



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA COMPUTACION

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION**

**PROTOTIPO DE SISTEMA HIDROPÓNICO CON MONITOREO
DE VARIABLES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE
LECHUGA EN LA HACIENDA “LA HILDA”**

AUTORES

**MIRANDA LOOR MARCOS ANTONIO
PORTOCARRERO VILLAMAR ULVIO RICARDO**

TUTOR

ING. OSCAR BERMEO ALMEIDA, MSc.

**MILAGRO, ECUADOR
2026**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACION

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **PROTOTIPO DE SISTEMA HIDROPONICO CON MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCION DE LECHUGA EN LA HACIENDA “LA HILDA”**, realizado por los estudiantes **PORTOCARRERO VILLAMAR ULVIO RICARDO**; con cédula de identidad N°0955829775 y **MIRANDA LOOR MARCOS ANTONIO** con cédula de identidad N°0929697209 de la carrera **CIENCIAS DE LA COMPUTACION**, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Oscar Bermeo Almeida, **Msc**
DOCENTE TUTOR

Milagro, 12 de enero del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACION

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE SISTEMA HIDROPONICO CON MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCION DE LECHUGA EN LA HACIENDA “LA HILDA”**, realizado por los estudiantes, **PORTOCARRERO VILLAMAR ULVIO RICARDO y MIRANDA LOOR MARCOS ANTONIO** los mismos que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Freddy Gaviláñez Luna
PRESIDENTE

Ing. Nuvia Beltran Robayo
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. César Peña Haro
EXAMINADOR PRINCIPAL

DEDICATORIA

Dedico a Dios este trabajo, por darme la paciencia, sabiduría necesaria para seguir adelante y alcanzar mis objetivos.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi formación personal y académica.

A mis abuelos, por sus enseñanzas y valores

A mi familia, por el acompañamiento constante en estos 5 años de carrera.

A mi novia, por su motivación y apoyo incondicional a lo largo de este proceso investigativo.

Portocarrero Villamar Ricardo

Quiero dedicar profundamente esta tesis a mis padres por todo el esfuerzo, noches de desvelos y momentos encontrados que tuvimos durante todo este proceso académico, quiero agradecer también por todo el apoyo económico que me brindaron durante la carrera, también a mi hermana que supo cómo orientarme en momentos donde no me encontraba y me corrigió, en fin, toda mi dedicatoria es para mi familia, mis eternos amores.

Miranda Loor Marcos

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo incondicional y la ayuda que me brindaron a lo largo de todo mi trayecto académico.

A mis abuelos, por los valores y el ejemplo que me han proporcionado, así como por su apoyo moral durante mi formación. A toda mi familia, por la confianza y el respaldo constante durante la realización de este trabajo.

Expreso mi profundo agradecimiento a mi tío por su ayuda técnica en la creación del prototipo que se ha desarrollado en este Trabajo de Titulación, ya que su asistencia fue clave para la correcta implementación del sistema.

Por último, agradezco a mi novia por su paciencia, motivación y apoyo emocional, que fueron fundamentales para finalizar este proyecto.

Portocarrero Villamar Ricardo

En primer lugar, quiero agradecer a Dios sobre todas las cosas, parte fundamental fue creer en que podía lograr este objetivo, quiero agradecer a mis padres que fueron la base principal y sentimientos más fuertes, gracias a ellos seguí mi camino estudiando y comprendiendo como son las etapas de la vida, a la convivencia de mis compañeros más cercanos, ellos me ayudaron y me inculcaron muchos conocimientos que me sirvieron para llegar a lo más alto en el tema académico.

Miranda Loor Marcos

Autorización de Autoría Intelectual

Nosotros PORTOCARRERO VILLAMAR ULVIO RICARDO y MIRANDA LOOR MARCOS ANTONIO, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “PROTOTIPO DE SISTEMA HIDROPONICO CON MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCION DE LECHUGA EN LA HACIENDA “LA HILDA.” para optar el título de CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN , por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 12 de enero del 2026

PORTOCARRERO VILLAMAR ULVIO RICARDO
C.I. 0955829775

MIRANDA LOOR MARCOS ANTONIO
C.I 0929697209

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un prototipo de sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales para optimizar la producción de lechuga en la hacienda “La Hilda”, considerando la necesidad de mejorar el control y seguimiento de las condiciones del cultivo mediante el uso de tecnología ya que estudio se sustenta los fundamentos teóricos de la hidroponía, la agricultura de precisión y los sistemas de monitoreo ambiental, enfocándose en variables como temperatura, humedad y nivel de agua, las cuales influyen directamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La metodología empleada corresponde a un enfoque tecnológico aplicado, con un diseño descriptivo y experimental, que incluye la identificación de requerimientos a través de observación y entrevistas, el diseño del prototipo, la selección de sensores y la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real.

Como resultado, se obtuvo un prototipo funcional capaz de medir y visualizar las variables ambientales relevantes, facilitando la toma de decisiones oportunas para el manejo del sistema hidropónico por ende los resultados demuestran que el monitoreo continuo permite mantener condiciones óptimas de crecimiento, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y fortalecer la productividad del cultivo. Se concluye que la implementación de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales constituye una alternativa viable y eficiente para la producción tecnificada de lechuga en la hacienda “La Hilda”.

Palabras clave: *Hidroponía, NFT, PH, Solución Nutritiva, Lactuca sativa L, Conductividad Eléctrica*

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a hydroponic system prototype with environmental variable monitoring to optimize lettuce production at the “La Hilda” farm, considering the need to improve control and monitoring of crop conditions through the use of technology. The study is based on theoretical foundations of hydroponics, precision agriculture, and environmental monitoring systems, focusing on variables such as temperature, humidity, and water level, which directly influence crop growth and yield.

The methodology follows an applied technological approach with a descriptive and experimental design, including the identification of requirements through observation and interviews, prototype design, sensor selection, and the implementation of a real-time monitoring system.

As a result, a functional prototype capable of measuring and visualizing relevant environmental variables was obtained, facilitating timely decision-making for hydroponic system management. The results demonstrate that continuous monitoring helps maintain optimal growing conditions, improve resource-use efficiency, and enhance crop productivity. It is concluded that the implementation of a hydroponic system with environmental variable monitoring represents a viable and efficient alternative for the technified production of lettuce at the “La Hilda” farm.

Keywords: *Hydroponics, NFT, pH, Nutrient Solution, Lactuca sativa L., Electrical Conductivity*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes del problema.....	2
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	5
1.2.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2.2 Formulación del problema	6
1.3 Justificación de la investigación	7
1.4 Delimitación de la investigación.	10
1.5 Objetivo general.	10
1.6 Objetivos específicos.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Estado del arte	12
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.	16
2.2.1 Proceso de cultivo de la lechuga.....	16
2.2.2 Procesos manuales en la gestión de cultivos.....	17
2.2.3 Herramientas necesarias para la automatización y digitalización.	18
2.2.4 Sensor de humedad de suelo YL-69.	19
2.2.5 Bomba de agua sumergible DC 3V.	19
2.2.6 Jumpers.....	20
2.2.7 Arduino IDE.	20
2.2.8 Arduino Uno.	21
2.2.9 Conductividad eléctrica	22
2.2.10 Sensor de PH.	22
2.2.11 Diagramas UML.	22
2.2.12 Android Studio.....	23
2.2.13 Lenguaje de programación.....	24
2.2.14 Firebase	24
2.2.15 Mecanismos de recolección de datos en aplicaciones móviles.....	25
2.3 Marco legal.....	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 Enfoque de la investigación.....	31
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación.....	31
3.2 Metodología en Prototipado	32

3.2.1 Planificación	33
3.2.2 Diseño	34
3.2.3 Desarrollo y prueba del sistema	35
3.2.4 Recolección de datos	36
3.2.5 Análisis estadístico	40
4. RESULTADOS	41
4.1 Análisis de los problemas de la finca La Hilda mediante observación y entrevista para la identificación de los requerimientos del prototipo y de la aplicación móvil.	41
4.2 Construcción del prototipo del sistema hidropónico mediante la integración de tubos PVC, sensores de temperatura, humedad y pH, motores y módulos electrónicos para la automatización del cultivo.	42
4.3 Desarrollo de una aplicación móvil e integración de componentes electrónicos utilizando Android Studio y Firebase para la implementación de las funcionalidades del sistema.	43
4.4 Ejecución de pruebas del funcionamiento del sistema mediante ensayos de campo en el cultivo hidropónico de lechuga para validar la efectividad en el monitoreo y control de las variables ambientales.	45
6.1 Conclusiones	51
6.2 Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Modelo de ficha de observación	59
Anexo N° 2: Resultados de la ficha de observación	60
Anexo N° 3: Modelo de entrevista	61
Anexo N° 4: Resultados de la entrevista	63
Anexo N° 5: Prototipo de forma gráfica	65
Anexo N° 6: Diagrama de Contexto.....	66
Anexo N° 7: Funcionamiento de componentes.....	67
Anexo N° 8: Diagrama de Flujo	68
Anexo N° 9: Arquitectura diagrama	69
Anexo N° 10. Diagrama de Caso de Uso	70
Anexo N° 11. Prototipo en Tinkercad	71
Anexo N° 12. Rol de Usuario.....	72
Anexo N° 13. Esquema de la Aplicación Movil	73
Anexo N° 14. Diagrama de Secuencia	74
Anexo N° 15. Diagrama de Revisión de PH	75
Anexo N° 16. Diagrama de revisión del Nivel del Agua.....	76
Anexo N° 17. Diagrama de revisión de Nutrientes pmm	77
Anexo N° 18. Diagrama Eléctrico	78
Anexo N° 20. Interfaz del Sistema.....	79
Anexo N° 21. Prototipo sistema hidropónico	82

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la evolución tecnológica ha cambiado notablemente el ámbito agrícola, posibilitando la creación de métodos de producción más efectivos, sostenibles y avanzados. Dentro de estos desarrollos resalta la hidroponía, un método de cultivo sin tierra que, al combinarse con el monitoreo de factores ambientales como la temperatura, la humedad, el pH y la conductividad eléctrica, contribuye a mejorar el crecimiento y la calidad de los cultivos. Estas innovaciones han demostrado ser una alternativa viable ante desafíos como la falta de agua, el uso excesivo de productos químicos agrícolas y las fluctuaciones climáticas que afectan la agricultura convencional.

La finca “La Hilda”, situada en la provincia del Guayas, se enfrenta a problemas habituales en los métodos de cultivo tradicionales, como el uso ineficaz del agua, la degradación del suelo y la vulnerabilidad a plagas y enfermedades. Además, se han detectado carencias en el control ambiental durante el cultivo, lo cual impacta de forma directa en la producción y calidad final de la lechuga ya que las nuevas técnicas agrícolas permiten un uso más eficiente de los recursos naturales, disminuir el impacto ambiental y optimizar la productividad.

Ante esta situación, la propuesta actual tiene como meta poner en marcha un sistema hidropónico automatizado con supervisión de variables ambientales, que facilite el cultivo de lechugas en condiciones controladas en la finca “La Hilda”. Este sistema permite tomar decisiones en tiempo real, asegurando un entorno ideal para el crecimiento del cultivo y logrando una producción más saludable, rentable. La incorporación de sensores, controladores y tecnologías para la recolección de datos es un avance significativo hacia la modernización de las prácticas agrícolas en la región y sirve como un modelo a seguir en otras unidades productivas del país.

1.1 Antecedentes del problema

En Latinoamérica enfrentan desafíos en el cultivo de fresas enfrenta desafíos importantes relacionados con la disponibilidad de agua y la calidad del suelo, especialmente en regiones con limitaciones hídricas. Estos factores pueden afectar negativamente el rendimiento y la calidad del fruto ante esta problemática, los sistemas hidropónicos han emergido como una alternativa prometedora para maximizar la productividad por ende se realizo un sistema hidropónico piramidal que presenta una disposición vertical que busca optimizar el espacio y mejorar la exposición de las plantas a la luz, suelo. Alvarado et al. (2021) argumentan que el rendimiento y la calidad del fruto de fresa en un sistema hidropónico piramidal pueden influir significativamente en su desarrollo y productividad. Esto se debe a que la fresa es una fruta de alto valor comercial y creciente importancia a nivel mundial. Para optimizar su rendimiento, se han adoptado diversas técnicas de cultivo, destacándose los sistemas hidropónicos como una alternativa prometedora. Estos sistemas permiten gestionar el agua y los nutrientes de manera más eficiente, lo que resulta fundamental en regiones con recursos hídricos limitados o suelos poco aptos para la agricultura tradicional. Por lo tanto, el uso de sistemas hidropónicos no solo mejora la producción, sino que también contribuye a la sostenibilidad y la calidad del cultivo. Para maximizar el rendimiento de las fresas, se han implementado diferentes técnicas de cultivo, siendo los sistemas hidropónicos una alternativa prometedora. Estos sistemas permiten un uso más eficiente del agua y los nutrientes, lo cual es crucial en regiones con limitaciones hídricas o de suelo.

La agricultura tradicional enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad limitada de suelo cultivable y el uso ineficiente de los recursos hídricos y nutricionales, lo que afecta negativamente la productividad de los cultivos. En particular, la producción de hortalizas como el rábano. El cultivo hidropónico ha ganado popularidad como una técnica innovadora en la agricultura, Garcia et al. (2021) infieren que los sistemas hidropónicos presentan ventajas significativas para la producción de hortalizas como el rábano (*Raphanus sativus*), debido a su capacidad para optimizar el uso de recursos y aprovechar espacios no convencionales. Este sistema de cultivo permite el desarrollo de plantas sin necesidad de suelo, utilizando soluciones nutritivas que suministran directamente a las raíces los minerales esenciales, logrando así duplicar o incluso triplicar los

rendimientos en comparación con los métodos tradicionales en tierra. La productividad se ve influenciada por factores clave como la disponibilidad de agua y nutrientes, las condiciones ambientales (como la radiación y la temperatura) y la densidad de plantación. En este contexto, el diseño y aplicación de soluciones nutritivas específicas emergen como una alternativa eficiente para incrementar el rendimiento del rábano en sistemas hidropónicos, consolidándose como una estrategia relevante para la modernización y automatización de la agricultura en ambientes controlados.

La producción sostenible de alimentos frescos y nutritivos es un desafío crucial, especialmente en regiones con condiciones agrícolas limitadas. La dificultad para garantizar una producción constante y accesible de forrajes, como la avena y el trigo, ha impulsado la exploración de alternativas de cultivo más eficientes. Morales et al. (2020) argumentan que llevaron a cabo un experimento bajo un diseño de bloques al azar, comparando sistemas hidropónicos y convencionales para la producción de forrajes. El estudio incluyó cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, evaluando la eficiencia de ambos sistemas en términos de uso de agua y nutrientes. Los resultados demostraron que los sistemas hidropónicos permiten optimizar recursos en comparación con los métodos tradicionales en campo abierto, lo que representa una estrategia prometedora para mejorar la sostenibilidad y accesibilidad de la producción agrícola en diversas poblaciones.

El problema radica en lograr un equilibrio entre la maximización del crecimiento de las plantas y la reducción del consumo energético y los costos, lo que afecta negativamente el rendimiento en la producción de lechugas. Bautista et al. (2024) sostienen que la huella hídrica asociada a la producción de lechuga en sistemas acuapónicos e hidropónicos refleja tanto el uso directo como el indirecto de recursos hídricos para generar un bien o servicio, además de mostrar la presión y los impactos ambientales de las actividades productivas sobre estos recursos. La huella hídrica se considera una herramienta valiosa para la conservación de la biodiversidad y un método de análisis para la sostenibilidad, especialmente ante la creciente demanda, la escasez y la degradación de la calidad del agua. Comparar la huella hídrica del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos sistemas de producción: acuapónico e hidropónico, con el fin de evaluar su impacto en los recursos hídricos. Ambos sistemas se implementaron en una casa sombra en el

estado de Sonora, México. Según la huella hídrica asociada a la producción de lechuga en sistemas acuapónicos e hidropónicos refleja tanto el uso directo como el indirecto de recursos hídricos para generar un bien o servicio, además de mostrar la presión y los impactos ambientales de las actividades productivas sobre estos recursos. La huella hídrica se considera una herramienta valiosa para la conservación de la biodiversidad y un método de análisis para la sostenibilidad, especialmente ante la creciente demanda, la escasez y la degradación de la calidad del agua. Este trabajo tiene como objetivo comparar la huella hídrica del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos sistemas de producción: acuapónico e hidropónico, con el fin de evaluar su impacto en los recursos hídricos. Ambos sistemas se implementaron en una casa sombra en el estado de Sonora, México.

La hidroponía se presenta como un método innovador de cultivo que elimina la necesidad de suelo al permitir que las plantas crezcan en una solución rica en nutrientes, lo que plantea desafíos en el diseño de sistemas que garanticen un flujo constante de agua enriquecida. Esta metodología es crucial para optimizar el crecimiento de las plantas y maximizar la eficiencia del uso de recursos. En este contexto, Hernández et al. (2023) indican que es esencial realizar cálculos precisos para determinar las velocidades de flujo del agua en un sistema hidropónico. Para ello, se utiliza la técnica de lámina nutritiva (NFT), que consiste en hacer circular una fina capa de solución nutritiva a través de un tubo perforado, permitiendo que las plantas sean colocadas en las aberturas de dicho tubo. Este enfoque resalta la importancia de la mecánica en el diseño y funcionamiento efectivo de sistemas hidropónicos, asegurando un suministro adecuado de nutrientes y agua a las plantas.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la Hacienda "La Hilda", ubicada en Milagro, se enfrentó una serie de desafíos relacionados con la producción agrícola de lechuga. Uno de los principales problemas es la limitada disponibilidad de tierras fértiles para la agricultura tradicional, lo que ha llevado a una necesidad urgente de buscar métodos alternativos que optimicen el uso del espacio y los recursos. A medida que la demanda de productos frescos aumenta, la agricultura convencional en tierra se ve limitada por factores como la erosión del suelo, la salinización y la baja capacidad de retención de agua, lo que afecta negativamente el rendimiento de los cultivos.

Otro de los problemas es la falta de un sistema adecuado de monitoreo de variables ambientales, como la temperatura, humedad, pH, y niveles de nutrientes en el suelo, que son esenciales para una producción eficiente de lechuga. En la finca, las condiciones climáticas pueden variar significativamente, lo que dificulta el manejo adecuado de los cultivos y afecta el crecimiento óptimo de las plantas. La falta de herramientas tecnológicas para monitorear estas variables en tiempo real limita la capacidad para tomar decisiones informadas y rápidas en relación con el manejo del cultivo.

Además, la dependencia de métodos tradicionales de riego y fertilización en la finca ha generado un uso ineficiente de los recursos hídricos y de nutrientes. El sistema de riego actual no está automatizado ni es preciso, lo que ocasiona desperdicios de agua y desequilibrios en la nutrición de las plantas. Esto se traduce en un crecimiento inconsistente de las lechugas, lo que afecta la calidad y la cantidad de la producción. La escasez de recursos hídricos en ciertas épocas del año también es un desafío importante, ya que el riego convencional no es suficiente para mantener un suministro adecuado de agua a las plantas.

Por otro lado, la falta de capacitación sobre sistemas de cultivo más eficientes, como la hidroponía, ha sido otro obstáculo para la adopción de nuevas tecnologías en la finca. Muchos agricultores en la región no están familiarizados con los beneficios y las técnicas del cultivo hidropónico, lo que limita el interés y la disposición de adoptar métodos más sostenibles. Esto se ve agravado por la falta de infraestructura y recursos para implementar sistemas hidropónicos en la finca.

de manera adecuada, lo que hace que la transición a este tipo de producción sea un desafío complejo.

Además, la fluctuación en los precios de los productos agrícolas y la competencia en el mercado local dificultan la rentabilidad del cultivo de lechugas en la finca. La producción convencional en tierra se enfrenta a altos costos de insumos, como fertilizantes y pesticidas, que afectan directamente el costo de producción. Estos altos costos, sumados a los problemas de productividad y calidad, reducen la competitividad de la finca en el mercado, lo que pone en riesgo su viabilidad económica a largo plazo.

Finalmente, la falta de un sistema de monitoreo adecuado para gestionar el cultivo de lechugas en condiciones controladas es un problema crítico. El uso de tecnologías que permitan monitorear variables ambientales en tiempo real y ajustarlas automáticamente podrá ser la clave para resolver muchos de los problemas mencionados. Sin embargo, la implementación de un sistema hidropónico con monitoreo de variables aún no se ha llevado a cabo en la finca, lo que impide aprovechar los beneficios de este método más eficiente y sostenible de producción agrícola.

1.2.2 Formulación del problema

En la Hacienda "La Hilda", situada en Milagro, se ha descubierto a través de métodos de observación que la propiedad enfrenta varios problemas relacionados con la gestión adecuada de los recursos hídricos, la supervisión de las condiciones ambientales y la mejora de la producción ya que en la actualidad, se aplican prácticas agrícolas convencionales, que no permiten un control eficaz de factores esenciales para el crecimiento ideal de la lechuga, tales como la temperatura, la humedad, el pH y los nutrientes. Asimismo, la cantidad de agua disponible es escasa y la adopción de tecnologías adecuadas en el campo es limitada, lo que repercute de manera negativa en la calidad y la cantidad de la producción, por lo cual se pretende desarrollar un modelo de sistema hidropónico que incluya la supervisión de variables ambientales para incrementar la producción de lechuga, por lo que se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo puede un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales mejorar la producción de lechuga en la hacienda "La Hilda" optimizando el uso de recursos hídricos y mejorando la calidad y cantidad del cultivo?

1.3 Justificación de la investigación

La robótica y la automatización son cruciales en la agricultura moderna, ya que permiten optimizar los procesos, aumentar la precisión en las tareas y mejorar los resultados. En la Hacienda "La Hilda", se han identificado problemas relacionados con el control deficiente de la temperatura y humedad, lo que ha provocado pérdidas debido a la mala calidad de los cultivos, imposibilitándolos para su venta. Este proyecto se justifica por la necesidad de optimizar los procesos agrícolas y mejorar el control de los factores ambientales, como la temperatura, la humedad y la concentración de nutrientes, que influyen directamente en la calidad y el rendimiento de los cultivos.

El sistema hidropónico con monitoreo remoto propuesto permite una gestión más precisa de estos factores, garantizando cultivos de alta calidad, especialmente de lechuga, y promoviendo un uso más eficiente de los recursos, particularmente del agua. Este avance en la tecnología agrícola también contribuye al desarrollo de la agricultura de precisión en la región, con potencial para ser replicado en otras fincas del país.

Desde una perspectiva social, el proyecto impacta positivamente en las condiciones laborales de los agricultores, reduciendo la carga de trabajo manual y mejorando la competitividad de la Hacienda "La Hilda". Esto también beneficia a los mercados locales y nacionales, garantizando un suministro constante de productos de calidad.

El desarrollo de este prototipo implica no solo la implementación de un sistema tecnológico avanzado, sino también una solución integral que promueve prácticas agrícolas más equilibradas y tecnificadas, alineándose con las tendencias globales y las metas de desarrollo. Este proyecto permite optimizar el uso de recursos hídricos y mejorar la calidad del cultivo por ende brinda datos en tiempo real que facilita la toma de decisiones precisas para una producción de lechuga eficiente.

