RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Luz Dary Galvis Ortega Daniel Eduardo Claro Prado
FACULTAD	Ingenierías
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería de Sistemas
DIRECTOR	Dewar Willmer Bautista Rico
CODIRECTOR (si aplica)	No aplica
TÍTULO DE LA TESIS	Drones: Diseño de una simulación para sistema de monitoreo de cultivo
TITULO EN INGLES	Drones: Design of a Simulation for a Crop Monitoring System

RESUMEN
(70 palabras)

El proyecto realiza una revisión sistemática de literatura sobre el uso de drones en la agricultura de precisión, con énfasis en su aplicación para el monitoreo de cultivos. A partir de los hallazgos, se propone el diseño conceptual de una simulación que permita anticipar y optimizar la implementación de estas tecnologías en la región de Ocaña, Norte de Santander, fortaleciendo la sostenibilidad y eficiencia agrícola.

RESUMEN EN INGLES

The project conducts a systematic literature review on the use of drones in precision agriculture, with emphasis on their application in crop monitoring. Based on the findings, it proposes the conceptual design of a simulation aimed at anticipating and optimizing the implementation of these technologies in the Ocaña region, Norte de Santander, thereby enhancing agricultural sustainability and efficiency.

PALABRAS CLAVES	Drones, vigilancia de cultivos, simulación, sensores
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Drones, crop monitoring, simulation, sensors

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 37	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 2	CD-ROM: 0

Drones: Diseño de una simulación para sistema de monitoreo de cultivo

Luz Dary Galvis Ortega

Daniel Eduardo Claro Prado

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería de Sistemas

PhD. Dewar Willmer Bautista Rico

24 de mayo de 2025

Índice

Capítulo 1. Drones: diseño de una simulación para sistema de monitoreo de cultivo 6

1.1 Planteamiento del problema 6

1.2 Formulación del problema 8

1.3 Objetivos 8

1.3.1 Objetivo general 8

1.3.2 Objetivos específicos 8

1.4 Justificación 9

1.5 Delimitaciones 12

1.5.1 Delimitación geográfica 12

1.5.2 Delimitación temporal 13

1.5.3 Delimitación conceptual 13

1.5.4 Delimitación operativa 14

Capítulo 2. Marco referencial 15

2.1 Marco histórico 15

2.2 Marco contextual 15

2.3 Marco conceptual 16

2.3.1 Drones 16

2.3.2 Monitoreo de Cultivos 16

2.3.3 Simulación 16

2.3.4 Sensores....17

2.3.5 Agricultura de precisión....17

2.4 Marco teórico....17

2.5 Marco legal....18

Capítulo 3. Diseño metodológico....19

3.1 Tipo de investigación....19

3.2 Población y muestra....20

3.2.1 Población y muestra....20

3.2.2 Muestra....21

3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos 22

3.3.1 Entrevistas a expertos....23

3.3.2 Encuestas a agricultores....23

3.4 Análisis de información....24

3.5 Cronograma de actividades....26

Capítulo 4. Resultados....28

Capítulo 5. Conclusiones....32

Capítulo 6. Recomendaciones....34

Referencias....35

Lista de figuras

Figura 1 Tecnologías efectivas en la agricultura de precisión 11

Figura 2 Tiempos de ejecución del proyecto (Autores del proyecto) 27

Introducción

El avance de la tecnología ha transformado de manera significativa las prácticas agrícolas tradicionales, permitiendo optimizar el uso de los recursos, mejorar la productividad y garantizar una mayor sostenibilidad en los cultivos. En este contexto, el diseño y simulación de sistemas de monitoreo agrícola se ha convertido en una herramienta clave para la toma de decisiones eficientes en el manejo de los cultivos.

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño de una simulación funcional para un sistema de monitoreo de cultivo, el cual permitirá observar y analizar el comportamiento de variables críticas como la humedad del suelo, temperatura ambiental, niveles de radiación solar, entre otros. Esta simulación está orientada a reproducir de manera virtual las condiciones reales del entorno agrícola, facilitando así el desarrollo y la validación de estrategias de control y respuesta temprana frente a posibles anomalías.

A través del uso de sensores, microcontroladores y herramientas de software, se busca representar el funcionamiento de un sistema que en la vida real podría ser instalado en campo, con la capacidad de enviar datos en tiempo real y alertas al agricultor. Esta propuesta no solo busca fortalecer la comprensión técnica en el diseño de sistemas de monitoreo, sino también promover el desarrollo de soluciones innovadoras que respondan a las necesidades del sector agrícola en contextos de eficiencia, precisión y sostenibilidad.

Capítulo 1. Drones: diseño de una simulación para sistema de monitoreo de cultivo

1.1 Planteamiento del problema

Una de las actividades más cruciales para la economía global es la agricultura, que es responsable de la producción de alimentos esenciales para mantener a la población global. No obstante, enfrenta numerosos desafíos, como la optimización de la productividad, la detección temprana de enfermedades y plagas y la gestión efectiva de los recursos. El uso de drones, por ejemplo, ha demostrado un gran potencial para transformar las prácticas agrícolas tradicionales en este contexto.

La utilización de Remoto Detección (RS), sin personal Aéreo Vehículos (UAV) o Drones, y Máquina Aprendiendo (ML) Tecnologías está ganando popularidad en el agrícola sector (Andreo, 2013). Estas Tecnologías ofrecen a los agricultores una crucial Información sobre sus cultivos, suelo, y entre otros.

