



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

Trabajo de Integración Curricular  
previa la obtención del Grado  
Académico de Ingeniero/a en  
Telemática.

**Proyecto de Investigación:**

**SISTEMA TELEMÁTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE INVERNADEROS DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO CAMPUS "LA MARÍA"**

**Autor:**

SHIRLEY STEFANIA CASQUETE MENÉNDEZ

**Director de Proyecto de Investigación:**

Ing. MORÁN CABEZAS ANTHONY LIMBER, Msc

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador.**

**2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS



Yo, **Casquete Menéndez Shirley Stefania**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o certificación profesional; y, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Shirley Menéndez', is positioned above the signature line.

f. \_\_\_\_\_  
**Casquete Menéndez Shirley Stefania**  
**C.C: 0940801293**

## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



El suscrito, **Ing. Morán Cabezas Anthony Limber.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Casquete Menéndez Shirley Stefania**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado **SISTEMA TELEMÁTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE INVERNADEROS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO CAMPUS “LA MARÍA”**. previo a la obtención del título de Ingeniería en Telemática, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

ANTHONY  
LIMBER  
MORAN  
CABEZAS

Firmado digitalmente  
por ANTHONY LIMBER  
MORAN CABEZAS  
Fecha: 2023.11.08  
09:43:04 -05'00'

---

**Ing. Morán Cabezas Anthony Limber. Msc**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Yo, **Ing. Morán Cabezas Anthony Limber**, en calidad de director del Proyecto de Investigación titulado: **SISTEMA TELEMÁTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE INVERNADEROS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO CAMPUS “LA MARÍA.”**, me permito manifestar a usted y por medio del Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, el estudiante: **Casquete Menéndez Shirley Stefania**, egresado de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, por lo que tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti-plagio con un porcentaje de 1%.

**ANTHONY  
LIMBER MORAN  
CABEZAS**

Firmado digitalmente  
por ANTHONY LIMBER  
MORAN CABEZAS  
Fecha: 2023.11.08  
09:44:17 -05'00'

---

**Ing. Morán Cabezas Anthony Limber, Msc**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Anthony Limber Morán Cabezas. Msc**, mediante el presente cumpro en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**SISTEMA TELEMÁTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE INVERNADEROS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO CAMPUS LA MARÍA**” Presentado por el estudiante **Casquete Menéndez Shirley Stefania**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 99.% y similitud 1%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



### Document Information

Analyzed document	TESIS Invernadero (1) (1) (1).pdf (D178054617)
Submitted	2023-11-07 18:06:00
Submitted by	Anthony Limber Moran Cabezas
Submitter email	amoranc5@uteq.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	amoranc5.uteq@analysis.arkund.com

ANTHONY  
LIMBER MORAN  
CABEZAS

Firmado digitalmente  
por ANTHONY LIMBER  
MORAN CABEZAS  
Fecha: 2023.11.07  
23:13:08 -05'00'

**Ing. Anthony Morán Cabezas, MSc.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**INGENIERA EN TELEMÁTICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

Sistema Telemático Para El Control Y Monitoreo De Invernaderos De La Universidad  
Técnica Estatal De Quevedo Campus “La María”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Telemática.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:  
**NESTOR RAFAEL**  
**SALINAS BUESTAN**

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Néstor Salinas Buestan, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**PAOLA MARIBEL**  
**BENITEZ NAVARRETE**

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Paola Benítez Navarrete, MSc.

Diego Fernando  
Intriago Rodríguez

Firmado digitalmente por Diego  
Fernando Intriago Rodríguez  
Fecha: 2023.11.09 07:27:40  
-05'00'

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Intriago Rodríguez Diego, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi camino hacia el logro de esta meta. En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por su inquebrantable apoyo y amor incondicional. Sus palabras de aliento y su presencia constante han sido mi motor durante este viaje.

También quiero reconocer a mis amigos y compañeros de estudios por compartir conmigo risas, desafíos y momentos inolvidables. Su camaradería y apoyo mutuo han convertido esta travesía en una experiencia valiosa y enriquecedora.

Un agradecimiento especial va para mis profesores, cuya dedicación y pasión por enseñar han sido inspiradoras. Gracias por compartir su conocimiento y por desafiarme a alcanzar mi máximo potencial.

También y más importante, agradecer a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por brindarme una educación de calidad y por proporcionarme las herramientas necesarias para crecer académicamente.

Por último, agradezco a Dios por guiarme en este camino y por permitirme alcanzar esta etapa de mi vida. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi camino y les estoy profundamente agradecido por ello.

*"La peor lucha es la que no se hace."*

- Karl Marx

## **DEDICATORIA**

Agradezco de corazón a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino. Gracias por su amor constante, paciencia incansable y motivación sin límites. Este logro es tan suyo como mío, y no habría sido posible sin su constante aliento.

Mi más profundo agradecimiento al director de esta tesis, el Ingeniero Morán Cabezas Anthony Limber, Msc. Su orientación experta, dedicación incansable y sabios consejos han sido la brújula que ha guiado este proceso de investigación hacia el éxito. Su mentoría ha sido una luz en el camino.

A cada uno de mis profesores y profesoras, les estoy agradecido por compartir sus conocimientos y experiencias en cada etapa de mi formación académica. Han contribuido no solo a mi crecimiento profesional, sino también a mi crecimiento personal.

A mis amigos y compañeros de estudio, gracias por ser mi red de apoyo en los momentos desafiantes y por celebrar juntos los logros. Su compañía y palabras de ánimo han sido un motor fundamental en mi travesía.

Mi gratitud también se extiende a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por proporcionarme las herramientas y el ambiente propicio para llevar a cabo este proyecto de investigación. Su compromiso con la educación es un faro en la búsqueda del conocimiento.

Por último, dedico este trabajo a aquellos que buscan constantemente nuevas formas de mejorar la experiencia de compra en supermercados. Espero que este proyecto contribuya al avance de la industria y aporte soluciones que beneficien a la comunidad en general. Juntos, seguimos construyendo un futuro más innovador.

## **RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES**

Este proyecto se centra en la mejora de la gestión agrícola en invernaderos mediante la aplicación de tecnologías avanzadas. El objetivo general es desarrollar un sistema telemático que utilice redes de baja potencia y un framework adecuado para optimizar la gestión de los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Para lograr esto, se plantean objetivos específicos que incluyen la identificación de los requisitos de monitoreo y control de variables ambientales, la implementación de una infraestructura de red telemática, y el desarrollo de una interfaz de usuario intuitiva. Se emplearán sensores y tecnología IoT para recopilar datos ambientales y permitir la toma de decisiones basadas en información en tiempo real.

Palabras clave: Cultivos Hidropónicos, Invernaderos inteligentes, Monitoreo ambiental, Sensores, Monitoreo agrícola e Internet de las cosas (IoT).

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

This project focuses on enhancing agricultural management in greenhouses through the application of advanced technologies. The general objective is to develop a telematic system using low-power networks and a suitable framework to optimize the management of the greenhouses at the 'La María' Campus of the Technical State University of Quevedo. To achieve this, specific objectives are set, including the identification of requirements for monitoring and controlling environmental variables, the implementation of a telematic network infrastructure, and the development of an intuitive user interface. Sensors and IoT technology will be used to collect environmental data and enable real-time data-driven decision-making.

**Keywords:** Hydroponics, Smart Greenhouses, Environmental Monitoring, Sensors, Agricultural Automation, Internet of Things (IoT).

## TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES.....	ix
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLA .....	xviii
CÓDIGO DUBLÍN .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Problema de investigación.....	4
1.1.1 Planteamiento del problema.....	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	5
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.1.3 Sistematización del problema.....	6
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3 Justificación.....	7
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1 Marco conceptual.....	9
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	9
2.1.1.1 “Implementación de un sistema de monitoreo y control para invernaderos utilizando tecnologías IoT con ESP32”.....	9
2.1.1.2 "Evaluación del uso del módulo ESP32 en la agricultura de precisión: estudio de caso en una finca de banano en Ecuador". .....	9
2.1.2 Investigaciones nacionales.....	9

2.1.2.1	"Desarrollo de un sistema telemático para el monitoreo y control de variables micro ambientales en invernaderos de la provincia de Manabí".....	9
2.1.2.2	"Aplicación de la e-agricultura en el sector bananero del Ecuador: estudio de caso en la provincia de Los Ríos".....	10
2.2	Marco referencial.....	10
2.2.1	<i>Tecnología ESP32 para control y gestión remota de invernaderos.</i> .....	10
2.2.1.1	<i>Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas.</i>	11
2.2.1.2	<i>Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola.</i>	11
2.2.1.3	<i>Aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del Río Paute.</i> .....	12
2.2.1.4	<i>Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos.</i> .....	12
2.2.1.5	<i>Diseño de sistema multiplataforma innovador para el monitoreo y control de variables micro ambientales de un invernadero y una estación acuícola, aplicando e-agricultura.</i> .....	13
2.2.2	<i>Internet de las cosas (IoT)</i> .....	13
2.2.2.1	<i>¿Cómo funciona el internet de las cosas?</i> .....	14
2.2.2.2	<i>Posibilidades que permite el IoT en la agricultura</i> .....	14
2.2.3	<i>Firestore: ¿qué es, para qué sirve?</i> .....	15
2.2.3.1	<i>Realtime Database Con Firestore</i> .....	15
2.2.4	<i>Conexión ESP32 Con Firestore</i> .....	16
2.2.4.1	<i>Paso 1: Configuración de Firestore</i> .....	16
2.2.4.2	<i>Paso 2: Configuración del ESP32</i> .....	17
2.2.4.3	<i>Paso 3: Prueba la conexión</i> .....	19
2.2.5	<i>Android Studio</i> .....	20
2.2.6	<i>Monitoreo y control en cultivos hidropónicos</i> .....	21
2.2.6.1	<i>Calidad del agua en Hidroponía</i> .....	21
2.2.6.2	<i>Riego hidropónico</i> .....	23
2.2.7	<i>¿Qué sensores son importantes para un invernadero inteligente?</i> .....	23
2.2.7.1	<i>Sensor de temperatura</i> .....	23
2.2.7.2	<i>Sensor de pH</i> .....	24
2.2.7.3	<i>Sensor de nivel de agua</i> .....	24
2.2.7.4	<i>Sensor de Turbidez</i> .....	25

2.2.7.5	<i>Microcontrolador</i> .....	25
2.2.8	<i>Cultivos sin tierra: la hidroponía.</i> .....	26
2.2.8.1	<i>Uso Eficiente de Recursos.</i> .....	26
2.2.8.2	<i>Cultivo en Cualquier Lugar.</i> .....	27
2.2.8.3	<i>Mayor Control de Condiciones.</i> .....	27
2.2.8.4	<i>Calidad de los Cultivos.</i> .....	27
2.2.9	<i>Control de variables ambientales en invernaderos para la producción de hortalizas</i> .....	27
2.2.9.1	<i>Creación de Condiciones Ambientales Adecuadas.</i> .....	27
2.2.9.2	<i>Producción en Contra-Estación.</i> .....	27
2.2.9.3	<i>Mejora de la Calidad del Producto.</i> .....	28
2.3	<b>Marco Legal</b> .....	28
2.3.1	<i>Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable.</i> .....	28
2.3.2	<i>Establecimiento y explotación de redes</i> .....	28
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....		29
3.1	<b>Localización.</b> .....	30
3.2	<b>Tipo de investigación.</b> .....	31
3.2.1	<i>Investigación experimental.</i> .....	31
3.2.2	<i>Investigación descriptiva.</i> .....	31
3.2.3	<i>Investigación aplicada.</i> .....	31
3.3	<b>Métodos de investigación.</b> .....	31
3.4	<b>Fuentes de recopilación de información.</b> .....	31
3.5	<b>Diseño de la investigación.</b> .....	32
	<b>Fase 1: Revisión de literatura y marco teórico.</b> .....	32
3.6	<b>Instrumentos de Investigación.</b> .....	33
3.7	<b>Tratamiento de los datos.</b> .....	33
3.8	<b>Recursos humano y materiales.</b> .....	34
3.8.1	<i>Recursos humanos:</i> .....	34
3.8.2	<i>Recursos materiales:</i> .....	34
3.8.3	<i>Recursos financieros:</i> .....	35
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		36
4.1	<b>Selección y verificación</b> .....	37

4.1.1	<i>Selección del hardware</i> .....	37
4.1.1.1	<i>Tecnologías inalámbricas</i> .....	37
4.1.1.2	<i>Comparativa Inalámbricas ESP32</i> .....	38
4.2	<b>Ubicación y Practicas realizadas del proyecto.</b> .....	40
4.2.1	<i>Visita al Invernadero en el campus.</i> .....	40
4.2.2	<i>Prácticas en casa.</i> .....	40
4.2.2.1	<i>Practica y calibrado de la sonda de temperatura.</i> .....	40
4.2.2.2	<i>Calibración del sensor ultrasónico.</i> .....	41
4.3	<b>Diagrama de funcionamiento.</b> .....	41
4.4	<b>Sensores.</b> .....	42
4.4.1	<i>Conexiones</i> .....	42
4.4.2	<i>ESP32</i> .....	42
4.4.3	<i>Plataforma en la nube</i> .....	42
4.4.4	<i>Toma de corriente</i> .....	43
4.5	<b>Entrenamiento de la base de datos en Firebase.</b> .....	43
4.6	<b>Desarrollo de la aplicación.</b> .....	44
4.6.1	<i>Creación del proyecto</i> .....	44
4.6.1.1	<i>Consideración del Lenguaje de Programación</i> .....	44
4.6.1.2	<i>Definición de Objetivos y Alcance del Proyecto</i> .....	44
4.6.1.3	<i>Planificación y Recursos</i> .....	45
4.6.1.4	<i>Selección de Herramientas y Tecnologías</i> .....	45
4.6.1.5	<i>Definición de la Arquitectura Básica</i> .....	45
4.6.2	<i>Diseño de la aplicación</i> .....	45
4.6.2.1	<i>Interfaz General</i> .....	46
4.6.2.2	<i>Interfaz de Temperatura</i> .....	46
4.6.2.3	<i>Interfaz de Turbidez</i> .....	47
4.6.2.4	<i>Interfaz de pH</i> .....	48
4.6.2.5	<i>Interfaz de Nivel de Agua</i> .....	48
4.6.3	<i>Creación del proyecto en Firebase</i> .....	49
4.6.3.1	<i>Justificación de la Elección de Firebase</i> .....	49
4.6.3.2	<i>Creación del Proyecto en Firebase</i> .....	49
4.6.3.3	<i>Estructura de la Base de Datos en Firebase</i> .....	50