El proyecto utiliza diversos materiales, motores, sensores de temperatura y humedad, módulos de relé, pantallas LCD, y módulos Wi-Fi, entre otros ya que estos componentes son esenciales para la construcción del sistema hidropónico automatizado y su monitoreo remoto ya que también, se utilizó software como Arduino IDE y Android Studio para la programación y el desarrollo de la aplicación móvil. El costo estimado de los materiales, que incluye elementos como cables, resistencias eléctricas, y otros componentes electrónicos, esta es una inversión tecnología que no solo mejora las condiciones laborales de los agricultores, sino también fortalece la competitividad del sector agrícola local.

Módulos

Módulo de componentes Electrónicos

- Sensor de Temperatura. - Para medir la temperatura del ambiente y el agua.
- Sensor de Humedad. - Para monitorear la humedad relativa del aire.
- Sensor de pH. - Para controlar el pH de la solución nutritiva.
- Sensor de Conductividad Eléctrica (EC). - Para medir la concentración de nutrientes en la solución.
- Sensor de Nivel de Agua: Para asegurarse de que el nivel de agua en los reservorios esté en un rango adecuado.

Módulo de control de riego

- Válvulas de Control Automático. - Para abrir o cerrar el flujo de agua en función de la necesidad del cultivo.
- Bomba de Riego. - Para garantizar que el agua fluya adecuadamente en el sistema.

Módulo de comunicación (Red).

- Módulo Wi-Fi ESP32. - Para enviar los datos de los sensores a la nube o a una aplicación móvil para monitoreo remoto.
- Módulo Bluetooth. - Si se utiliza para control local o para una interfaz de usuario más cercana.

Módulo de visualización.

- Aplicación Móvil. - Para visualizar los datos y realizar ajustes de manera remota.

Módulo de energía.

- Fuente de Alimentación. - Para alimentar los sensores y los sistemas de riego.

Módulo de registros de variables ambientales.

- Temperatura. - Datos diarios o en tiempo real sobre la temperatura del ambiente y del agua en el sistema.
- Humedad. - Información sobre la humedad relativa, especialmente relevante en sistemas de cultivo interiores.
- pH: Registros de la variación del pH de la solución nutritiva para garantizar un entorno adecuado para el crecimiento de la lechuga.
- Conductividad Eléctrica (EC). - Información sobre la concentración de nutrientes en la solución, asegurando que las lechugas reciban la cantidad adecuada.

Módulo registros de consumo de agua.

- Volumen de Agua Utilizado. - Datos sobre el volumen de agua utilizado en el sistema de riego. Esto es especialmente importante para sistemas sostenibles de hidropónicos que buscan optimizar el uso del agua.

Módulo registros de riego.

- Frecuencia de Riego. - Información sobre cuántas veces se activa el sistema de riego, y la cantidad de agua proporcionada en cada riego.
- Tiempo de Riego. - El tiempo exacto que se activa cada riego para garantizar que las lechugas reciban la cantidad justa de agua.

Módulo registros de fertilización.

- Cantidad de Nutrientes Agregados. - Cuándo y cuánto fertilizante o solución nutritiva se agrega al sistema.
- Fórmulas Nutritivas Utilizadas. - Los nutrientes específicos que se utilizan y sus concentraciones, para asegurar un crecimiento óptimo.

Hardware.

- ESP32 (Arduino Uno + Módulo WiFi ESP8266)
- Protoboard
- Sensor de temperatura y humedad DHT22
- Sensor de pH con sonda para líquidos
- Sensor de Conductividad Eléctrica (EC)

- Sensor de nivel de agua (ultrasónico o de flotador)
- Bomba de agua sumergible (12V o 5V)
- Módulo relé de 2 o 4 canales
- Jumpers, resistencias, cables Dupont
- Tubos PVC de 2" o 3"
- Conectores y codos PVC
- Contenedor o tanque para solución nutritiva
- Estructura PVC
- Canastillas para cultivo hidropónico (net pots)
- Sustrato inerte
- Mangueras para riego

Software

- Base de datos Firebase
- Android estudio
- Arduino IDE

1.4 Delimitación de la investigación.

- **Espacio:** El proyecto se realizó en la Finca “La Hilda” ubicada a las afueras del cantón milagro.
- **Tiempo:** El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo en 7 meses.
- **Población:** El proyecto es dirigido para el propietario y trabajadores de la finca “La Hilda”.

1.5 Objetivo general.

Desarrollar un prototipo de sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales mediante el uso de una aplicación móvil, para mejorar el uso de recursos en la producción de cultivos en la hacienda "La Hilda", garantizando un cultivo de calidad.

1.6 Objetivos específicos.

- Analizar los problemas de la finca la Hilda mediante observación y entrevista para la identificación de los requerimientos del prototipo y aplicación móvil
- Construir el prototipo del sistema hidropónico integrando materiales como tubos PVC, sensores de temperatura, humedad, pH, motores y módulos electrónicos para la automatización del cultivo.
- Crear una aplicación móvil e integración de componentes electrónicos mediante el uso de Android Studio y Firebase para la creación de las funcionalidades del sistema.
- Realizar pruebas del funcionamiento del sistema construido mediante pruebas de campo del cultivo hidropónico de lechuga, para su efectividad en el monitoreo y control de variables ambientales que inciden en su desarrollo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En Europa como en los Estados Unidos la arúgula es una planta comúnmente utilizada en las ensaladas verdes, siendo un ingrediente que les da un sabor especial a estas, por lo que su uso es muy común en restaurantes gourmet tanto en Europa como en los Estados Unidos. Su producción se ha realizado en suelo y a campo abierto, aunque recientemente se está produciendo en invernadero y cultivo hidropónico, así como en fábricas de plantas donde es necesario utilizar lámparas LED para proveer la radiación que necesita el cultivo Duche et al. (2021) exponen que existen diferentes sistemas hidropónicos que se recomiendan para el cultivo de las hortalizas de hoja, así como diferentes tipos de lámparas LED que se pueden utilizar en una fábrica de plantas, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de la arúgula en un cuarto oscuro con diferentes sistemas hidropónicos y diferentes lámparas LED. Al cultivar la arúgula en los sistemas hidropónicos NFT y DWC, utilizando las lámparas LED Megaluz T8 de luz blanca y la Phlizon 600 de luz roja/azul, encontramos que el mejor crecimiento del cultivo en cuanto a peso fresco de follaje y raíz, se presentó en el sistema hidropónico NFT, provisto de lámparas Megaluz T8 de luz blanca, aunque en este mismo sistema hidropónico con las lámparas Phlizon 600 de luz roja/azul, se obtuvieron con mayores valores de unidades SPAD en las hojas del cultivo. El sistema hidropónico DFT provisto de lámparas LED Haofy de luz blanca y Haofy de luz roja/azul presentó un crecimiento inferior al observado en los otros dos sistemas hidropónicos, por lo que concluyeron que la arúgula se desarrolla mejor en un sistema hidropónico NFT provisto de lámparas Megaluz T8.

En el campo de la agricultura contemporánea, la necesidad de encontrar técnicas más viables y eficientes ha motivado la creación de tecnologías como la hidroponía y la acuaponía, que facilitan el cultivo de alimentos con un menor consumo de suelo y agua en México se investigó opciones productivas que favorezcan la seguridad alimentaria y el uso más eficiente de los recursos, Ruiz et al. (2024) mencionan que el cultivo de vegetales mediante hidroponía es una opción viable para fortalecer la seguridad alimentaria y abordar la falta de agua, especialmente en áreas rurales desfavorecidas. Se llevó a cabo una comparación entre la producción de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) mediante un método

hidropónico tradicional y un sistema acuapónico que incluye cultivo de tilapia en un invernadero. Los hallazgos mostraron que el enfoque hidropónico produjo una cantidad superior de hojas (3.46 hojas a la semana) y un aumento más significativo de biomasa (53.91 g por semana) en contraste con el sistema acuapónico, que presentó 1.53 hojas y 38.24 g por semana, respectivamente. Sin embargo, a pesar de que no hubo diferencias notables en las tasas de biomasa, se identificaron diferencias estadísticas en la cantidad de hojas y en los niveles de nitratos entre los dos métodos este análisis evidencia que la hidroponía sigue siendo una técnica muy eficaz para cultivar vegetales de hoja, resultando en mayores producciones en entornos controlados, lo que respalda su efectividad del proyectos agrícola a realizar para la producción de lechuga de la hacienda en cuestión tecnológica como el que se propone en esta investigación.

El estudio analizó el efecto de la formación técnica y la transferencia de tecnología en comunidades rurales del estado de Puebla, donde se introdujeron sistemas hidropónicos en la producción de acelga como parte de un enfoque de agricultura familiar. Los hallazgos indicaron una mejora notable en el conocimiento de los agricultores y un aumento en la producción de alimentos frescos para el consumo propio. Esto demuestra que la hidroponía no solo es una técnica productiva eficiente, sino también una herramienta para el desarrollo social, que empodera a las comunidades rurales y eleva su calidad de vida mediante prácticas agrícolas modernas y accesibles.

En Bogotá-Colombia, las empresas de telecomunicaciones y/o informática juegan un rol fundamental en el control sobre la prestación de los servicios, lo que las convierte en actores clave en el desarrollo tecnológico y social para el sistema de monitoreo de temperatura y humedad específico para el cultivo hidropónico de lechuga. En muchas comunidades agrícolas, gran parte de los habitantes se dedican a la agricultura y utilizan sistemas de riego implementados hace más de 20 años. Niño (2023) indica que estos sistemas, ahora obsoletos, no garantizan una distribución eficiente del agua, lo que afecta tanto la productividad como el manejo sustentable del recurso. Para resolver esta problemática, se propone el diseño de una red de sensores que permita recolectar datos clave sobre el estado del cultivo y del sistema de riego, informar al usuario sobre las condiciones actuales del cultivo y el uso del riego, y diseñar un sistema autónomo que active el riego en base a

periodos predeterminados y condiciones monitoreadas, en lugar de un sistema basado en tiempos fijos. Por ello este sistema garantiza una reducción significativa en el consumo de agua sin afectar la producción agrícola, mediante la implementación de una red de sensores malla que facilita la comunicación entre los dispositivos y el monitoreo efectivo de las variables críticas del cultivo, como la humedad y la temperatura. Adicionalmente, se desarrolló un sistema de monitoreo de temperatura y humedad específico para el cultivo hidropónico de lechuga, utilizando sensores LM75 y DS18B20 para recolectar datos en tiempo real que son enviados a Firebase. Los usuarios podrán acceder a esta información a través de una aplicación Android dedicada, asegurando un monitoreo completo y eficiente de los cultivos.

Se realizó un proyecto en Latinoamérica titulado “Plan de Negocios para la Producción y Comercialización con Sistema Hidropónico NFT de Lechuga y Tomate Cherry en la ciudad de Arequipa”, cuyo principal objetivo fue analizar la viabilidad económica y financiera de la producción y comercialización de estos cultivos mediante la técnica hidropónica NFT, enfocándose en el mercado de Arequipa. Este estudio destaca como una referencia clave en el desarrollo de la hidroponía aplicada a la producción agrícola en contextos urbanos y semiurbanos. Perez y Tellez (2020) infieren que el proyecto realizado en Lima identifica un crecimiento significativo en la siembra de productos orgánicos en Arequipa, la cual se ha duplicado en los últimos cinco años. Además, el 22% de los productores agrarios han recibido capacitación técnica, especialmente en asistencia técnica y asesoría empresarial, lo que evidencia un entorno favorable para implementar sistemas de producción hidropónica. Los productos finales, lechuga y tomate cherry, están orientados a hoteles y restaurantes de gama media y alta, así como a hogares de niveles socioeconómicos A y B, quienes adquieren estos productos en supermercados locales.

En Ecuador se llevó a cabo un estudio sobre agricultura sostenible enfocado en el uso eficiente de recursos naturales, particularmente del agua, para evaluar la huella hídrica en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) bajo dos sistemas de producción: acuapónico e hidropónico. La investigación se desarrolló en condiciones controladas de invernadero, con el propósito de determinar el impacto de ambos sistemas en el consumo de agua y los recursos asociados a su

producción. Bautista et al. (2024) indican que el análisis consideró las huellas hídricas totales (HHtotal), que incluyen el consumo directo de agua (huella hídrica azul) y los insumos necesarios para cada sistema. Los resultados indicaron que el peso promedio de la lechuga cosechada fue de 0.056 kg en el sistema acuapónico y de 0.097 kg en el hidropónico. Las HHtotal estimadas fueron de 2.6841 m³/kg para el sistema acuapónico y de 0.1821 m³/kg para el hidropónico, evidenciando un menor impacto en el sistema hidropónico debido a su mayor eficiencia en el uso del agua.

Este estudio destaca la importancia de continuar generando conocimiento sobre la optimización de recursos hídricos en la producción agrícola, confirmando que el sistema hidropónico presenta ventajas significativas en términos de autosuficiencia, al reducir la huella hídrica total comparado con el sistema acuapónico. Estos resultados proporcionan una base para fomentar prácticas agrícolas más responsables con el medio ambiente en contextos similares al ecuatoriano.

En Ecuador, península de Santa Elena se realizó un proyecto enfocado en cultivos sin suelo como alternativa frente a las limitaciones de suelos marginales y la escasez hídrica, características de la provincia de Santa Elena (PSE). Este estudio analizó la viabilidad técnica y económica de un cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema de raíz flotante, considerando las condiciones climáticas semiáridas de la región. La investigación utilizó el cultivar Crespa con solución nutritiva de Hoagland y Arnon, desarrollando cuatro ciclos de siembra en una infraestructura proyectada de 1.000 m², equivalente a 240 m² de área productiva efectiva. Pertierra y Quispe (2020) exponen los resultados económicos y financieros indicaron que el costo unitario de producción ascendió a USD 0,49, mientras que el precio de venta se estableció en USD 0,70. El proyecto tuvo una inversión total de USD 27.077,99, con un Valor Actual Neto (VAN) de USD 58.581,07, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 40% y un índice beneficio-costos de 1,26, evidenciando su viabilidad económica. Además, el modelo consideró una proyección a cinco años con un margen de beneficio inicial del 30%, aumentando progresivamente, y contempló la venta al por mayor con inventario semanal.

Este enfoque destaca la potencialidad del cultivo hidropónico para optimizar el uso de recursos en zonas con limitaciones agrícolas, proponiendo una solución

sostenible y económicamente rentable para la producción de lechuga en la costa ecuatoriana, donde tradicionalmente no se cultiva esta.

En Ecuador se realizó un análisis, desarrollo e implementación de un sistema hidropónico ebb and flow automatizado para la fundación Ecosur-Ecuador, La agricultura, aporta el 8.5% del PIB ecuatoriano y es fundamental para la economía y la seguridad alimentaria, enfrenta desafíos significativos con los métodos tradicionales debido a la falta de suelo y espacio en áreas urbanas. En respuesta, los cultivos hidropónicos han ganado terreno como solución eficiente, ya que no necesitan grandes extensiones de tierra y pueden adaptarse a espacios pequeños como terrazas, techos y balcones, ayudando a mitigar estos problemas Basantes y Porras (2021) presentaron una investigación en Riobamba que integra y construye un prototipo desarrollado consiste en un sistema integrado por dispositivos electrónicos, que incluye una pantalla TFT de 3,5 pulgadas con una interfaz gráfica programada en Python 3.6.5 utilizando el módulo Tkinter, además de una Raspberry Pi 4 b y un Arduino Uno. Estos componentes se encargan de controlar diversos sensores, como el de temperatura y humedad (DHT22), radiación UV (ML8511), pH, y un módulo de relés de 8 canales para la activación de actuadores. El sistema también genera una base de datos en Firebase para almacenar las variables climáticas ambientales y químicas, y cuenta con un servidor VNC que permite la conexión remota vía Wi-Fi para monitorear y controlar las variables en tiempo real. En este sistema se recolectaron datos de volumen y masa (gramos) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto durante un periodo de 83 días, así como datos de 6 lechugas cultivadas en un sistema hidropónico EBB and FLOW, registrando un dato diario para cada lechuga.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.

2.2.1 Proceso de cultivo de la lechuga

La finca 'La Hilda', enfrenta diversos retos operativos y tecnológicos que afectan su productividad y gestión de recursos. Este estudio se centra en identificar y analizar los problemas actuales mediante técnicas de observación y entrevistas estructuradas, con el objetivo de establecer los requerimientos funcionales y no funcionales para el desarrollo de un prototipo y una aplicación móvil que optimicen los procesos de monitoreo, control y toma de decisiones en la finca. La

investigación busca integrar herramientas tecnológicas modernas que se adapten a las necesidades específicas del entorno agrícola y a las metas de la finca.

La lechuga (*Lactuca sativa*) se encuentra entre las verduras de hoja más cultivadas en el mundo, gracias a su gran valor nutricional, su demanda constante y su rápido crecimiento en el campo de la agricultura avanzada, su producción ha ido adaptándose a prácticas más controladas, como la hidroponía, que permite optimizar recursos y elevar la calidad del producto Guapi et al. (2024) exponen que el cultivo de lechuga demanda cuidado en aspectos como la pureza del agua, la gestión de nutrientes, el pH, la temperatura y el nivel de oxígeno en el medio, ya que todos estos factores impactan directamente el desarrollo del cultivo. En el estudio que realizaron los autores explican que el seguimiento continuo de estos elementos en un sistema hidropónico puede asegurar una producción saludable y estable, disminuyendo riesgos fitosanitarios y aumentando la eficiencia del cultivo. También resaltan que este tipo de método favorece el uso del espacio y la disminución de agroquímicos estas observaciones subrayan la importancia de adoptar sistemas hidropónicos avanzados en entornos agrícolas, como la Hacienda La Hilda, con el objetivo de incrementar la productividad de lechuga mediante el monitoreo de condiciones ambientales y el uso efectivo de recursos.

2.2.2 Procesos manuales en la gestión de cultivos.

En la hacienda 'La Hilda', los procesos manuales desempeñan un papel importante en la gestión actual de cultivos, pero también presentan limitaciones significativas que afectan la eficiencia y la productividad. Estas actividades incluyen el monitoreo manual de variables ambientales como la humedad, temperatura y niveles de nutrientes en la solución hidropónica, así como el riego y ajuste de condiciones basados en observaciones empíricas.

Estas prácticas, aunque funcionales en un entorno pequeño, son propensas a errores humanos, inconsistencias en la medición y la imposibilidad de recopilar datos históricos precisos que permitan tomar decisiones informadas. Por ejemplo, la falta de un sistema automatizado dificulta la identificación temprana de problemas en el suministro de nutrientes o en el control de plagas, lo que puede derivar en pérdidas de producción y calidad del cultivo.

La implementación de un prototipo de sistema hidropónico automatizado tiene como objetivo reemplazar o complementar estos procesos manuales. Este

prototipo integro sensores para la medición continua de variables críticas, sistemas de control automatizado para el riego y la alimentación de nutrientes, y un módulo de registro de datos para análisis en tiempo real y decisiones basadas en datos. Esto no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también garantiza una mayor consistencia en la calidad de las lechugas producidas, contribuyendo al crecimiento sostenible de la hacienda. Herramientas necesarias para la automatización y digitalización.

2.2.3 Herramientas necesarias para la automatización y digitalización.

Se llevo a cabo la automatización y digitalización del sistema hidropónico en la hacienda 'La Hilda', fue imprescindible contar con herramientas tecnológicas que permitan supervisar, controlar y optimizar las condiciones necesarias para el cultivo de lechugas. Estas herramientas facilitan la transición de procesos manuales a sistemas automatizados, mejorando tanto la eficiencia como la productividad.

En primer lugar, los sensores juegan un papel clave en la recopilación de datos en tiempo real sobre las variables críticas del sistema. Los sensores de humedad del medio de cultivo son esenciales para garantizar que las raíces reciban la cantidad adecuada de agua, los sensores de temperatura y humedad ambiental permiten monitorear las condiciones del entorno, asegurando que las lechugas crezcan en un clima favorable. Además, los sensores de pH y conductividad eléctrica son imprescindibles para evaluar la calidad de la solución nutritiva, manteniendo niveles óptimos que favorezcan el desarrollo saludable de las plantas.

Otro componente esencial son los actuadores, que trabajan en conjunto con los sensores para realizar ajustes automáticos en el sistema. Estos incluyen bombas de agua para el riego, válvulas automáticas para la dosificación de nutrientes, y sistemas de ventilación y calefacción para regular la temperatura en el ambiente de cultivo. Juntos, los sensores y actuadores forman un circuito cerrado que permite un control preciso y continuo.

Por último, el sistema debe contar con una plataforma de gestión digital que centralice la información recopilada por los sensores y permita la visualización de datos históricos, generación de alertas y toma de decisiones en tiempo real. Estas plataformas pueden ser aplicaciones móviles o web que integren análisis de datos y herramientas de monitoreo remoto, optimizando la supervisión del sistema

hidropónico y asegurando la sostenibilidad del cultivo a largo plazo. Se construyó el prototipo del sistema hidropónico integrando materiales como tubos PVC, sensores de temperatura, humedad, pH, motores y módulos electrónicos para la automatización del cultivo

2.2.4 Sensor de humedad de suelo YL-69.

Es un sensor de humedad del suelo que se utiliza comúnmente con placas Arduino u otros microcontroladores para medir la humedad del suelo en aplicaciones de jardinería, agricultura y riego automatizado. No es un sensor de temperatura del suelo en sí, sino un sensor de humedad Santos et al. (2024) mencionan que dicho sensor es ideal para poder monitorear el nivel de humedad de las plantaciones muestra una salida analógica de 0 voltios para el suelo muy húmedo hasta 5 voltios para el suelo muy seco. A menudo se utiliza junto con un sensor de temperatura para obtener datos más completos sobre las condiciones del suelo.

2.2.5 Bomba de agua sumergible DC 3V.

En la actualidad existen grandes contaminaciones que expulsan los gases tóxicos de los motores de combustión. De tal forma que se considera el uso de los motores de corriente continua DC, estos motores están diseñados para convertir de energía eléctrica a energía mecánica, todo esto da a lugar lo que ocurre mediante magnetismo que concurre entre dos polos que son las regiones donde se centran las líneas de fuerza de los imanes, el mismo que realiza el funcionamiento entre la fuerza de atracción y repulsión que preexiste entre los polos, Angulo et al. (2024) indica que los motores DC son actuadores eléctricos que están formados principalmente por un rotor o armadura, de tal forma que el uso de los actuadores tiene una facilidad de examinar la velocidad a la que giran los rotores del aspa y dar fuerza de succión o expulsión del agua.

El uso de motores de corriente continua (DC) como actuadores en sistemas hidropónicos permite un control preciso de la velocidad y fuerza de bombeo, facilitando la regulación del flujo de agua y mejorando la eficiencia en el monitoreo y control de variables ambientales y su capacidad de respuesta rápida y bajo consumo energético contribuyen al sistema ya que esto nos permitirá integrar

sensores y controladores para automatizar procesos y optimizar las condiciones de cultivo.