Invertir en estas tecnologías son un atractivo para granjas y en la reducción de costos con lo tradicional métodos de cultivo y mejorar la productividad. Una de las principales ventajas de la tecnología RS son su capacidad de coleccionar sustanciales cantidades de datos acerca de la granja tierra y cultivos. Estos datos pueden ser empleados a desarrollar integral mapas y modelos de la granja (Patil, V. C., Maru, A., Shashidhara, GRAMO. B., & Shanwad, tú K., 2002).

Agricultura de precisión, es una agricultura de gestión de enfoque que tiene una avanzada tecnología para aumentar rendimiento de los cultivos, minimizar el desperdicio y optimizar el uso de los recursos tales como agua, fertilizantes y pesticidas (Kühbach, S., 2003) (Pande, C. B., & Moharir, K. NORTE., 2023). El sistema de información geográfico se utiliza para mapear y Monitorear tipos de suelo, niveles de nutrientes, y otros factores clave en una granja. Los Agricultores pueden utilizar esta información para tomar decisiones informadas. Visiones sobre siembra, fertilización y otros manejos prácticos de desarrollo. El sistema de posicionamiento global (GPS), es usado para localizar con precisión la granja equipo en relación con sus vecinos. Esta información puede ser usada para dimensionar la plantación, generar patrones de irrigación y cosecha.

1.2 Formulación del problema

Utilizando drones, ¿cómo se puede crear una simulación de un sistema de monitoreo de cultivos que apoye el mejoramiento de la sostenibilidad y la eficiencia de la producción agrícola al maximizar la detección temprana de enfermedades, plagas y necesidades de fertilización y riego en los cultivos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una simulación de un sistema de monitoreo de cultivos utilizando un drone, que apoye al mejoramiento de su eficacia antes de su despliegue en situaciones reales.

1.3.2 Objetivos específicos

Realizar una revisión del estado del arte para analizar los sistemas tradicionales y el uso de drones en el monitoreo de cultivos para identificar las mejores prácticas, tecnologías utilizadas, con el fin de informar y guiar el diseño del modelo de simulación para el sistema de monitoreo de cultivos.

Analizar los sistemas tradicionales de monitoreo de cultivos comparado con los métodos basados en drones.

Diseñar un sistema de monitoreo que represente las condiciones y desafíos reales del monitoreo de cultivos con drones, incluyendo variables como tipos de cultivos, condiciones climáticas y topografía del terreno.

1.4 Justificación

La agricultura es un pilar fundamental de la economía mundial y la seguridad alimentaria. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos, incluyendo el cambio climático, la escasez de recursos, y la necesidad de aumentar la productividad para alimentar a una población en crecimiento. El uso de tecnologías avanzadas, como los drones, ofrece una solución prometedora para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura (Smith, 2022).

Los drones equipados con sensores avanzados y tecnologías de procesamiento de imágenes proporcionan datos precisos y en tiempo real sobre el estado de los cultivos. Esto permite a los agricultores detectar de manera temprana plagas, enfermedades y necesidades de riego y fertilización, facilitando una gestión más eficiente de los cultivos (Jones & Brown, 2021).

El diseño de una simulación para un sistema de monitoreo de cultivos con drones es una innovación que permite probar y optimizar diferentes estrategias y tecnologías antes de su implementación en el campo. Esto reduce los riesgos y costos asociados con la adopción de nuevas tecnologías (White, 2020).

La implementación de un sistema de monitoreo eficiente puede resultar en ahorros significativos para los agricultores, al reducir las pérdidas de cultivos y optimizar el uso de

recursos como el agua y los fertilizantes. Además, una gestión más precisa y sostenible de los cultivos tiene un impacto positivo en el medio ambiente, contribuyendo a la conservación de recursos naturales y a la reducción de la huella ecológica de la agricultura (Green et al., 2019).

Este proyecto no solo beneficia a los agricultores, sino que también contribuye al avance del conocimiento científico y tecnológico en la agricultura de precisión. Los resultados del proyecto pueden servir como base para futuras investigaciones y desarrollos en el uso de drones y otras tecnologías emergentes en la agricultura (Black & Lee, 2023).

La necesidad de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura es más urgente que nunca, dado el aumento de la población mundial y los desafíos del cambio climático. Este proyecto ofrece una solución concreta y práctica para abordar estas necesidades, proporcionando a los agricultores las herramientas necesarias para gestionar sus cultivos de manera más efectiva y sostenible (Miller, 2021).

Figura 1

Tecnologías efectivas en la agricultura de precisión

Si.No.	Tecnología	Descripción	Solicitud
1	Sensores remotos	Imágenes tecnología es eso captura datos a distancia, como por ejemplo el o imágenes aéreas.	Cultivo salud supervisión y producir Pronóstico.
2	Geográfico Información Sistemas (SIG)	Software herramientas usado pa gestión, análisis, y Visualización de datos espaciales.	Cultivo exploración, campo cartografí aplicación de tasa variable.
3	Sin personal Aéreo Vehículos (UAV)	Drones equipado con cámaras o sensores para toma de datos aéreos.	Cultivo monitore arjunta tórica, campo mapeo de rendimiento.
4	Global Posicionamiento Sistema (GPS)	A basado en satélite navegación siste usado para preciso cartografía y guía.	Campo cartografía, dirección automáti supervisión, y variable tasa solicitud.
5	Máquina Aprendiendo	Artificial inteligencia algoritmos eso analizar grande conjuntos de datos y predicciones.	Cultivo para ecasting, enfermedad sí de y optimización del rendimiento.
6	Internet de Cosas (IoT)	A red de conectado dispositivos eso Recopilar y transmitir datos.	Cultivo supervisión, irrigació Gestión y seguimiento de equipos.
7	Robótica	Autónomo máquinas eso llevar a cabo tareas semejante como plantando, co y pulverización.	Precisión plantando, hierba Ccontrol, y cosecha de cultivos
8	Variable Tasa Tecnología (VRT)	Tecnología eso permite para el variable solicitud de entradas, semeja como fertilizantes o pesticidas.	Fertilización de precisión y vat asa varial siembra.
9	Decisión Apoyo Sistemas	Software herramientas eso asistir con gestión de cisión haciendo basado sobre el análisis de datos.	Irrigación Planificación y parásit planificación de la gestión.