4.6.4	<i>Programación y backend</i> .....	50
4.6.4.1	<i>Codificación en Java</i> .....	50
4.6.4.2	<i>Clase Base para Fragmentos</i> .....	51
4.6.4.3	<i>Dinámica de las Interfases</i> .....	51
4.6.5	<i>Creación de la base de datos realtime en Firebase</i> .....	51
4.6.5.1	<i>Diseño de la Estructura de la Base de Datos</i> .....	52
4.6.5.2	<i>Variables Ambientales en la Base de Datos</i> .....	52
4.6.5.3	<i>Almacenamiento en Tiempo Real</i> .....	53
4.6.5.4	<i>Seguridad y Acceso Controlado</i> .....	53
4.6.6	<i>Integración de Firebase con Android Studio</i> .....	53
4.6.6.1	<i>Registro de la Aplicación en Firebase</i> .....	53
4.6.6.2	<i>Implementación de Firebase en Android Studio</i> .....	53
4.6.6.3	<i>Instanciación del Servicio de Firebase</i> .....	54
4.6.6.4	<i>Recepción de Datos en Tiempo Real</i> .....	55
4.6.7	<i>Verificación del funcionamiento</i> .....	55
4.7	<b>Desarrollo del circuito para el ESP32 y su sensorización</b> .....	56
4.7.1	<i>Medición del Nivel de Agua en los Tanques</i> .....	57
4.7.2	<i>Monitoreo del pH</i> .....	57
4.7.3	<i>Turbidez del Agua</i> .....	57
4.7.4	<i>Medición de Temperatura</i> .....	57
4.8	<b>Resultados y Conclusiones Preliminares</b> .....	58
4.8.1	<i>Integración con Firebase</i> .....	58
4.8.2	<i>Estabilidad de la Conexión</i> .....	58
4.8.3	<i>Cumplimiento de Objetivos</i> .....	59
4.8.4	<i>Validación Preliminar</i> .....	59
<b>CAPÍTULO V DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		60
5.1	<b>Conclusiones</b> .....	61
5.2	<b>Recomendaciones</b> .....	61
<b>CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFIA</b> .....		62
Referencias.....		63
<b>CAPÍTULO VII ANEXOS</b> .....		66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1</b>	Termohigrómetro instalado entre las plantas para su monitoreo.....	11
<b>Ilustración 2</b>	Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables ambientales.	12
<b>Ilustración 3</b>	Dispositivo de campo conectado a sensores para invernaderos.....	13
<b>Ilustración 4</b>	Creación de cuenta de Firebase.....	16
<b>Ilustración 5</b>	Creación de un proyecto de ejemplo en Firebase. ....	16
<b>Ilustración 6</b>	Configuración del Firebase.....	17
<b>Ilustración 7</b>	Credenciales de Firebase para la conexión deESP32. ....	17
<b>Ilustración 8</b>	Importación de librerías en Arduino IDE. ....	18
<b>Ilustración 9</b>	Buscamos un ejemplo de ESP32 en Arduino IDE.....	18
<b>Ilustración 10</b>	Interfaz de Arduino IDE. ....	19
<b>Ilustración 11</b>	Consola del Arduino IDE.....	19
<b>Ilustración 12</b>	Interfaz de la consola de Firebase.....	20
<b>Ilustración 13</b>	Interfaz de Android Studio.....	20
<b>Ilustración 14</b>	Riego localizado usando solución nutritiva Hydro Environment para hortalizas. .....	22
<b>Ilustración 15</b>	El rango de los valores de pH para la asimilación del nutriente. ....	22
<b>Ilustración 16</b>	Sensor de temperatura para ambiente hidropónico. ....	24
<b>Ilustración 17</b>	Sensor de pH para ambiente hidropónico. ....	24
<b>Ilustración 18</b>	Sensor de nivel de agua para ambiente hidropónico.....	25
<b>Ilustración 19</b>	Sensor de Turbidez para ambiente hidropónico.....	25
<b>Ilustración 20</b>	Microcontrolador ESP32 empleado para integrar los sensores de invernaderos. .....	26
<b>Ilustración 21</b>	Cultivo de lechuga en ambiente hidropónico.....	26
<b>Ilustración 22</b>	Dispositivo de monitoreo de variables ambientales (radiación solar, temperatura y humedad relativa) en invernaderos en tomate. ....	28
<b>Ilustración 23</b>	Mapa del campus "La María" de la UTEQ. ....	30
<b>Ilustración 24</b>	Invernadero de Hidroponía en el campus "La María". ....	30
<b>Ilustración 25</b>	Laboratorio en casa con el sensor de temperatura. ....	40
<b>Ilustración 26</b>	Laboratorio en casa con el sensor Ultrasónico. ....	41
<b>Ilustración 27</b>	Diagrama del funcionamiento del proyecto "HydroLink".....	42
<b>Ilustración 28</b>	Prácticas realizadas con la base de datos de Firebase.....	44
<b>Ilustración 29</b>	Creación del proyecto en Android Studio.....	45

<b>Ilustración 30</b>	Diseño de la interfaz General de la aplicación.....	46
<b>Ilustración 31</b>	Diseño de la interfaz de monitoreo de temperatura de la aplicación. ....	47
<b>Ilustración 32</b>	Diseño de la interfaz de monitoreo de turbidez de la aplicación. ....	47
<b>Ilustración 33</b>	Diseño de la interfaz de monitoreo de pH de la aplicación. ....	48
<b>Ilustración 34</b>	Diseño de la interfaz de monitoreo de nivel de agua de la aplicación. ..	49
<b>Ilustración 35</b>	Creación del proyecto en Firebase de Google. ....	50
<b>Ilustración 36</b>	Programación dinámica de las interfaces de cada fragment para cada layout de la aplicación.....	51
<b>Ilustración 37</b>	Creación de las variables en la database en tiempo real en Firebase.....	52
<b>Ilustración 38</b>	Implementaciones en el gradle del proyecto para utilizar la realtime databse de Firebase.....	54
<b>Ilustración 39</b>	Codificación de cada instancia de variable en el caso de datos fluctuantes. ....	54
<b>Ilustración 40</b>	Codificación de cada apartado para cada variable en la base de datos de firebase y representarla en Android Studio. ....	55
<b>Ilustración 41</b>	Cambio de datos y verificación en tiempo real de envío a la aplicación.	56
<b>Ilustración 42</b>	Practicadas realizadas del circuito con el ESP32 y los demás sensores en casa. ....	58
<b>Ilustración 43</b>	Proyecto Final ejecutado en el Invernadero de Hidroponía del campus “La María”.....	59
<b>Ilustración 44</b>	Prograamcion de la aplicacion Hydro-Link.....	67
<b>Ilustración 45</b>	Minibase de datos en Google Firebase para elenlace de datos entre el ESP32 y la app.....	67
<b>Ilustración 46</b>	Placa ESP32 utilizada para el proyecto. ....	68
<b>Ilustración 47</b>	Sonda de temperatura utilizada.....	68
<b>Ilustración 48</b>	Sensor de pH del agua antes de ser calibrado para el proyecto. ....	69
<b>Ilustración 49</b>	Sensor de turbidez utilizado en el proyecto. ....	69
<b>Ilustración 50</b>	Sensor ultrasónico para el proyecto. ....	71
<b>Ilustración 51</b>	Interfaz del sensor de temperatura de la App Hydro-Link. ....	71
<b>Ilustración 52</b>	Back-end de la interfaz de temperatura del proyecto Hydro Link.....	72
<b>Ilustración 53</b>	Interfaz del sensor de turbidez de la App Hydro-Link. ....	72
<b>Ilustración 54</b>	Back-end de la interfaz Turbidez del proyecto Hydro Link. ....	73
<b>Ilustración 55</b>	Interfaz del sensor de pH de la App Hydro-Link.....	73

<b>Ilustración 56</b> Back-end de la interfaz de pH del proyecto Hydro Link..	74
<b>Ilustración 57</b> Interfaz del sensor proximidad que mide el nivel de agua de la App Hydro-Link.....	74
<b>Ilustración 58</b> Back-end de la interfaz del nivel de agua del proyecto Hydro Link..	75
<b>Ilustración 59</b> Interfaz del menú principal de la App Hydro-Link. ....	75
<b>Ilustración 60</b> Back-end de la interfaz del menú principal del proyecto Hydro Link...	76
<b>Ilustración 61</b> Caja de integración del ESP32 y los sensores en el invernadero.....	76

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1</b> Ventajas y aplicaciones de la tecnología IOT. ....	14
<b>Tabla 2</b> Comparativa entre ESP32, LoRaWAN y Raspberry Pi. ....	37
<b>Tabla 3</b> Comparativa entre tecnologías inalámbricas para ESP32.. ....	38

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	Desarrollo De Un Sistema Telemático Para El Control De Invernaderos De La Universidad Técnica Estatal De Quevedo Campus “La María”.		
<b>Autores:</b>	Casquete Menéndez Shirley Stefania		
<b>Palabras clave:</b>	Cultivos Hidropónicos	Invernaderos inteligentes	Monitoreo ambiental
	Sensores	Monitoreo agrícola	Internet de las cosas (IoT)
<b>Fecha de publicación:</b>	10 de noviembre de 2023		
<b>Editorial:</b>	Universidad Técnica Estatal de Quevedo		
<b>Resumen:</b>	<p>Este proyecto se centra en la mejora de la gestión agrícola en invernaderos mediante la aplicación de tecnologías avanzadas. El objetivo general es desarrollar un sistema telemático que utilice redes de baja potencia y un framework adecuado para optimizar la gestión de los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Para lograr esto, se plantean objetivos específicos que incluyen la identificación de los requisitos de monitoreo y control de variables ambientales, la implementación de una infraestructura de red telemática, y el desarrollo de una interfaz de usuario intuitiva. Se emplearán sensores y tecnología IoT para recopilar datos ambientales y permitir la toma de decisiones basadas en información en tiempo real.</p>		
<b>Abstract:</b>	<p>This project focuses on enhancing agricultural management in greenhouses through the application of advanced technologies. The general objective is to develop a telematic system using low-power networks and a suitable framework to optimize the management of the greenhouses at the 'La María' Campus of the Technical State University of Quevedo. To achieve this, specific objectives are set, including the identification of requirements for monitoring and controlling environmental variables, the implementation of a telematic network infrastructure, and the development of an intuitive user interface. Sensors and IoT technology will be used to collect environmental data and enable real-time data-driven decision-making.</p>		
<b>Descripción:</b>	97 hojas: dimensiones 21,6 x 27,9 cm		
<b>URI:</b>			

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el sector agrícola a nivel mundial ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por la necesidad de aumentar la productividad y garantizar la seguridad alimentaria en un contexto de crecimiento demográfico y cambio climático. En este contexto, los invernaderos han surgido como una solución eficiente y sostenible para la producción de alimentos, ya que permiten un control preciso de las condiciones ambientales y ofrecen protección contra factores adversos.

A medida que la demanda de alimentos continúa en aumento, la tecnología se ha convertido en un aliado indispensable para mejorar la productividad y eficiencia en los invernaderos. Los sistemas telemáticos han demostrado ser herramientas clave en este sentido, al proporcionar un monitoreo y control en tiempo real de los factores que influyen en el crecimiento de los cultivos. Estos sistemas permiten recopilar datos precisos sobre parámetros como la temperatura, turbidez del agua, pH, y ofrecen la posibilidad de ajustarlos de forma remota para optimizar las condiciones de crecimiento.

El proyecto se enmarca en la e-agricultura, una disciplina que busca integrar las tecnologías de la información y comunicación en la agricultura para mejorar la toma de decisiones y optimizar los recursos. Con esta iniciativa, se pretende contribuir al avance de la agricultura de precisión, permitiendo un manejo más eficiente y sostenible de los invernaderos, lo que se traduce en una mayor calidad y rendimiento de los cultivos.

El equipo de investigación estará conformado por Casquete Menéndez Shirley Stefania, bajo la dirección del Ing. Morán Cabezas Anthony Limber. La colaboración de expertos en agricultura será fundamental para garantizar la relevancia y precisión del sistema.

A continuación, se detalla un resumen de los Capítulos:

Capítulo I - Contextualización de la Investigación: En este capítulo, se aborda la problemática que motiva el proyecto de investigación sobre el control de variables ambientales en invernaderos mediante un sistema telemático. Se presenta la formulación y sistematización del problema, destacando los desafíos y limitaciones identificados en el contexto actual. Además, se exponen los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo de la investigación. Se brinda una justificación clara y fundamentada sobre la importancia y relevancia de abordar esta problemática tanto para los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo como para la agricultura en general.

Capítulo II - Fundamentación Teórica de la Investigación: En este capítulo se establece el marco teórico que sustenta el proyecto. Se exploran y analizan conceptos clave relacionados con la telemática, redes IoT con ESP32, e- agricultura y el framework Android Studio para el desarrollo de la interfaz de usuario. Se revisa la literatura científica y técnica relevante para respaldar la implementación del sistema telemático en invernaderos y se citan fuentes confiables para respaldar la fundamentación teórica del proyecto.

Capítulo III - Metodología de la Investigación: En este capítulo se detalla la metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto de investigación. Se describe el entorno donde se realizará la investigación, especificando el lugar físico y los contextos de aplicación en los invernaderos del Campus 'La María'. Se define el tipo de investigación empleado, justificando su elección en función de los objetivos planteados. Además, se exponen los métodos y técnicas utilizados para recopilar y analizar los datos, también se detallan los instrumentos utilizados, el tratamiento de los datos y los recursos materiales y humanos involucrados en el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV - Resultados y Discusión: En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo de variables ambientales en invernaderos. Se describen las configuraciones y pruebas realizadas en el circuito basado en ESP32, que incluyó la sensorización de temperatura, turbidez, pH y nivel de agua en los tanques de riego. Se destacan los logros significativos, como la correcta transmisión de datos a la plataforma Firebase y la interfaz de usuario en Android Studio.

Capítulo V - Discusión y Conclusiones: En este último capítulo, se profundiza en la discusión de los hallazgos, considerando el impacto potencial del sistema en la agricultura y la eficiencia de los invernaderos. Se analizan los resultados obtenidos a la luz de la literatura científica y se reflexiona sobre la contribución de este proyecto a la automatización agrícola y la gestión sostenible de los recursos hídricos. Además, se presentan las conclusiones derivadas de la investigación, enfatizando la viabilidad y utilidad del sistema telemático desarrollado. Se resumen los objetivos alcanzados y se señalan las áreas de mejora para futuras investigaciones. Este capítulo cierra la investigación con una visión integral de los beneficios y posibilidades que ofrece el control de variables ambientales en invernaderos mediante un enfoque telemático.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problema de investigación.**

Actualmente, en los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, no se dispone de un sistema telemático eficiente para el monitoreo y control de variables ambientales. La falta de un sistema integrado dificulta la gestión precisa y oportuna de variables críticas como temperatura, humedad, luminosidad y calidad del suelo. Además, la carencia de una plataforma centralizada para el procesamiento y almacenamiento de datos limita la capacidad de los agricultores para la toma de decisiones y realizar acciones correctivas de manera eficiente.

La falta de tecnificación en los invernaderos puede generar una serie de problemas que afectan negativamente la productividad y eficiencia de la producción agrícola. La falta de control de las condiciones ambientales, la gestión ineficiente de los recursos, la baja eficiencia en la mano de obra y la falta de datos precisos son solo algunos de los desafíos que se presentan. Por tanto, es importante desarrollar e implementar sistemas telemáticos que permitan tecnificar los invernaderos y solucionar estos problemas, optimizando así la producción.

### ***1.1.1 Planteamiento del problema.***

Los invernaderos que se encuentra en el campus “La María” no tiene nada de automatizado puesto que los cultivos son controlados de forma manual pero cuando el supervisor no se encuentra en el invernadero puede ocurrir daño en todo el trabajo previo realizado. Para solucionar esta problemática se propone el diseño de un invernadero inteligente el cual sea capaz de monitorear los principales factores que afectan al crecimiento de los cultivos.

Esta investigación busca abordar este problema al diseñar y desarrollar un sistema telemático utilizando redes de baja potencia y el framework Android Studio para el monitoreo y control de variables ambientales en el invernadero del Campus 'La María'. Cuyo sistema propuesto permitirá una gestión más eficiente y precisa de las condiciones ambientales, optimizando la producción agrícola y reduciendo el consumo de recursos.

Por lo tanto, surge la necesidad de diseñar y desarrollar un sistema telemático integral que permita la adquisición, transmisión, procesamiento y almacenamiento de datos en tiempo real, así como el control automatizado de los parámetros ambientales en el invernadero.

### **Diagnóstico.**

El diagnóstico de la situación actual en el ámbito del monitoreo y control de variables ambientales en los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo revela una falta de un sistema telemático integrado y eficiente.

La falta de tecnología y sistemas de control automatizados en los invernaderos puede resultar en fluctuaciones no deseadas en las condiciones ambientales y esto da como resultado menor calidad y rendimiento de los productos.

La ausencia de un sistema telemático efectivo dificulta la recopilación y el análisis de datos precisos sobre las condiciones ambientales y el desempeño de los cultivos en el tiempo deseado. Actualmente la falta de registros dificulta la identificación de los datos del cultivo reduciendo poder mejorar la productividad y eficiencia de los invernaderos.

La falta de tecnificación en los invernaderos puede aumentar el riesgo de enfermedades y plagas. Sin sistemas de monitoreo y control eficientes, se dificulta la detección temprana de enfermedades o infestaciones de plagas, lo que puede resultar en un mayor daño y pérdida de los cultivos.

### **Pronóstico.**

El pronóstico para la implementación de un sistema telemático utilizando tecnología IoT y el framework Android Studio en los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo es prometedor. Se espera que con la adopción de esta tecnología, se logre un monitoreo continuo y preciso de variables ambientales como temperatura, turbidez, pH, velocidad del líquido.

Esto permitirá la toma de decisiones basada en datos en tiempo real, la detección temprana de problemas y la optimización de los recursos agrícolas. Asimismo, se espera que el sistema telemático propuesto mejore la eficiencia operativa, reduzca los costos y promueva una producción agrícola más sostenible en el campus universitario.

#### ***1.1.2 Formulación del problema.***

El problema que se plantea en esta investigación es:

*¿Cómo diseñar y desarrollar un sistema telemático utilizando redes de baja potencia y un framework adecuado, que permita el monitoreo y control automatizado de variables ambientales en los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo?*

### ***1.1.3 Sistematización del problema.***

El objetivo de este proyecto busca una comprensión más profunda de los requisitos de monitoreo, las tecnologías de comunicación, la infraestructura de red y el procesamiento de datos necesarios para la implementación exitosa de un sistema de monitoreo para las zonas experimentales del campus. Mediante la resolución paso a paso de estos subproblemas, se espera lograr una solución integral que permita optimizar la gestión agrícola en los invernaderos y maximizar la utilización de recursos.