2.2.6 Jumpers.

Los jumpers son cables con conectores macho en ambos extremos que se utilizan para conectar distintos componentes de un circuito electrónico, como es el caso de los microcontroladores como el Arduino. Estos cables se utilizan para establecer conexiones temporales entre los pines del microcontrolador y otros componentes del circuito, como sensores, actuadores, módulos de comunicación, Inacio et al. (2024) mencionan que los jumpers vienen en diferentes longitudes y colores, lo que los hace útiles para organizar y simplificar la conexión de los componentes del circuito. Generalmente, los jumpers tienen una sección central aislada que protege los contactos y evita cortocircuitos ya que su flexibilidad y facilidad de conexión permiten realizar modificaciones rápidas en el prototipado. Estos cables son esenciales en proyectos que requieren cambios frecuentes en el diseño del circuito."

Existen diferentes tipos de jumpers, como los jumpers hembra-hembra, hembra-macho y macho-macho. Los jumpers hembra-hembra son los más comunes y se utilizan para conectar pines hembra a otros pines hembra. Los jumpers hembra-macho se utilizan para conectar pines hembra a pines macho, mientras que los jumpers macho-macho se utilizan para conectar pines macho a otros pines macho.

2.2.7 Arduino IDE.

Es un entorno de programación gratuito y de código abierto diseñado específicamente para programar dispositivos basados en Arduino. Es una aplicación de software que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para escribir, compilar y cargar programas en la placa Arduino Hasibuan et al. (2021). Una vez descargado el software permite conectar diferentes tarjetas como: Arduino Uno, Nano, Mega, entre otros, además el software facilita programar el controlador que se utilizó en el proyecto propuesto.

El IDE de Arduino incluye un editor de texto enriquecido que permite escribir código de manera sencilla y cómoda, así como una amplia biblioteca de funciones y librerías para facilitar la programación de la placa Arduino, Además, el IDE de Arduino ofrece un conjunto de herramientas de

depuración y monitoreo en tiempo real para ayudar en el desarrollo y depuración de programas. (Peña, 2020, p. 7)

El uso del IDE de Arduino facilitara la programación y depuración de la placa de control en un sistema hidropónico, permitiendo integrar de forma eficiente sensores y actuadores para el monitoreo de variables ambientales ya que sus herramientas de monitoreo en tiempo real nos permitirán una comunicación efectiva con la aplicación que se desarrollara en Android Studio, optimizando la gestión y supervisión del cultivo desde dispositivos móviles.

2.2.8 Arduino Uno.

La placa Arduino incluye una serie de pines de entrada y salida que se pueden utilizar para conectar diferentes sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos. Estos pines se pueden programar para realizar tareas específicas, como leer entradas de sensores o controlar la salida de actuadores, Suang-Min et al. (2021) establece que la plataforma Arduino es muy popular entre los entusiastas de la electrónica, los artistas y los makers, ya que permite el desarrollo de proyectos electrónicos de manera sencilla y accesible, incluso para aquellos que no tienen experiencia previa en programación o electrónica. Arduino se utiliza en una amplia variedad de proyectos, desde proyectos educativos y de arte hasta proyectos de robótica y automatización del hogar.

Existe diferentes placas de Arduino entre los más comunes son: el Mega 2560, Nano y Uno R3 cada uno cuenta con un procesador diferente donde se utiliza según la magnitud del proyecto. Estos controladores pasan a ser el corazón del proyecto ya que básicamente es un ordenador programable y se ejecuta a través de los circuitos e interfaces según las líneas de código que se de en la programación es por ello que para el actual proyecto se utilizó el Arduino UNO, el mismo que cuenta con una variedad de pines que permite realizar la conexión. (Hakimi y Jamil, 2020, p. 9)

La elección del Arduino UNO como placa de control para el sistema hidropónico ofrece la cantidad de pines y la capacidad de procesamiento necesaria para integrar sensores y actuadores, permitiendo el monitoreo preciso de variables ambientales ya que su compatibilidad con la programación y comunicación mediante Android Studio facilita la recolección y visualización de datos en tiempo real desde dispositivos móviles, optimizando la gestión del cultivo.

2.2.9 Conductividad eléctrica

Este es un parámetro fundamental el saber la conductividad eléctrica de nuestro prototipo porque nos indica la concentración de sales disueltas refiriéndose a la solución nutritiva de las plantas y los nutrientes adquiridos por ellas influyendo directamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

Eguie et al. (2025) exponen que un desequilibrio en la concentración de sales minerales, ya sea por exceso o por falta de nutrientes, tiene un efecto perjudicial, se manifiesta en la Conductividad Eléctrica (CE), y su seguimiento posibilita el control del suministro de nutrientes debemos garantizar un balance nutricional ideal en las cosechas producidas en condiciones de invernadero, asegurándose de que esté al alcance de los productores medianos y pequeños.

El sensor de conductividad eléctrica nos brindó el monitoreo el cual nos permite mantener un equilibrio de la solución nutritiva ya que los nutrientes se absorben por los la CE nos ayuda a detectar el momento justo para ajustar o renovar la solución para evitar desbalances con el uso eficiente del agua y fertilizantes y así evitar desperdicios.

2.2.10 Sensor de PH.

El sensor de ph se utilizó para la detección de acidez y alcalinidad de los datos del sistema hidropónico los datos se visualizan mediante una app móvil la cual mostrara las variables ambientales que presente el prototipo.

El PH-4502C es un sensor de pH incorpora electrodos E201-BNC lo que hace es emitir una salida analógica con los resultados de las mediciones el cual también incluye un potenciómetro incorporado que se puede ajustar para distintas necesidades. (Amazon, 2025)

2.2.11 Diagramas UML.

Siempre será importante establecer un modelo correcto de los datos, ya que de esta forma se verá plasmado como está compuesta la arquitectura de un sistema, para lo cual existen varias herramientas de diagramas para establecer la conexión entre los módulos Diaz et al. (2022) exponen varios modelos que permiten determinan el uso de diagramas que permiten describir la estructura de los datos y los componentes que son necesarios para su desarrollo. Estos diagramas representan la estructura y características que obtendrá el software los componentes y la relación que tendrá entre ellos son necesarios para su desarrollo.

Lucidchart (2023) es una página web en la cual se puede usar diagramas UML donde podemos realizar las relaciones, jerarquías y tablas para la implementación de nuestros sistemas de software la cual nos ayuda a realizar los diagramas para la realización del proyecto.

La utilización de diagramas UML para diseñar la estructura del sistema hidropónico permitirá una representación clara de los datos, componentes y relaciones necesarias para el desarrollo del software de monitoreo ya que las herramientas como Lucidchart facilitaran la creación de estos diagramas, optimizando la planificación e implementación de la aplicación en Android Studio para el control de variables ambientales.

Los UML, lenguaje unificado de modelación, es una herramienta gráfica destinada al modelado de procesos, se basa en la orientación a objetos y se ha convertido en la actualidad en un lenguaje de modelación muy extendido. Gracias a su riqueza semántica que permite realizar varios aspectos técnicos necesarios para la modelación de arquitecturas en un sistema, esta es considerada como una herramienta de gran aporte en cuanto al modelado de procesos Debrauwer y Van der Heyde (2016) establecen que los profesionales informáticos han utilizado esta herramienta para explicar de manera general o detallada la forma como está estructurado un sistema, lo que permite un conocimiento más exacto de la estructura del mismo.

El uso de herramientas de modelado para representar la estructura del sistema hidropónico facilitara el desarrollo del sistema para comprender y diseñar de manera precisa la integración de sensores y dispositivos para el monitoreo de variables ambientales ya que esto asegurara una implementación más eficiente y un control optimizado dentro de la aplicación desarrollada en Android Studio.

2.2.12 Android Studio.

Android Studio es una herramienta esencial para el desarrollo del proyecto con una gran cantidad de funcionalidades y librerías.

La plataforma ANDROID y se aplica la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles. La aplicación ha sido puesta en evaluación, para garantizar que los datos calculados sean lo más próximos a lo real y de esta manera informar a los usuarios. Para el desarrollo de la aplicación móvil se ha utilizado herramientas de programación de alto nivel, de última generación, tipo Android Studio, el cual nos provee de simuladores de móviles. (Taipe Huaman, 2023, p. 14)

Android Studio es un entorno que nos posibilita la creación de la aplicación Android para saber las variables que presente el prototipo ya que proporcionara utilidades como el emulador de dispositivos virtuales, que simplificara la evaluación del desempeño y la operativa directamente desde la PC. La programación se lleva a cabo principalmente en el lenguaje Java. Asimismo, cuenta con el Layout Editor, una herramienta visual que facilita el diseño intuitivo de la interfaz de usuario de la aplicación para el proyecto.

2.2.13 Lenguaje de programación.

Los lenguajes de programación se han desarrollado como una herramienta básica para crear nuevos sistemas de datos de gran utilidad para las organizaciones. Es por ello, que los lenguajes ofrecen servicios que permiten crear nuevas aplicaciones, lo cual es beneficioso para la empresa. Cordero (2022) menciona que la popularidad de la programación funcional ha crecido en los últimos años debido a sus principales ventajas a la hora de construir software: reducción de errores, manejo eficiente de datos en entornos concurrentes que deben escalar y un gran respaldo teórico. Los lenguajes de programación presentan grandes ventajas en la actualidad lo cual ha permitido realizar diferentes proyectos, cómo se presenta en este caso la creación del prototipo de sistema hidropónico y control de temperatura que mediante los lenguajes de programación se realizó la codificación del mismo y la aplicación para el control del sistema.

2.2.14 Firebase .

Se utilizo Firebase como base de datos debido a que proporciona diferentes servicios y funciones que facilitan el desarrollo y funcionamiento de la aplicación. Es una plataforma ampliamente conocida y utilizada por los desarrolladores, ya que permite almacenar y gestionar información en la nube, además de ofrecer herramientas que facilitan la integración de los datos con las aplicaciones.

Madaminov y Allaberganova (2023) indican que Firebase es una plataforma de desarrollo de aplicaciones proporcionada por Google que incluye servicios de bases de datos en la nube, como Cloud Firestore y Realtime Database ya que a diferencia de los sistemas tradicionales de gestión de bases de datos, Firebase permite que la aplicación se conecte directamente con los servicios de

almacenamiento mediante los recursos proporcionados por su plataforma, facilitando la sincronización y actualización de la información en tiempo real.

Firestore proporciona servicios de almacenamiento de datos en la nube que pueden ser utilizados directamente desde la aplicación, evitando la necesidad de administrar un servidor de base de datos propio también nos permite realizar operaciones para agregar, consultar, actualizar y eliminar información, facilitando la gestión de los datos de la aplicación por estas características, Firestore es una alternativa ampliamente utilizada en el desarrollo de aplicaciones web y móviles, especialmente cuando se requiere una base de datos accesible, escalable y con sincronización de información comúnmente para las aplicaciones Android.

2.2.15 Mecanismos de recolección de datos en aplicaciones móviles.

El desarrollo de aplicaciones móviles facilita no solo la interacción con los usuarios, sino también la recolección eficiente de datos Herguera (2023) expone que la recolección de datos en aplicaciones móviles es un proceso esencial para comprender el comportamiento y las preferencias de los usuarios ya que existen diversas metodologías que permiten obtener información relevante, siendo las encuestas y formularios una de las más comunes. Estas herramientas pueden ser implementadas de forma interactiva dentro de la aplicación, facilitando la recopilación de datos sobre la satisfacción del cliente, las características deseadas de los productos y las experiencias de uso. La simplicidad y el diseño atractivo de estos formularios son cruciales para fomentar la participación del usuario y asegurar la calidad de los datos recopilados.

Otra técnica efectiva es el uso de análisis de comportamiento, que permite rastrear cómo los usuarios interactúan con la aplicación ya que, a través de herramientas de análisis de datos, se puede obtener información sobre las secciones más visitadas, el tiempo de permanencia en cada página y los patrones de navegación. Esta información es invaluable, ya que ayuda a identificar qué funcionalidades son más apreciadas y los cuales podrán requerir mejoras. Además, el análisis del comportamiento del usuario permite a los desarrolladores ajustar la interfaz y la experiencia del usuario en función de sus interacciones, creando un entorno más intuitivo y atractivo.

Las notificaciones push también son un mecanismo útil para la recolección de datos. Al enviar mensajes directos a los usuarios, las aplicaciones pueden animar a los clientes a participar en encuestas o compartir comentarios sobre su experiencia reciente. Sola y Ortiz (2021) argumentan que este enfoque permite la recolección de datos en tiempo real, lo que es especialmente valioso para identificar problemas de manera proactiva. Las notificaciones pueden ser personalizadas según el comportamiento anterior del usuario, aumentando así la probabilidad de respuesta y el engagement.

El análisis de comportamiento, el uso de técnicas de minería de datos puede proporcionar una comprensión más profunda de las tendencias y patrones en los datos recopilados. Esta metodología permite extraer información útil de grandes volúmenes de datos, facilitando la identificación de segmentos de mercado específicos y comportamientos de compra. Al aplicar algoritmos de aprendizaje automático, las aplicaciones pueden predecir futuras preferencias y comportamientos, lo que contribuye a la personalización de la oferta de productos y a la optimización de las estrategias de marketing.

Por último, se considero la seguridad y la privacidad al implementar mecanismos de recolección de datos. Lugo (2023) indica que la transparencia en el uso de datos y la obtención del consentimiento del usuario son esenciales para construir una relación de confianza. Las aplicaciones deben proporcionar políticas claras sobre cómo se utilizan los datos recopilados y garantizar que se implementen medidas adecuadas de seguridad para proteger la información sensible. Al priorizar la privacidad del usuario, las aplicaciones no solo cumplen con las regulaciones, sino que también fortalecen la lealtad y la satisfacción del cliente.

La implementación del sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales a través de una aplicación móvil debe garantizar la transparencia en el uso de los datos y obtener el consentimiento informado del usuario para asegurar la protección de la información sensible, fomenta la confianza del usuario y cumple con las normativas de privacidad, fortaleciendo la aceptación y el uso continuo del sistema.

Se realiza procesos de planificación contando con un servicio que resuelva las órdenes del trabajo donde se registraran en la base de datos luego se realizó su respectiva cotización del servicio usando un apartado que va destinado al presupuesto Echeverria et al. (2023) mencionan que, para la obtención de datos en un estudio, es esencial utilizar métodos que garanticen información precisa y pertinente. Una de estas opciones es la encuesta, que actúa como un recurso eficaz para recopilar información a través de cuestionarios con preguntas cerradas, lo que simplifica la organización y análisis de los datos.

De igual manera, la observación directa nos permite documentar de manera minuciosa los eventos o fenómenos en su entorno natural, ofreciendo una perspectiva objetiva de la realidad estudiada. Por último, la entrevista se consideró un intercambio comunicativo en el que se recogen, a través de la conversación entre el entrevistador y el entrevistado, opiniones, vivencias o conocimientos concretos que aportan valor al análisis ya que estas metodologías, utilizadas de manera adicional, refuerzan la credibilidad de los hallazgos y brindan una visión más integral del tema investigado.

2.3 Marco legal

El uso de software libre para el desarrollo de sistemas web en Ecuador

En lo relacionado al código Orgánico de Economía Social del Conocimientos, Creatividad e Innovación de la República del Ecuador busca introducir al tema del software libre como derecho de autor indicando que:

Art. 133.- Titulares de derechos. - Es titular de los derechos sobre un software el productor, esto es, la persona natural o jurídica que toma la iniciativa y responsabilidad de la realización de la obra. Se presumirá titular, salvo prueba en contrario, a la persona cuyo nombre conste en la obra o sus copias de la forma usual. (Asamblea Nacional de Ecuador, 2016, p. 29)

En el código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación que reemplaza a la anterior ley de propiedad intelectual, en sus disposiciones especiales sobre ciertas obras del software y base de datos determina, que el software se protege como una obra literaria y que dicha protección le otorga independencia, además el propietario del software podrá realizar adaptaciones necesarias a sus programas de acuerdo a sus necesidades ya que es un derecho que lo asiste en esta ley

Ley orgánica

También hacemos referencia a la ley orgánica de discapacidades a la sección sexta artículo 47 donde abarca las igualdades, oportunidades y respectivas sanciones que tienen los individuos que sufran de alguna discapacidad.

Art. 47.- La presente Ley tiene por objeto asegurar la prevención, detección oportuna, habilitación y rehabilitación de la discapacidad y garantizar la plena vigencia, difusión y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, establecidos en la Constitución de la República, los tratados e instrumentos internacionales; así como, aquellos que se derivaren de leyes conexas, con enfoque de género, generacional e intercultural. (Asamblea Constituyente del Ecuador, p. 43)

El Estado garantiza a toda persona que sufra de algún tipo de discapacidad leve o de alta complejidad el derecho a la atención especializada y la inclusión en todos los niveles, de manera oportuna y preferente.

En el contexto del desarrollo de un sistema de una aplicación, es fundamental adherirse a las disposiciones establecidas en la ley orgánica pertinente, que regula el uso de datos personales y las tecnologías de la información. Esta ley protege la privacidad de los datos agrícolas, y personales involucrados, asegurando que la información recopilada, procesada y almacenada en el sistema sea gestionada de manera ética y legal.

Según los artículos de la Constitución del Ecuador, Capítulo Segundo, en la Sección sexta, indica:

Art. 411.- El Estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano son prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 7).

La Ley de Propiedad Intelectual (2014) menciona que:

Art. 8.- La protección del derecho de autor recae sobre todas las obras del ingenio, en el ámbito literario o artístico, cualquiera que sea su género, forma de expresión, mérito o finalidad. Los derechos reconocidos por el presente Título son independientes de la propiedad del objeto material en el cual está

incorporada la obra y su goce o ejercicio no están supeditados al requisito del registro o al cumplimiento de cualquier otra formalidad.

- Libros, folletos, impresos, epistolarios, artículos, novelas, cuentos, poemas, crónicas, críticas, ensayos, misivas, guiones para teatro, cinematografía, televisión, conferencias, discursos, lecciones, sermones, alegatos en derecho, memorias y otras obras de similar naturaleza, expresadas en cualquier forma;
- Programas de ordenador; y,
- Adaptaciones, traducciones, arreglos, revisiones, actualizaciones y anotaciones; compendios, resúmenes y extractos; y, otras transformaciones de una obra, realizadas con expresa autorización de los autores de las obras originales, y sin perjuicio de sus derechos. (p.5)

En base a este artículo se da a conocer por ley que toda persona natural tiene el derecho de proteger cualquier tipo de obra de ingenio, sin la autorización del autor por cualquier persona o entidad entre otros.

Art. 5.- El derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión. Se protegen todas las obras, interpretaciones, ejecuciones, producciones o emisión radiofónica cualquiera sea el país de origen de la obra, la nacionalidad o el domicilio del autor o titular. Esta protección también se reconoce cualquiera que sea el lugar de publicación o divulgación. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 2)

Esta ley indica el derecho que tiene el Autor al momento de realizar y publicar algo hecho por él. El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro protección también se reconoce cualquiera que sea el lugar de publicación o divulgación.

Principio de adecuación tecnológica: Garantiza que las administraciones elegirán las tecnologías más adecuadas para satisfacer sus necesidades, por lo que se recomienda el uso de estándares abiertos y de software libre debido a la seguridad, sostenibilidad a largo plazo y la socialización del conocimiento. Dentro de este plan se formulan 12 principios que precautelan el derecho de los ciudadanos a relacionarse con el estado electrónicamente, entre uno de ellos está el principio 7 de aplicación tecnológica, que recomienda el uso de estándares abierto y de software libre en razón de la seguridad.

Art. 385, numeral uno, en Ecuador hace referencia al Sistema Nacional de Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, una de las finalidades es. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos, este artículo tiene relación el uso de Software libre en el Ecuador, que permite

libertad a los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software y difundir conocimientos bajo los principios de Software libre.

Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales. (Asamblea Constituyente del Ecuador, p. 174)

El estado ecuatoriano aplica todos los recursos que sean necesarios para el crecimiento tecnológico e innovación, entre otros más; y un porcentaje de los recursos son para poder financiar a los proyectos.

Art. 4.- Derechos del consumidor. Derecho a la información adecuada, veraz, clara, oportuna y completa sobre los bienes y servicios ofrecidos en el mercado, así como sus precios, características, calidad, condiciones de contratación y demás aspectos relevantes de los mismos, incluyendo los riesgos que pudieren presentar. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de Información, 2016-2021, p. 36)

Tiene como propósito democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y de tecnologías de información y comunicación (TIC), y a su vez alcanzar la profundización, su uso y acceso universal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La investigación actual utiliza un enfoque cualitativo, dado que se enfoca en entender y analizar las percepciones, experiencias y opiniones del personal que trabaja en la hacienda "La Hilda", lo que beneficia directamente a quienes se dedican al cultivo y manejo de lechugas. En la actualidad, estas tareas se llevan a cabo con métodos tradicionales que requieren un control manual constante de las variables ambientales, lo que significa una carga operativa significativa. En este marco, el desarrollo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales tiene como objetivo mejorar estos procesos. Este enfoque cualitativo permite investigar a fondo cómo los trabajadores ven la utilidad, la facilidad de uso, el impacto en la productividad y la aceptación del prototipo en el entorno agrícola. Mediante entrevistas, observaciones directas y un análisis interpretativo, se busca obtener una comprensión completa del fenómeno desde una perspectiva tanto contextual como subjetiva.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

3.1.1.1. Investigación Aplicada.

Este trabajo se sitúa en el ámbito de la investigación práctica, dado que tiene como fin abordar un problema concreto aprovechando saberes científicos y tecnológicos. La instauración de un sistema hidropónico que controle las variables ambientales tiene como meta aumentar la eficacia en la producción de lechuga en la Hacienda La Hilda, mediante el desarrollo y montaje de un prototipo operativo, se utilizan conocimientos de electrónica, programación y agricultura avanzada para crear una solución efectiva que mejore la utilización de recursos como el agua y los nutrientes, mientras se logra obtener datos precisos sobre el entorno de cultivo.

3.1.1.2. Investigación Descriptiva.

En este estudio se utiliza un método descriptivo, dado que el objetivo es detallar cómo opera el sistema de hidroponía y las condiciones ambientales donde se cultiva lechuga se abordaron aspectos como la temperatura, la humedad, el pH, la conductividad eléctrica y el nivel de agua junto con su impacto en el desarrollo de la planta. Este tipo de análisis posibilita reconocer patrones y conductas del

cultivo en un ambiente controlado, lo que proporciona fundamentos para optimizaciones futuras y decisiones agrícolas más fundamentadas.

3.1.1.3. Investigación Documental.

Se llevó a cabo una búsqueda de información documental centrada en la recopilación de artículos de investigación, documentos técnicos, revistas especializadas y fuentes académicas que tratan sobre sistemas hidropónicos, la vigilancia de variables ambientales, la automatización en la agricultura y la agricultura de precisión. Esta información facilitó la comprensión de las metodologías empleadas en estudios anteriores, así como la comparación de diferentes enfoques y soluciones tecnológicas utilizadas en contextos similares. Todo esto proporcionó una base para el diseño, la implementación y la optimización del prototipo del sistema hidropónico ajustado a las condiciones de la hacienda "La Hilda".