Nota. La figura muestra una recopilación de las tecnologías que se han utilizado de forma efectiva en la agricultura de precisión. Fuente: Kuhbach S, Pande C y Moharir K

Kuhbach Los datos recogidos son usados para desarrollar precisión solicitud mapas para fertilizantes y pesticidas. La tecnología de tasa variable (VRT), permite a Los agricultores ajustar la tasa de aplicación de insumos como fertilizantes, pesticidas, e irrigación agua basado en el específico necesidades de diferentes áreas en la granja. Las imágenes pueden ser usadas a

desarrollar precisión solicitud mapas para fertilizantes y pesticidas. Los sensores de suelo son utilizados para medir niveles de humedad del suelo, temperatura Ratura y nutrientes (Kühbach, S., 2003).

Estas tecnologías ayudan a los agricultores a reducir lo desperdiciado, aumentar rendimientos, y mejorar la sostenibilidad de sus operaciones. Una solución novedosa y efectiva para el monitoreo de cultivos es la utilización de drones con sistemas de imagen y sensores sofisticados. Recopilando datos en tiempo real sobre el crecimiento y la salud de las plantas, los drones pueden sobrevolar extensas áreas de cultivo y tomar imágenes de alta resolución. No obstante, la creación de una simulación que permita anticipar y optimizar la implementación de esta tecnología en el campo es fundamental para maximizar sus ventajas.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación geográfica

La iniciativa se enfocará en la zona de Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Esta zona se distingue por su variedad de cultivos y su específica geografía, lo que la hace un sitio perfecto para la simulación de sistemas de vigilancia agrícola. A pesar de que el enfoque inicial es local, los hallazgos podrían extenderse a otras áreas con atributos parecidos.

1.5.2 Delimitación temporal

El proyecto se llevará a cabo durante un lapso de 16 semanas. Este periodo abarca las fases de diseño, puesta en marcha de la simulación, evaluación de los resultados y elaboración de conclusiones.

1.5.3 Delimitación conceptual

Se abordarán los siguientes conceptos fundamentales:

1.5.3.1 Drones. Vehículos aéreos sin tripulación empleados en la recolección de información.

1.5.3.2 Vigilancia de Cultivos. Métodos de vigilancia y evaluación de cultivos agrícolas a través de tecnologías de vanguardia.

1.5.3.3 Simulación. Simulación virtual del sistema de seguimiento para valorar su rendimiento previo a su puesta en marcha en terreno.

1.5.3.4 Sensores. Aparatos tecnológicos que recolectan datos acerca de factores como la humedad, la temperatura y la condición de los cultivos.

1.5.4 Delimitación operativa

El progreso del proyecto se fundamentará en la revisión de documentos y proyectos previos disponibles en bases de datos académicas prestigiosas, tales como Scopus, ScienceDirect, Biblioteca Digital ACM e IEEE. La investigación se llevará a cabo de manera específica utilizando los medios ofrecidos por la Universidad Francisco de Paula Santander, Seccional Ocaña.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

La agricultura ha progresado desde métodos tradicionales hacia técnicas de gran exactitud que incorporan tecnologías innovadoras. Desde la década de los 90, la implementación de sistemas de información geográfica (SIG) y el sistema de posicionamiento global (GPS) empezó a transformar la agricultura, facilitando a los agricultores la administración de sus propiedades con más exactitud. La utilización de drones en la industria agrícola ha experimentado un crecimiento acelerado en años recientes, gracias a su habilidad para supervisar extensas zonas con imágenes de alta resolución y en tiempo real, optimizando la utilización de recursos agrícolas. Según Smith (2022), "los drones han transformado la agricultura moderna, permitiendo un análisis más detallado de los cultivos y reduciendo costos operativos".

2.2 Marco contextual

En la región de Ocaña, Norte de Santander, la actividad agrícola es uno de los motores económicos más destacados, con la producción de café, caña de azúcar y frutas. No obstante, la zona se topa con retos vinculados a la variabilidad climática y las condiciones geográficas, lo que complica la gestión eficaz de los recursos agrícolas. La implementación de drones para el monitoreo de cultivos en esta área puede mejorar significativamente la productividad y sostenibilidad agrícola (Jones & Brown, 2021). Este escenario brinda la ocasión perfecta para

implementar tecnologías de vanguardia que faciliten la optimización del uso de agua, fertilizantes y pesticidas, minimizando el efecto en el medio ambiente.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Drones

Son vehículos aéreos no tripulados que se utilizan en la agricultura para recolectar datos visuales de los cultivos. Estos dispositivos permiten identificar problemas de salud en las plantas y gestionar los recursos de manera eficiente (Patil et al., 2002).