De esta manera, la sistematización del problema se formuló de la siguiente manera:

1. ¿Cuáles son los requisitos de monitoreo y control de variables ambientales en los invernaderos del campus?
2. ¿Cómo se implementará la infraestructura de red telemática basada en redes de baja potencia para la comunicación entre sensores y sistema central?
3. ¿Qué enfoque se utilizará para desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y accesible que permita el monitoreo y control de las variables ambientales del invernadero?

## **1.2 Objetivos.**

### ***1.2.1 Objetivo General.***

Con el fin de mejorar la gestión y planificación de los campus universitarios y facilitar la toma de decisiones y el diseño de proyectos de investigación y desarrollo, se determinó el siguiente objetivo general:

- Desarrollar un sistema telemático utilizando redes de baja potencia y un framework adecuado para mejorar la gestión agrícola en los invernaderos del Campus 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos.***

- Realizar un análisis exhaustivo de los requisitos específicos para el monitoreo y control de variables ambientales en los invernaderos del campus
- Implementar una infraestructura de red telemática eficiente basada en tecnologías de baja potencia para habilitar la comunicación efectiva entre los sensores ubicados en el invernadero y el sistema central de monitoreo y control.
- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y de fácil acceso que permita a los usuarios supervisar en tiempo real las variables ambientales del invernadero y controlar las acciones pertinentes.

### **1.3 Justificación.**

La agricultura desempeña un papel fundamental en el desarrollo sostenible de las sociedades, y es necesario buscar constantemente soluciones tecnológicas innovadoras que mejoren la eficiencia y la productividad de los cultivos. En este contexto, el monitoreo y control de variables ambientales en los invernaderos adquiere una importancia crucial para garantizar condiciones óptimas de crecimiento y maximizar la producción agrícola.

La implementación de un sistema telemático que utilice redes de baja potencia ofrece numerosas ventajas, como la transmisión de datos de largo alcance, el bajo consumo de energía y la capacidad de desarrollo de interfaces de usuario interactivas. Esto permite el monitoreo y control automatizado de las variables ambientales, facilitando la toma de decisiones informadas por parte de los agricultores y la implementación de acciones correctivas de manera oportuna.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en su Campus 'La María', cuenta con invernaderos que representan un entorno ideal para implementar esta solución tecnológica.

Por lo tanto, este proyecto aborda la necesidad de diseñar y desarrollar un sistema telemático que permita el monitoreo y control de los invernaderos del Campus 'La María'. Al lograr esto, se espera mejorar la gestión agrícola en la universidad, optimizando el uso de los recursos, aumentando la productividad de los cultivos y promoviendo prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.

#### **1.3.1 Propósito del estudio de la problemática**

El propósito de este estudio es desarrollar un sistema telemático con la tecnología de redes de baja potencia para automatizar en tiempo real los invernaderos en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus "La María". El objetivo principal es desarrollar un sistema telemático cubriendo las necesidades, utilizando redes de baja potencia y un framework adecuado para mejorar la gestión agrícola en los invernaderos del Campus 'La María' con el fin de facilitar a los agricultores control y monitoreo de sus cultivos.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

## **2.1 Marco conceptual.**

El marco conceptual proporciona un conjunto de conceptos teóricos y fundamentos relevantes que respaldan y contextualizan la investigación propuesta. En este estudio, se abordan conceptos relacionados con la telemática, redes IoT con ESP32 la agricultura de precisión, variables ambientales y el uso del framework Android Studio. Además, se explorarán teorías y modelos que respalden la implementación de sistemas telemáticos para el monitoreo y control en invernaderos, así como las ventajas y aplicaciones de la e-agricultura en la optimización de la producción agrícola.

### ***2.1.1 Investigaciones internacionales.***

#### **2.1.1.1 “Implementación de un sistema de monitoreo y control para invernaderos utilizando tecnologías IoT con ESP32”.**

En este estudio, se llevó a cabo la implementación de un sistema de monitoreo y control para invernaderos utilizando tecnología IoT con ESP32. Los investigadores realizaron pruebas y evaluaron el rendimiento de la tecnología en la transmisión de datos de variables ambientales en tiempo real. El estudio proporciona información sobre la configuración del sistema, los sensores utilizados y los resultados obtenidos en términos de eficiencia y precisión del monitoreo. [1]

#### **2.1.1.2 "Evaluación del uso del módulo ESP32 en la agricultura de precisión: estudio de caso en una finca de banano en Ecuador".**

En esta investigación se evaluó el uso de las redes ESP32 en la agricultura de precisión, centrándose en un estudio de caso en una finca de banano en Ecuador. Como investigador se analizaron los beneficios de la tecnología IoT que ofrece ESP32 en términos de ahorro de costos y eficiencia en la transmisión de datos de variables ambientales. El estudio ofrece conclusiones sobre la viabilidad y aplicabilidad de la tecnología IoT con ESP32 en la agricultura de precisión en Ecuador. [2]

### ***2.1.2 Investigaciones nacionales.***

#### **2.1.2.1 "Desarrollo de un sistema telemático para el monitoreo y control de variables micro ambientales en invernaderos de la provincia de Manabí".**

En este estudio realizado en la provincia de Manabí, se desarrolló un sistema telemático para el monitoreo y control de variables microambientales en invernaderos. El investigador diseñó una solución utilizando la tecnología que ofrece ESP32 y otros sensores especializados, y evaluó su

funcionalidad y efectividad en condiciones reales. El estudio proporciona información detallada sobre la implementación del sistema y los resultados obtenidos. [3]

### **2.1.2.2 "Aplicación de la e-agricultura en el sector bananero del Ecuador: estudio de caso en la provincia de Los Ríos".**

En esta investigación, se examinó la aplicación de la e-agricultura en el sector bananero de Ecuador, específicamente en la provincia de Los Ríos. El autor analizó casos de estudio y recolectó información sobre el uso de tecnologías digitales en la cadena de producción bananera, como la monitorización remota, el control automatizado y la gestión de datos. El estudio brinda una visión general de la implementación de la e-agricultura y sus impactos en el sector bananero. [4]

## **2.2 Marco referencial.**

El marco referencial de investigación consiste en revisar y citar estudios previos, investigaciones, artículos científicos y fuentes académicas relevantes que aborden temas relacionados con el sistema telemático propuesto, el monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos y el uso de redes IoT con ESP32 y El framework Android Studio en la agricultura. Se busca analizar investigaciones y proyectos similares para identificar las prácticas más eficientes y las lecciones aprendidas en el desarrollo e implementación de sistemas similares. El referencial servirá como base para fundamentar la importancia y relevancia de la investigación propuesta y para establecer comparaciones y contrastes con los hallazgos existentes en la literatura científica.

### ***2.2.1 Tecnología ESP32 para control y gestión remota de invernaderos.***

La tecnología IoT que ESP32 ofrece ventajas significativas para la agricultura, ya que su bajo consumo de energía permite una mayor duración de las baterías utilizadas en los dispositivos de monitoreo. Además, al no depender de la conexión a Internet o a la red eléctrica, se puede implementar en áreas rurales o remotas sin acceso fácil a infraestructura de comunicación. [5]

***Ilustración 1***  
*Termohigrómetro instalado entre las plantas para su monitoreo.*



#### ***2.2.1.1 Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas.***

El sistema desarrollado consiste en una plataforma web y una aplicación móvil, que permiten a los agricultores acceder a la información y programar actividades relacionadas con sus cultivos de forma remota. Esto les brinda mayor comodidad y flexibilidad en la gestión de sus tareas agrícolas, al tiempo que optimiza el uso de los recursos disponibles.

Los resultados obtenidos del proyecto demuestran que las aplicaciones basadas en internet y dispositivos móviles pueden tener un impacto positivo en la vida de los agricultores. La adopción de estas tecnologías y su participación en su uso pueden mejorar significativamente la forma de vida de los agricultores, al brindarles herramientas para una gestión más eficiente de sus cultivos y una mayor interacción con el sistema de riego. [6]

#### ***2.2.1.2 Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola.***

La Agricultura de Precisión (AP) se refiere a un conjunto de tecnologías que se pueden aplicar en la producción agrícola y comparten el objetivo de tomar decisiones informadas y ejecutarlas de manera efectiva. La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la agricultura tiene el potencial de hacerla más eficiente, reducir costos y proporcionar certeza en la toma de decisiones.

Al utilizar TIC en la agricultura, especialmente aquellas basadas en plataformas digitales, Big Data, analítica e Internet de las cosas (IoT), se puede lograr un uso más racional de los recursos, aumentar la productividad y mejorar la rentabilidad en el sector agrícola. [7]

### ***2.2.1.3 Aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del Río Paute.***

La implementación de la transmisión inalámbrica de los datos permitirá obtener la información de manera más rápida y eficiente, sin la necesidad de desplazarse físicamente a cada estación. Esto mejorará significativamente la frecuencia de recopilación de datos y proporcionará acceso en tiempo real a la información, lo que a su vez permitirá una toma de decisiones más oportuna y precisa en el ámbito del monitoreo y conservación de los recursos hídricos.

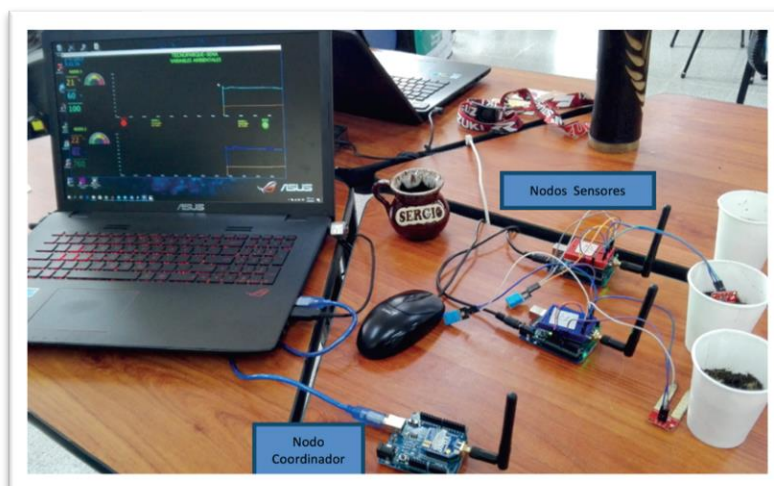
El proyecto en curso busca dotar a las estaciones meteorológicas del PROMAS con la capacidad de transmitir de manera inalámbrica los datos recopilados por los sensores en tiempo real. Esto contribuirá a optimizar el monitoreo de variables clave relacionadas con los recursos hídricos, mejorando la eficiencia y la precisión de las actividades del programa. [8]

### ***2.2.1.4 Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos.***

La red está compuesta por un nodo central, conocido como coordinador, y dos nodos adicionales donde se encuentran conectados los sensores encargados de realizar las lecturas de las variables ambientales. Estas lecturas se visualizan en un entorno gráfico, lo que facilita la comprensión de los datos recolectados.

#### ***Ilustración 2***

***Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables ambientales.***



Además, los datos recopilados por los sensores se envían a la nube, lo que permite al usuario acceder a la información en tiempo real desde cualquier ubicación. Esta funcionalidad proporciona una mayor flexibilidad y accesibilidad para el monitoreo y control de las variables ambientales en el contexto de la agricultura de precisión. [9]

### ***2.2.1.5 Diseño de sistema multiplataforma innovador para el monitoreo y control de variables micro ambientales de un invernadero y una estación acuícola, aplicando e-agricultura.***

Este proyecto tuvo como objetivo desarrollar un sistema telemático de monitoreo y control de variables micro ambientales para un invernadero y una estación acuícola, utilizando tecnología IoT de ESP32 y la e-Agricultura. Se establecieron los requerimientos funcionales y se desarrolló un software de análisis de datos basado en Inteligencia de Negocios. La aplicación resultante es un panel de control multiplataforma que permite monitorear variables como temperatura, pH, oxígeno disuelto, radiación solar y humedad del suelo.

#### ***Ilustración 3***

*Dispositivo de campo conectado a sensores para invernaderos.*



### ***2.2.2 Internet de las cosas (IoT)***

El Internet de las cosas (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión de objetos físicos cotidianos a través de Internet. Esto incluye desde dispositivos domésticos comunes, como bombillas, hasta recursos de atención médica, como dispositivos médicos, así como prendas y accesorios personales inteligentes, e incluso sistemas en el contexto de las ciudades inteligentes.

Los dispositivos que forman parte del IoT suelen caer en una de dos categorías principales: interruptores, que envían instrucciones a un objeto, o sensores, que recopilan datos y los transmiten a otro lugar. En conjunto, el IoT permite que estos objetos físicos estén conectados y compartan información a través de la red, lo que abre un amplio abanico de posibilidades en de monitoreo y mejora de diversas áreas de la vida cotidiana y la industria. [10]

### 2.2.2.1 ¿Cómo funciona el internet de las cosas?

El Internet de las cosas (IoT) se basa en sistemas de dispositivos físicos que pueden recibir y transmitir datos a través de redes inalámbricas con una mínima intervención humana. Esto es posible gracias a la incorporación de dispositivos informáticos en una amplia gama de objetos y dispositivos.

Un ejemplo de cómo funciona el IoT es un termostato inteligente que recibe datos de la ubicación de su automóvil inteligente. Ambos dispositivos están conectados, lo que le permite ajustar la temperatura de su hogar incluso cuando no se encuentra allí.

En términos generales, los sistemas de IoT operan enviando, recibiendo y analizando datos de manera continua en un ciclo de retroalimentación. Dependiendo de la tecnología específica utilizada en el IoT, los datos pueden ser analizados casi de inmediato por personas o sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático, o pueden ser procesados durante un período de tiempo determinado. [10]

### 2.2.2.2 Posibilidades que permite el IoT en la agricultura

El Internet de las cosas (IoT) ofrece numerosas posibilidades en la agricultura, transformando procesos productivos y promoviendo la sostenibilidad en la agroindustria. Algunas de las ventajas y aplicaciones más destacadas del IoT en la agricultura incluyen:

**Tabla 1**

*Ventajas y aplicaciones de la tecnología IOT.*

<b>Ventajas</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Monitorización y control de cultivos.</b>	El IoT permite la monitorización de procesos agrícolas, como el riego, la fertilización y la gestión de plagas. Los sensores y dispositivos conectados recopilan datos sobre el estado de los cultivos y permiten ajustar automáticamente los sistemas para optimizar el crecimiento y la calidad de los productos.
<b>Gestión eficiente de recursos.</b>	Gracias a la recopilación de datos en tiempo real, los agricultores pueden gestionar de manera más eficiente los recursos como el

	agua y los fertilizantes. Esto no solo reduce los costos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental.
<b>Mejora de la calidad del suelo.</b>	Los sensores de suelo conectados proporcionan información sobre la calidad y la salud del suelo. Esto permite a los agricultores tomar medidas para mejorar la fertilidad y la salud del suelo, lo que a su vez aumenta la productividad de los cultivos.
<b>Optimización de la maquinaria agrícola.</b>	El IoT se utiliza para monitorear y mantener la maquinaria agrícola, lo que reduce el tiempo de inactividad y aumenta la eficiencia en el campo.
<b>Identificación de áreas de mejora.</b>	Los sistemas de IoT resaltan áreas de los cultivos que requieren atención o mejoras. Esto ayuda a los agricultores a tomar medidas proactivas para abordar problemas y maximizar la cosecha. [11]

### ***2.2.3 Firebase: ¿qué es, para qué sirve?***

Firebase es una plataforma en la nube desarrollada por Google que se utiliza para crear aplicaciones web y móviles de manera más eficiente. Fue adquirida por Google en 2014 y ha evolucionado desde su inicio como una base de datos en tiempo real. Firebase ofrece una variedad de herramientas y servicios que simplifican el desarrollo de aplicaciones y abarca cuatro áreas principales: desarrollo, crecimiento, monetización y análisis. Su objetivo principal es acelerar el proceso de desarrollo de aplicaciones y simplificar la gestión del backend, permitiendo a los desarrolladores centrarse en la calidad y funcionalidad de sus aplicaciones en lugar de en la infraestructura subyacente. [12]

#### ***2.2.3.1 Realtime Database Con Firebase***

Una de las funciones más destacadas y esenciales de Firebase es su Realtime Database. Esta herramienta se basa en bases de datos en tiempo real alojadas en la nube y utiliza un enfoque NoSQL para almacenar datos en formato JSON. La característica principal de esta base de datos

es su capacidad para mantener los datos de una aplicación actualizados en tiempo real, incluso si un usuario no está interactuando activamente con la aplicación.