3.1.1.4 Diseño de investigación

El enfoque adoptado para esta investigación es un diseño no experimental, dado que las variables no se alteran de manera directa, sino que se examinan tal como ocurren en su entorno natural. En este estudio, la meta es evaluar cómo rinde el sistema hidropónico con el seguimiento de las variables ambientales en situaciones de campo reales, en particular, en la producción de lechuga en la hacienda "La Hilda", sin modificar ni interferir en factores externos como el clima o las condiciones agrícolas del lugar. Por lo tanto, un diseño no experimental de tipo transversal es el más apropiado, ya que facilita la recolección de información en un instante específico y permite observar el funcionamiento del sistema en relación a su entorno sin llevar a cabo cambios deliberados.

3.2 Metodología en Prototipado

El uso de prototipos con lógica programable facilita la creación de soluciones tecnológicas que se ajustan a las necesidades del sector agrícola, mediante herramientas avanzadas que mejoran tanto el diseño como la operatividad del sistema. García y Helle (2024) indican un método para la construcción en el ámbito del prototipado análogo-digital, lógica programable, describiendo la utilización de herramientas sofisticadas y la construcción paulatina de módulos que después se ensamblan mediante un enfoque que va desde la construcción de módulos hasta

su incorporación en un sistema automatizado, se pueden crear soluciones para el control y seguimiento de variables ambientales en sistemas hidropónicos. En este sentido, la instalación de un sistema hidropónico automático en la Hacienda "La Hilda" se presenta como una opción eficaz, precisa y adaptable a las condiciones del entorno local, optimizando el uso del agua y favoreciendo el crecimiento de cultivos como la lechuga.

Por esta razón, se adopta la metodología de prototipado, ya que este método está relacionado con un proceso de evolución continua del sistema, donde se representan características del producto final ya que esta metodología permite anticipar las propiedades del prototipo, abarcando aspectos cruciales como el control automático de temperatura, humedad, pH y nutrientes, así como su interfaz de usuario. Esto facilita su análisis, validación en el terreno y posterior mejora, ofreciendo una solución tecnológica que promueve la producción agrícola, también la técnica de prototipado facilita el desarrollo, la prueba y la modificación de soluciones tecnológicas de forma gradual, adaptándose a las necesidades particulares del sector agrícola. En el caso del sistema hidropónico con seguimiento de variables ambientales en la Hacienda "La Hilda", fue esencial tener un enfoque que permita la creación de un modelo funcional inicial que pueda ser evaluado en condiciones reales de cultivo.

El prototipado permitió observar desde el principio cómo funciona el sistema, descubrir errores o limitaciones y hacer mejoras antes de su implementación final ya que esta técnica resulta especialmente efectiva cuando se utiliza con tecnologías programables y sistemas integrados, ya que posibilita una validación práctica y gradual de cada elemento del sistema: sensores de temperatura, humedad, pH, controladores de riego y nutrientes, entre otros.

3.2.1 Planificación

La planificación y evaluación de cómo se va a llevar a cabo el sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales, considerando las necesidades específicas de la hacienda "La Hilda" y las condiciones requeridas para la producción óptima de lechugas. En esta fase se llevó a cabo:

- La identificación de los requerimientos técnicos y funcionales del sistema hidropónico.

- La selección de los componentes necesarios para la construcción del prototipo, considerando hardware, software y recursos mecánicos.
- El diseño conceptual del sistema, detallando la estructura del cultivo, la ubicación de los sensores, y el flujo de datos para el monitoreo de variables ambientales.

3.2.2 Diseño

Se realizó el diseño y desarrollo del sistema, lo cual implicó la selección de materiales y componentes tecnológicos, como sensores para la recolección de datos ambientales y un sistema de control automatizado por ende se diseñó los módulos hidropónicos adecuados para la producción de lechugas, asegurando que cumplan con los estándares de eficiencia y sostenibilidad por que en esta fase se llevó a cabo la construcción del prototipo, que incluirá las siguientes actividades:

- Ensamblaje del sistema hidropónico utilizando los recursos mecánicos y tecnológicos seleccionados, como la estructura con tubos de PVC para el prototipo.
- Instalación y configuración de los sensores de monitoreo (temperatura, pH, humedad, entre otros) conectados al hardware.
- Desarrollo del sistema de control y monitoreo, que incluirá la programación en Arduino IDE y la integración con la plataforma de visualización de datos desarrollada en Android Studio.

3.1.2.1 Diagrama de Contexto.

Para comprender de manera general cómo interactúa el sistema con su entorno, se diseñó un diagrama de contexto que ilustra las relaciones clave entre sistema hidropónico, los usuarios del sistema, los componentes eléctricos y otros componentes externos. Este diagrama facilitó la visualización del flujo de información entre los elementos involucrados, como los datos recopilados desde el campo y su posterior procesamiento, mostrando claramente las entradas y salidas del sistema funcional.

3.1.2.2 Diagrama UML.

Se implemento diagramas UML con la finalidad de organizar el funcionamiento del sistema hidropónico por ello se emplearon diagramas de casos de uso, de clases y de secuencias, que especifican las actividades fundamentales del sistema, como la recopilación de datos del entorno, el análisis de la información recogida por los sensores y el manejo automatizado de los parámetros para el cultivo de lechugas, estos diagramas ayudan a ilustrar la lógica del sistema y las interacciones entre sus elementos de hardware y software.

3.1.2.4 Diagrama Electrónico.

Este esquema tiene como objetivo ilustrar la forma en que se distribuye y vincula la energía dentro del sistema, el cual especifica los componentes encargados de suministrar energía a las diversas partes del sistema hidropónico, incluyendo las fuentes de energía, controladores de voltaje, microprocesadores, sensores del entorno y dispositivos de acción como bombas o ventiladores. De esta forma, se garantizó un diseño eléctrico seguro y operativo, capaz de funcionar de manera continua y eficaz, asegurando la supervisión instantánea de las variables del entorno y el funcionamiento automatizado del riego y otros subsistemas.

3.1.2.5 Diagrama de Arquitectura.

Con este diagrama se representó la organización interna del sistema, abordando tanto su estructura física como lógica, también se describió los distintos módulos que lo conforman, como el sistema de riego automatizado, la unidad de adquisición de datos ambientales, el módulo de procesamiento de información y el sistema de interfaz con el usuario. Este diagrama permitió entender cómo interactúan los diferentes elementos del sistema de manera integrada para cumplir su propósito de mantener condiciones óptimas para el cultivo hidropónico de forma eficiente.

3.2.3 Desarrollo y prueba del sistema

Se realizo la implantación y prueba del sistema en la hacienda, se instaló los módulos hidropónicos y los dispositivos de monitoreo ambiental, y se configuro los sistemas de recolección y análisis de datos ya que se llevó a cabo pruebas piloto para ajustar los parámetros y garantizar el funcionamiento óptimo del sistema. Pruebas y evaluación del sistema en esta se realiza lo siguiente:

- Realizar pruebas funcionales del prototipo para validar el correcto funcionamiento del sistema hidropónico y la recolección de datos ambientales.
- Ajustar parámetros y optimizar la calibración de los sensores para garantizar mediciones precisas.
- Evaluar la eficiencia del sistema en términos de producción, calidad de la lechuga, y uso de recursos en comparación con métodos convencionales.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos.

3.2.5.1.1. Recursos humanos.

Estudiantes: Portocarrero Villamar Ulvio Ricardo; Miranda Llor Marcos Antonio

Docente guía: Ing. Oscar Bermeo Almeida Msc.

Dueño: Flor Villamar

3.2.5.1.2. Recursos bibliográficos.

Libros especializados en hidroponía y monitoreo ambiental.

Artículos científicos relacionados aplicados a la agricultura.

Manuales técnicos de los sensores y componentes utilizados en el sistema.

- Google académico
- Repositorio SciELO
- Revistas científicas
- Libros digitales
- Sitios web
- Documentos en PDF

3.2.5.1.3. Recursos tecnológicos.

Hardware

- ESP32 (Arduino Uno + Módulo WiFi ESP8266)
- Protoboard
- Sensor de temperatura y humedad DHT22
- Sensor de pH con sonda para líquidos
- Sensor de Conductividad Eléctrica (EC)

- Sensor de nivel de agua (ultrasónico o de flotador)
- Bomba de agua sumergible (12V o 5V)
- Módulo relé de 2 o 4 canales
- Pantalla LCD 16x2 con módulo I2C
- Fuente de alimentación 12V DC
- Jumpers, resistencias, cables Dupont
- Tubos PVC de 2" o 3"
- Conectores y codos PVC
- Contenedor o tanque para solución nutritiva
- Estructura PVC
- Canastillas para cultivo hidropónico (net pots)
- Sustrato inerte
- Mangueras para riego
- Temporizador
- Lámparas LED de crecimiento

Software

- Base de datos Firebase
- Android estudio
- Arduino IDE

3.2.5.1.4. Recursos mecánicos.

- Tubos de PCV
- Mangueras de plástico
- Depósito de Agua

3.2.5.1.5. Presupuesto del proyecto.

Tabla 1.
Costo de los materiales del proyecto.

N °	Ítem	Cantidad	Precio	Total
1	Tubos PCV	1	\$100,00	\$100,00
2	ESP32 (Arduino Uno + Módulo WiFi ESP8266)	1	\$13,99	\$13,99
3	Protoboard	3	\$2,59	\$7,77
4	Sensor de temperatura y humedad DHT22	2	\$8,00	\$16,00
5	Sensor de pH con sonda para líquidos	1	\$24,00	\$24,00
6	Sensor de Conductividad Eléctrica (EC)	1	\$23,00	\$23,00
7	Sensor de nivel de agua (ultrasónico o flotador)	1	\$15,60	\$15,60
8	Bomba de agua sumergible (12V o 5V)	1	\$7,90	\$3,50
9	Módulo relé de 2 o 4 canales	2	\$2,50	\$5,00
10	Pantalla LCD 16x2 con módulo I2C	1	\$7,25	\$7,25
11	Fuente de alimentación 12V DC	1	\$9,00	\$9,00
12	Jumpers, resistencias, cables Dupont	5	\$2,50	\$7,50
13	Solución Nutritiva Concentrada	1	\$2,50	\$2,50
14	Hidropónica 125 Litros			
14	Pack de mangueras	1	\$18,99	\$18,99
15	Lampara LED	1	\$7,99	\$7,99
16	Android Studio	1	\$0,00	\$0,00
17	Placa de pruebas	1	\$10,00	\$10,00
18	Caja de protección	1	\$5,00	\$5,00
19	Resistencias eléctricas tubulares	5	\$15,00	\$75,00
20	Cable USB	1	\$5,00	\$5,00
21	Cable con enchufe de corriente 110v	1	\$10,00	\$10,00
22	Base de datos Firebase	1	\$0,00	\$0,00
23	Arduino IDE	1	\$7,50	\$7,50
			Total	\$383.99

Nota. Costos de los materiales que se utilizaron en el proyecto
Elaborado por: Los Autores, 2025

3.2.5.2. Métodos y técnicas.

3.2.5.2.1. Método inductivo.

El enfoque inductivo consiste en extraer conclusiones generales basándose en observaciones concretas, moviéndose de casos específicos hacia principios más generales. Este enfoque es esencial tanto en el ámbito científico como en el proceso de aprendizaje humano, ya que facilita la formación de reglas, modelos o teorías a partir de ejemplos o experiencias particulares observadas Campi (2023) menciona que el enfoque inductivo es una estrategia de investigación que se basa en la evaluación de casos particulares para alcanzar generalizaciones. A diferencia del enfoque deductivo, que inicia con una premisa amplia y se prueba en ejemplos específicos, la inducción se centra en descubrir patrones, regularidades o principios generales a partir de datos concretos y observaciones directas. Este método es especialmente valioso en estudios donde el conocimiento existente es escaso o al tratar de entender fenómenos complejos a partir de la experiencia directa. Este enfoque permite que las conclusiones surjan de manera orgánica a partir de la información recopilada, lo cual facilita la formulación de teorías fundamentadas en evidencia concreta y contextual., Aprovechando el enfoque inductivo, se llevó a cabo las investigaciones para crear herramientas y recolectar la información necesaria, que fue clave para el desarrollo del sistema de cultivo hidropónico de lechuga.

3.2.5.2.2. Técnica de la observación.

En el presente proyecto para recopilar los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo y aplicativo móvil se utilizó la técnica denominada entrevista, que se la llevó a cabo al encargado de la finca “La Hilda” con el fin de recolectar toda la información indispensable y así conocer más a detalle sobre cómo se llevan a cabo el riego y temperatura, para de esta manera poder automatizarlo mediante la creación de un prototipo controlador, tal como se muestra en el

Anexo N° 2

3.2.5.2.3. Técnica de la entrevista.

Se realizó una entrevista al dueño de la finca, donde se elaboró preguntas que permitirán determinar las necesidades específicas para elaborar el sistema hidropónico tal y como se muestra en Anexo N° 4

3.2.5 Análisis estadístico

En el presente proyecto, no se llevó a cabo un análisis estadístico porque la investigación tuvo un enfoque cualitativo, además para obtener la información necesaria se utilizaron técnicas tales como la observación y la entrevista que fue realizada al dueño de la Finca con el fin de poder recopilar las necesidades y requerimientos específicos que tuvo el sistema Hidropónico.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los problemas de la finca La Hilda mediante observación y entrevista para la identificación de los requerimientos del prototipo y de la aplicación móvil.

Durante la entrevista realizada al responsable de la finca “La Hilda” se determinó que todas las actividades vinculadas al cultivo se desarrollan de manera totalmente manual, ya que el riego se efectúa mediante mangueras o regaderas dependiendo de las condiciones climáticas del día, lo cual evidencia que no existe un control específico sobre la frecuencia ni sobre la cantidad de agua aplicada además la siembra y el mantenimiento del cultivo se llevan a cabo utilizando únicamente herramientas básicas como palas, azadones y machetillos para la cosecha, por lo que no se dispone de maquinaria o equipos tecnológicos que automaticen o faciliten estas tareas, debido a que el control de los nutrientes ya que se realiza únicamente mediante la observación visual del estado de las plantas, lo que confirma que no se emplean instrumentos para medir parámetros como el pH o los niveles nutricionales. Asimismo, el monitoreo del cultivo se realiza diariamente durante aproximadamente una hora y el tiempo invertido depende de las condiciones climáticas; también se identificó que el ciclo de producción de la lechuga dura alrededor de 35 a 40 días, aunque puede variar si existen plagas o alteraciones climáticas.

En cuanto al manejo de información, la finca no registra datos sobre fechas de siembra, riego o fertilización, ya que todas las decisiones se basan en la experiencia del personal, por ende, no se generan informes ni se almacenan datos de manera sistemática, lo que implica que las decisiones relacionadas con el clima se toman únicamente mediante la observación visual. Sumado a esto, mediante la ficha de observación aplicada en el lugar se confirmó la ausencia de registros y de

control de información relevante, puesto que, aunque la finca dispone de aproximadamente cuatro hectáreas destinadas al cultivo, no se registra la frecuencia de las actividades ni el tiempo empleado en ellas y tampoco existe personal asignado específicamente al monitoreo del proceso productivo.

Por último, tanto la entrevista como la observación permiten concluir que la finca “La Hilda” gestiona el cultivo de manera empírica y sin herramientas tecnológicas para el monitoreo de variables ambientales o la sistematización de actividades y en consecuencia, se evidencia la necesidad de implementar un sistema hidropónico con sensores capaces de medir temperatura, humedad y pH, acompañado de una aplicación móvil para registrar información y facilitar la toma de decisiones, lo que permitirá optimizar los procesos, reducir errores y mejorar la productividad del cultivo.

4.2 Construcción del prototipo del sistema hidropónico mediante la integración de tubos PVC, sensores de temperatura, humedad y pH, motores y módulos electrónicos para la automatización del cultivo.

Indicar en orden lógico los resultados de la ejecución del segundo objetivo específico. Utilizar tablas y figuras de acuerdo al formato indicado en esta guía.

Una vez identificados los requerimientos a partir de la entrevista y de la ficha de observación realizada en la finca “La Hilda”, se procedió a seleccionar los materiales y componentes electrónicos necesarios para la construcción del prototipo del sistema hidropónico entre dichos componentes se encuentran tubos PVC para la estructura del sistema, sensores de temperatura, humedad y pH para el monitoreo de las variables ambientales, así como motores y módulos electrónicos que permiten la automatización del flujo de agua y la interacción con la aplicación móvil ya que se investigaron las características técnicas de cada elemento en distintas fuentes con el propósito de verificar su compatibilidad, determinar el tipo de conexión requerido y asegurar un montaje funcional del prototipo.

Después se realizó la cotización de todos los materiales, permitiendo conocer el costo total del sistema, tal como se detalla en el presupuesto del proyecto del documento.

Luego, en la fase de diseño se elaboraron representaciones gráficas del prototipo utilizando herramientas como Tinkerc y draw.io, Como se observa en el

Anexo N° 5: Prototipo de forma gráfica con el fin de generar los diagramas UML y los esquemas necesarios que guiaran la construcción del sistema hidropónico.

En primera instancia, se diseñó el diagrama de contexto para visualizar la interacción general del sistema con el ambiente y los actores externos, tal como se observa en el Anexo N° 6: Diagrama de Contexto después se desarrolló la arquitectura de la propuesta tecnológica, donde se representa la comunicación entre los sensores, la placa controladora, los motores y la aplicación móvil, tal como se aprecia en el Anexo N° 7: Funcionamiento de componentes

Después se construyeron los diagramas UML para comprender el flujo de funcionamiento del sistema y sus procesos internos para realizar esto primero se elaboró el diagrama de flujo que representa el funcionamiento del prototipo desde el inicio del monitoreo hasta la activación del sistema de riego, tal como se evidencia en el Anexo N° 8: Diagrama de Flujo. A continuación, se diseñaron los casos de uso que describen las interacciones entre el usuario y las funcionalidades del prototipo y de la aplicación móvil, como se visualiza en el Anexo N° 9: Diagrama de Caso de Uso y finalmente se elaboró el diseño de la base de datos para almacenar la información registrada por los sensores, incorporando tablas para los datos del cultivo, variables del ambiente y reportes generados por la aplicación móvil, junto con los diccionarios de datos correspondientes.

4.3 Desarrollo de una aplicación móvil e integración de componentes electrónicos utilizando Android Studio y Firebase para la implementación de las funcionalidades del sistema.

La aplicación móvil fue desarrollada en Android Studio y se diseñó una interfaz sencilla y amigable para el usuario, que le permite observar las variables más importantes del sistema hidropónico en tiempo real. Gracias a la organización interna de la aplicación, se pudieron añadir funciones como monitoreo, alertas y registro de información, lo que posibilitó una navegación rápida y clara. Esto permitió acceder fácilmente a datos como el pH, la humedad relativa, la temperatura, la conductividad eléctrica y el nivel de agua. Así se logró una aplicación estable, ligera y funcional que incluso puede funcionar sin conexión constante a internet.

El uso de la base de datos Firebase en la aplicación permitió que los datos recolectados por los sensores se guardaran localmente, lo que asegura que la información esté disponible incluso cuando la conectividad es escasa, como sucede en "La Hilda"; así, los resultados indican que el sistema fue capaz de almacenar y recuperar sin problema datos históricos, lo cual ayudó a examinar las tendencias de las variables medioambientales y a tomar decisiones sobre cómo gestionar el cultivo. Todo esto ocurrió con un rendimiento apropiado de Firebase en relación con el volumen de datos producido por el prototipo.

Se logró la comunicación entre el módulo electrónico (que consiste en los sensores de temperatura, humedad, pH, EC y nivel de agua y el microcontrolador) y la app móvil a través de un módulo inalámbrico. Esto permitió que la transmisión de datos fuese constante y con una velocidad adecuada para conservar un monitoreo ininterrumpido del sistema hidropónico, asegurando que los valores reflejados en la aplicación coincidieran con precisión con los datos verdaderos obtenidos por los sensores.

La aplicación mostró los valores de las variables de manera precisa por medio de indicadores numéricos y gráficos, utilizando alertas automáticas cuando los valores superaban los límites apropiados para el cultivo de lechuga. Esto permitió que los usuarios respondieran oportunamente a cualquier alteración crítica, lo que evitó perjuicios en las plantas y optimizó la eficacia del sistema.

El modelo demostró un funcionamiento apropiado en condiciones reales, pues la aplicación reaccionó adecuadamente a las variaciones detectadas por los sensores y permitió un seguimiento permanente sin que fuera necesaria una supervisión presencial constante. Asimismo, evidenció que los datos guardados contribuyeron a gestionar de manera más exacta las variables del cultivo y proporcionaron estabilidad al sistema hidropónico durante las pruebas efectuadas de manera directa en la hacienda "La Hilda".

Los hallazgos muestran que al incorporar la aplicación móvil con los componentes electrónicos se logró un mejor control de los factores críticos en la producción de lechuga, lo cual permitió el acceso a datos en tiempo real y disminuyó riesgos mientras permitió tomar decisiones agronómicas más precisas. Por tanto, el prototipo creado se manifiesta como una herramienta a la que se puede acceder fácilmente, útil y flexible, capaz de optimizar la producción agrícola en contextos parecidos.

4.4 Ejecución de pruebas del funcionamiento del sistema mediante ensayos de campo en el cultivo hidropónico de lechuga para validar la efectividad en el monitoreo y control de las variables ambientales.

El modelo mostró un desempeño constante y efectivo en el seguimiento y control de las variables ambientales a lo largo de las pruebas de campo hechas en la plantación hidropónica de lechuga de la finca "La Hilda".

El sistema permaneció en funcionamiento a lo largo de todo el periodo de prueba, verificando así su confiabilidad y demostrando que ayuda a manejar el cultivo de lechuga de manera más precisa y eficaz.

Las pruebas confirmaron que el sistema pudo registrar de forma constante y estable los niveles de temperatura, humedad relativa, pH, conductividad eléctrica (EC) y volumen de agua.

La confiabilidad del módulo electrónico y su sincronización apropiada con la aplicación móvil se corroboraron durante las pruebas, ya que no hubo interrupciones en la recolección de datos.

Durante el período de evaluación del sistema hidropónico de raíz flotante, se realizó el monitoreo continuo del pH de la solución nutritiva, obteniéndose valores comprendidos entre 5,8 y 6,3, con un valor promedio de 6,0 obteniendo resultados positivos y se mantuvieron dentro del rango óptimo recomendado para el cultivo de lechuga, lo que permitió una adecuada disponibilidad de nutrientes y favoreció la absorción eficiente de macro y micronutrientes.

En relación con la conductividad eléctrica (CE), los valores registrados oscilaron entre 1,5 y 1,7 mS/cm, manteniéndose dentro del rango recomendado para sistemas hidropónicos de raíz flotante como es el caso de nuestro prototipo obteniendo estos resultados demostrando que la concentración de sales nutritivas fue adecuada para el desarrollo del cultivo, evitando tanto deficiencias nutricionales como efectos de estrés osmótico en las plantas.

Respecto al nivel de agua, el sistema presentó un comportamiento estable durante todo el período de evaluación, manteniendo un nivel constante de la solución nutritiva en el tanque de cultivo. Las variaciones observadas no superaron el ± 5 % del nivel inicial, garantizando el contacto permanente de las raíces con la solución nutritiva

En el apartado de la temperatura de la solución nutritiva se mantuvo dentro de un rango favorable para el cultivo, registrándose valores entre 20 y 22 °C ya que estas condiciones térmicas favorecieron la oxigenación de la solución nutritiva aplicada en el agua y el metabolismo radicular los cuales fueron aspectos fundamentales para el crecimiento uniforme y saludable de nuestra plantación de lechuga en el prototipo.