2.3.2 Monitoreo de Cultivos

Según Kühbach (2003), el monitoreo de cultivos mediante drones permite detectar tempranamente enfermedades, plagas y condiciones del suelo, facilitando la toma de decisiones.

2.3.3 Simulación

La simulación es una técnica que permite modelar condiciones reales de campo en un entorno virtual, reduciendo riesgos y costos antes de la implementación de tecnologías en el terreno (White, 2020).

2.3.4 Sensores

Los sensores instalados en drones permiten la medición de variables clave en los cultivos, como la humedad del suelo y la temperatura, lo que optimiza el riego y la fertilización (Pande & Moharir, 2023).

2.3.5 Agricultura de precisión

Este enfoque busca optimizar el uso de los recursos agrícolas mediante tecnologías avanzadas, como SIG, GPS y sensores de suelo (Black & Lee, 2023).

2.4 Marco teórico

El concepto de Agricultura de Precisión se basa en el uso de datos detallados sobre las condiciones de los cultivos para tomar decisiones informadas sobre la gestión agrícola. De acuerdo con Patil et al. (2002), “la incorporación de tecnologías como drones y sensores de suelo permite a los agricultores realizar ajustes en tiempo real para mejorar la producción”. Además, los algoritmos de Machine Learning (ML) son fundamentales para el análisis de grandes volúmenes de datos y la optimización de los cultivos, como lo mencionan Pande & Moharir (2023).

2.5 Marco legal

En Colombia, la Aeronáutica Civil regula la utilización de drones en la agricultura, definiendo las condiciones para el funcionamiento seguro de estos aparatos en el espacio aéreo (Aerocivil, 2021). Además, las regulaciones vinculadas a la salvaguarda del medio ambiente también tienen un rol crucial, garantizando que la aplicación de tecnologías emergentes no genere un efecto perjudicial en los ecosistemas agrícolas (Smith, 2022).

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación sugerida adopta un método aplicado, descriptivo y experimental, lo que facilitará no solo tratar un problema práctico en el sector agrícola, sino también investigar, detallar y evaluar soluciones innovadoras a través de simulaciones.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una simulación para el seguimiento de cultivos a través de drones, con el objetivo de mejorar la utilización de tecnologías de vanguardia en el sector agrícola. En vez de llevar a cabo un estudio meramente teórico, el proyecto busca solucionar un problema tangible y específico: el incremento de la eficiencia, sostenibilidad y productividad en la agricultura a través de la aplicación de tecnologías novedosas. Esta investigación aplicada brindará a los agricultores instrumentos útiles y concretos para optimizar la gestión de sus cosechas.

El proyecto contemplará una etapa descriptiva en la que se examinarán y detallarán las tecnologías actuales utilizadas en la vigilancia agrícola, tales como drones, sensores de imágenes, sistemas de información geográfica (SIG), y la implementación de tecnologías de detección a distancia. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la bibliografía existente y investigaciones anteriores vinculadas al empleo de drones en la agricultura, con el objetivo de entender de manera más profunda cómo estas tecnologías pueden potenciar la producción

agrícola. Adicionalmente, se detallarán las condiciones y particularidades de los cultivos en la región de Ocaña, Norte de Santander, con el fin de ajustar la simulación a un entorno local. Durante la etapa experimental, se elaborará y evaluará una simulación que facilitará la evaluación del sistema de seguimiento de cultivos con drones bajo circunstancias controladas y realistas. Esta simulación contemplará factores como diversos tipos de cultivos, condiciones meteorológicas y particularidades del suelo en la región de Ocaña. Además, se realizarán pruebas con varias tácticas de vuelo y recolección de datos para valorar su eficacia en cuanto a cobertura, exactitud y tiempo de respuesta. Los resultados derivados de la simulación serán examinados para establecer la factibilidad y las ventajas de esta tecnología en el sector agrícola de la zona.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población y muestra

En este estudio, la población se compone de los agricultores y los especialistas en tecnología agrícola que trabajan en la región de Ocaña, Norte de Santander, además de las parcelas de cultivo donde se llevará a cabo la simulación y supervisión con drones. La investigación también contará con la participación de ingenieros agrónomos y expertos en drones, quienes aportarán información técnica acerca de la implementación y funcionamiento de estas tecnologías.

Los agricultores implicados son los encargados de administrar cultivos de relevancia en la zona, como el café, la caña de azúcar y las frutas. Las parcelas de tamaño medio a grande

también son consideradas, ya que reflejan una variedad de condiciones topográficas y climáticas, pertinentes para la validación del sistema de seguimiento.

3.2.2 Muestra

El proyecto adopta un enfoque mixto, combinando metodologías cuantitativas y cualitativas para abordar de manera integral el fenómeno estudiado. En cuanto al enfoque cuantitativo, se definirán criterios específicos de inclusión y exclusión. Se incluirán agricultores que posean parcelas de más de dos hectáreas y que ya hayan implementado, o estén en condiciones de implementar, tecnologías agrícolas innovadoras. Por el contrario, se excluirán aquellos productores que no utilicen herramientas tecnológicas modernas o que no estén dispuestos a incorporar drones como parte de los sistemas de vigilancia de sus cultivos.

Para establecer el tamaño de la muestra cuantitativa, se aplicará un método probabilístico, con un mínimo de veinte parcelas seleccionadas, representativas de diversos cultivos de la región. Este número podrá ajustarse con base en cálculos estadísticos, considerando el nivel de confianza y el margen de error permitido.