Firebase automáticamente envía eventos a las aplicaciones cuando los datos cambian, asegurando que los datos se mantengan actualizados en los dispositivos de los usuarios. Incluso en situaciones donde no hay conexión a Internet, Firebase almacena los datos localmente y los sincroniza automáticamente cuando se restablece la conexión, garantizando que los usuarios siempre tengan acceso a la información más reciente. [12]

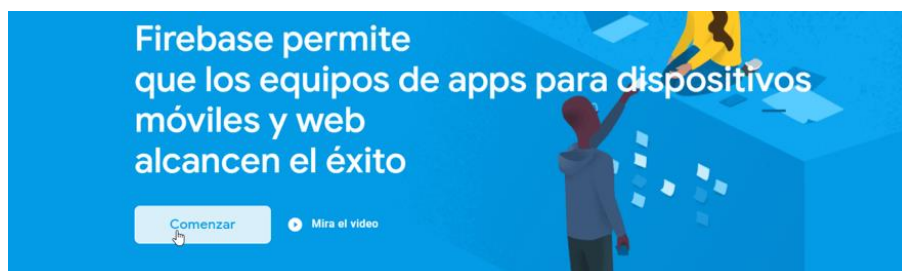
#### 2.2.4 Conexión ESP32 Con Firebase

Conectar un dispositivo ESP32 a Firebase es una excelente manera de habilitar la comunicación en tiempo real entre tu dispositivo y una base de datos en la nube.

##### 2.2.4.1 Paso 1: Configuración de Firebase

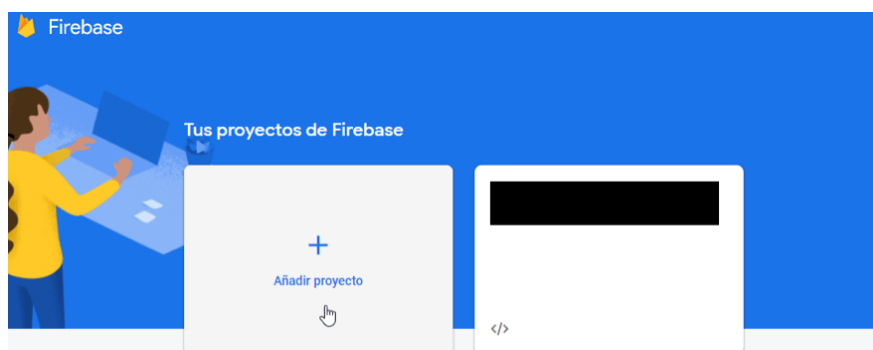
- **Crea una cuenta de Firebase:** Si aún no se dispone de una cuenta de Firebase, nos registramos en Firebase utilizando una cuenta de Google.

*Ilustración 4*  
*Creación de cuenta de Firebase.*



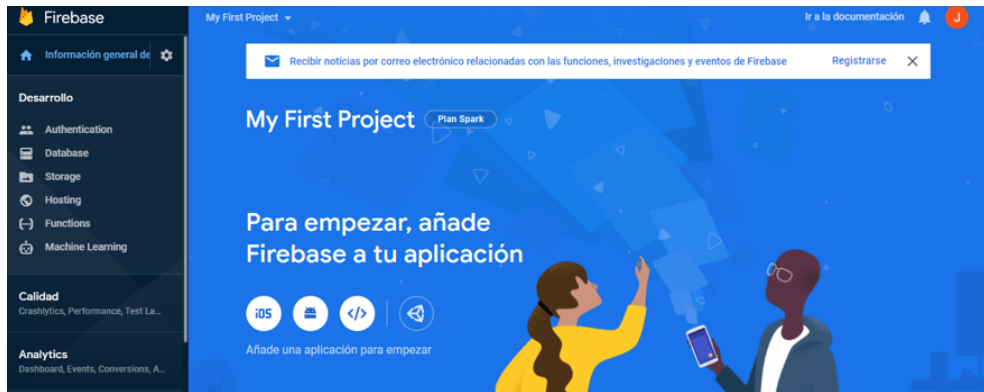
- **Crea un proyecto:** Desde la consola de Firebase, creamos un nuevo proyecto y se le asigna un nombre descriptivo. Esto servirá como contenedor para tus aplicaciones y datos relacionados.

*Ilustración 5*  
*Creación de un proyecto de ejemplo en Firebase.*



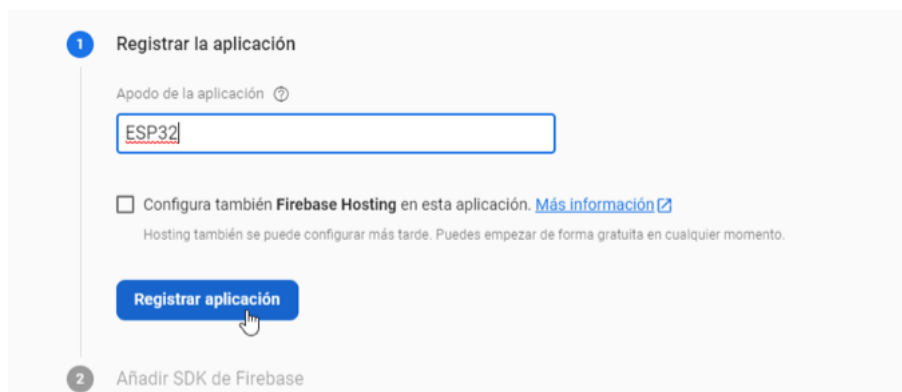
- **Configura tu proyecto:** Una vez creado el proyecto, Firebase nos guiará para realizar algunas configuraciones iniciales. Esto incluirá la habilitación de servicios como Firebase Realtime Database, Firebase Authentication, etc. Y solo seguimos las instrucciones en pantalla.

*Ilustración 6  
Configuración del Firebase.*



- **Obtén las credenciales:** En la configuración del proyecto, vamos a "Configuración del proyecto" y luego a "Cuentas de servicio." Aquí, podremos descargar un archivo JSON que contiene las credenciales del proyecto. Estas credenciales son esenciales para que el ESP32 se autentique en Firebase.

*Ilustración 7  
Credenciales de Firebase para la conexión de ESP32.*

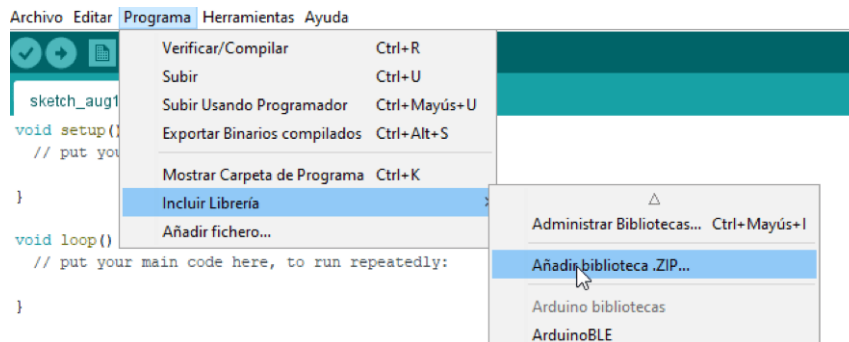


#### 2.2.4.2 Paso 2: Configuración del ESP32

- **Instala el entorno de desarrollo:** Considera tener instalado el entorno de desarrollo de Arduino para ESP32. Se podrá encontrar instrucciones detalladas en el sitio web oficial de Arduino ESP32.

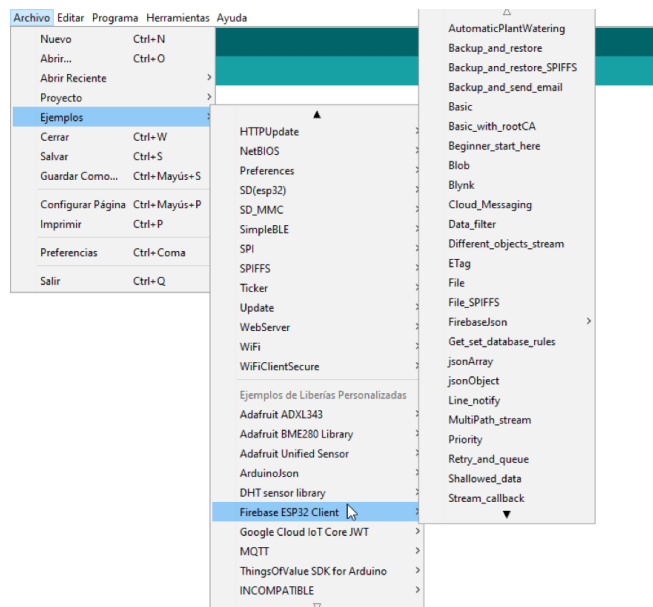
- **Instala la biblioteca Firebase:** Se abre el administrador de bibliotecas de Arduino IDE. Buscamos "Firebase ESP32" y nos aseguramos de instalar la biblioteca oficial de Firebase para ESP32.

**Ilustración 8**  
*Importación de librerías en Arduino IDE.*



- **Carga un ejemplo:** En el menú "Archivo" de Arduino IDE, vamos a "Ejemplos" > "Firebase ESP32." Seleccionamos un ejemplo que se adapte a tus necesidades. Estos ejemplos proporcionan una base sólida para tu proyecto. Abrimos el ejemplo y modificamos según sea necesario. Debemos configurar las credenciales de Firebase que se obtuvo anteriormente en el código.

**Ilustración 9**  
*Buscamos un ejemplo de ESP32 en Arduino IDE.*



- **Configura tu ESP32:** Considera conectar correctamente tu ESP32 a la computadora mediante un cable USB. Se selecciona el tipo de tarjeta ESP32 en las preferencias de Arduino IDE y elegimos el puerto correcto.

- **Carga el código:** Hacemos clic en el botón "Subir" de Arduino IDE para cargar el código en el ESP32. Observamos la consola para asegurarte de que no haya errores durante la carga.

**Ilustración 10**  
*Interfaz de Arduino IDE.*

```

HydroLink.ino
14 #define TRIG_PIN4 21
15 #define ECHO_PIN4 22
16 #define LED4 32
17
18 // Otros sensores
19 #define TURBIDITY_PIN 34
20 #define PH_PIN 35
21 const float calibration_value = 21.34;
22
23 // Temperatura
24 #define SENSOR_PIN 33
25 const float A = 0.001129148;
26 const float B = 0.000234125;
27 const float C = 0.0000000876741;
28 float Rs;
29
30 // Distancia de activación del LED (en centímetros)
31 const int activation_distance = 10;
32
33 // Conexión al Firebase y WiFi
34 #define FIREBASE_HOST "hydroLink-0ecd6-default-rtdb.firebaseio.com"
35 #define FIREBASE_AUTH "dHhI2sPshF1EhTgsgltsuokPpEvk45zps8ctk9X8r"
36 #define WIFI_SSID "Galaxy"
37 #define WIFI_PASSWORD "12345678"
38
39 FirebaseData firebaseData;
40
41 void setup() {
42   Serial.begin(115200);
43
44   // Inicialización de la conexión WiFi
45   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
46   Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
47   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
48     Serial.print(",");
49     delay(1000);

```

### 2.2.4.3 Paso 3: Prueba la conexión

Una vez que el código esté cargado en tu ESP32, es hora de probar la conexión:

- **Verifica la consola de Arduino IDE:** Observamos la consola de Arduino IDE para asegurarnos de que no haya errores. Esto ayudará a solucionar problemas en caso de que surjan.

**Ilustración 11**  
*Consola del Arduino IDE.*

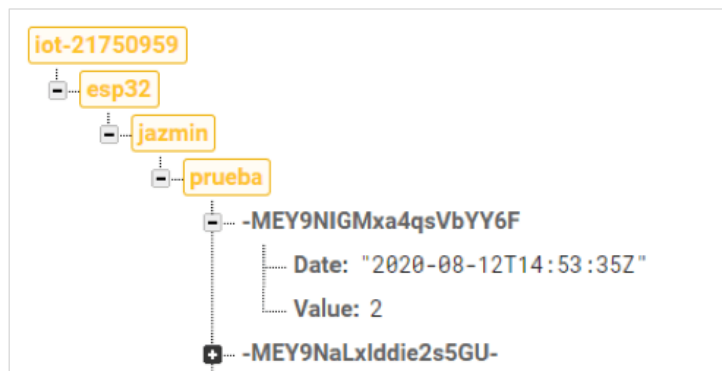
```

PASSED
PATH: /esp32/jasmin/prueba
PUSH NAME: -MEgtEmdxHs_UqebSM_K
ETag: +YBwqkPdJd4EFDUov0+3vy0za8=
-----
PASSED
PATH: /esp32/jasmin/prueba
PUSH NAME: -MEgtF4q8eocCKJZnqS
ETag: sFDGq0Lr0/L0wFxpLYCEX0pNU=
-----
PASSED
PATH: /esp32/jasmin/prueba
PUSH NAME: -MEgtFNucGiqnXsmxVOH
ETag: ms/66Q0edFDnySqnSDRl0zPéfm=
-----
 Autoscroll  Mostrar marca temporal
Nueva línea 115200 baudio Limpiar salida

```

- **Verifica la consola de Firebase:** Abrimos la consola de Firebase en el navegador web. Vamos al proyecto y seleccionamos "Database" (Base de datos). Se debería ver que los datos se están actualizando correctamente en tiempo real. [13]

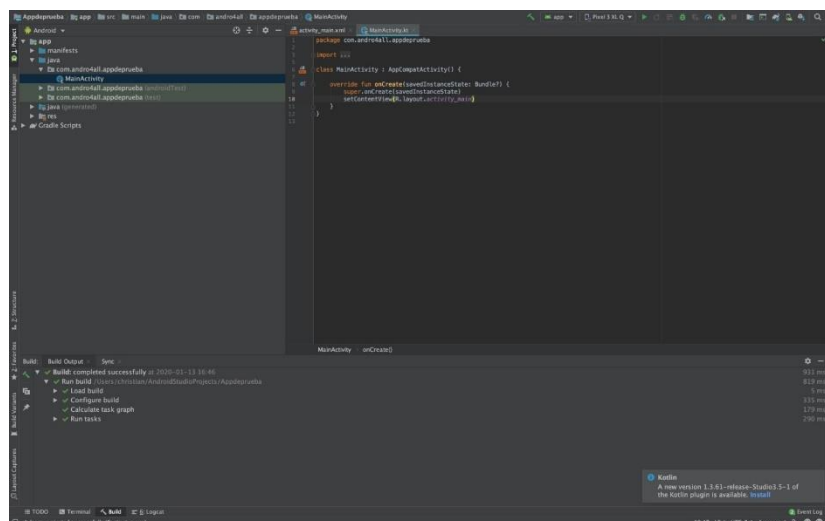
*Ilustración 12*  
*Interfaz de la consola de Firebase.*



### 2.2.5 Android Studio

Android Studio es un entorno de desarrollo integral destinado a la creación de aplicaciones móviles para dispositivos Android. Ofrece una amplia gama de herramientas y servicios que permiten a los desarrolladores crear, depurar y desplegar aplicaciones de manera eficiente.

*Ilustración 13*  
*Interfaz de Android Studio.*



- **Interfaz de usuario intuitiva.**

Android Studio proporciona una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar que facilita la creación y edición de proyectos.

- **Emulador de Android.**

Incluye un emulador de Android que permite probar aplicaciones en diferentes dispositivos virtuales con diversas versiones de Android.

- ***Editor de código robusto.***

Ofrece un editor de código poderoso con características como resaltado de sintaxis, autocompletado y depuración integrada.

- ***Depuración avanzada.***

Facilita la depuración de aplicaciones con herramientas avanzadas, como la capacidad de ver el estado de la memoria y realizar un seguimiento detallado de los errores.

- ***Integración de Gradle.***

Utiliza el sistema de compilación Gradle, lo que permite una gestión eficiente de las dependencias y la construcción de proyectos.

- ***Diseñador de interfaz gráfica.***

Incluye un diseñador de interfaz gráfica que permite crear y personalizar interfaces de usuario de manera visual.

- ***Integración con Firebase.***

Se integra fácilmente con Firebase, la plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles de Google, para agregar funciones como análisis, autenticación y notificaciones en la nube.