Nuestros resultados obtenidos demuestran que el prototipo de sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales permitió mantener condiciones físico-químicas adecuadas y estables durante el ciclo de cultivo, evidenciando su eficiencia técnica y viabilidad para la producción de lechuga en la hacienda “La Hilda”, conforme a los objetivos planteados en la investigación logrando el trabajo adecuado del sistema.

4. DISCUSIÓN

Los autores destacan la influencia de factores externos como la radiación lumínica mediante el uso de lámparas LED en fábricas de plantas. En contraste, el presente estudio se enfoca en el monitoreo y control de variables ambientales y de riego, evidenciando que la estabilidad de estas variables tiene un impacto significativo en el desempeño del sistema hidropónico. Esta diferencia metodológica no contradice los resultados de Duché et al. (2021) sino que complementa su investigación al demostrar que el control de variables básicas es determinante para el funcionamiento eficiente del sistema.

Ruiz et al. (2024) ellos realizaron una comparación del sistema hidropónico con un sistema acuapónico, indicando que este último presenta una menor producción, con 1,53 hojas por semana y un incremento de biomasa de 38,24 g por semana expresando una diferencia cuantitativa pone en evidencia la mayor eficiencia del sistema hidropónico tradicional, lo cual coincide con los resultados del presente trabajo, donde el manejo controlado de la solución nutritiva contribuye a un crecimiento uniforme del cultivo y a una mejor respuesta fisiológica de las plantas.

Los autores señalan que, si bien no se observaron diferencias significativas en la tasa de biomasa entre ambos sistemas, sí se identificaron diferencias estadísticas en la cantidad de hojas y en los niveles de nitratos en este aspecto se relaciona con los resultados obtenidos en el prototipo desarrollado, en el cual el monitoreo constante de la conductividad eléctrica y del pH permite regular la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo la absorción adecuada de nitratos y el desarrollo foliar del cultivo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo evidencian que la implementación de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad contribuye significativamente al control del cultivo hidropónico de lechuga, lo

cual coincide con lo expuesto por Niño (2023), el señala que muchos sistemas de riego tradicionales, con más de 20 años de uso, no garantizan una distribución eficiente del agua. En este contexto, el comportamiento observado en el prototipo desarrollado confirma que el uso de sensores permite mejorar la gestión del riego y optimizar el uso del recurso hídrico.

Niño (2023), plantea un diseño de una red de sensores que permita recolectar datos clave del estado del cultivo y activar el riego en función de condiciones monitoreadas, en lugar de basarse únicamente en tiempos fijos.

De manera similar, los resultados del presente estudio muestran que el monitoreo continuo de variables ambientales como temperatura y humedad permite una toma de decisiones más precisa, lo que se refleja en la estabilidad del sistema hidropónico y en un manejo más eficiente del riego durante las pruebas realizadas.

Pérez y Téllez (2020) ellos argumentan que los productos obtenidos mediante hidroponía están orientados a hoteles, restaurantes y hogares de niveles socioeconómicos medio y alto, lo que demuestra el valor comercial de estos cultivos. Con cardamos que el presente estudio confirma que la producción de lechuga mediante un sistema hidropónico tecnificado representa una alternativa viable para proyectos agrícolas orientados a mercados que demandan productos de alta calidad por el hecho de ser un proyecto factible económicamente, fortaleciendo la pertinencia del sistema propuesto en la investigación.

los autores señalan que el 22 % de los productores agrarios han recibido capacitación técnica, principalmente en asistencia técnica y asesoría empresarial, lo que genera un entorno favorable para la adopción de sistemas hidropónicos. En relación con ello, los resultados obtenidos en el prototipo desarrollado muestran que la correcta implementación de un sistema con control de variables ambientales y manejo del sistema requieren conocimientos técnicos básicos, lo que refuerza la importancia de la capacitación para garantizar el éxito de este tipo de proyectos agrícolas.

Los resultados del presente estudio demuestran que el sistema hidropónico implementado presenta una alta eficiencia en el uso del recurso hídrico, lo cual coincide con lo reportado por Bautista et al. (2024), quienes

evalúan la huella hídrica en el cultivo de lechuga bajo sistemas acuapónicos e hidropónicos en condiciones controladas de invernadero ya que dicho estudio indica el peso promedio de la lechuga cosechada en el sistema hidropónico alcanza 0.097 kg, superando al sistema acuapónico, que registra 0.056 kg, lo que evidencia una mayor eficiencia productiva del sistema hidropónico, resultado consistente con el rendimiento observado en el prototipo desarrollado en esta investigación.

En conjunto, los hallazgos de Bautista et al. (2024) respaldamos los resultados obtenidos en este trabajo, ya que ambos estudios confirman que la hidroponía constituye una alternativa sostenible y eficiente para la producción de lechuga, especialmente en contextos donde el uso racional del agua es un factor crítico. Esto refuerza la pertinencia del sistema hidropónico implementado en la presente investigación como una solución tecnológica aplicable a la agricultura sostenible en el Ecuador.

En Ecuador, específicamente en la península de Santa Elena, se desarrolló un proyecto orientado a los cultivos sin suelo como alternativa frente a las limitaciones de suelos marginales y la escasez hídrica que caracterizan a esta provincia.

Este estudio evaluó la viabilidad técnica y económica del cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema de raíz flotante, considerando las condiciones climáticas semiáridas de la región. Para ello, se utilizó el cultivar Crespa con solución nutritiva de Hoagland y Arnon, desarrollándose cuatro ciclos de producción en una infraestructura proyectada de 1.000 m², de los cuales 240 m² correspondieron al área productiva efectiva.

Destacamos lo expuesto por Pertierra y Quispe (2020), quienes evidenciaron resultados económicos y financieros indicando el costo unitario de producción de USD 0,49 por unidad, mientras que el precio de venta se estableció en USD 0,70, lo que permitió obtener márgenes de rentabilidad favorables. La inversión total del proyecto ascendió a USD 27.077,99, alcanzando un Valor Actual Neto (VAN) de USD 58.581,07, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 40% y un índice beneficio-costos de 1,26, indicadores que confirman la viabilidad económica del sistema hidropónico propuesto este modelo financiero contempló una proyección a cinco años, con un margen de

beneficio inicial del 30% que incrementa progresivamente, considerando la comercialización al por mayor con inventario semanal.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo de titulación, donde el sistema hidropónico demostró ser una alternativa eficiente para optimizar el uso de recursos hídricos y productivos en entornos con limitaciones agrícolas obteniendo alta rentabilidad económica por consecuencia también se evidencia que la hidroponía representa una solución sostenible y económicamente rentable para la producción de lechuga en zonas costeras del Ecuador, donde tradicionalmente este cultivo no se desarrolla bajo sistemas convencionales de suelo.

En relación con el estudio desarrollado por Basantes y Porras (2021), los resultados de este trabajo de titulación refuerzan la importancia de la automatización y el monitoreo continuo en sistemas hidropónicos como respuesta a las limitaciones del cultivo tradicional, especialmente en contextos urbanos y periurbanos del Ecuador ellos consideran que la agricultura aporta aproximadamente el 8,5% del Producto Interno Bruto nacional, la adopción de tecnologías eficientes resulta clave para garantizar la seguridad alimentaria y optimizar el uso del espacio y los recursos disponibles lo cual estamos completamente de acuerdo que en el Ecuador se adopten estos sistemas claves para la producción de cultivos.

Basantes y Porras (2021) demostraron que la implementación de un sistema hidropónico tipo EBB and Flow automatizado, apoyado en dispositivos electrónicos como Raspberry Pi y Arduino, permite un control preciso de variables ambientales y químicas, tales como temperatura, humedad, radiación UV y pH.

De manera similar, nuestro prototipo desarrollado en la presente investigación también integra sensores ambientales los cuales miden la solución nutritiva facilitan el monitoreo en tiempo real, lo que contribuye a mejorar las condiciones del cultivo de lechuga y a reducir la dependencia de prácticas empíricas propias de los métodos tradicionales al saber los datos precisos de nuestro cultivo como el nivel del agua, la temperatura, la conductividad eléctrica etc.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para satisfacer el objetivo específico de examinar las dificultades de la finca "La Hilda" a través de entrevistas y observación, se determinaron los requisitos técnicos y funcionales que se necesitan para crear el prototipo y la aplicación móvil. El diagnóstico permitió identificar las variables cruciales del cultivo de lechuga que necesitaban seguimiento y control, lo cual sentó una base técnica firme para la elaboración de la propuesta tecnológica.

Con el propósito de crear el prototipo del sistema hidropónico, se integraron módulos electrónicos, motores, sensores de pH, humedad y temperatura y tubos PVC. Esto permitió la automatización del cultivo. El sistema puesto en marcha mantuvo el pH dentro del rango ideal de 6 a 7,5 y reguló con eficacia variables como temperatura, humedad, pH, nivel de agua y sólidos disueltos totales. Así logró condiciones apropiadas para la asimilación de nutrientes vitales.

Se desarrolló una herramienta funcional que permitió la supervisión en tiempo real, el almacenamiento histórico de datos y la administración eficaz de la información producida por el sistema, con respecto a la meta de desarrollar una aplicación móvil usando Android Studio y Firebase como base de datos. La aplicación y los componentes electrónicos se integraron para garantizar un control constante de las variables ambientales y para simplificar la toma de decisiones fundamentadas en datos.

Con el fin de llevar a cabo pruebas operativas por medio de ensayos de campo, se verificó que el sistema es efectivo al supervisar y controlar las condiciones ambientales del cultivo hidropónico de lechuga. Los resultados mostraron que la producción se mantuvo estable y que el uso del agua fue más eficaz en comparación con los métodos tradicionales, lo cual confirma el funcionamiento completo del prototipo desarrollado.

6.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, se aconseja extender la aplicación del sistema de hidroponía con vigilancia de las variables ambientales a otras áreas de producción en la hacienda, con el objetivo de observar su desempeño en una escala mayor y potenciar la producción del cultivo de lechuga en diversas condiciones operativas.

Se propone en investigaciones futuras la inclusión de sensores adicionales, como los de conductividad eléctrica o de radiación lumínica, que permitan un control más exacto de la solución nutritiva y del entorno del cultivo, favoreciendo la mejora del sistema y la recopilación de información más exhaustiva para la toma de decisiones.

Se recomienda seguir con una futura línea de investigación la comparación del sistema hidropónico establecido con otros métodos de cultivo, como el uso de suelo o sistemas acuapónicos, con la finalidad de examinar indicadores de productividad, economía y medio ambiente que promuevan la adopción de tecnologías sostenibles en la agricultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Achury, J. A., & Valero, J. S. (2021). *Desarrollo de un aplicativo móvil de Android que permita la venta y regateo de* . Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia , Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Bogotá. Desarrollo de un aplicativo móvil de Android que permita la venta y regateo de productos para los locales de Unilago: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/41cd4a57-e1bb-4518-b1f4-86accbe9b030/content>
- Alvarado Chavez, J. A., Gómez González, A., Lara Herrera, A., Díaz Pérez, J., & García Herrera, E. (2021). Rendimiento y calidad de fruto de fresa cultivada en invernadero en sistema hidropónico piramidal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000801737&script=sci_arttext
- Angulo Guerrero, R. J., Verá Lozano, C. J., Farfán Bone, J. M., Caicedo González, K. K., & Copete Torres, F. A. (2024). Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua. *Revista Social Fronteriza*, 1(9). <https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/26>
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (20 de octubre de 2008). Asamblea Constituyente del Ecuador. *Constitución de la República del Ecuador*, 174. https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional de Ecuador. (9 de diciembre de 2016). *Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos Creatividad e Innovación*. <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec075es.pdf>
- Basantes Valverde, M. D., & Porras Pumalema, C. (2021). *Análisis, desarrollo e implementación de un sistema hidropónico ebb and flow automatizado para la fundación Ecosur-Ecuador*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7745>
- Bautista Olivas, A. L., Álvarez Chávez, C. R., Sánchez Mexia, Á. C., & Mendoza Cariño, M. (Agosto de 2024). Huella hídrica de la producción de lechuga en sistemas acuapónico e hidropónico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*,

- 15(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342024000300102&script=sci_arttext
- Bautista Olivas, A. L., Mendoza Cariño, M., Alvarez Chavez, R., & Sanchez Mexla, C. (2024). Huella hídrica de la producción de lechuga en sistemas acuapónico e hidropónico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342024000300102
- Campi, M. C. (2023). Inductive knowledge under dominance. *Synthese*, 201. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11229-023-04172-9>
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de 8 de 2008). *Biodiversidad y recursos naturales - agua*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Ley de la Propiedad Intelectual*. <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/Ley-de-Propiedad-Intelectual.pdf>
- Constituyente, A. (20 de Octubre de 2008). Asamblea Constituyente del Ecuador. *Constitución de la República del Ecuador*, 174. https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitution_de_bolsillo.pdf
- Cordero Torres , B. (Noviembre de 2022). Algoritmos de Aprendizaje Supervisado para Proyección de Ventas de Camarón Ecuatoriano con Lenguaje de Programación Python. *Economía y Negocios*, 13(2). <https://www.redalyc.org/journal/6955/695574853003/695574853003.pdf>
- Debrauwer, L., & Van der Heyde, F. (2016). *UML 2.5: iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos*. Barcelona: ENI. https://books.google.es/books?id=sCU_bpeIECAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Díaz Olivia, F., Sandoval Acosta, J., Álvarez Rodríguez, F., Rojas Pérez, J., & Santaolaya Salgado, R. (24 de Junio de 2022). Calidad en Diagramas de Clases para Generar Competencias en Ingeniería de Software, una Revisión Sistemática. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(4). Herramienta online para la creación y evaluación de especificaciones basadas en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/30843>

- Duché, T., Ocampo, I., Cruz Hernández, J., & Hernández Romero, E. (2021). Cultivo hidropónico de la arúgula en cuarto oscuro con diferentes lámparas led y diferentes sistemas hidroponicos. *inifap*. https://www.researchgate.net/publication/362080078_Calidad_de_fruto_de_manzano_Malus_domestica_Borkh_bajo_sistema_MIAF_en_Huejotzingo_Puebla_Mexico?enrichId=rgreq-9b7b8bbe58af1ee02057a20c28516e18-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM2MjA4MDA3ODtBUzoxMTc5MjY5Nz
- Echeverría, C., Giménez, Y., & Franco, D. (2023). Sistema de revisión de notas académicas para la Universidad del Norte sede Caacupé, utilizando control biométrico como mecanismo de seguridad. *Rev UniNorte*, 9(2). Formulación de un plan de desarrollo organizacional en la empresa Kaycol sac - 2023: <https://investigacion.uninorte.edu.py/wp-content/uploads/ING-0902-06.pdf>
- Fenriana, I., Dwi Putra, D. S., Dermawan, B., & Kurnia, Y. (Agosto de 2020). Smart Home Prototype with HC-05 Bluetooth and RFID Modules, Based on Microcontroller. *RFID Modules, Based on Microcontroller, bit-Tech*, 5(2). <https://jurnal.kdi.or.id/index.php/bt/article/view/564>
- García Lara, L., y Helle Pesot, L. (2024). El prototipado como herramienta metodológica en la práctica del diseño. *European Public & Social Innovation Review*, 9(1), 17. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/926>
- Garcia, A., Macias, E., Loor, J., & Vega, M. (2021). Evaluation of the effects of nutrient solutions as an input alternative in the production of radish (*raphanus sativus*) with a hydroponic system under a protected environment. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3). <https://journals.gdeon.org/index.php/esj/article/view/163>
- Guapi Auquilla, A. P., Robayo Carrillo, K. P., Salazar Castañeda, E. P., & Vivar Arrieta, M. A. (2024). Cultivation strategies: comparative analysis of lettuce typologies in hydroponic systems. *Conciencia Digital*, 7(3). <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/3141>
- Hakimi, M., & Jamil, Z. (2020). Development of Water Quality Monitoring Device Using Arduino UNO. *IOP Conference Series: Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 1144. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1144/1/012064/meta>

- Hasibuan, A., Kartika, Ahmada Qodri, & Muzair Isa. (Mayo de 2021). Temperature Monitoring System using Arduino Uno and Smartphone Application. *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, 2(2). <https://bcsee.org/index.php/bcsee/article/view/1139>
- Herguera, Í. (2023). *Panorama del uso de tecnologías digitales para la recolección de datos sobre el comercio de servicios*. Naciones Unidas Cepal. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fc16419b-d6f2-46ed-8888-2cddd12905dd/content>
- Hernández Cervantes, A. A., Garciabada Silva, G., & Martínez Marín, F. A. (2023). Aplicación de la mecánica de fluidos en el diseño de un sistema hidropónico. *Revista Educacion en Ingenieria*, 18(36). <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1244>
- Kim, S.-M., Yosoon Choi, & Jangwon Suh . (Mayo de 2021). Applications of the Open-Source Hardware Arduino Platform in the Mining Industry: A Review. *MDPI*, 10(14). <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/5018>
- Ley de Propiedad Intelectual. (10 de 02 de 2014). *Objeto del derecho de autor*. <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/Ley-de-Propiedad-Intelectual.pdf>
- Lucidchart. (2023). *Lucid*. https://www.lucidchart.com/pages/landing/uml-diagram-software?utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=_chart_entier3_desktop_search_nb_exact_&km_CPC_CampaignId=369684523&km_CPC_AdGroupId=1230353695948325&km_CPC_Keyword=uml%20diagrams&km_CPC_MatchType
- Lugo, S. (2023). Análisis de seguridad de aplicaciones móviles wearables para sistema operativo Android. *Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Tonantzintla*. Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica: https://www.researchgate.net/publication/378494142_Analisis_de_seguridad_de_aplicaciones_moviles_wearables_para_sistema_operativo_Android
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de Información. (2016-2021, Febrero). *Plan Nacional de Telecomunicaciones . y Tecnologías de Información del Ecuador*: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI..pdf>

- Morales Sinchire, D. B., Jimenez Alvarez, L., Burneo Valdivieso, J. I., & Capa Mora, E. D. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*, 21(3). <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1386>
- Niño Camelo, J. E. (14 de Diciembre de 2023). *Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de temperatura y humedad en un sistema de cultivo hidropónico de lechuga*. Trabajo de Grado, Bogota. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13620>
- Núñez Raza, J. G., & Taco Hernández, R. P. (2025). Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego parcelario del proyecto Chambo-Guano, Fase II, para el Módulo 4 en la comunidad Chingazos, Cantón Guano. *Revista multidisciplinar de innovacion y estudios aplicados*, 10(5). <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/9584>
- Peña, C. (2020, Septiembre). *Domina la programacion y controla la placa*. Claudio Peña. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Xgv2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+Arduino+IDE.&ots=vOCTHbUr3_&sig=Wv5HCAf1HtbZVfDWUCOGHsrDfu4#v=onepage&q=Arduino%20IDE.&f=false
- Perez Cari, M., & Tellez Garrido, I. (20 de Febrero de 2020). *Producción y comercialización con sistema hidropónico nft de lechuga y tomate cherry, en la ciudad de arequipa*. Tesis, Lima. <https://repositorio.esan.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8390a833-9240-4101-8c81-382bc98b5f4f/content>
- Pertierra Lazo, R., & Quispe Gonzabay, J. (Agosto de 2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962020000100118
- Román Raya, J., Ruiz García, I., Rodríguez Cano, C. d., Carvajal Rodríguez, M. Á., & Guirado Llorente, D. (2024). Caracterización física de fotorresistencias como dosímetros en radioterapia. *Revista Fisica Medica*, 25(1). <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/388>
- Ruiz Velazco, J. M., de la Paz Rodriguez, G., Hernandez Llamas, A., & Estrada Perez, N. (2024). Producción de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla L.) en

- sistemas hidropónicos y acuapónicos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1). <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/3866>
- Santos Tejero, J. A., Ruiz Patron, D. Y., Iuit Manzanero, R. R., Poot Ku, E. M., Pech Huh, Y., & Lira Turrizza, J. L. (2024). Evaluación de eficiencia de sensor YL-69, en sistema de riego inteligente. *Revista Electrónica Multidisciplinaria*. https://www.researchgate.net/publication/390406643_Evaluacion_de_eficiencia_de_sensor_YL-69_en_sistema_de_riego_inteligente
- Sola Pueyo, J. d., & Ortiz Sobrino, M. Á. (2021). La utilización de las notificaciones de las aplicaciones móviles en los medios de comunicación españoles. *Revista Latina De Comunicación Social*, 79. *Revista Latina De Comunicación Social*,: <https://nuevaepoca.revistalatinacs.org/index.php/revista/article/view/1498>
- Taipe Huaman, C. W. (2023). Aplicación móvil para determinar el índice ultravioleta en condiciones de cielos despejados. (U. d. Buenaventura, Ed.) *metarevistas*, 13. Aplicación web-móvil para la Gestión de pedidos en la tienda: https://metarevistas.org/Record/metarevistapublica_unisanbuenaventura_in_genieriasusbmed_57_article_4333/Description#tabnav

ANEXOS

Anexo N° 1: Modelo de ficha de observación



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA COMPUTACIÓN

Nombre del lugar: Finca La Hilda

Dirección: afueras del Cantón Milagro

Objetivo: Obtener información relevante sobre las necesidades, problemas y condiciones actuales que enfrenta la finca "La Hilda", mediante la identificación y análisis detallado de su situación para el desarrollo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales que cumpla con las expectativas de la finca y contribuya a mejorar la producción de sus cultivos.

Ficha de observación

Tabla 2.

Aspectos por observar en el proceso del cultivo de la lechuga en la finca la Hilda

Ficha N °:	1
Proceso por observar:	
Fecha:	
Tiempo:	
Aspecto	Hallazgos
Distancia del área:	
Forma de registrar los datos	
Numero de personas que intervienen en el proceso	
Frecuencia que realiza la actividad	
Tiempo que se demora	
Informes que genera	

Aspectos por observar en el proceso del cultivo de la lechuga en la finca la Hilda.

Elaborado por: Los Autores, 2025

Anexo N° 2: Resultados de la ficha de observación

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA COMPUTACIÓN

Nombre del lugar: Finca la Hilda

Dirección: Afueras del cantón Milagro

Objetivo: Obtener información relevante sobre las necesidades, problemas y condiciones actuales que enfrenta la finca "La Hilda", mediante la identificación y análisis detallado de su situación para el desarrollo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales que cumpla con las expectativas de la finca y contribuya a mejorar la producción de sus cultivos.

Ficha de observación

Tabla 3. Aspectos por observar en el el proceso del cultivo de la lechuga en la finca la Hilda

Ficha N °:		1
Proceso por observar:		
Fecha:		
Tiempo:		
	Aspecto	Hallazgos
	Distancia del área:	4 hectáreas
	Forma de registrar los datos	No se registran datos
	Numero de personas que intervienen en el proceso	No hay
	Frecuencia que realiza la actividad	No se hace
	Tiempo que se demora	No tienen conocimientos
	Informes que genera	No se genera informes como tal

Resultados de los aspectos observados en el proceso del cultivo de la lechuga

Elaborado por: Los Autores, 2025

Anexo N° 3: Modelo de entrevista

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA COMPUTACIÓN
Entrevista

Objetivo: Obtener información relevante sobre las necesidades de la lechuga, identificando los problemas y condiciones actuales que enfrenta mediante la recopilación y análisis de datos sobre su cultivo, para el desarrollo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales.