En el enfoque cualitativo, se realizará un muestreo deliberado, eligiendo informantes clave según su experiencia, conocimiento y disposición para participar activamente en entrevistas semiestructuradas y grupos de discusión. Esta muestra incluirá cinco agricultores con conocimientos en el uso de tecnologías como drones y sensores, tres especialistas en drones y

simulaciones agrícolas, y dos ingenieros agrónomos vinculados directamente a iniciativas de innovación en el sector agrícola.

El procedimiento de selección también varía según el enfoque metodológico. Para el componente cuantitativo, se recurrirá a un muestreo aleatorio simple, seleccionando agricultores a través de cooperativas y asociaciones locales de productores en Ocaña. En el componente cualitativo, la elección de los participantes será intencional, basada en su experiencia y relevancia en el campo de la agricultura de precisión.

Este método combinado permitirá obtener una visión tanto amplia como profunda sobre el uso de drones y la simulación en la gestión de cultivos, proporcionando una base sólida para validar y perfeccionar el sistema propuesto.

3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos

Como primer instrumento se aplicará una revisión documental sistemática, mediante la elaboración de un documento de análisis de literatura. El objetivo de esta actividad es recolectar información relevante proveniente de investigaciones previas relacionadas con el uso de drones y otras tecnologías asociadas al monitoreo agrícola. Las fuentes de consulta incluirán bases de datos académicas de alto prestigio como Scopus, ScienceDirect, la Biblioteca Digital ACM e IEEE. La técnica consistirá en una lectura crítica y analítica de artículos científicos, libros especializados e informes técnicos, con el propósito de identificar las mejores prácticas, las tecnologías más empleadas y los resultados destacados obtenidos en estudios anteriores.

3.3.1 Entrevistas a expertos

Como segundo instrumento se implementarán entrevistas semiestructuradas dirigidas a expertos en tecnologías agrícolas y monitoreo de cultivos. Estas entrevistas tienen como finalidad recopilar información cualitativa profunda de profesionales como ingenieros agrónomos, técnicos en drones y especialistas en agricultura de precisión. Los participantes serán seleccionados tanto del ámbito académico como del sector productivo local. A través de una serie de preguntas abiertas, se busca explorar distintas perspectivas sobre el uso de drones en la vigilancia agrícola, sus beneficios, limitaciones y las condiciones necesarias para una implementación exitosa.

3.3.2 Encuestas a agricultores

El tercer instrumento consistirá en un cuestionario estructurado, diseñado para obtener información cuantitativa sobre la percepción de los agricultores respecto al uso de drones. Se indagará sobre su nivel de conocimiento previo, su disposición a incorporar estas tecnologías y sus expectativas en cuanto a la mejora en la eficiencia y sostenibilidad de sus prácticas agrícolas. La encuesta será aplicada a agricultores de la zona de Ocaña, Norte de Santander, y se utilizarán preguntas cerradas, muchas de ellas en formato de escala Likert, para facilitar el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Este enfoque integral en la recolección de datos permitirá triangulaciones metodológicas que enriquecerán la comprensión del fenómeno estudiado, aportando tanto profundidad conceptual como validez empírica al proyecto.

3.4 Análisis de información

El anteproyecto trata un asunto esencial en la agricultura mundial: la exigencia de incrementar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción agrícola. La agricultura se topa con múltiples retos, tales como la mejora de la productividad, la identificación precoz de enfermedades y plagas, y la administración eficaz de los recursos. En este escenario, la implementación de drones, sensores de vanguardia y tecnologías de aprendizaje automático ha evidenciado un enorme potencial para revolucionar las prácticas agrícolas convencionales.

La tecnología de detección remota (RS) facilita la recolección de grandes volúmenes de información acerca de la tierra y los cultivos, la cual puede emplearse para crear mapas y modelos completos de la granja. La agricultura de precisión, que emplea tecnologías de vanguardia para incrementar la productividad de las cosechas y maximizar la utilización de recursos tales como agua, fertilizantes y pesticidas, cobra cada vez más importancia. Los sistemas de información geográfica (SIG) y el sistema de posicionamiento global (GPS) resultan indispensables para trazar y supervisar tipos de terreno, contenidos de nutrientes y otros elementos cruciales en una granja, facilitando a los agricultores la toma de decisiones fundamentadas acerca de siembra, fertilización y otras acciones prácticas.

El principal desafío del anteproyecto se enfoca en la creación de una simulación de un sistema de seguimiento de cultivos a través de drones para incrementar la sostenibilidad y la eficacia de la producción agraria. La simulación debe respaldar la optimización de la efectividad del seguimiento antes de su implementación en contextos reales, potenciando la identificación precoz de enfermedades, plagas y requerimientos de fertilización y irrigación en los cultivos.

Los propósitos del proyecto comprenden llevar a cabo una revisión del estado actual para reconocer las mejores prácticas y tecnologías empleadas en el seguimiento de cultivos con drones, elaborar un sistema de seguimiento que refleje las condiciones y retos reales del seguimiento de cultivos con drones, y simular un prototipo del sistema de seguimiento de cultivos con drones para potenciar su eficiencia en cuanto a cobertura, exactitud y rapidez de respuesta.