- ***Actualizaciones regulares.***

Android Studio recibe actualizaciones periódicas con nuevas características y mejoras para mantenerse al día con las últimas tendencias y estándares de desarrollo de Android. [14]

## ***2.2.6 Monitoreo y control en cultivos hidropónicos***

### ***2.2.6.1 Calidad del agua en Hidroponía***

En la hidroponía, la calidad del agua desempeña un papel fundamental debido a su uso en la preparación de la solución nutritiva y el riego de las plantas. Dado que en la hidroponía se utilizan sustratos inertes o soluciones nutritivas que contienen todos los minerales necesarios para el crecimiento de las plantas, es crucial que el agua utilizada sea de alta calidad para garantizar que no altere la composición química de la solución y que todos los nutrientes estén disponibles de manera constante para las plantas.

La calidad del agua puede dividirse en dos categorías principales: características físicas y características químicas.

- *Características físicas.*

**Ilustración 14**

*Riego localizado usando solución nutritiva Hydro Environment para hortalizas.*

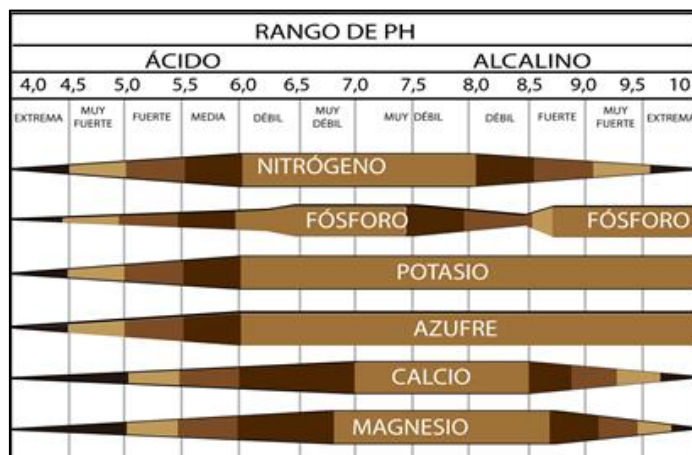


Estas características afectan principalmente a los sistemas de riego, ya que la presencia de limo y materiales en suspensión, que causan turbidez en el agua, puede obstruir los sistemas de riego. En sistemas como NFT o raíz flotante, la acumulación de estos materiales junto con la solución nutritiva puede aumentar factores químicos como la salinidad y el pH, lo que puede desestabilizar los cultivos e incluso llevar a la muerte de las plantas en casos extremos. Para evitar estos problemas, se recomienda la instalación de un sistema de filtración eficiente que elimine el exceso de sedimentos y garantice un flujo de agua limpio y claro.

- *Características químicas.*

**Ilustración 15**

*El rango de los valores de pH para la asimilación del nutriente.*



Las características químicas del agua son igualmente importantes, ya que pueden influir en el pH, la conductividad eléctrica, la dureza y el nivel de oxígeno disuelto en la solución nutritiva. Estos factores, si no se controlan adecuadamente desde el principio o a tiempo, pueden afectar negativamente el desarrollo de los cultivos. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un monitoreo constante de estas características y aplicar los ajustes necesarios para mantenerlas dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de las plantas. [15]

### ***2.2.6.2 Riego hidropónico***

El riego hidropónico es un sistema de irrigación diseñado para proporcionar a las plantas los nutrientes esenciales necesarios para su crecimiento al administrar una solución nutritiva en lugar de utilizar suelo como medio de cultivo. Este sistema se adapta a las necesidades específicas de cada cliente y se puede personalizar según las particularidades de su entorno de cultivo.

En el riego hidropónico, las plantas reciben nutrientes a través de una solución nutritiva que se mezcla con agua y contiene los elementos químicos esenciales para un desarrollo óptimo. Las plantas pueden crecer directamente sobre la solución mineral, en un sustrato inerte o en un medio sin suelo. [16]

### ***2.2.7 ¿Qué sensores son importantes para un invernadero inteligente?***

Uno de los sensores más importantes para un invernadero inteligente es el sensor de temperatura. Este sensor es esencial para monitorear y controlar la temperatura ambiente dentro del invernadero. Mantener una temperatura adecuada es crucial para el crecimiento saludable de las plantas. El sensor de temperatura permite realizar un seguimiento en tiempo real de las fluctuaciones de temperatura y activar sistemas de calefacción o enfriamiento según sea necesario para mantener un entorno óptimo para el cultivo. [17]

#### ***2.2.7.1 Sensor de temperatura***

El sensor de temperatura desempeña un papel crucial en los ambientes hidropónicos al medir y controlar la temperatura del entorno. Estos sensores son componentes eléctricos y electrónicos que permiten la medición precisa de la temperatura a través de señales eléctricas específicas. Los sensores de temperatura en ambientes hidropónicos son esenciales para mantener las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

***Ilustración 16***  
*Sensor de temperatura para ambiente hidropónico.*



### ***2.2.7.2 Sensor de pH***

El sensor de pH se utiliza para medir y controlar el nivel de pH en la solución nutritiva de un sistema hidropónico. La medición del pH es crítica, ya que afecta directamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los valores de pH incorrectos pueden conducir a problemas de absorción de nutrientes y al crecimiento deficiente de las plantas.

***Ilustración 17***  
*Sensor de pH para ambiente hidropónico.*



### ***2.2.7.3 Sensor de nivel de agua***

El sensor de nivel de agua desempeña un papel importante en sistemas hidropónicos al monitorear el nivel de la solución nutritiva en el reservorio o tanque de nutrientes. Proporciona información sobre la cantidad de agua disponible para las plantas y puede activar sistemas de llenado automático cuando el nivel cae por debajo de un umbral preestablecido.

**Ilustración 18**  
*Sensor de nivel de agua para ambiente hidropónico.*



#### **2.2.7.4 Sensor de Turbidez**

El sensor de turbidez en hidroponía se utiliza para evaluar la cantidad de partículas suspendidas o sólidos en la solución nutritiva. Esto es importante porque una alta turbidez podría indicar la presencia de impurezas, sólidos no disueltos o un problema en la calidad del agua, lo que podría afectar negativamente el crecimiento de las plantas.

**Ilustración 19**  
*Sensor de Turbidez para ambiente hidropónico.*



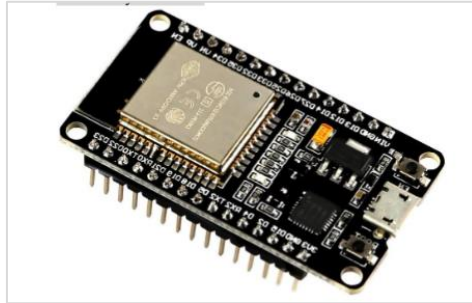
#### **2.2.7.5 Microcontrolador**

El microcontrolador ESP32 se utiliza en sistemas de hidroponía para monitorear y controlar una variedad de parámetros, como temperatura, humedad, nivel de agua, pH y más. Puede recopilar datos de sensores y tomar decisiones en tiempo real para optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas. Además, su capacidad de conectividad inalámbrica permite la

transmisión de datos a una plataforma de monitoreo en la nube, lo que facilita la gestión remota de sistemas de cultivo.

### ***Ilustración 20***

*Microcontrolador ESP32 empleado para integrar los sensores de invernaderos.*



### ***2.2.8 Cultivos sin tierra: la hidroponía.***

La hidroponía se presenta como una innovadora alternativa en la agricultura que está revolucionando la gastronomía y abriendo nuevas posibilidades para el cultivo de alimentos. A diferencia de la agricultura tradicional, en la hidroponía no se utiliza suelo agrícola, sino que se cultiva en soluciones acuosas ricas en nutrientes, lo que ofrece varios beneficios significativos.

### ***Ilustración 21***

*Cultivo de lechuga en ambiente hidropónico.*



#### ***2.2.8.1 Uso Eficiente de Recursos.***

La hidroponía utiliza menos agua en comparación con la agricultura convencional, ya que el agua se recircula en el sistema y no se pierde en el suelo. Además, se pueden controlar con precisión los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, lo que reduce el desperdicio de fertilizantes.

### ***2.2.8.2 Cultivo en Cualquier Lugar.***

La ausencia de suelo hace que la hidroponía sea adecuada para áreas con suelos pobres o contaminados. También permite el cultivo en lugares donde el suelo es escaso, como zonas urbanas o regiones áridas.

### ***2.2.8.3 Mayor Control de Condiciones.***

En la hidroponía, se pueden controlar con precisión factores como la temperatura, la humedad y la luz, lo que permite crear condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas durante todo el año. Esto es especialmente valioso en la producción de cultivos fuera de temporada.

### ***2.2.8.4 Calidad de los Cultivos.***

Los productos hidropónicos suelen ser de alta calidad, ya que las plantas reciben todos los nutrientes necesarios de manera directa y constante. Esto atrae a restaurantes de alta cocina que buscan ingredientes frescos y sabrosos. [18]

### ***2.2.9 Control de variables ambientales en invernaderos para la producción de hortalizas***

La utilización de invernaderos en la producción de hortalizas se debe a varios factores limitantes relacionados con las variables ambientales, que pueden afectar negativamente la productividad hortícola. Estos factores incluyen condiciones climáticas extremas como temperaturas muy altas o muy bajas, falta de luz solar, niveles de humedad relativa inadecuados, fuertes vientos y la concentración de dióxido de carbono en el entorno cercano a las plantas. La producción bajo invernadero busca modificar el entorno climático para eliminar estas variaciones climáticas perjudiciales que podrían afectar negativamente la producción.

#### ***2.2.9.1 Creación de Condiciones Ambientales Adecuadas.***

Los invernaderos permiten crear y mantener condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de las plantas, incluyendo control sobre la temperatura, humedad relativa, luminosidad y ventilación. Esto asegura un equilibrio energético adecuado para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

#### ***2.2.9.2 Producción en Contra-Estación.***

En muchas regiones, los invernaderos permiten la producción de hortalizas fuera de la estación de crecimiento tradicional. Esto significa que los agricultores pueden cosechar productos fuera de temporada, lo que a menudo resulta en precios más altos en el mercado.

### **2.2.9.3 Mejora de la Calidad del Producto.**

Al controlar el entorno, los invernaderos pueden ayudar a mejorar la calidad y la consistencia de los productos cultivados, lo que es especialmente valioso en la producción de hortalizas. [19]

#### ***Ilustración 22***

*Dispositivo de monitoreo de variables ambientales (radiación solar, temperatura y humedad relativa) en invernaderos en tomate.*



## **2.3 Marco Legal**

### **2.3.1 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable.**

La Constitución de la República en su artículo 13 establece el derecho de las personas y colectividades al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. [20]

### **2.3.2 Establecimiento y explotación de redes**

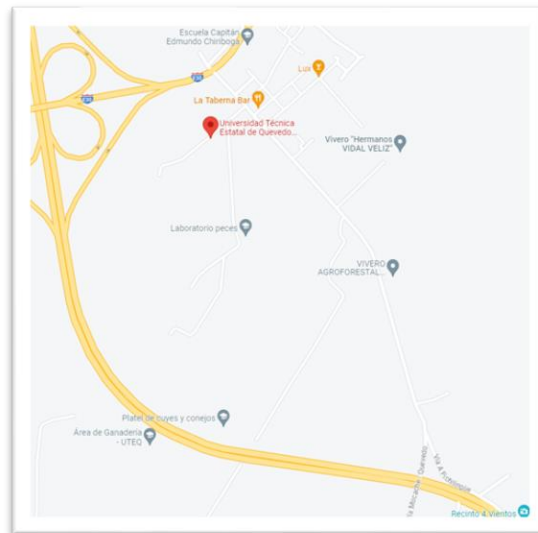
Artículo 9.- Redes de telecomunicaciones. Se entiende por redes de telecomunicaciones a los sistemas y demás recursos que permiten la transmisión, emisión y recepción de voz, vídeo, datos o cualquier tipo de señales, mediante medios físicos o inalámbricos, con independencia del contenido o información cursada. [21]

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Localización.

La siguiente investigación se llevó a cabo en el invernadero de hidroponía del campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, mismo que se encuentra ubicado a lado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

**Ilustración 23**  
*Mapa del campus "La María" de la UTEQ.*



**Ilustración 24**  
*Invernadero de Hidroponía en el campus “La María”.*



## **3.2 Tipo de investigación.**

### ***3.2.1 Investigación experimental.***

Una vez que se haya diseñado e implementado el sistema telemático, se pueden realizar experimentos para evaluar su funcionamiento y desempeño. Esto puede implicar la instalación de sensores en los invernaderos, la recopilación de datos y la comparación de los resultados obtenidos con los objetivos establecidos. Se pueden aplicar métodos estadísticos y análisis de datos para evaluar la eficacia y eficiencia del sistema.

### ***3.2.2 Investigación descriptiva.***

Este tipo de investigación busca describir y analizar las características y propiedades del sistema telemático propuesto, incluyendo la identificación y evaluación de los requisitos de monitoreo y control, así como la infraestructura de red y la interfaz de usuario. Se pueden utilizar encuestas, entrevistas estructuradas y análisis de datos para recopilar información descriptiva.

### ***3.2.3 Investigación aplicada.***

Este tipo de investigación se centra en la aplicación práctica de los conocimientos y resultados obtenidos en la tesis. Se busca implementar y validar el sistema telemático en un entorno real, como los invernaderos del Campus 'La María'. Se pueden realizar pruebas piloto, recopilar retroalimentación de los usuarios y realizar mejoras iterativas en el sistema.

## **3.3 Métodos de investigación.**

- Investigación documental: Revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos, así como el uso de Tecnologías ESP32 y El framework Android Studio en la agricultura.
- Investigación de campo: Observación directa en los invernaderos y recopilación de información de los agricultores y usuarios a través de encuestas o entrevistas.
- Investigación cualitativa: Exploración de las percepciones y experiencias de los participantes a través de entrevistas en profundidad o grupos focales.
- Investigación cuantitativa: Recopilación de datos numéricos sobre variables ambientales y rendimiento de los cultivos, utilizando técnicas de muestreo y encuestas estructuradas, y análisis estadístico para obtener resultados cuantitativos.

## **3.4 Fuentes de recopilación de información.**

Para recopilar información en esta investigación, se utilizará fuentes como:

- Literatura científica: Artículos, revistas y libros especializados en agricultura, sistemas telemáticos, Tecnologías ESP32, Framework Android Studio y variables ambientales en invernaderos.
- Documentación técnica: Manuales, informes técnicos y documentación de fabricantes y proveedores de equipos y tecnologías relacionadas.
- Datos existentes: Registros históricos, datos climáticos y otros datos relevantes disponibles en fuentes gubernamentales u otras fuentes confiables.
- Observación directa: Realizar observaciones directas en los invernaderos del Campus 'La María' para recopilar datos sobre variables ambientales y sistemas de monitoreo existentes.

### **3.5 Diseño de la investigación.**

En el diseño de este proyecto se rige la siguiente metodología por fases para el desarrollo:

#### **Fase 1: Revisión de literatura y marco teórico.**

Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con el tema de investigación para establecer un marco teórico sólido.

#### **Fase 2: Diseño del sistema telemático.**

Definir los objetivos y requisitos del sistema, seleccionar sensores y configurar la red ESP32, y diseñar la arquitectura del sistema con el uso de Android Studio.

#### **Fase 3: Implementación y desarrollo del sistema.**

Implementar el sistema telemático en los invernaderos, configurar los dispositivos y desarrollar la interfaz de usuario utilizando Android Studio.

#### **Fase 4: Recopilación de datos y evaluación del sistema.**

Recolectar datos de variables ambientales utilizando el sistema implementado y evaluar su desempeño.

#### **Fase 5: Análisis e interpretación de resultados.**

Analizar los datos recopilados y compararlos con los objetivos establecidos para evaluar la efectividad del sistema telemático.

#### **Fase 6: Conclusiones y recomendaciones.**

Elaborar conclusiones basadas en los resultados obtenidos y ofrecer recomendaciones para mejorar el sistema telemático en futuros proyectos.

### **3.6 Instrumentos de Investigación.**

Los instrumentos que se utilizará para este proyecto son:

- **Anotaciones.**

Se redactará toda la información de los invernaderos para obtener información de los cultivos y personal en agricultura con el fin de conocer sus expectativas con respecto al sistema telemático de monitoreo y control de variables ambientales.

- **Observación directa.**

Se realizarán observaciones directas en los invernaderos del Campus 'La María' para recopilar datos sobre las condiciones ambientales y el funcionamiento de los sistemas existentes.

- **Pruebas y experimentos.**

Se llevarán a cabo pruebas y experimentos en los invernaderos para evaluar el desempeño y la precisión del sistema telemático donde se registrarán los datos recopilados durante estas pruebas para su posterior análisis.

- **Registro y análisis de datos.**

Se utilizarán herramientas de registro y análisis de datos para almacenar y procesar la información recopilada a lo largo de la investigación.