Entrevistado: Xavier Alvarado Peña

Entrevistadores: Miranda Marcos, Portocarrero Ricardo

Preguntas

1. ¿De qué manera realiza el riego del cultivo la hacienda la Hilda?

2. ¿Cómo realiza el cultivo de lechuga actualmente la finca la Hilda?

3. ¿Con qué herramientas se realiza la cosecha de lechuga?

4. ¿Cómo realiza actualmente el control de los nutrientes de la finca?

5. ¿Cuánto tiempo dedican al monitoreo diario de la finca la Hilda?

6. ¿Cuánto tiempo dura aproximadamente el ciclo de los cultivos de lechuga?

7. ¿Cómo realiza los registros de datos la hacienda la Hilda?

8. ¿Qué tipo de informes genera sobre las condiciones del clima de la hacienda la Hilda?

Anexo N° 4: Resultados de la entrevista

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA COMPUTACIÓN
Entrevista

Objetivo: Obtener información relevante sobre las necesidades de la lechuga, identificando los problemas y condiciones actuales que enfrenta mediante la recopilación y análisis de datos sobre su cultivo, para el desarrollo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales.

Entrevistado: Xavier Alvarado Peña

Entrevistadores: Miranda Marcos, Portocarrero Ricardo

1. ¿De qué manera realiza el riego de sus cultivos la Hacienda La Hilda?

El riego lo hacemos a mano, usando mangueras, en algunos sectores también utilizamos regaderas, especialmente cuando recién sembramos ya que eso depende mucho del clima, si hace mucho sol, regamos todos los días.

2. ¿Cómo se realiza el cultivo de lechuga actualmente la finca La Hilda?

No realizamos cultivo de lechuga

3. ¿Con qué herramientas se realiza la cosecha de lechuga?

Usamos cuchillos comunes o machetillos, y luego las colocamos en canastas o sacos.

4. ¿Cómo realiza actualmente el control de los nutrientes de la finca?

Según la experiencia vemos cómo están las hojas, el color, el crecimiento, y si hace falta le echamos compost o fertilizante que preparamos nosotros mismos.

5. ¿Cuánto tiempo dedican al monitoreo diario de la finca La Hilda?

Todos los días dedicamos al menos una hora a caminar por el cultivo y ver cómo van las plantas. A veces más, si vemos que hay algún problema o si ha llovido mucho.

6. ¿Cuánto tiempo dura aproximadamente el ciclo de los cultivos de lechuga?

Más o menos dura unos 100 días. A veces se adelanta o atrasa un poco, según el clima y si no hay plagas.

7. ¿Cómo realiza los registros de datos la Hacienda La Hilda?

No llevamos registros escritos, todo lo tenemos en la cabeza nosotros sabemos por costumbre cuándo sembramos y cuándo toca regar o abonar.

8. ¿Qué tipo de informes genera sobre las condiciones del clima de la Hacienda La Hilda?

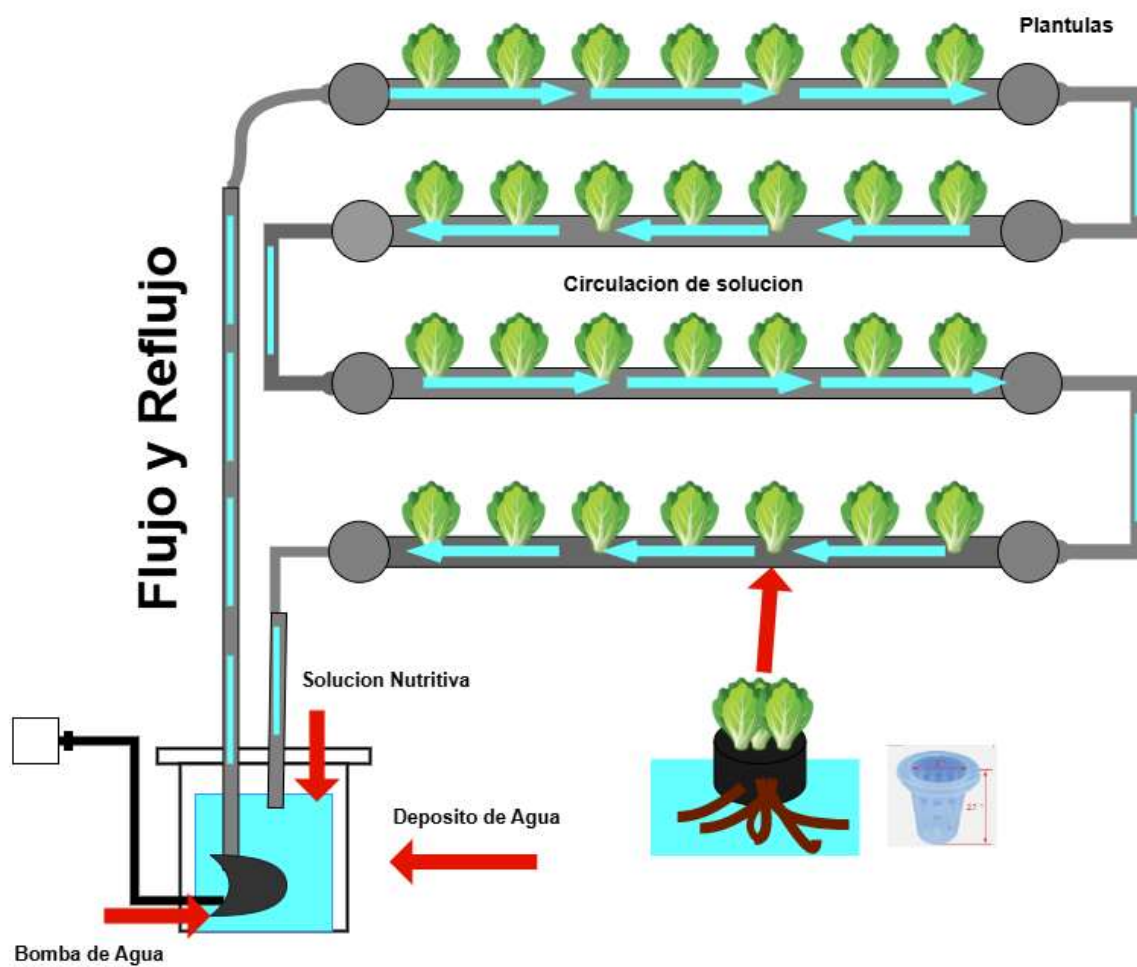
No generamos informes por medio de la observación diaria vemos si el cielo está nublado, si la tierra está muy mojada o seca, y actuamos según eso.

Análisis:

El análisis de la entrevista a la Hacienda La Hilda revela que actualmente sus procesos de cultivo y riego son totalmente manuales y basados en la experiencia empírica, sin el uso de tecnologías o registros formales para el control de variables ambientales ya que el riego se realiza a mano y la fertilización se decide observando el estado visual de las plantas, lo que puede generar variabilidad en la producción y falta de precisión en el manejo de recursos, de igual manera no se llevan registros escritos ni informes climáticos formales, lo que limita la capacidad de análisis y toma de decisiones basadas en datos concretos, por esto la implantación de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales automatizado será una mejora significativa para la finca, permitiendo un control más exacto y eficiente de las condiciones de cultivo, optimizando recursos y mejorando la productividad de manera más precisa.

Anexo N° 5: Prototipo de forma gráfica

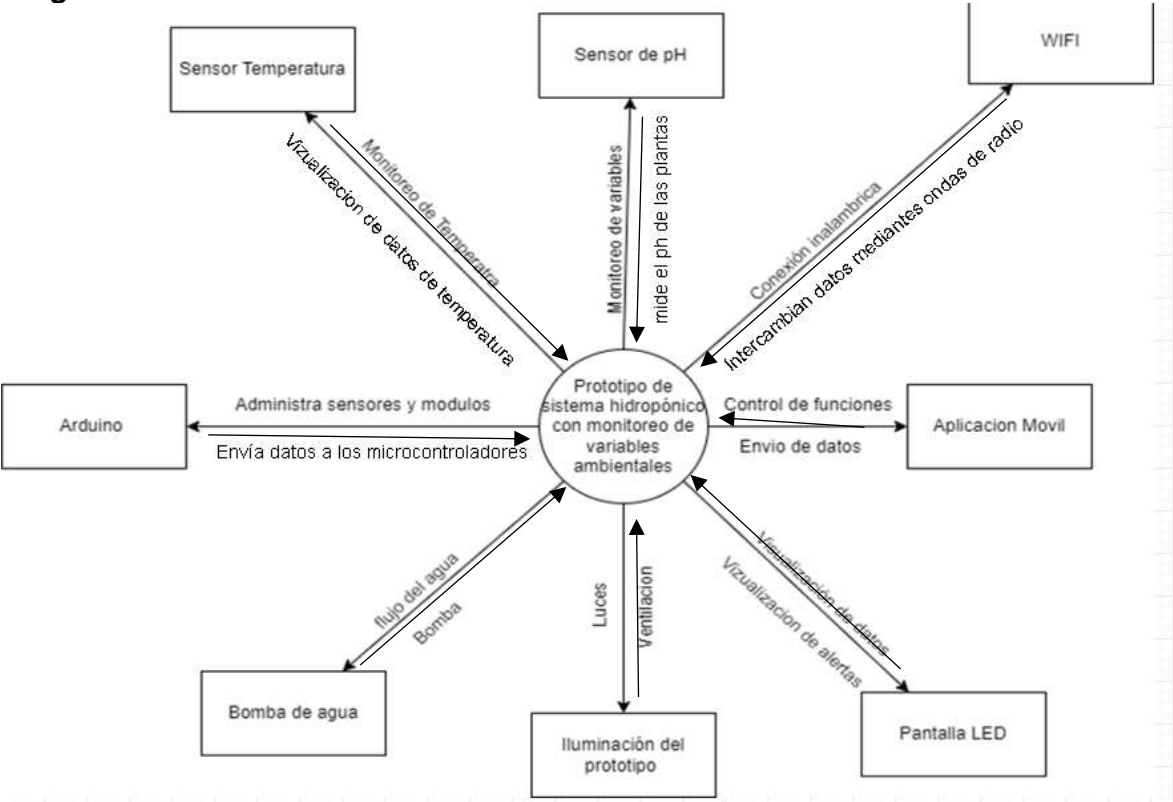
Figura 1.
Prototipo de forma grafica



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 6: Diagrama de Contexto

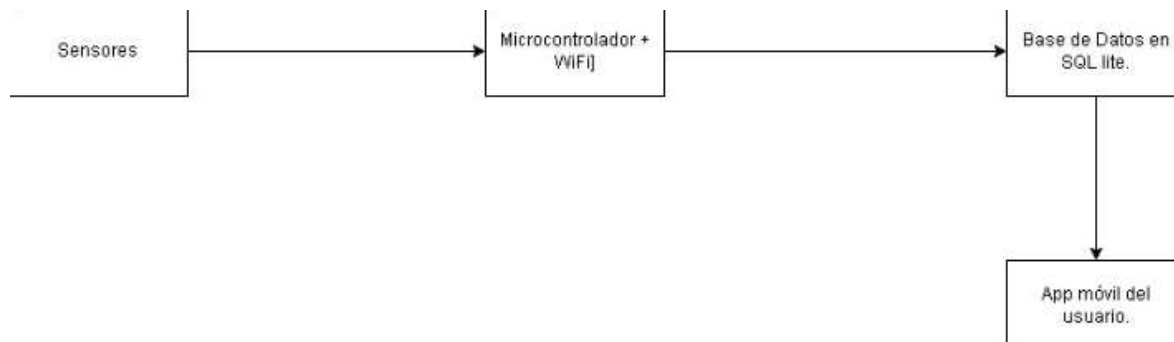
Figura 2.
Diagrama de contexto



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 7: Funcionamiento de componentes

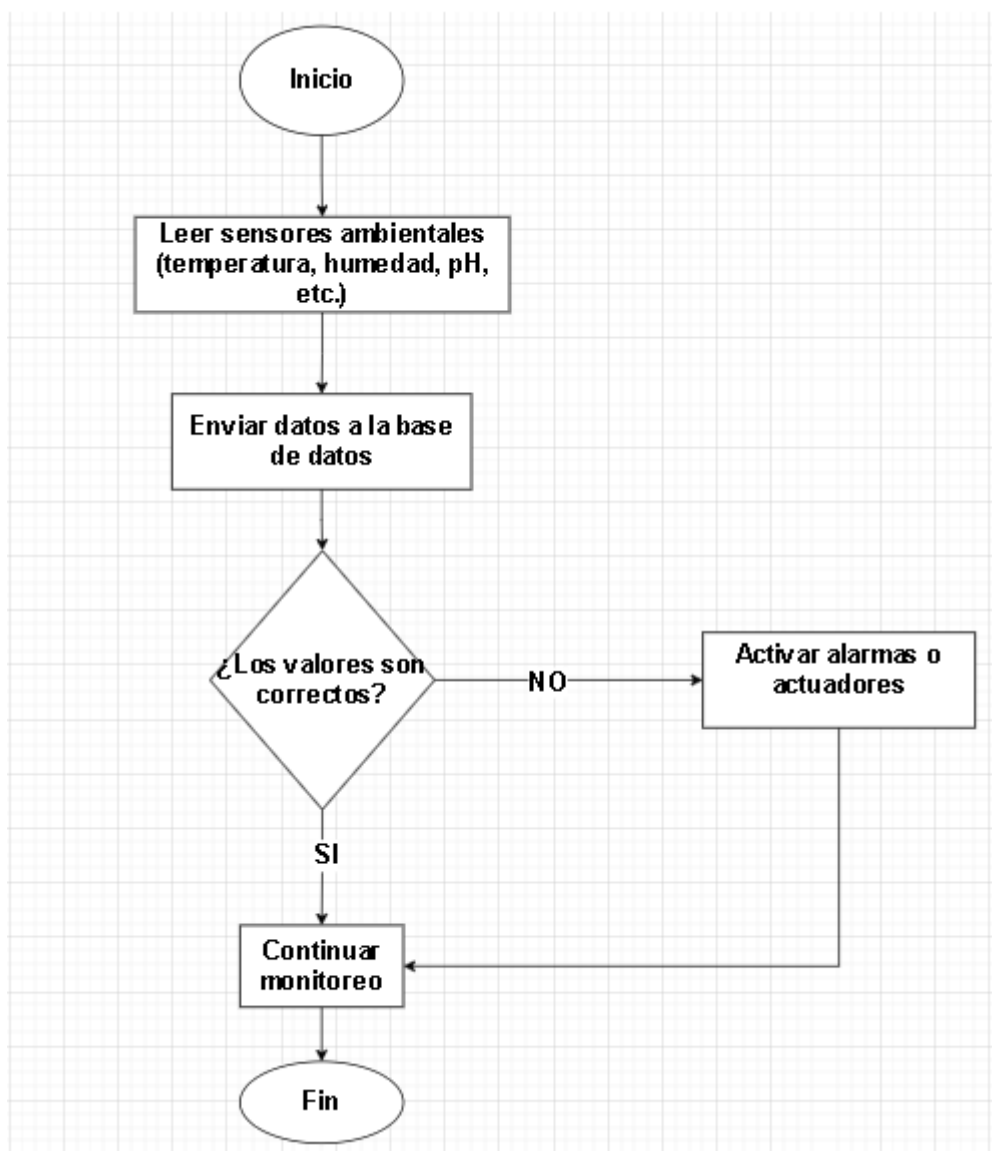
Figura 3.
Funcionamiento de componentes



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 8: Diagrama de Flujo

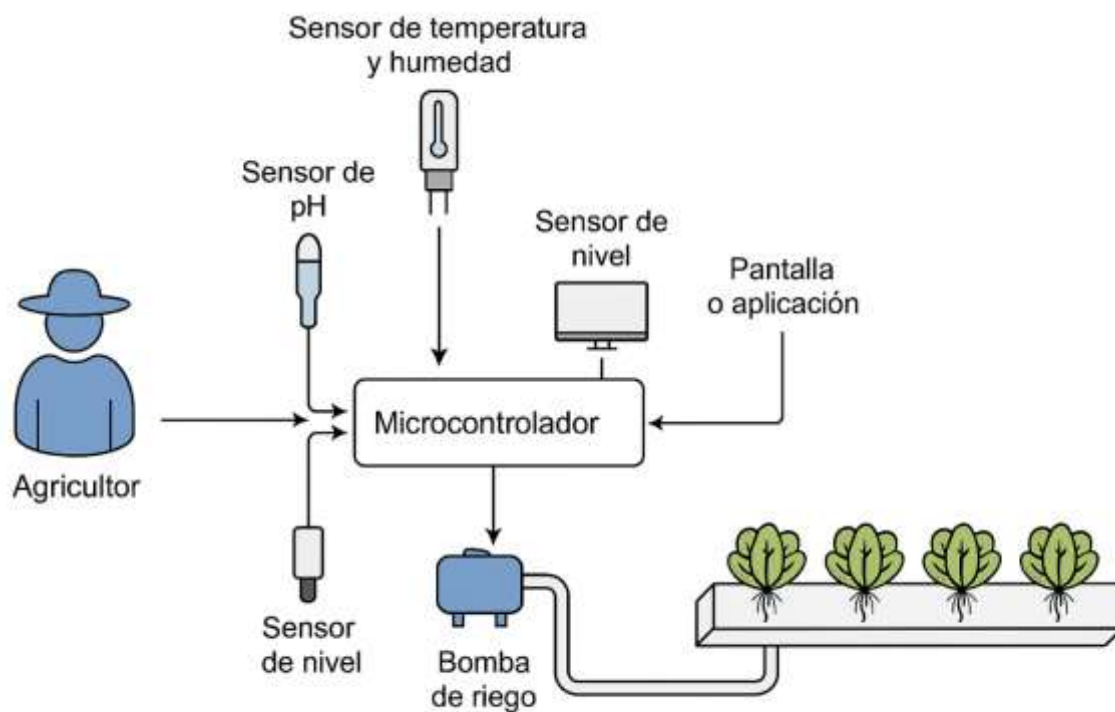
Figura 4.
Diagrama de Flujo



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 9: Arquitectura diagrama

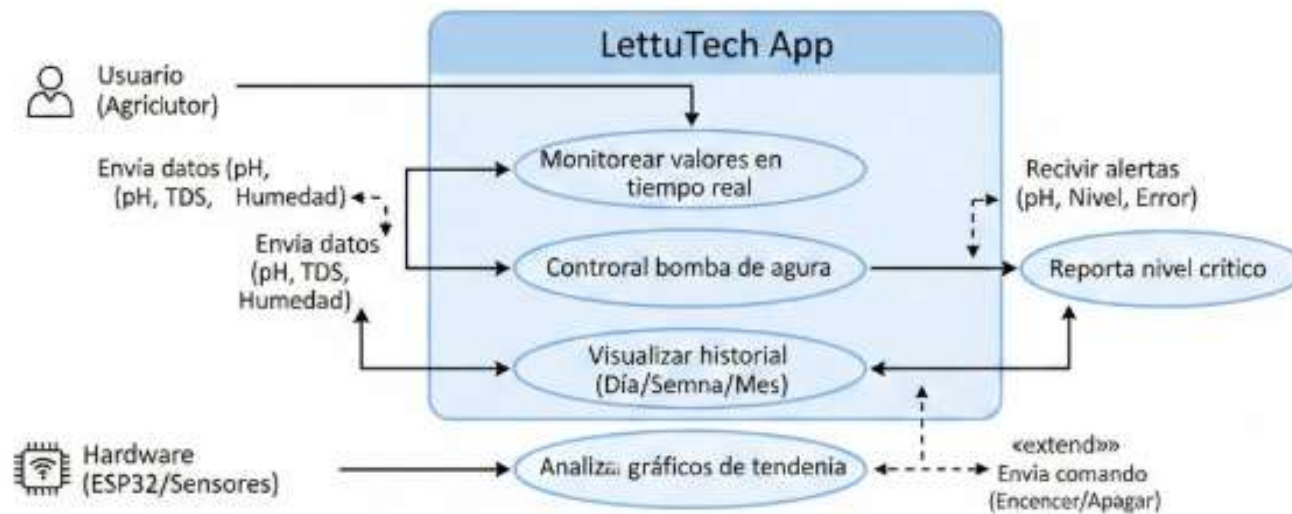
Figura 5.
Diagrama Arquitectura



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 10. Diagrama de Caso de Uso