El proyecto se basa en la relevancia de la agricultura para la economía mundial y la seguridad alimentaria, así como en los retos importantes a los que se enfrenta, tales como el cambio climático, la falta de recursos y la exigencia de incrementar la productividad. La utilización de drones dotados de sensores de vanguardia y tecnologías de procesamiento de imágenes ofrece información exacta y en tiempo real acerca del estado de los cultivos, promoviendo una administración más eficaz. La creación de una simulación para un sistema de seguimiento de cultivos con drones facilita la prueba y mejora de diversas tácticas y tecnologías antes de su puesta en marcha en terreno, minimizando los riesgos y gastos relacionados. Adicionalmente, una administración más exacta y sostenible de los cultivos repercute de manera

positiva en el entorno ambiental ayudando a preservar los recursos naturales y a disminuir el impacto ecológico de la agricultura.

3.5 Cronograma de actividades

El desarrollo del presente proyecto se estructura en un cronograma detallado que abarca un periodo de dieciséis semanas, comprendidas entre la primera semana de agosto y la primera semana de noviembre. Este cronograma permite organizar de manera secuencial y lógica las actividades necesarias para el diseño, implementación y validación de la simulación de un sistema de monitoreo agrícola mediante el uso de drones.

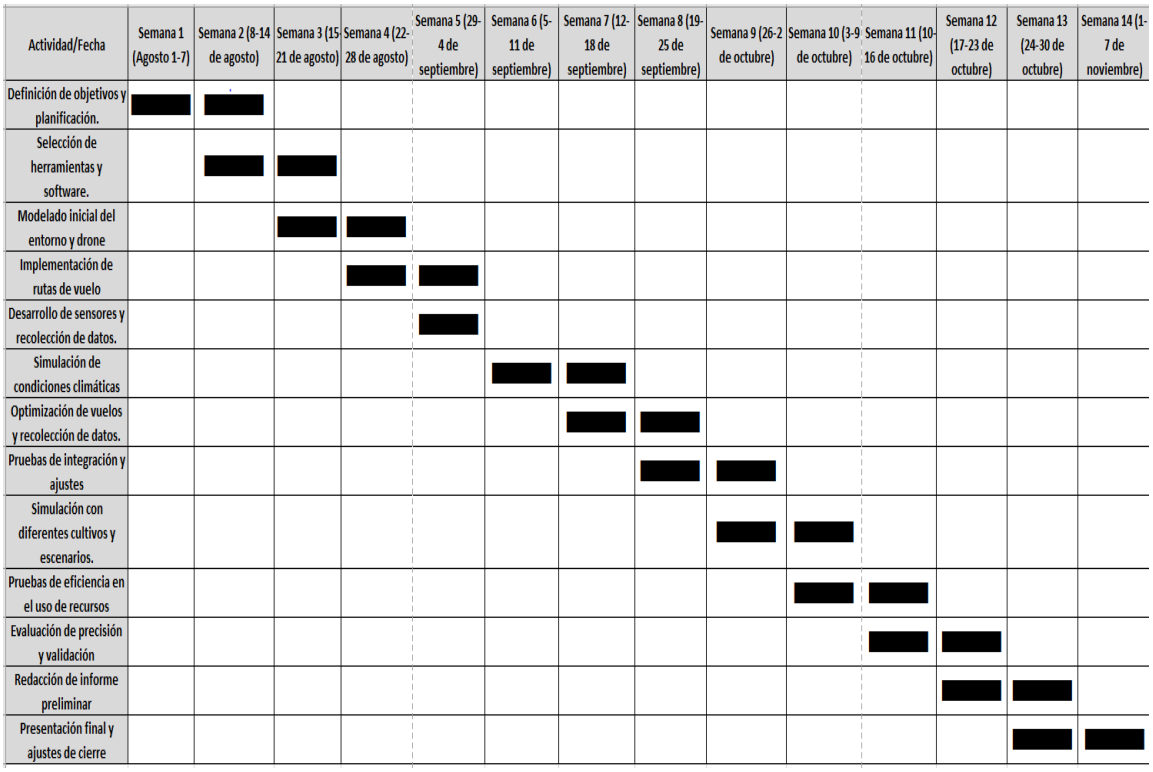
Las actividades han sido distribuidas considerando la interdependencia entre tareas, los recursos disponibles, y la complejidad técnica de cada fase. Se inicia con la definición de objetivos y la planificación general del proyecto, seguida por la selección de herramientas y software, y la modelación inicial del entorno simulado. Posteriormente, se contempla la implementación de rutas de vuelo, el desarrollo de sensores y la recolección de datos, así como la simulación de condiciones climáticas y la optimización de vuelos.

En fases más avanzadas se incluyen las pruebas de integración, ajustes de simulación con diferentes cultivos, y la evaluación del uso eficiente de los recursos. Finalmente, se destinan las últimas semanas a la validación de resultados, redacción del informe final, y ajustes necesarios para su presentación formal.

Este cronograma no solo permite una gestión adecuada del tiempo, sino que también garantiza un seguimiento riguroso del avance del proyecto, facilitando el cumplimiento de los objetivos planteados en los tiempos establecidos.