### **3.7 Tratamiento de los datos.**

Para el tratamiento de datos para esta investigación se realizará lo siguiente:

- **Recopilación de datos.**

Se recopilarán los datos obtenidos a través de cuestionarios, observación directa y pruebas experimentales.

- **Organización y almacenamiento.**

Los datos se organizarán y almacenarán de manera estructurada para facilitar su análisis. Se utilizarán herramientas como hojas de cálculo, bases de datos u otras herramientas de gestión de datos.

- **Análisis de datos.**

Se aplicarán técnicas y métodos de análisis estadístico y/o cualitativo, dependiendo de la naturaleza de los datos y los objetivos de la investigación, lo permitirá obtener conclusiones, y responder a las preguntas de investigación planteadas.

- **Interpretación de resultados.**

Los resultados del análisis se interpretarán en función de los objetivos de la investigación y se relacionarán con el marco teórico y los hallazgos existentes en la literatura científica.

### **3.8 Recursos humano y materiales.**

#### **3.8.1 Recursos humanos:**

- **Equipo de investigación.**

Puede incluir investigadores colaboradores, asistentes de investigación u otros miembros del equipo que participen en la recopilación y análisis de datos, así como en el desarrollo del sistema telemático.

- **Expertos en agricultura.**

Personas con conocimientos especializados en agricultura y variables ambientales que pueden brindar asesoramiento y orientación durante el proceso de investigación.

- **Participantes.**

Usuarios y expertos en agricultura que serán entrevistados o encuestados para recopilar información relevante.

- **Equipo académico.**

Estudiantes junto a sus respectivos directores de investigación deberán trabajar juntos para poder recopilar la mayor cantidad de información relevante.

#### **3.8.2 Recursos materiales:**

- **Equipos informáticos.**

Ordenadores, portátiles u otros dispositivos necesarios para el desarrollo y análisis de datos.

- **Sensores y dispositivos de monitoreo.**

Equipamiento especializado para medir y recopilar datos de variables ambientales en los invernaderos.

- **Conectividad de red.**

Dispositivos y servicios de red necesarios para establecer la conectividad IoT con ESP32 y asegurar la comunicación entre los sensores y el sistema telemático.

- **Infraestructura del invernadero.**

- Espacio físico en los invernaderos del Campus 'La María' para implementar el sistema telemático y realizar las pruebas y experimentos necesarios.

### **3.8.3 Recursos financieros:**

- **Presupuesto de equipos.**

Fuentes de financiamiento para cubrir los costos asociados con la investigación, como adquisición de equipos, materiales, viajes o remuneración para el equipo de investigación.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En esta sección, se presentarán los resultados obtenidos a lo largo de las diferentes fases del diseño de investigación, siguiendo los objetivos planteados. Cada objetivo se abordará de manera detallada, mostrando el proceso y los datos recopilados para cumplir con dichos objetivos.

#### 4.1 Selección y verificación

##### 4.1.1 Selección del hardware

##### 4.1.1.1 Tecnologías inalámbricas

En este proyecto, se compararán tres tecnologías clave que serán utilizadas en el sistema telemático para el monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos: ESP32, LoRaWAN y Raspberry Pi. A continuación, se presenta una tabla comparativa con sus características técnicas relevantes:

**Tabla 2**  
*Comparativa entre ESP32, LoRaWAN y Raspberry Pi.*

<b>Característica</b>	<b>ESP32</b>	<b>LoRaWAN</b>	<b>Raspberry Pi</b>
<b>Costo</b>	Económico	Varía según modelo	Varía según modelo
<b>Potencia de procesamiento</b>	Limitado	Baja	Alta
<b>Comunicación inalámbrica</b>	No integrada	Integrada (LoRa)	No integrada
<b>Conectividad</b>	Limitada	Amplia	Amplia
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Pequeña	No aplica	Amplia
<b>Interfaz de usuario</b>	Limitada	No aplica	Interfaz gráfica
<b>Uso y aplicaciones</b>	Control básico	Comunicación de datos	Aplicaciones diversas
<b>Flexibilidad</b>	Limitada	Alta	Alta
<b>Característica</b>	ESP32	LoRaWAN	Raspberry Pi

*Fuente: Investigación.*

*Autor: Estudiante.*

La elección de la tecnología adecuada para este proyecto se basará en las necesidades específicas del monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos.

Se considerará el presupuesto disponible, la capacidad de procesamiento, la conectividad requerida y la facilidad de uso. Cada tecnología ofrece ventajas y limitaciones, por lo que la selección final se realizará en función de los objetivos y requisitos del sistema telemático propuesto.

### **Justificación de la pantalla seleccionada:**

#### **¿Por qué se escogió el módulo ESP32?**

Se eligió ESP32 como una de las tecnologías principales para este proyecto debido a varias razones. En primer lugar, ESP32 es una opción económica en comparación con otras plataformas, lo que lo hace más accesible para el presupuesto del proyecto. Además, su simplicidad y facilidad de implementación permiten una rápida puesta en marcha del sistema telemático en los invernaderos del Campus 'La María'. Otra ventaja clave es la amplia comunidad de desarrolladores y abundante documentación disponible, lo que facilita el aprendizaje y la resolución de problemas durante el desarrollo del proyecto. Su versatilidad también permite adaptarse a diferentes escenarios y requisitos, lo que lo convierte en una opción adecuada para el control básico y eficiente de variables ambientales en los invernaderos.

#### **4.1.1.2 Comparativa Inalámbricas ESP32**

En este proyecto, se compararán tres tecnologías inalámbricas que serán utilizadas en el sistema telemático para el monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos con ESP32. Las tecnologías a analizar son: "Esp8266 Módulo WiFi", "Módulo ESP32 WiFi Bluetooth ESP32" y "Esp01 Módulo Kit WiFi Relé".

**Tabla 3**

*Comparativa entre tecnologías inalámbricas para ESP32..*

<b>Característica</b>	<b>Esp8266 Módulo WiFi</b>	<b>Módulo ESP32 WiFi Bluetooth ESP32</b>	<b>Esp01 Módulo Kit WiFi Relé</b>
-----------------------	----------------------------	--	-----------------------------------

<b>Costo</b>	Económico	Varía según modelo	Económico
<b>Potencia de procesamiento</b>	Limitada	Alta	Limitada
<b>Comunicación inalámbrica</b>	Integrada (WiFi)	Integrada (WiFi y Bluetooth)	Integrada (WiFi)
<b>Conectividad</b>	Amplia	Amplia	Limitada
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Pequeña	Amplia	Limitada
<b>Interfaz de usuario</b>	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Uso y aplicaciones</b>	Comunicación de datos	Diversas aplicaciones	Control básico
<b>Flexibilidad</b>	Alta	Alta	Limitada
<b>Característica</b>	Esp8266 Módulo WiFi	Módulo ESP32 WiFi Bluetooth ESP32	Esp01 Módulo Kit WiFi Relé

*Fuente: Investigación.*

*Autor: Estudiante.*

La elección de la tecnología adecuada para este proyecto de monitoreo y control de variables ambientales en invernaderos se basará en criterios como el costo, la capacidad de procesamiento, la conectividad requerida y la flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas. Cada tecnología ofrece ventajas y limitaciones, por lo que la selección final se realizará considerando los objetivos y requisitos del sistema telemático propuesto, así como la viabilidad y compatibilidad con el hardware y sensores utilizados en el invernadero.

### **Justificación de la pantalla seleccionada:**

#### **¿Por qué se escogió el módulo ESP32?**

El módulo "Esp8266 Módulo WiFi" fue elegido como una de las tecnologías inalámbricas para este proyecto debido a varias razones clave. En primer lugar, este módulo ofrece una opción económica y asequible para el sistema telemático en comparación con otras opciones disponibles

en el mercado. Su costo accesible se alinea con el presupuesto disponible para el proyecto, lo que lo convierte en una elección viable.

## **4.2 Ubicación y Practicas realizadas del proyecto.**

### ***4.2.1 Visita al Invernadero en el campus.***

Durante el desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo una visita al invernadero ubicado en el campus "La María". Esta visita resultó fundamental para la realización de las prácticas y la implementación del proyecto en sí. Durante esta visita, se tuvo la oportunidad de explorar el entorno y familiarizarse con el lugar de trabajo donde se aplicarán los sensores y la tecnología desarrollada. Esta inspección inicial permitió comprender mejor las condiciones y requisitos específicos del invernadero, lo que fue esencial para la planificación y diseño adecuado de la implementación de los sensores.

### ***4.2.2 Prácticas en casa.***

#### ***4.2.2.1 Practica y calibrado de la sonda de temperatura.***

Dentro del proceso de preparación y desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo una práctica fundamental relacionada con la sonda de temperatura. Esta actividad se realizó en un entorno de laboratorio en casa, utilizando el sensor de temperatura que será empleado en el invernadero del proyecto. Durante esta práctica, se procedió a calibrar y ajustar la sonda de temperatura, garantizando su precisión y correcto funcionamiento.

Esta etapa resultó esencial para asegurar que el sensor proporcionará mediciones confiables y consistentes en el entorno del invernadero, lo que contribuirá a una correcta monitorización de las condiciones climáticas y ambientales en dicho lugar.

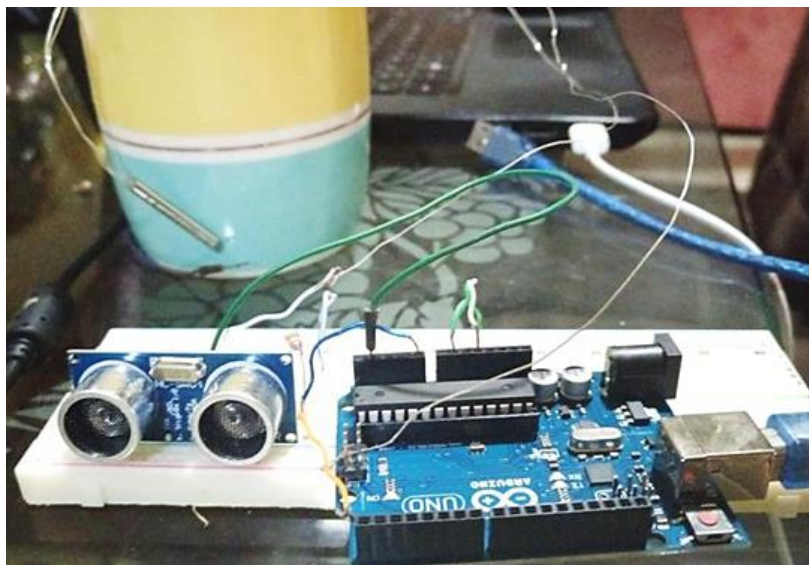
***Ilustración 25***  
***Laboratorio en casa con el sensor de temperatura.***



#### 4.2.2.2 *Calibración del sensor ultrasónico.*

En el marco del desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo un proceso de calibración del sensor ultrasónico. Para ello, se realizó un laboratorio en un entorno doméstico utilizando el sensor ultrasónico que será implementado en el invernadero. El objetivo de esta calibración fue comprender el funcionamiento del sensor y determinar cómo aplicarlo de manera efectiva en el invernadero para medir el nivel del agua. Durante esta fase, se exploraron diferentes configuraciones y ajustes del sensor, y se realizaron pruebas para asegurarse de que sus mediciones fueran precisas y coherentes con las variaciones reales en el nivel del agua en el entorno del invernadero. Este proceso de calibración resulta esencial para garantizar que el sensor ultrasónico proporcione datos confiables y exactos que serán utilizados en la monitorización y control del nivel de agua en el invernadero.

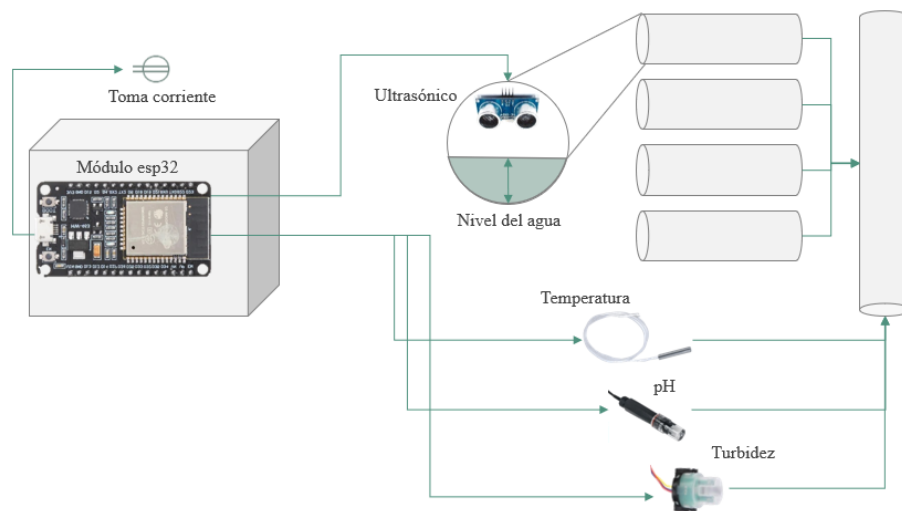
*Ilustración 26  
Laboratorio en casa con el sensor Ultrasónico.*



#### 4.3 Diagrama de funcionamiento.

Este diagrama de funcionamiento representa cómo se interconectan los diferentes componentes del sistema de sensorización de invernaderos, desde la captura de datos en los sensores hasta su transmisión y almacenamiento en la nube. Esta integración permite un monitoreo en tiempo real de las condiciones del invernadero, lo que facilita la toma de decisiones y el control de los factores ambientales para optimizar el crecimiento de las plantas.

**Ilustración 27**  
*Diagrama del funcionamiento del proyecto “HydroLink”.*



El diagrama de funcionamiento del proyecto de sensorización de invernaderos se describe a continuación:

#### **4.4 Sensores**

- Sensor de temperatura: Mide la temperatura del entorno del invernadero.
- Sensor de pH: Mide el nivel de acidez o alcalinidad del agua.
- Sensor de turbidez: Detecta la claridad del agua en el sistema de riego.
- Sensor ultrasónico: Mide el nivel del agua en el depósito de riego.

##### **4.4.1 Conexiones**

Los sensores están conectados al ESP32, que actúa como el cerebro del sistema. El sensor de temperatura, pH y turbidez se conectan a pines analógicos del ESP32. El sensor ultrasónico se conecta a pines digitales del ESP32.

##### **4.4.2 ESP32**

El ESP32 procesa los datos de los sensores y los convierte en valores legibles.

Estos valores se envían a través de una conexión serial al módulo ESP32 para transmitirlos a través de la red WiFi.

##### **4.4.3 Plataforma en la nube**

Los datos transmitidos por el módulo ESP32 se almacenan en una plataforma en la nube.

Se pueden acceder y visualizar a través de una interfaz de usuario en línea.

#### **4.4.4 Toma de corriente**

El sistema se alimenta a través de una toma de corriente, proporcionando energía constante para su funcionamiento.

#### **4.5 Entrenamiento de la base de datos en Firebase.**

En esta fase del proyecto, se llevó a cabo el entrenamiento de la base de datos en Firebase, la cual fue utilizada como plataforma para almacenar y gestionar los datos recopilados de los sensores en el invernadero. Además, se utilizó Android Studio para vincular el ESP32 con la aplicación móvil desarrollada, permitiendo el monitoreo en tiempo real de las variables del invernadero.

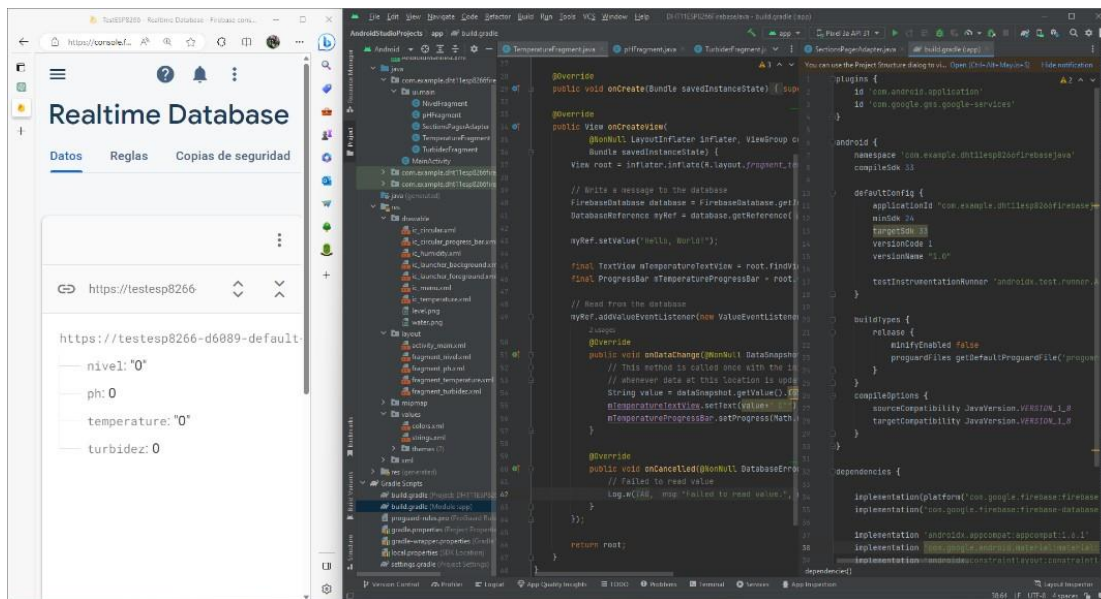
Durante esta etapa, se realizó un proceso de configuración y entrenamiento de la base de datos en Firebase, estableciendo las estructuras adecuadas para almacenar los datos provenientes de los sensores de temperatura, pH, turbidez y nivel de agua. Se crearon colecciones y documentos para organizar la información de manera eficiente.