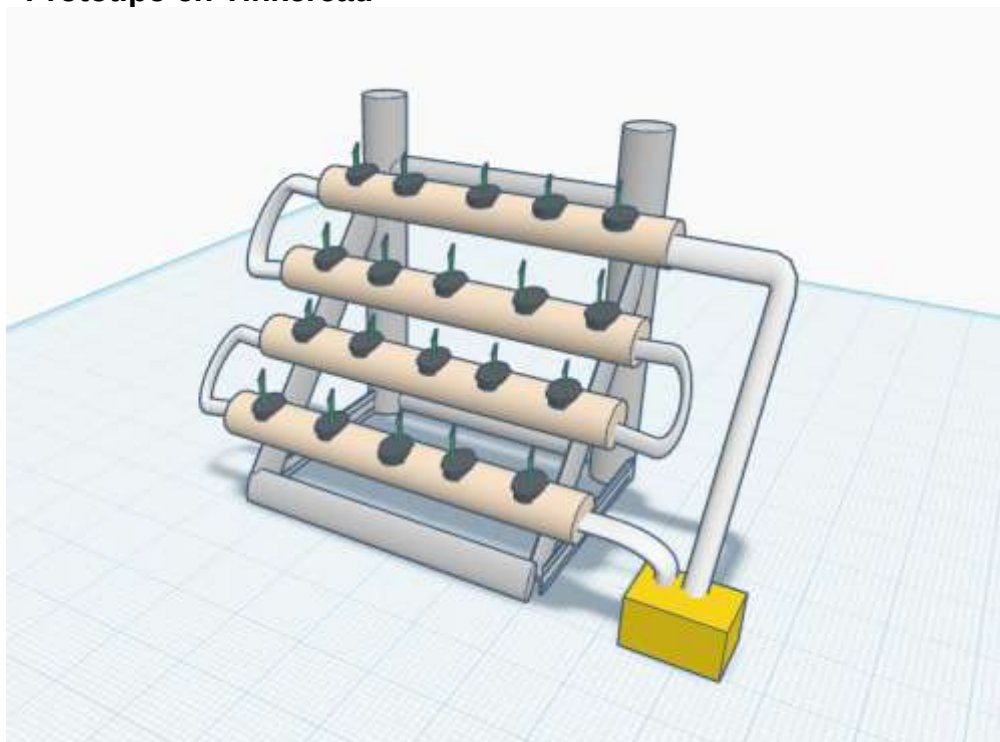
Figura 6.
Diagrama de Caso de Uso



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 11. Prototipo en Tinkercad

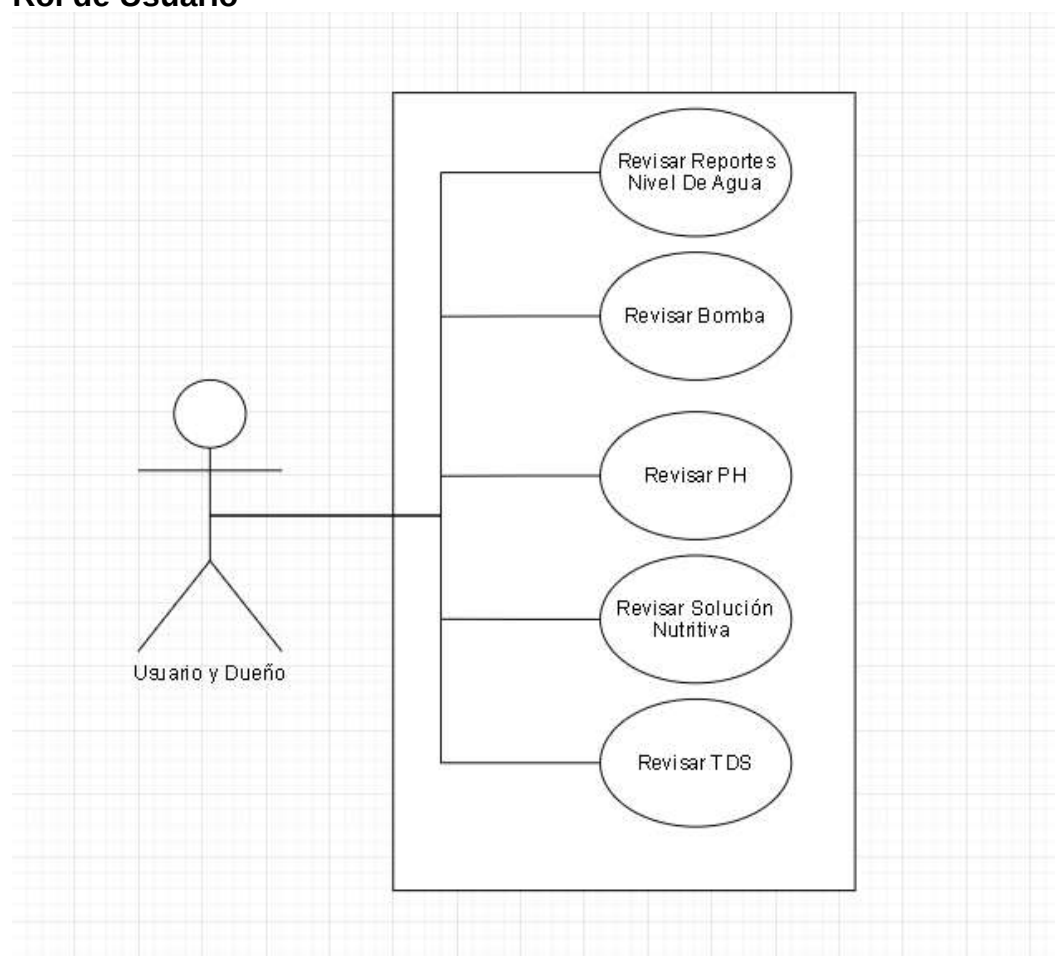
Figura 7.
Prototipo en Tinkercad



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 12. Rol de Usuario

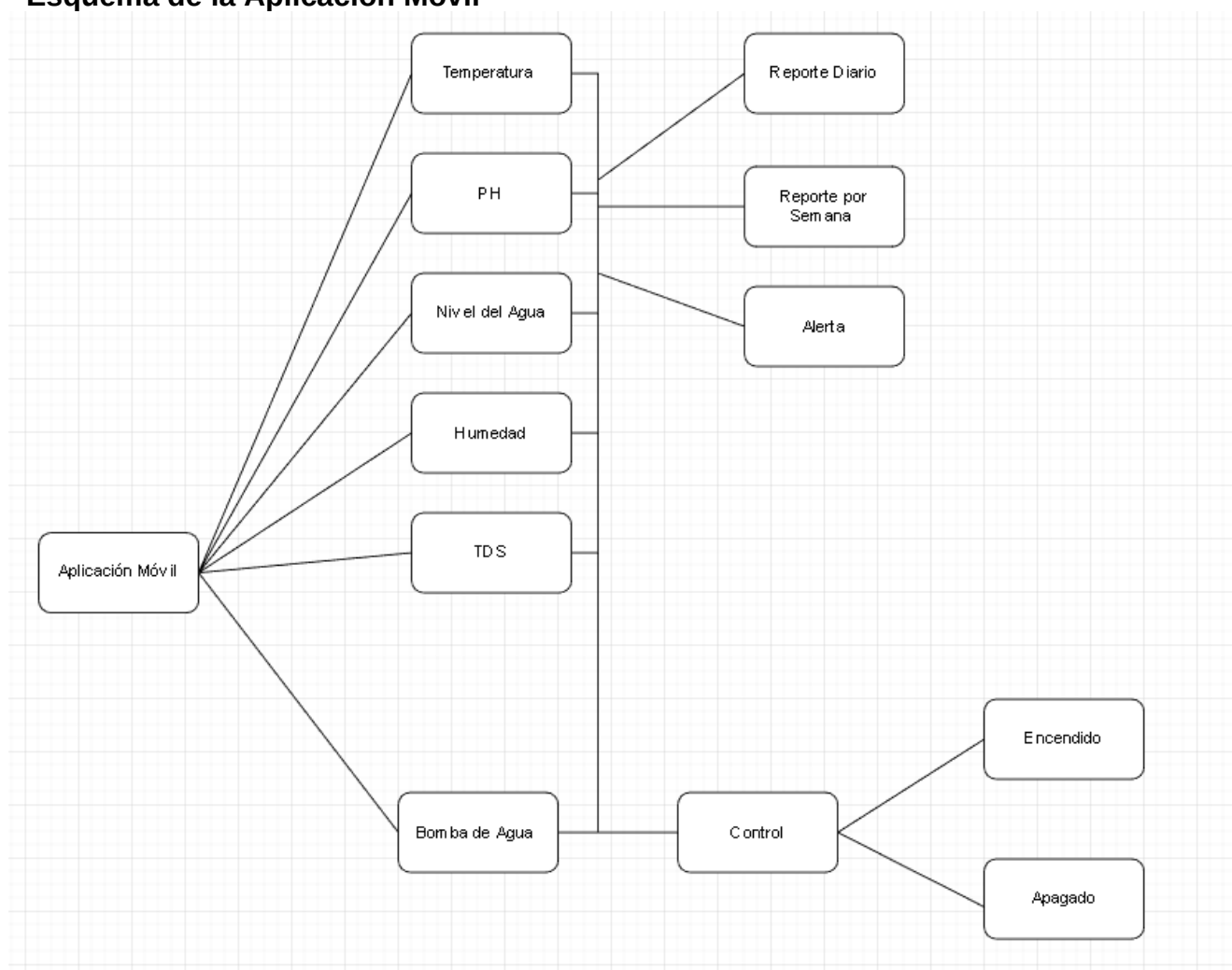
Figura 8.
Rol de Usuario



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 13. Esquema de la Aplicación Móvil

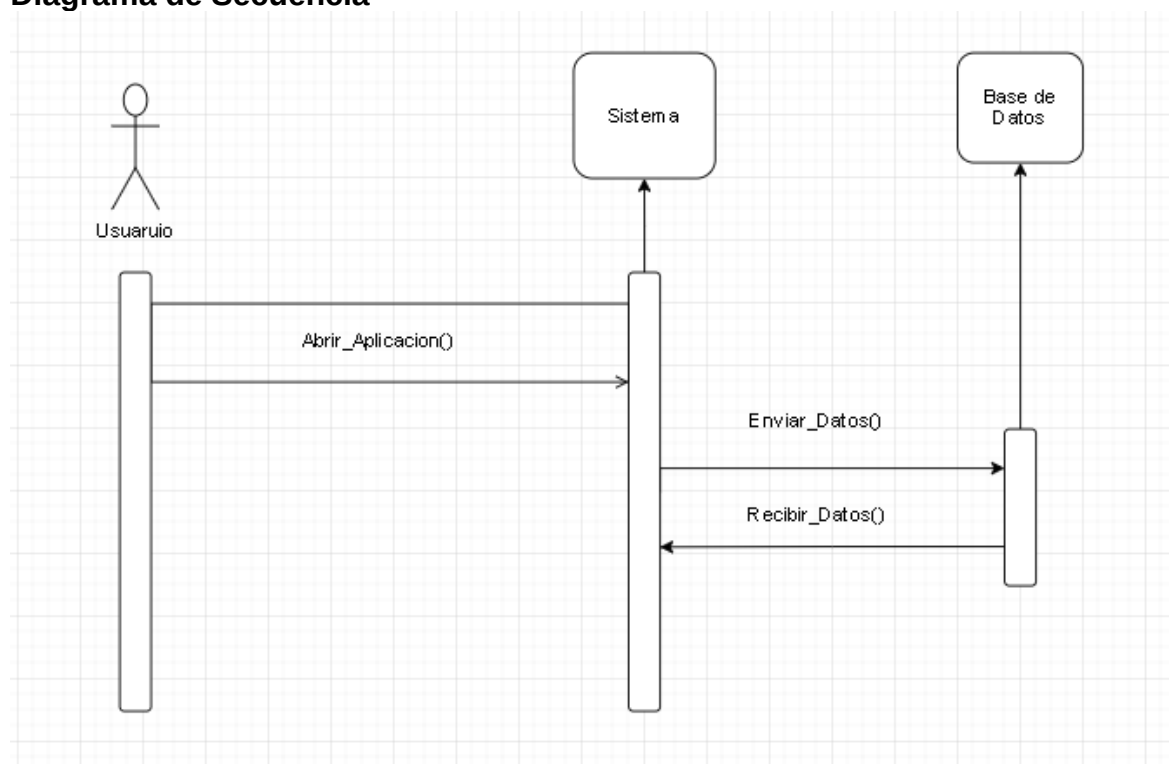
Figura 9.
Esquema de la Aplicación Móvil



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 14. Diagrama de Secuencia

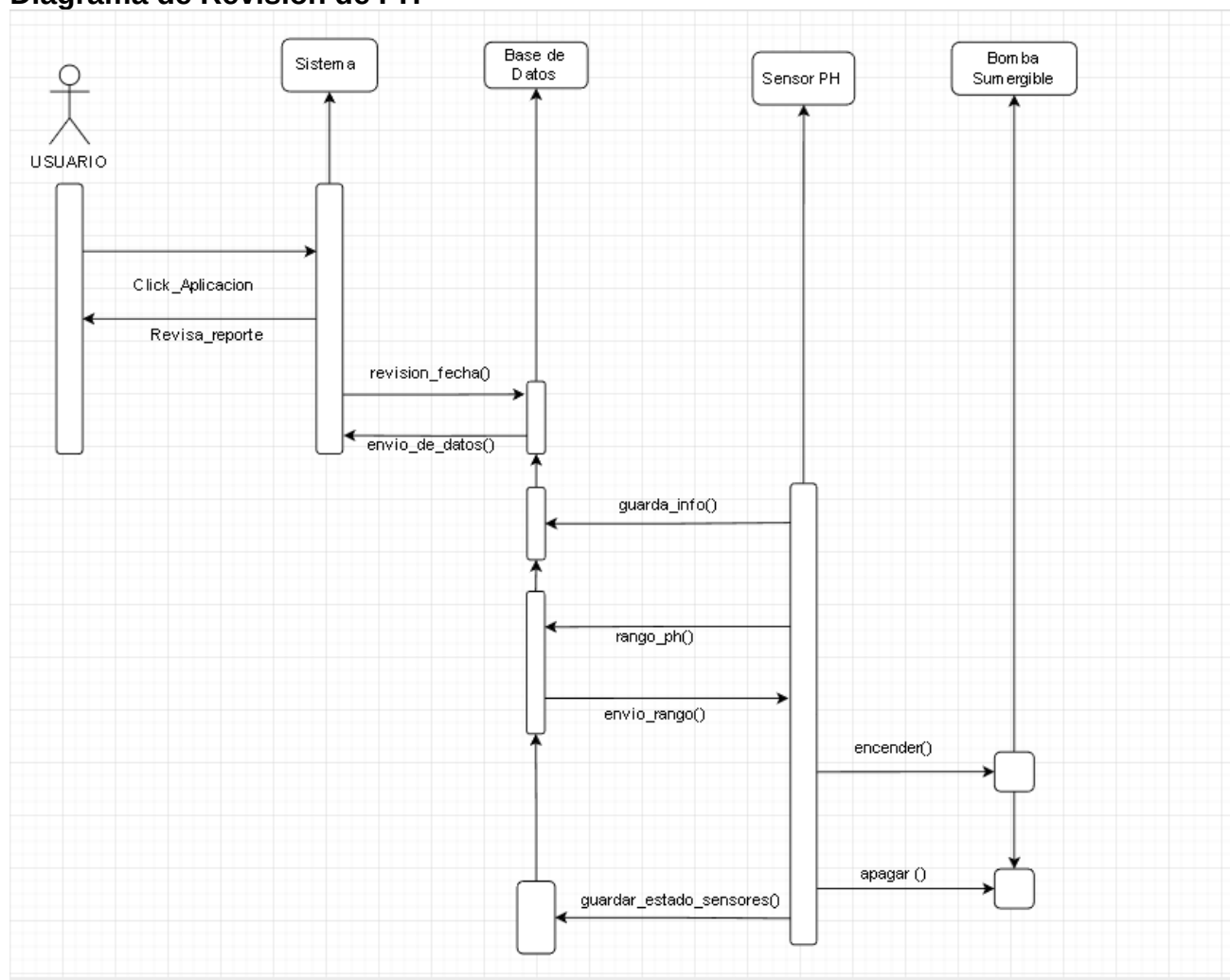
Figura 10.
Diagrama de Secuencia



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 15. Diagrama de Revisión de PH

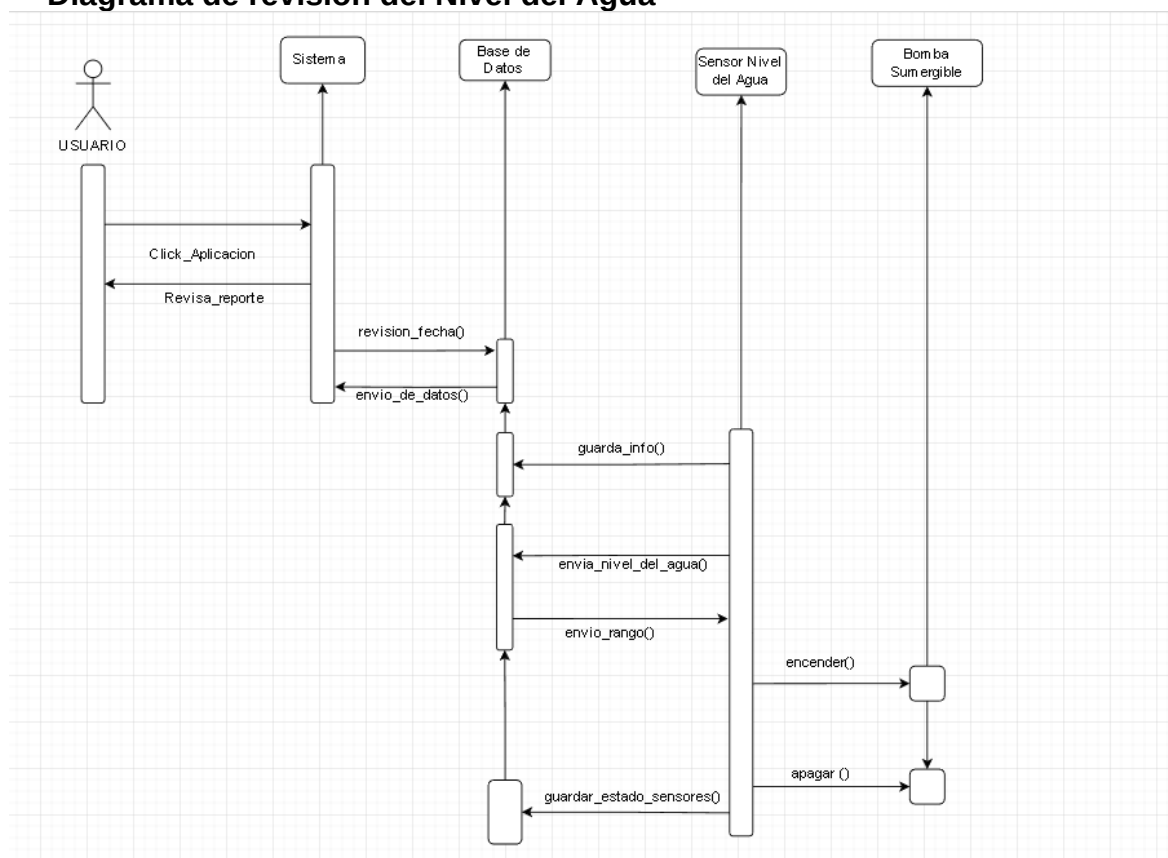
Figura 11.
Diagrama de Revisión de PH



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 16. Diagrama de revisión del Nivel del Agua

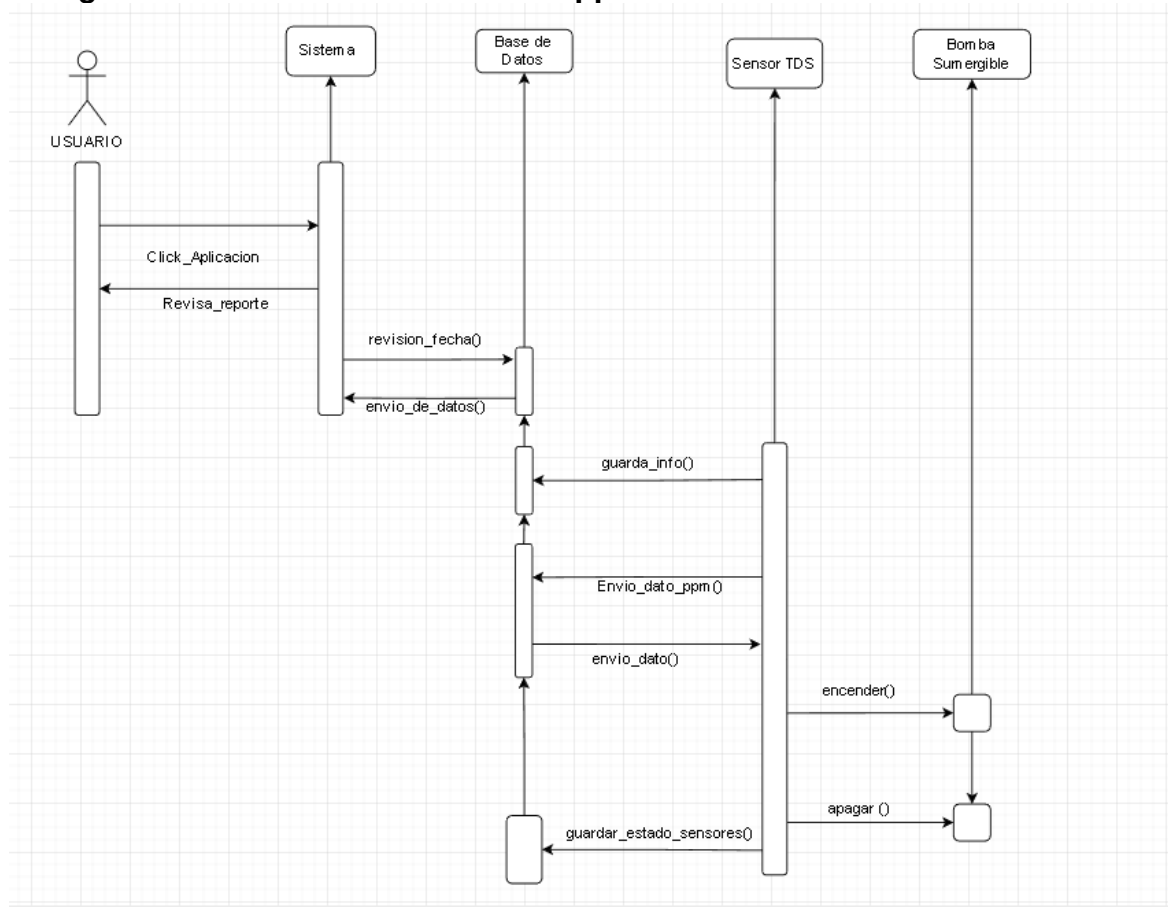
Figura 12.
Diagrama de revisión del Nivel del Agua



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 17. Diagrama de revisión de Nutrientes ppm

Figura 13.
Diagrama de revisión de Nutrientes ppm

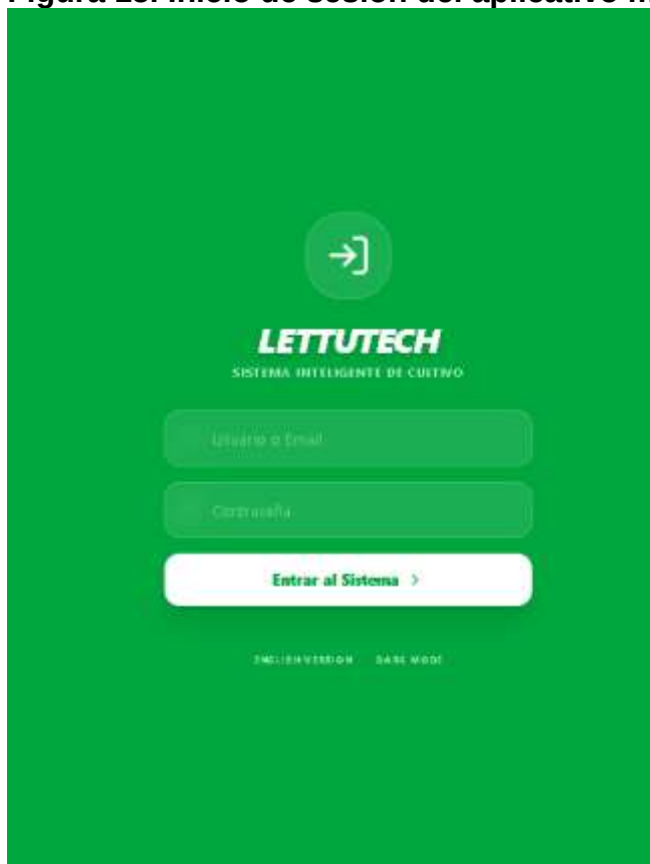


Elaborado por: Los Autores, 2026

Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 19. Interfaz del Sistema

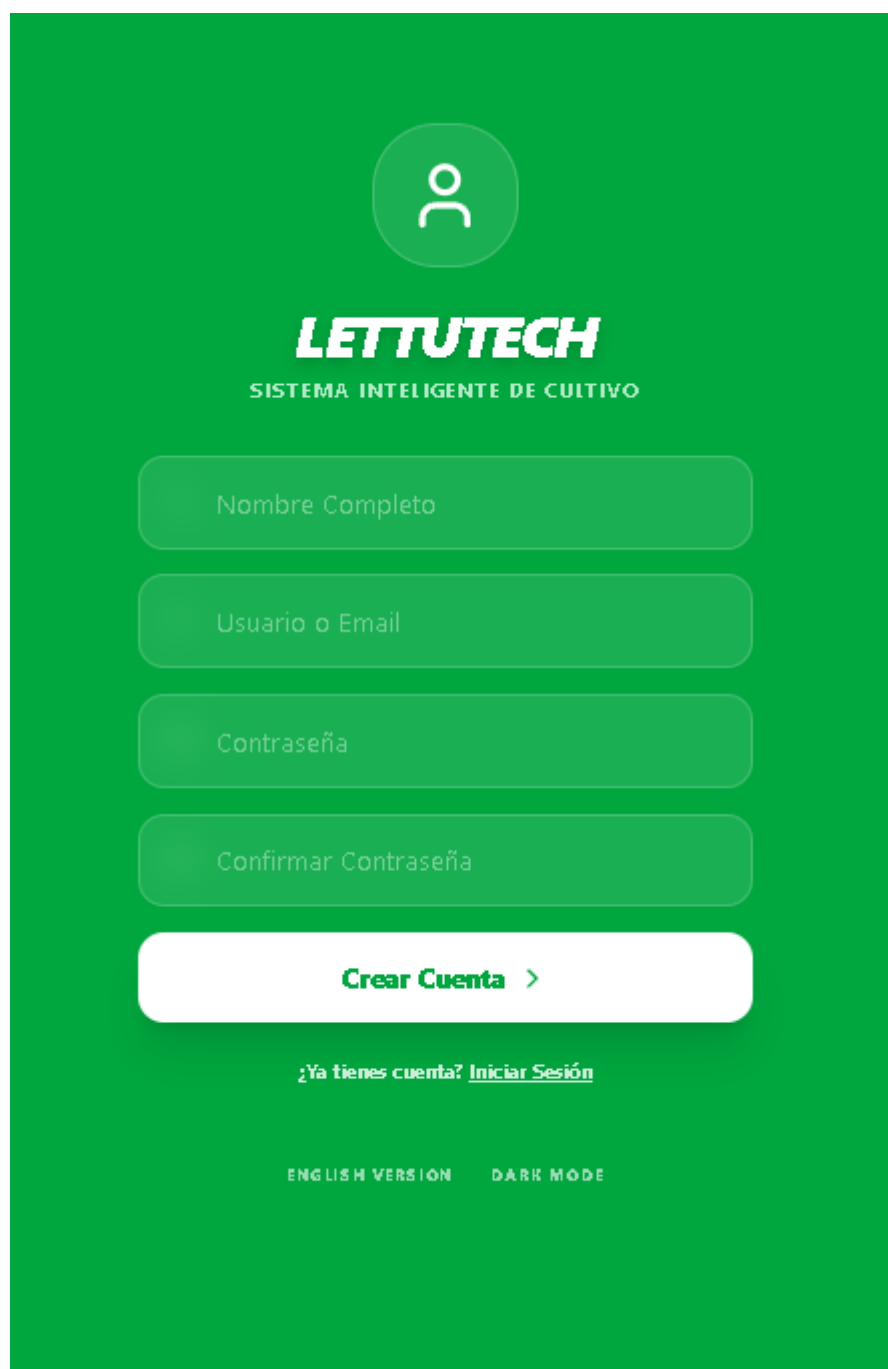
Figura 15. Inicio de sesión del aplicativo móvil



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 16.