Figura 2

Tiempos de ejecución del proyecto (Autores del proyecto)



Actividad/Fecha	Semana 1 (Agosto 1-7)	Semana 2 (8-14 de agosto)	Semana 3 (15-21 de agosto)	Semana 4 (22-28 de agosto)	Semana 5 (29-4 de septiembre)	Semana 6 (5-11 de septiembre)	Semana 7 (12-18 de septiembre)	Semana 8 (19-25 de septiembre)	Semana 9 (26-2 de octubre)	Semana 10 (3-9 de octubre)	Semana 11 (10-16 de octubre)	Semana 12 (17-23 de octubre)	Semana 13 (24-30 de octubre)	Semana 14 (1-7 de noviembre)
Definición de objetivos y planificación.														
Selección de herramientas y software.														
Modelado inicial del entorno y drone														
Implementación de rutas de vuelo														
Desarrollo de sensores y recolección de datos.														
Simulación de condiciones climáticas														
Optimización de vuelos y recolección de datos.														
Pruebas de integración y ajustes														
Simulación con diferentes cultivos y escenarios.														
Pruebas de eficiencia en el uso de recursos														
Evaluación de precisión y validación														
Redacción de informe preliminar														
Presentación final y ajustes de cierre														

Nota. La figura muestra el cronograma establecido para el anteproyecto.

Capítulo 4. Resultados

La investigación se centró en identificar y evaluar cada detalle el posible uso de drones para simular y supervisar cultivos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. Mediante un estudio detallado de la literatura y el estudio de investigaciones anteriores, este estudio fue guiado por el doctor Dewar Wilmer Rico Bautista y las directrices de LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, donde se envió un resumen sobre la temática abordada el cual fue aceptado para su presentación en ponencia y publicación.

Iniciando el proceso se realizó una investigación y que incluye la revisión y análisis de estudios previos y documentos en las bases de datos de la academia, dando un enfoque y donde pudimos determinar que la utilización de drones en la agricultura de precisión brinda varias ventajas, entre ellas la identificación precoz de plagas, enfermedades y carencias nutricionales en los cultivos.

Se pudo extraer tendencias clave, identificar brechas en el conocimiento y construir una comprensión profunda hacia la investigación dada. Este primer paso de la investigación fue importante para garantizar la relevancia del estudio.

Una vez aceptado el resumen, se procedió plasmar el artículo de investigación completo de 8n páginas en inglés, esto conforme a las directrices que fueron proporcionados por el comité organizador del evento y las normativas académicas. El estudio se enfocó en valorar la posibilidad de emplear drones para simular y supervisar cultivos en la zona de Ocaña, Norte de Santander, con el objetivo de incrementar la sostenibilidad y la eficacia de la producción

agricultora. Basándose en un estudio detallado de la literatura y el análisis de investigaciones anteriores.

Después de esto, en el evento LACCEI 2024: Publication of Proceedings, se presentaron los resultados de la investigación a través de una ponencia en línea ante un público formado por académicos, investigadores. En la exposición, se detalló cómo la aplicación de drones puede revolucionar la agricultura en cuanto a sostenibilidad y eficacia. Además, se creó un ambiente de debate donde se trataron las posibilidades y desafíos vinculados con la implementación de esta tecnología en la región de Ocaña y en otras áreas agrícolas con atributos parecidos.

El artículo fue sometido a un exhaustivo proceso de revisión por pares, la inclusión del evento, fueron publicadas en LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Por lo tanto, representa un reconocimiento importante para nuestro trabajo y garantiza su acceso a una audiencia global dentro de la comunidad académica.

Un factor relevante a destacar es que el evento LACCEI se organiza anualmente, con el objetivo de promover la colaboración entre instituciones que ofrecen programas en ingenierías, tecnologías y educación, creando un espacio de cooperación en áreas como educación en ingenierías, investigación y avances tecnológicos.

Mediante este estudio hicimos descubrimientos significativos es que la utilización de drones posibilita la recolección de información en tiempo real con gran exactitud, lo que simplifica la toma de decisiones fundamentadas en datos objetivos. La bibliografía consultada

señala que el uso de drones en la agricultura puede incrementar notablemente la eficacia en la administración de los cultivos al ofrecer datos precisos acerca de su condición fisiológica. Esto resulta en una disminución del uso generalizado de agroquímicos, al permitir la utilización concentrada de productos agrícolas solo en las zonas que lo necesitan, reduciendo gastos y minimizando el impacto en el medio ambiente.

Además, en toda la investigación y resultados de otras investigaciones se demostró que los drones equipados con sensores multiespectrales son capaces de detectar alteraciones en la salud de las plantas antes de que sean perceptibles a primera vista. Esta habilidad es esencial para prevenir y atenuar problemas fitosanitarios, dado que facilita la puesta en marcha precoz de estrategias de control. Además, se descubrió que la utilización de drones en conjunto con modelos de simulación agrícola promueve la creación de mapas de variabilidad en los cultivos, lo que mejora la organización agrícola y la administración de recursos como el agua y los abonos.

Otra faceta significativa de la investigación es el aporte de los drones en la eficacia del riego. Se ha registrado que el seguimiento aéreo a través de drones facilita la identificación precisa de áreas con estrés hídrico, mejorando la distribución del agua y fomentando una utilización más sustentable del recurso. Esto adquiere particular relevancia en zonas donde la disponibilidad de agua es restringida y su uso eficiente es esencial para la productividad en la agricultura.

Finalmente, las investigaciones analizadas subrayan que la combinación de la tecnología de drones con instrumentos de inteligencia artificial y análisis de datos puede incrementar aún más su eficacia en la supervisión agrícola. Estas innovaciones facilitan el procesamiento automatizado de imágenes y la detección de patrones que pueden optimizar la toma de decisiones en la gestión de los cultivos.