Por otro lado, se implementó la comunicación entre el ESP32 y la aplicación móvil mediante Android Studio. Se desarrolló una interfaz de usuario intuitiva que permitía visualizar las lecturas de los sensores en tiempo real. Mediante la conexión a la base de datos de Firebase, la aplicación accedía a los datos almacenados y los presentaba de forma gráfica y legible para el usuario.

La combinación de Firebase como plataforma de almacenamiento y Android Studio como herramienta de desarrollo de aplicaciones móviles permitió crear un sistema completo y funcional para el monitoreo y control de las variables del invernadero. Esto brindó a los usuarios la capacidad de supervisar el entorno del invernadero desde sus dispositivos móviles, facilitando la toma de decisiones informadas y el ajuste de condiciones para un crecimiento óptimo de las plantas.

## Ilustración 28

### Prácticas realizadas con la base de datos de Firebase.



#### 4.6 Desarrollo de la aplicación.

En esta fase del proyecto, se llevó a cabo el desarrollo de la aplicación encargada de visualizar y gestionar las diversas variables ambientales consideradas en esta investigación. A continuación, describiremos el proceso seguido para el desarrollo y la implementación final de la aplicación, destacando los pasos clave que se llevaron a cabo.

##### 4.6.1 Creación del proyecto

El punto de partida de nuestro proceso de desarrollo consistió en la creación del proyecto de la aplicación en el entorno de desarrollo Android Studio. Este paso inicial fue esencial para establecer un marco sólido que respaldara todo el ciclo de desarrollo.

##### 4.6.1.1 Consideración del Lenguaje de Programación

Uno de los aspectos críticos de esta etapa fue la elección del lenguaje de programación. Dado el entorno de desarrollo Android Studio, se optó por utilizar Java como lenguaje principal. Java ha demostrado ser robusto y ampliamente compatible con dispositivos Android, lo que lo convierte en una elección lógica para el desarrollo de aplicaciones móviles.

##### 4.6.1.2 Definición de Objetivos y Alcance del Proyecto

En esta fase inicial, se definieron con claridad los objetivos y el alcance del proyecto. Esto incluyó la identificación de las variables ambientales específicas que se monitorearían, así como también se definió el nombre de la app en “Hidro link Control” los sensores involucrados y las funcionalidades requeridas para la visualización y gestión de datos.

#### 4.6.1.3 *Planificación y Recursos*

Una planificación detallada fue esencial para determinar la asignación de recursos, incluyendo el equipo de desarrollo, los plazos de entrega y los requisitos de hardware y software. La identificación de los roles y responsabilidades de los miembros del equipo también se llevó a cabo en esta etapa.

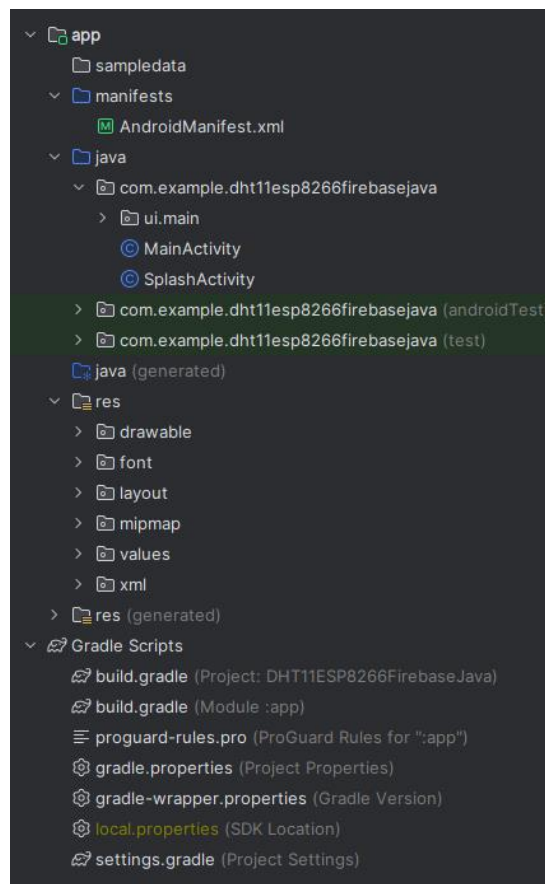
#### 4.6.1.4 *Selección de Herramientas y Tecnologías*

Además de Android Studio y Java, se evaluaron y seleccionaron otras herramientas y tecnologías relevantes para el proyecto. Esto incluyó la selección de Firebase como plataforma para la gestión de datos y la comunicación en tiempo real.

#### 4.6.1.5 *Definición de la Arquitectura Básica*

Se estableció una arquitectura de alto nivel para la aplicación, incluyendo la estructura general y las relaciones entre los componentes. Esto proporcionó una visión general de cómo se organizaría y funcionaría la aplicación.

*Ilustración 29*  
*Creación del proyecto en Android Studio.*



#### 4.6.2 *Diseño de la aplicación*

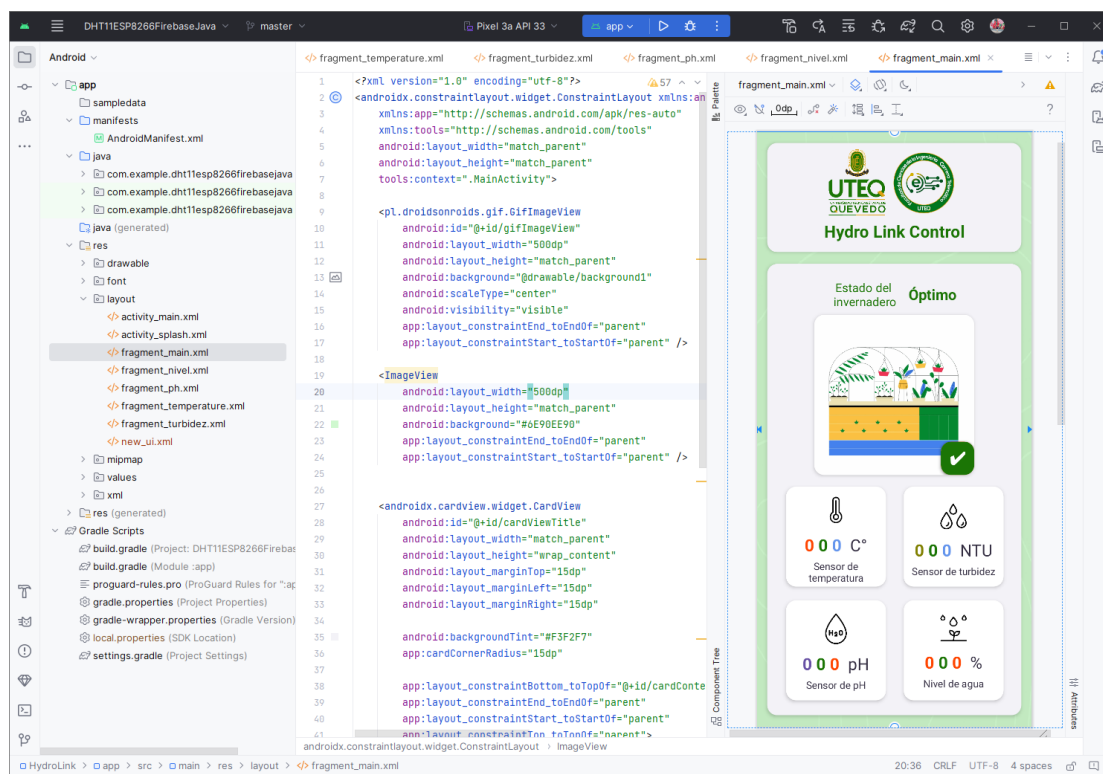
El diseño de la aplicación desempeña un papel crítico en la eficacia y utilidad del sistema de

monitoreo ambiental en invernaderos de hidroponía. La interfaz de usuario se creó con un enfoque en la usabilidad y la claridad de la presentación de datos. A continuación, se describen las características de diseño para cada interfaz dentro de la aplicación.

#### 4.6.2.1 Interfaz General

Esta interfaz proporciona una visión general del estado del invernadero y muestra las cuatro variables ambientales clave: temperatura, turbidez, pH y nivel de agua. La animación del invernadero representa de manera visual el estado actual del invernadero en función de estas variables. Una etiqueta cambia dinámicamente para reflejar el estado, indicando si se requiere una revisión en algún aspecto.

*Ilustración 30*  
*Diseño de la interfaz General de la aplicación.*

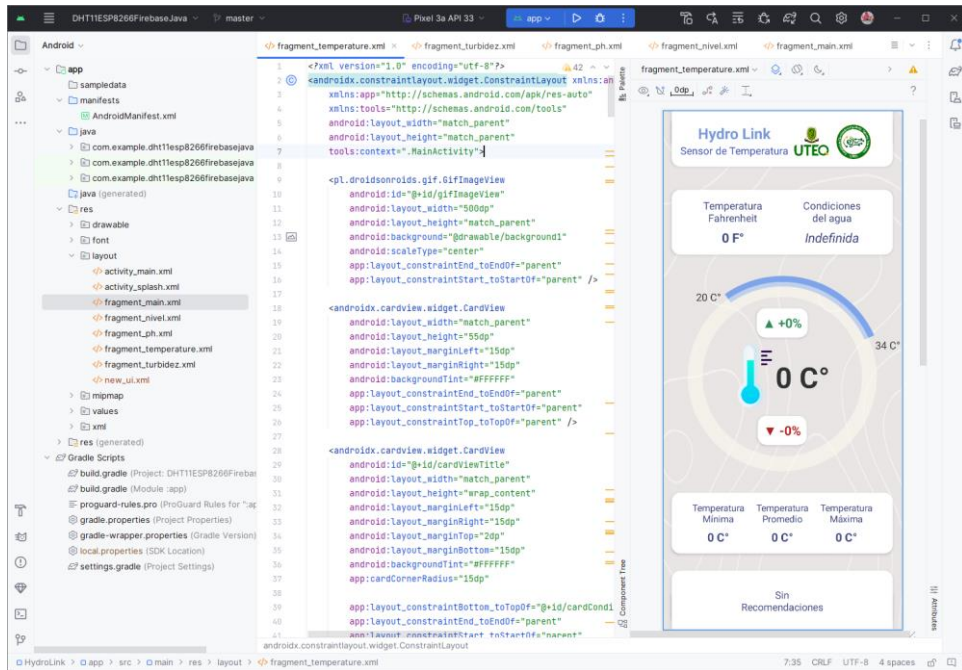


#### 4.6.2.2 Interfaz de Temperatura

Esta interfaz se centra en la variable de temperatura. Una barra de progreso muestra valores que oscilan entre 0 y 45 grados Celsius, indicando la temperatura medida, el rango óptimo y el porcentaje de fluctuación. Además, se presentan las lecturas mínimas, promedio y máximas de temperatura registradas. La temperatura se muestra tanto en grados Celsius como en Fahrenheit. El estado del agua varía según la temperatura, indicando si está tibia, fría, caliente o dentro del rango adecuado. La sección de consejos proporciona recomendaciones para abordar problemas relacionados con la temperatura del agua.

### *Ilustración 31*

## *Diseño de la interfaz de monitoreo de temperatura de la aplicación.*

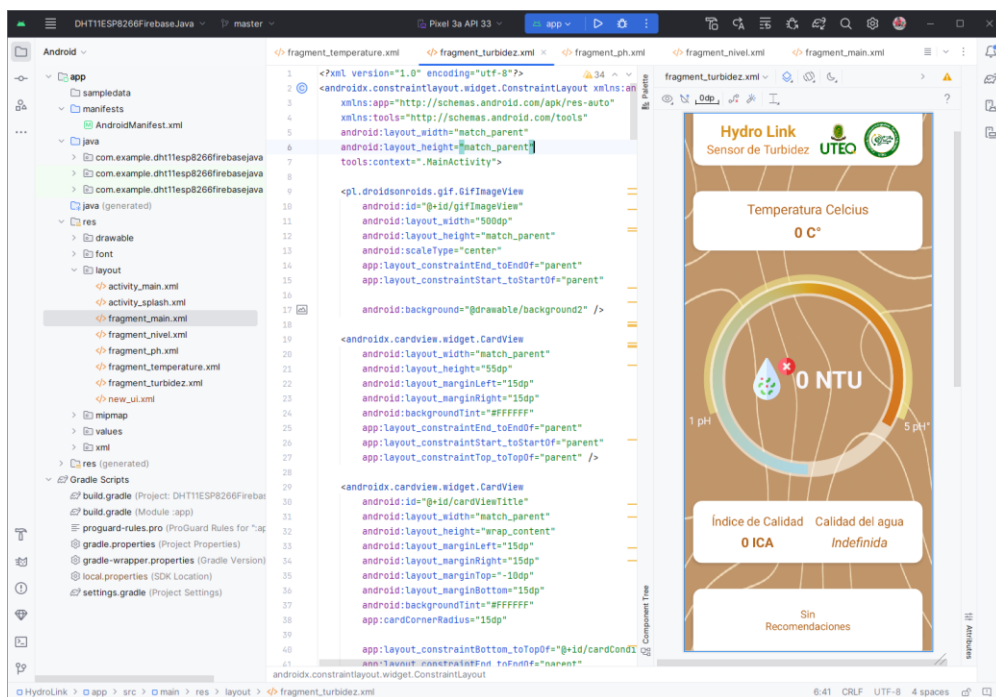


### 4.6.2.3 Interfaz de Turbidez

En esta interfaz, se representa la turbidez del agua. Una barra de progreso muestra valores de 0 a 7 NTU, junto con el rango recomendado para la calidad del agua. Además, se presenta información sobre la temperatura del agua y el Índice de Calidad del Agua (ICA) que influye en la calidad general del agua. Se incluye una sección de recomendaciones para mitigar problemas de turbidez excesiva.

### *Ilustración 32*

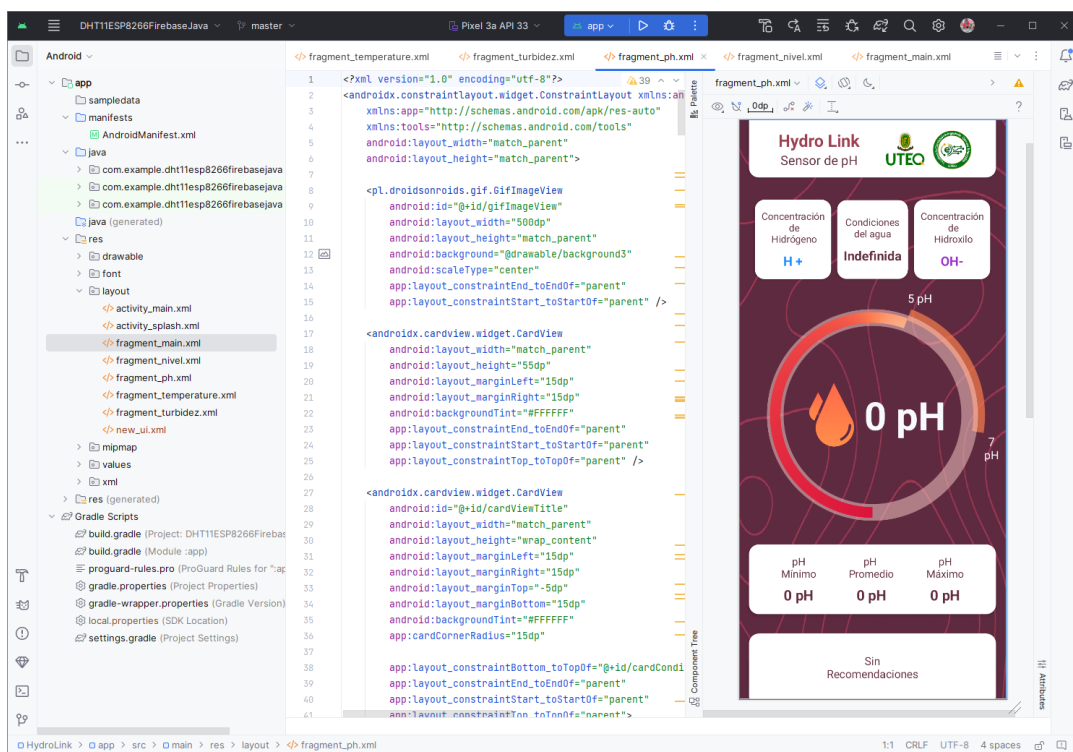
## *Diseño de la interfaz de monitoreo de turbidez de la aplicación.*



#### 4.6.2.4 Interfaz de pH

Esta interfaz se enfoca en la medición del pH del agua. Una barra de progreso abarca de 0 a 9 en la escala de pH, con un rango recomendado para mantener una calidad adecuada del agua. Además, se muestran las lecturas mínimas, promedio y máximas de pH registradas. Las condiciones del agua se describen con valores específicos, y se incluye información sobre la concentración de hidrógeno e hidroxilo. La sección de recomendaciones ofrece consejos para abordar problemas de pH.

