema y sugerencias de mejora.

**Observaciones:** Se acordó iniciar el prototipo Frontend y Backend.

## **Febrero 2025**

#### **Bitácora 4**

**Fecha:** 6 de febrero de 2025

**Actividad Realizada:** Avances en el desarrollo de la plataforma web.

**Acompañamiento del director:** Supervisión del código inicial y sugerencias para mejorar la estructura de la base de datos.

**Observaciones:** Se recomendó documentar cada módulo desarrollado.

#### **Bitácora 5**

**Fecha:** 18 de febrero de 2025

**Actividad Realizada:** Integración de sensores de temperatura y humedad.

**Acompañamiento del director:** Verificación de la configuración de sensores y prueba de comunicaciones.

**Observaciones:** Se indicó realizar calibraciones y ajustar los intervalos de lectura.

#### **Bitácora 6**

**Fecha:** 28 de febrero de 2025

**Actividad Realizada:** Revisión de pruebas iniciales de la plataforma.

**Acompañamiento del director:** Evaluación de resultados preliminares y planificación de mejoras.

**Observaciones:** Aprobación para avanzar con pruebas de campo.

#### **Marzo 2025**

## **Bitácora 7**

**Fecha:** 3 de marzo de 2025

**Actividad Realizada:** Pruebas en campo con sensores y plataforma.

**Acompañamiento del director:** Supervisión de la instalación en el invernadero y validación de datos.

**Observaciones:** Se sugirió incorporar alarmas automáticas por variaciones climáticas.

## **Bitácora 8**

**Fecha:** 15 de marzo de 2025

**Actividad Realizada:** Ajustes a la plataforma basados en pruebas de campo.

**Acompañamiento del director:** Revisión de mejoras implementadas y asesoría en interfaz de usuario.

**Observaciones:** Se recomendó simplificar el acceso a datos desde dispositivos móviles.

## **Bitácora 9**

**Fecha:** 26 de marzo de 2025

**Actividad Realizada:** Evaluación de desempeño de los algoritmos de IA.

**Acompañamiento del director:** Retroalimentación sobre ajustes en modelos de predicción climática.

**Observaciones:** Se propuso ampliar el dataset para mejorar la precisión.

## **Abril 2025**

### **Bitácora 10**

**Fecha:** 6 de abril de 2025

**Actividad Realizada:** Consolidación del documento de resultados.

**Acompañamiento del director:** Revisión de la estructura del informe final.

**Observaciones:** Se sugirió mejorar la redacción de conclusiones y proyecciones.

### **Bitácora 11**

**Fecha:** 16 de abril de 2025

**Actividad Realizada:** Presentación de avances finales y preparación de anexos.

**Acompañamiento del director:** Revisión de bitácoras, manuales y control de anexos.

**Observaciones:** Validación de la documentación soporte del proyecto.

### **Bitácora 12**

**Fecha:** 25 de abril de 2025

**Actividad Realizada:** Cierre de actividades y preparación de la sustentación.

**Acompañamiento del director:** Acompañamiento en la simulación de presentación oral.

**Observaciones:** Se realizó retroalimentación final para fortalecimiento de la defensa del proyecto.



**Firma del director:**

John Álvarez



**Firma del Estudiante:**

Gabriel Cárdenas

1003640436



**Firma del Estudiante:**

Diego Angarita

1010132116

*Anexo 4 Enlace de acceso al aplicativo Agroclima AI*

**Enlace a la plataforma Agroclima AI**



**<https://ciiap.netlify.app/>**

**Usuario:** Jurados

**Contraseña:** Ciiap.2025

Se Hace la asignación de un usuario Administrador Que cuenta con acceso total a todas las funciones de la plataforma para su revisión.