Capítulo 5. Conclusiones

El estudio posibilitó reconocer y valorar de manera crítica las mejores técnicas y estrategias vinculadas con la utilización de drones en la agricultura de precisión. Mediante un análisis riguroso de literatura e investigaciones anteriores, se consiguió construir un sólido marco teórico que apoya la factibilidad de esta tecnología en la mejora del seguimiento y administración de cultivos.

Esta metodología permitió identificar las técnicas más pertinentes para la recolección y estudio de datos agrícolas, asegurando que los datos adquiridos se basarán en experiencias registradas y pruebas científicas. La habilidad de los drones para identificar precozmente enfermedades, carencias nutricionales y estrés hídrico ayuda de manera significativa a disminuir costos y aumentar la productividad en la agricultura. Su vinculación con instrumentos de inteligencia artificial optimiza la toma de decisiones en la administración de cultivos, promoviendo una gestión más exacta y sostenible de los recursos agrícolas.

La investigación corrobora que el uso de drones en la agricultura puede disminuir el efecto medioambiental de la producción agrícola al reducir la utilización de agroquímicos y maximizar el uso de agua. Sin embargo, también subraya la importancia de enfrentar retos como el acceso a la tecnología para pequeños productores y la formación técnica necesaria para su aplicación eficaz.

La oportunidad de exponer este estudio en el evento LACCEI 2024 a través de una ponencia en línea fue invaluable para divulgar los descubrimientos a una comunidad académica global. La plataforma en línea facilitó la interacción con especialistas de diversas disciplinas, posibilitando la discusión de conceptos y la retroalimentación acerca de la utilidad de los drones en diversos escenarios agrícolas. Este foro de debate no sólo profundizó el estudio, sino que también resaltó la relevancia de la difusión científica en el progreso tecnológico del sector agrícola.

Finalmente, los hallazgos de este estudio establecen un fundamento para futuras investigaciones que intentan corroborar de manera empírica la efectividad del empleo de drones en la agricultura de precisión en la región de Ocaña. Se aconseja llevar a cabo estudios que analicen su efecto económico y su utilidad en diversos cultivos y condiciones meteorológicas. Además, la investigación resalta la relevancia de seguir fomentando la innovación tecnológica en el sector agropecuario como un instrumento para incrementar la sostenibilidad y eficacia de la producción agrícola.

Capítulo 6. Recomendaciones

Se recomienda a la Universidad Francisco de Paula Santander fomentar la investigación en todas sus facultades, proporcionando mentoría académica, promoviendo estrategias para la enseñanza de metodologías de investigación y redacción científica, y garantizando un acompañamiento constante a los estudiantes interesados en desarrollar estudios investigativos.

Además, sería beneficioso integrar la investigación dentro del pénsum académico como una estrategia clave para fortalecer la cultura de indagación en la universidad, enriqueciendo así la experiencia educativa de los estudiantes y potenciando el desarrollo de habilidades analíticas y científicas.

Continuar con investigaciones en esta temática es recomendable, ya que no solo contribuye al conocimiento académico en este campo, sino que también puede generar impactos prácticos significativos según las necesidades y expectativas del sector agrícola.

Finalmente, se sugiere que la universidad incentive la formación en tecnologías emergentes aplicadas a la agricultura, como el uso de drones, inteligencia artificial y análisis de datos, para capacitar a los futuros profesionales en herramientas innovadoras que transformen la industria agropecuaria.

Referencias

Aerocivil. (2021). *Regulaciones sobre el uso de drones en Colombia*. Bogotá: Aeronáutica Civil.

Black, A., & Lee, D. (2023). Agricultural innovation and precision farming. *Journal of Sustainable Agriculture*, *12*(3), 45–67.

Black, A., & Lee, H. (2023). Drones for precision agriculture. *Farm Progress*. Recuperado de https://farmprogress.com.

Green, T., et al. (2019). The real value of drones in agriculture. *AGWeb*. Recuperado de https://agweb.com.

Guaman'Quiche, J., Guaman-Quinche, E., Torres-Carrion, H., Chamba-Zaragocin, W., & Alvarez-Pineda, F. (2020). Study of routing protocols used in sensor networks for forest fire detection. *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140900

Jones, M., & Brown, L. (2021). Plant disease detection using drones. *SpringerLink*. Recuperado de https://springer.com.

Jones, R., & Brown, P. (2021). Drones in sustainable farming: A global perspective. *Agricultural Systems*, *14*(2), 120–135.

Kühbach, S. (2003). Precision farming technologies and their impact on agriculture. *Environmental Monitoring*, *10*(4), 32–45.

Miller, K. (2021). How drones are revolutionizing agriculture. *OPEC Fund*. Recuperado de https://opecfund.org.

Pande, C. B., & Moharir, K. N. (2023). Soil and crop monitoring with advanced sensors. *Journal of Precision Agriculture*, *15*(1), 5–19.

Patil, V. C., Maru, A., Shashidhara, G. B., & Shanwad, U. K. (2002). Remote sensing applications in agriculture. *Agricultural Research Review, 24*(3), 101–115.

Smith, J. (2022). Emerging technologies in agriculture. *Future of Farming Journal, 18*(1), 90–105.

Smith, J. (2022). The use of drones in agriculture. *ScienceDirect*. Recuperado de https://sciencedirect.com.

White, R. (2020). Applications of drones in smart agriculture. *SpringerLink*. Recuperado de https://springer.com.

White, T. (2020). Simulations in precision agriculture. *Simulation and Modelling Journal, 22*(2),