Interfaz del registro de usuario



The image shows a user registration interface for 'LETTUTECH'. At the top, there is a circular icon with a stylized person. Below it, the brand name 'LETTUTECH' is displayed in a bold, italicized font, followed by the tagline 'SISTEMA INTELIGENTE DE CULTIVO'. The registration form consists of four input fields: 'Nombre Completo', 'Usuario o Email', 'Contraseña', and 'Confirmar Contraseña'. Below these fields is a prominent white button with the text 'Crear Cuenta >'. At the bottom of the form, there is a link that says '¿Ya tienes cuenta? Iniciar Sesión'. At the very bottom, there are two links: 'ENGLISH VERSION' and 'DARK MODE'.



LETTUTECH
SISTEMA INTELIGENTE DE CULTIVO

Nombre Completo

Usuario o Email

Contraseña

Confirmar Contraseña

Crear Cuenta >

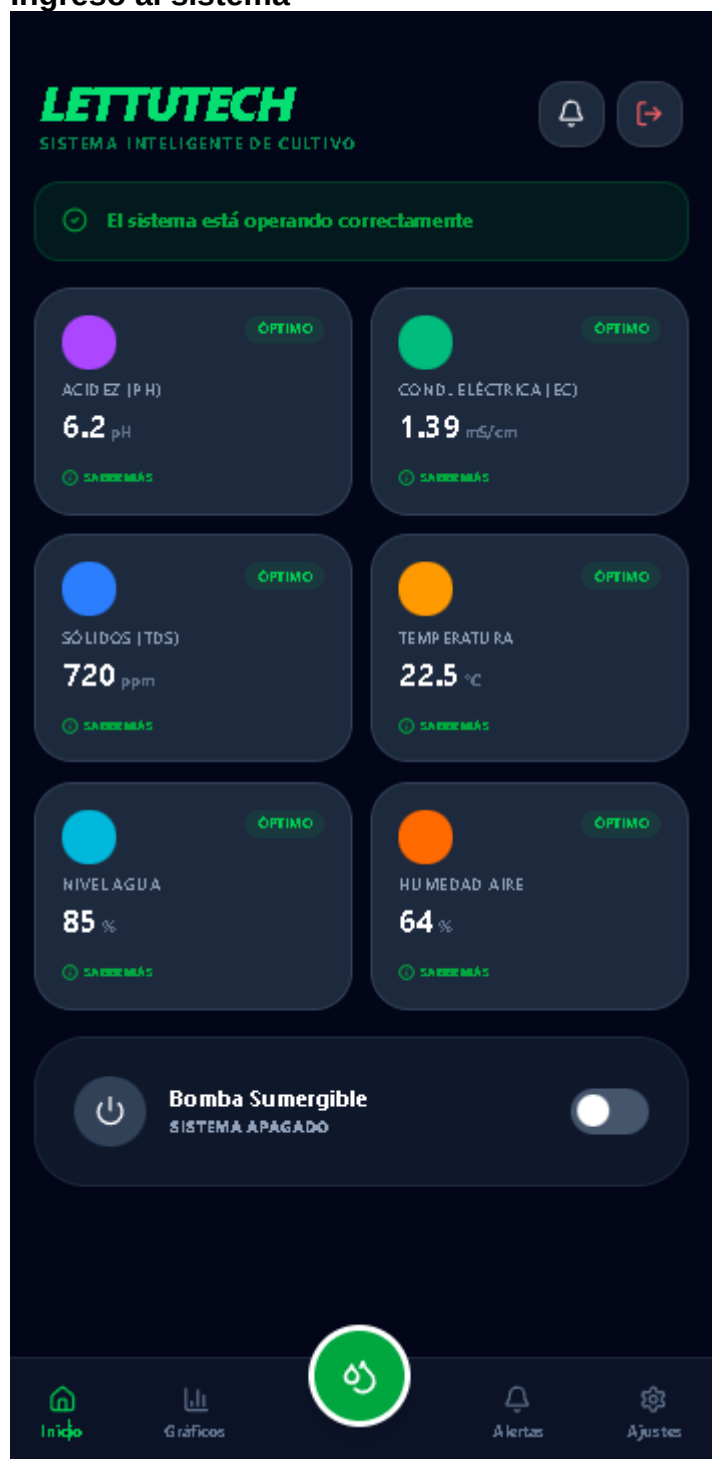
¿Ya tienes cuenta? Iniciar Sesión

ENGLISH VERSION DARK MODE

Elaborado por: Los Autores, 2026

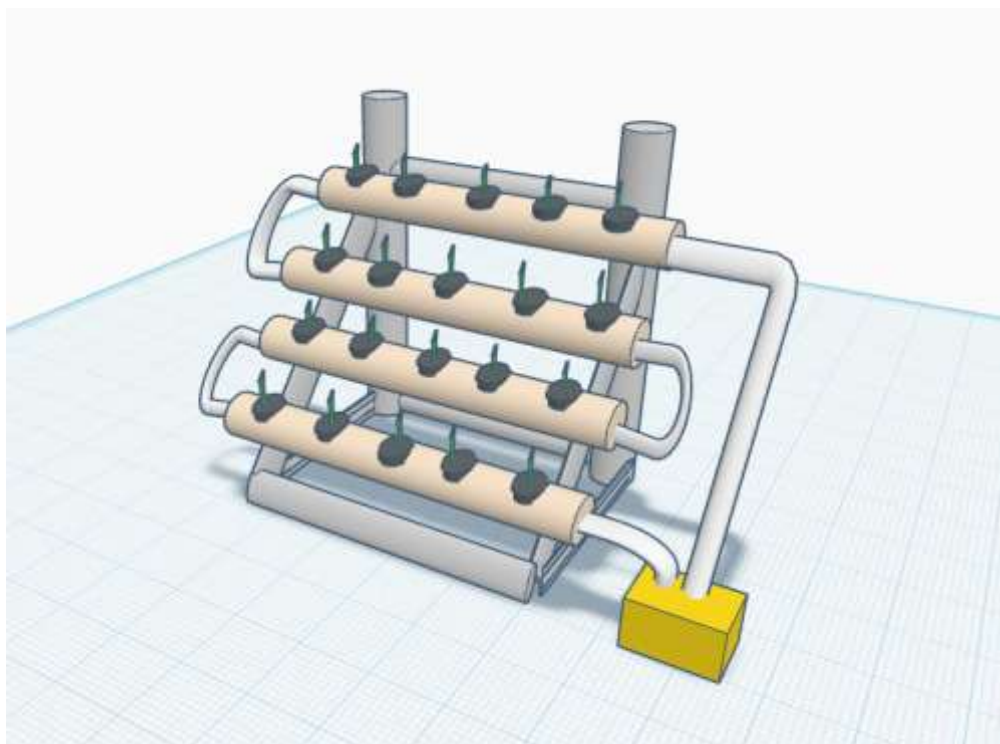
Figura 17.

Ingreso al sistema



Elaborado por: Los Autores, 2026

Anexo N° 20. Prototipo sistema hidropónico



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 18.
Tubos PVC



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 19.
Tapas PVC



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 20.
Mangueras



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 21.
Manguera para bomba



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 22.

Soporte de prototipo



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 23.

Bomba de agua sumergible



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 24.

Tacho para la bomba



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 25.
Sensor de PH



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 26.
Sensor Nivel de Agua



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 27.

Sensor de Conductividad Eléctrica



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 28.

Sensor de temperatura



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 29.

Teflon



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 30.

Adaptador de 12v



Elaborado por: Los Autores, 2026

Figura 31.

Armado de prototipo



Elaborado por: Los Autores, 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN**

**MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO DE
SISTEMA HIDROPÓNICO CON MONITOREO DE
VARIABLES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE
LECHUGA EN LA HACIENDA “LA HILDA”**



**Guía de los pasos a seguir para el correcto
funcionamiento del aplicativo**

**SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES
AMBIENTALES VERSIÓN: 1.0**

INDICE

1.INTRODUCCIÓN	93
SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES AMBIENTALES	93
APP LUTTETECH.....	93
2.Requisitos del Sistema	93
2.1 Inicio de Sesión	94
3.Pantalla Principal (Dashboard)	95
3.1 Estado del Sistema.....	95
4.1 pH del Agua.....	96
4.2 Conductividad Eléctrica (EC).....	96
4.3 Sólidos Disueltos Totales (TDS).....	96
4.4 Temperatura	97
4.5 Nivel de Agua	97
4.6 Humedad del Aire	97
5.Control de la Bomba Sumergible.....	97
6.Barra de Navegación Inferior	98
7.Alertas del Sistema	101

1. Introducción

El presente Manual de Usuario tiene como finalidad guiar al usuario en el uso correcto de la aplicación móvil LettuTech, desarrollada como parte del prototipo de un sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales para la producción de lechuga en la hacienda “La Hilda” esta aplicación nos permite visualizar en tiempo real las condiciones del cultivo y controlar ciertos elementos del sistema, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia productiva.

Este manual está dirigido a productores, técnicos y estudiantes que interactúan con el sistema hidropónico, sin necesidad de conocimientos avanzados en informática.

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES AMBIENTALES APP LUTTETECH

2. Requisitos del Sistema

Para el correcto funcionamiento de esta aplicación llamada LettuTech, se requiere:

Un Teléfono inteligente con sistema operativo Android.

Como requisito mínimo que sea Android compatible con Android Studio.

Conexión activa con el prototipo del sistema hidropónico.

Sensores instalados y operativos:

- Sensor de pH
- Sensor de conductividad eléctrica (EC)
- Sensor TDS
- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad del aire
- Sensor de nivel de agua
- Bomba sumergible conectada al sistema de control.

2.1 Inicio de Sesión

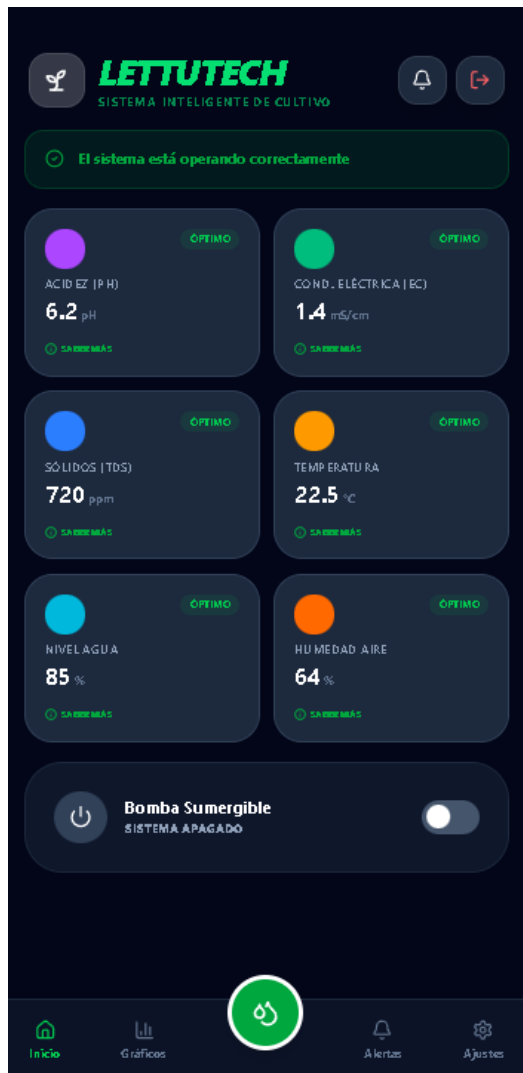


Acceso a la Aplicación

Pantalla de Inicio de Sesión

1. Al abrir la aplicación LettuTech, se muestra la pantalla de inicio de sesión. En esta interfaz, el usuario debe ingresar sus credenciales para acceder al sistema.
2. Campos disponibles:
3. Usuario o correo electrónico
4. Contraseña
5. Opciones adicionales:
6. Botón “Entrar al Sistema”: permite acceder a la aplicación.
7. Opción “¿No tienes cuenta? Registrarse”: redirige al formulario de registro.
8. Opción de cambio de idioma (English Version).
9. Opción de cambio de tema (Modo claro).

3. Pantalla Principal (Dashboard)



Una vez iniciada la sesión, el usuario accede a la pantalla principal de la aplicación, donde se visualiza el estado general del sistema hidropónico.

3.1 Estado del Sistema

En la parte superior se muestra un mensaje de estado, indicando si el sistema se encuentra operando correctamente.

Ejemplo:

“El sistema está operando correctamente”

Este mensaje permite verificar rápidamente el funcionamiento general del prototipo.

4. Monitoreo de Variables Ambientales

La pantalla principal presenta tarjetas informativas con las variables medidas por los sensores instalados en el sistema hidropónico. Cada tarjeta indica el valor actual y su estado.

4.1 pH del Agua



Muestra el valor actual del pH.

Indica el estado del parámetro (Óptimo).

Permite verificar si el pH es adecuado para el cultivo de lechuga.

4.2 Conductividad Eléctrica (EC)



Muestra la conductividad eléctrica en mS/cm.

Refleja la concentración de sales nutritivas en la solución.

Indica si el valor es óptimo para el desarrollo del cultivo.

4.3 Sólidos Disueltos Totales (TDS)



Presenta el valor de TDS en ppm.

Ayuda a controlar la cantidad de nutrientes disueltos en el agua.

4.4 Temperatura



Muestra la temperatura ambiental en grados Celsius.

Permite verificar si el ambiente es adecuado para el crecimiento de la lechuga.

4.5 Nivel de Agua



Indica el nivel de agua en porcentaje.

Permite controlar la disponibilidad de solución nutritiva en el sistema.

4.6 Humedad del Aire



Presenta el porcentaje de humedad relativa del ambiente.

Ayuda a mantener condiciones favorables para el cultivo.

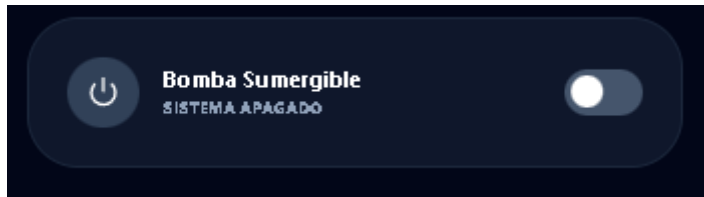
Todas las variables muestran un indicador visual de estado, facilitando su interpretación.

5. Control de la Bomba Sumergible

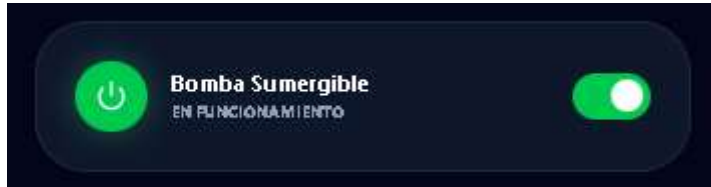
En la parte inferior de la pantalla principal se encuentra el módulo de control de la bomba sumergible.

Funciones:

Encender la bomba sumergible.



Apagar la bomba sumergible.



El estado de la bomba se muestra claramente como:

Sistema encendido

Sistema apagado

Este control permite gestionar la circulación de la solución nutritiva dentro del sistema hidropónico.

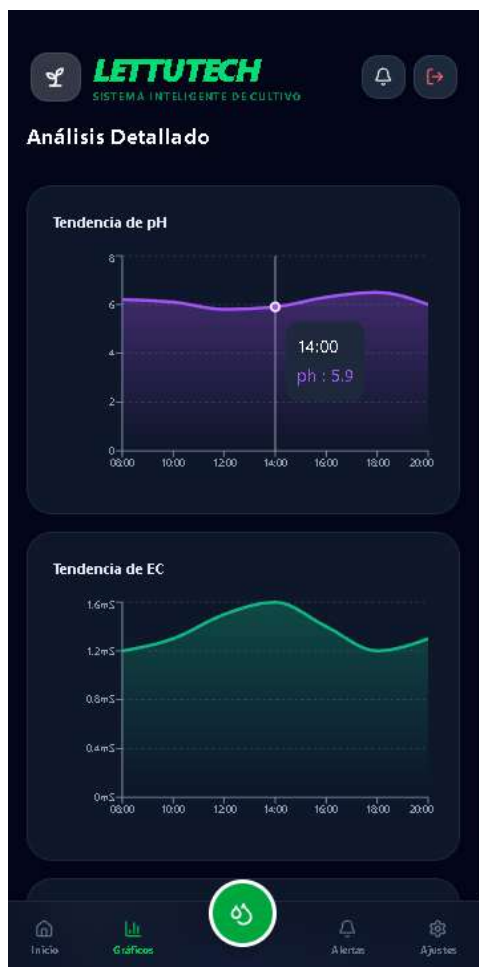
6. Barra de Navegación Inferior

La aplicación cuenta con una barra de navegación ubicada en la parte inferior de la pantalla, que permite acceder a las diferentes secciones del sistema:

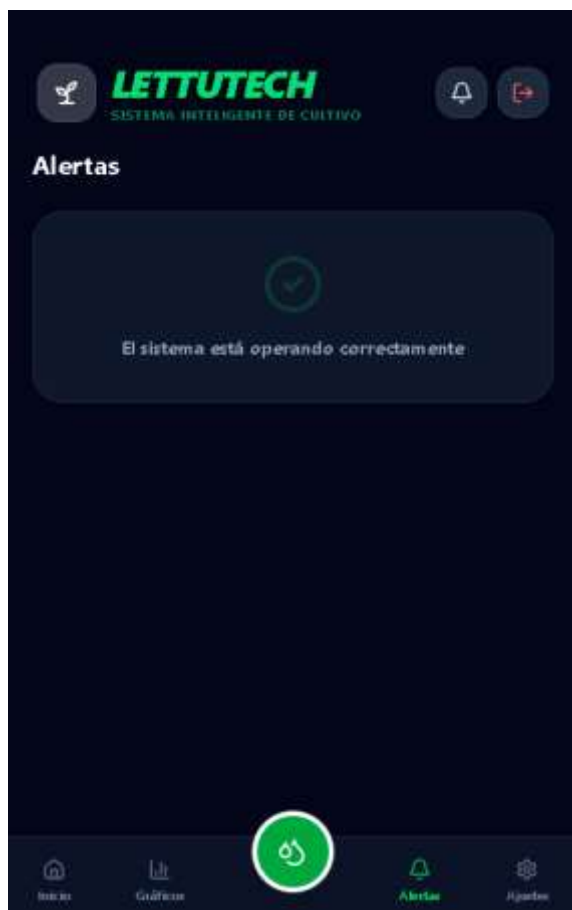
Inicio: visualización general del sistema y variables.



Gráficos: muestra la evolución histórica de las variables monitoreadas.



Alertas: notificaciones sobre valores fuera de rango.



Ajustes: configuración general de la aplicación.



7. Alertas del Sistema

La aplicación LettuTech está diseñada para generar alertas cuando alguna variable se encuentra fuera de los rangos óptimos establecidos para el cultivo de lechuga. Estas alertas permiten al usuario actuar de manera oportuna y prevenir posibles afectaciones al cultivo.



Esta navegación facilita el acceso rápido a las funciones principales.

8. Buenas Prácticas de Uso

1. Verificar periódicamente el estado de los sensores.
2. Revisar los valores mostrados antes de realizar ajustes manuales.
3. Mantener el dispositivo móvil con suficiente batería.
4. Asegurar una correcta conexión entre la aplicación y el prototipo.

9. Cierre del Sistema

Para cerrar sesión, el usuario puede utilizar el ícono correspondiente ubicado en la parte superior de la aplicación. Se recomienda cerrar sesión una vez finalizado el monitoreo para garantizar la seguridad de la información.



10. Conclusión

El Manual de Usuario de la aplicación LettuTech proporciona una guía clara y sencilla para el manejo del prototipo de sistema hidropónico con monitoreo de variables ambientales. El uso adecuado de la aplicación contribuye a optimizar la producción de lechuga en la hacienda “La Hilda”, permitiendo un control eficiente, seguro y tecnológico del cultivo.