*Ilustración 33*  
*Diseño de la interfaz de monitoreo de pH de la aplicación.*

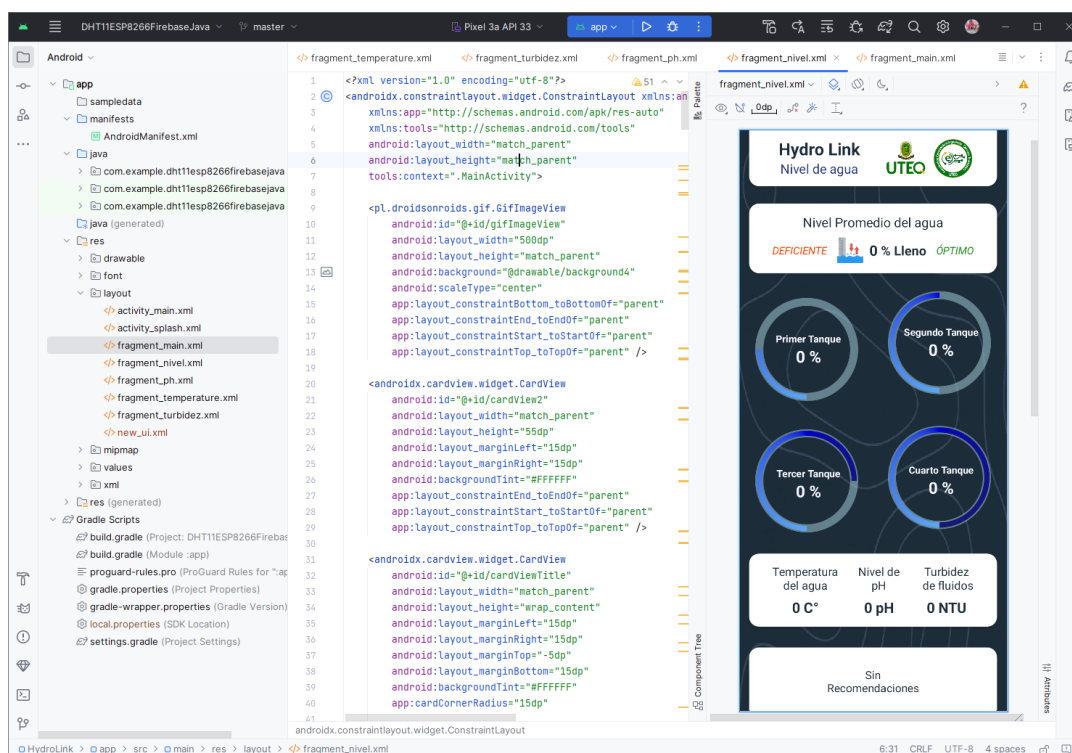


#### 4.6.2.5 Interfaz de Nivel de Agua

En esta interfaz, se presenta el estado del nivel de agua en cada tanque de manera individual, junto con un promedio general. Además, se evalúa si el nivel de agua es eficiente o deficiente. Se proporcionan detalles adicionales sobre las variables de temperatura, pH y turbidez. La sección de recomendaciones está disponible para guiar al usuario en caso de complicaciones en el flujo o nivel de agua.

## *Ilustración 34*

### *Diseño de la interfaz de monitoreo de nivel de agua de la aplicación.*



#### **4.6.3 Creación del proyecto en Firebase**

La elección de Firebase como plataforma de backend para nuestro proyecto se basó en varias consideraciones clave, entre las que se incluyen su capacidad para ofrecer una base de datos en tiempo real y su integración nativa con Android Studio. A continuación, se detallan los aspectos clave relacionados con la creación del proyecto en Firebase:

##### **4.6.3.1 Justificación de la Elección de Firebase**

Firebase, como servicio de desarrollo de aplicaciones móviles y plataforma de backend, ofrece una serie de ventajas que son especialmente relevantes para nuestro proyecto de monitoreo ambiental en invernaderos de hidroponía. La capacidad de Firebase para proporcionar una base de datos en tiempo real se alinea perfectamente con nuestra necesidad de obtener datos de sensores en tiempo real y reflejarlos en la interfaz de usuario de la aplicación. Además, Firebase ofrece una integración nativa con Android Studio, lo que simplifica significativamente el proceso de desarrollo y comunicación entre la aplicación y la base de datos.

##### **4.6.3.2 Creación del Proyecto en Firebase**

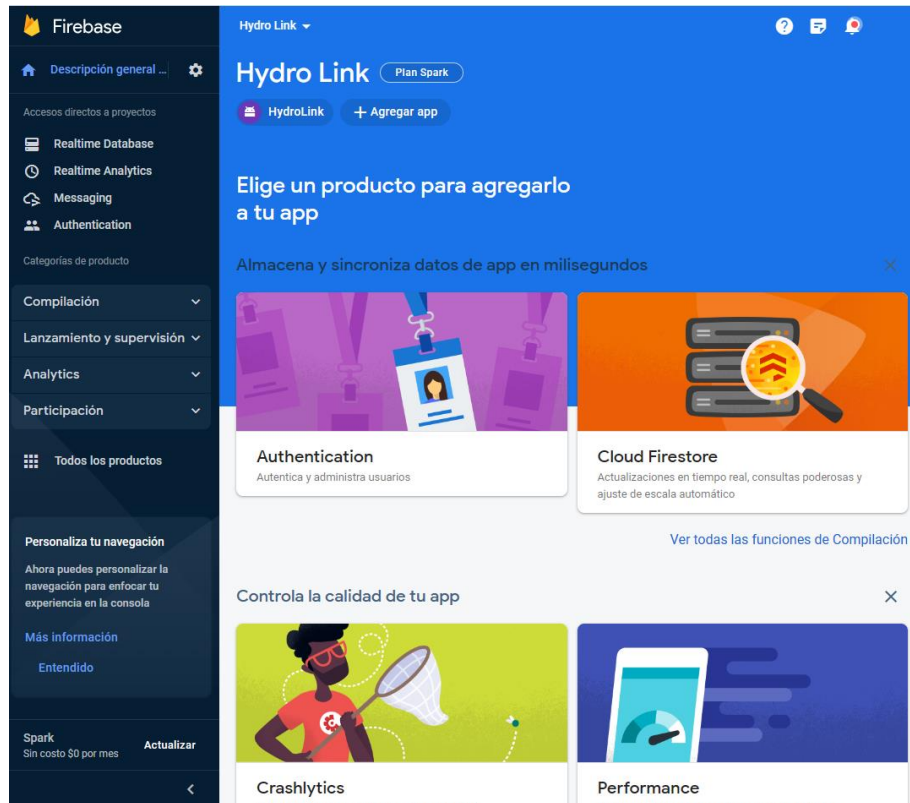
El proceso de creación del proyecto en Firebase implicó la configuración de una cuenta de Firebase y la creación de un nuevo proyecto en la consola de Firebase. Se seleccionaron las opciones de configuración relevantes, como la región del proyecto y las políticas de seguridad,

para adaptar el proyecto a nuestras necesidades específicas.

#### 4.6.3.3 Estructura de la Base de Datos en Firebase

Uno de los aspectos más críticos de la creación del proyecto en Firebase fue la definición de la estructura de la base de datos. Se crearon nodos y colecciones específicas para cada variable ambiental (temperatura, turbidez, pH y nivel de agua), lo que permitió un almacenamiento y acceso eficiente a los datos medidos por los sensores.

*Ilustración 35*  
*Creación del proyecto en Firebase de Google.*



#### 4.6.4 Programación y backend

En esta etapa del proyecto, se llevó a cabo la programación de la aplicación utilizando el lenguaje de programación Java. La programación y el backend se centraron en hacer que la aplicación sea funcional y efectiva en la gestión de datos ambientales, además de habilitar la generación de notificaciones en tiempo real. A continuación, se describen los aspectos clave de este proceso:

##### 4.6.4.1 Codificación en Java

La codificación en Java fue fundamental para acceder y controlar cada componente de los fragmentos de la aplicación. Se importaron las bibliotecas y dependencias necesarias para que los fragmentos fueran manejables y pudieran mostrar la fluctuación de los datos en el tiempo. La programación permitió la interacción dinámica con los sensores y la actualización en tiempo

real de la interfaz de usuario.

#### 4.6.4.2 Clase Base para Fragmentos

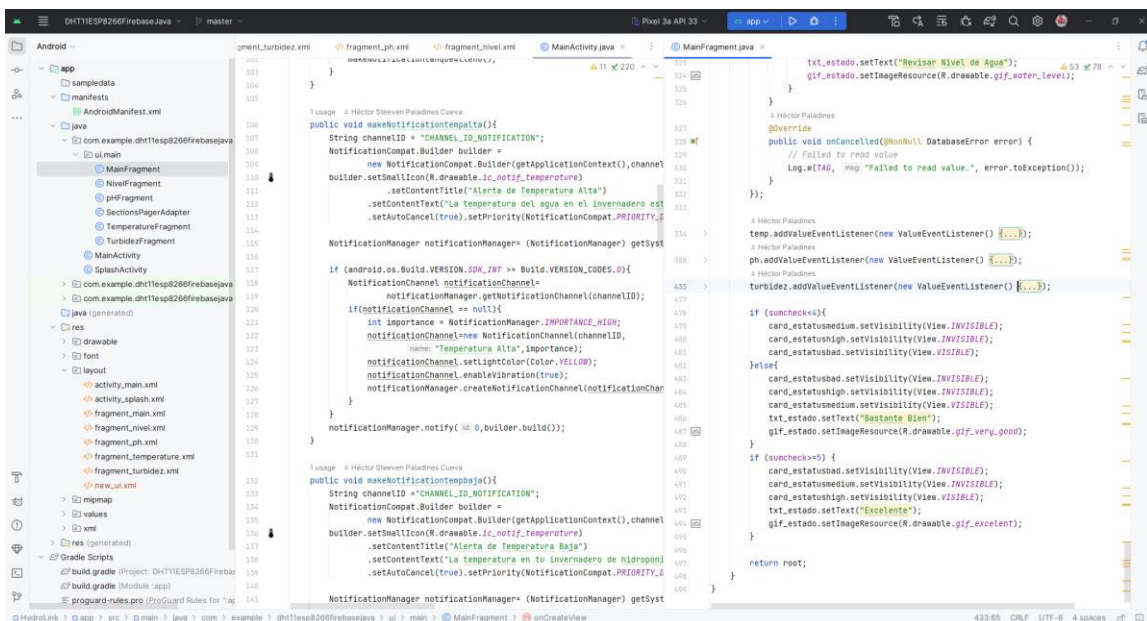
Se creó una clase base que heredan todos los fragmentos del proyecto. Esta clase base proporciona una estructura común para todos los fragmentos, lo que facilita la implementación de la lógica compartida y la generación de notificaciones. Un método centralizado de notificación se diseñó de manera que, al detectar un valor fuera del rango óptimo de la variable ambiental, la aplicación pueda emitir una notificación para alertar al usuario sobre el problema. Esta función es esencial para mantener un monitoreo proactivo de las condiciones ambientales.

#### 4.6.4.3 Dinámica de las Interfases

Cada interfaz de la aplicación funciona de manera similar en términos de estructura y funcionalidad. Cuando se detecta un valor que se encuentra fuera del rango óptimo para una variable ambiental específica, se desencadenan una serie de acciones. Los valores y las barras de progreso cambian en consecuencia, y se muestran consejos específicos para abordar el problema. Esta dinámica garantiza que el usuario esté informado sobre las condiciones ambientales y pueda tomar medidas correctivas de manera efectiva.

### Ilustración 36

Programación dinámica de las interfaces de cada fragment para cada layout de la aplicación.



#### 4.6.5 Creación de la base de datos realtime en Firebase

La creación de la base de datos en tiempo real en Firebase fue un componente central en el desarrollo de nuestro sistema de monitoreo ambiental. Este paso involucró la configuración y estructuración de la base de datos para albergar y gestionar los datos de las variables ambientales: nivel de agua, temperatura, pH y turbidez. Aquí se detallan los aspectos más

relevantes de esta etapa:

#### 4.6.5.1 *Diseño de la Estructura de la Base de Datos*

Se diseñó cuidadosamente la estructura de la base de datos para acomodar las cuatro variables ambientales medidas en el invernadero de hidroponía. Cada una de estas variables se representó como un nodo independiente dentro de la base de datos de Firebase. Esto permitió un almacenamiento eficiente y la posibilidad de acceder y actualizar los datos en tiempo real.

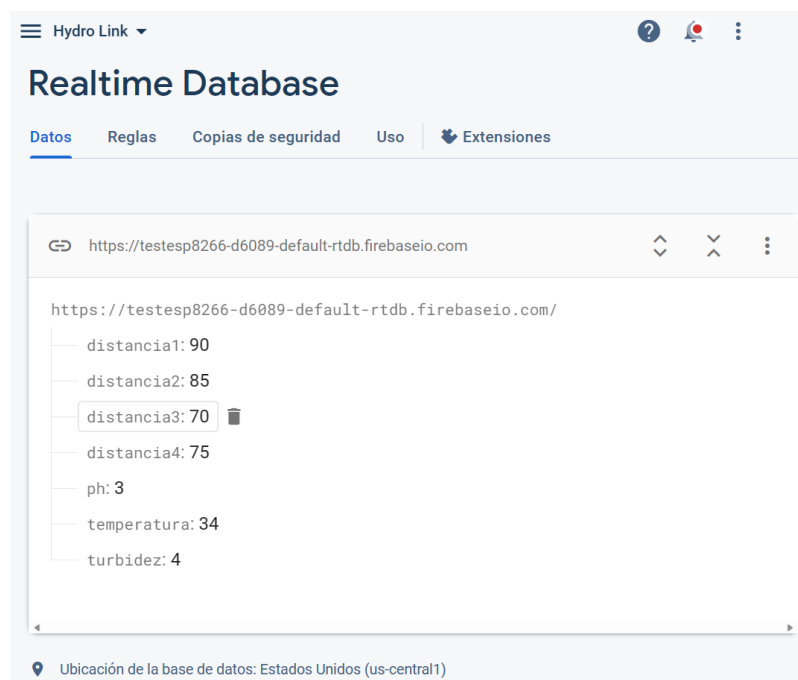
#### 4.6.5.2 *Variables Ambientales en la Base de Datos*

Las variables ambientales se dividieron en cuatro categorías principales en la base de datos:

- **Nivel de Agua:** Se crearon cuatro nodos separados, uno para cada tanque de agua, etiquetados como "Nivel1", "Nivel2", "Nivel3" y "Nivel4". Cada nodo almacenó la información sobre el nivel de agua correspondiente a su tanque.
- **Temperatura:** Se configuró un nodo específico para almacenar los datos de temperatura. Este nodo almacenó información sobre la temperatura del agua en el invernadero.
- **pH:** Otro nodo fue dedicado a los datos de pH, registrando la acidez o alcalinidad del agua.
- **Turbidez:** Se creó un nodo adicional para la turbidez, que reflejaba la claridad del agua en el invernadero.

#### *Ilustración 37*

*Creación de las variables en la database en tiempo real en Firebase.*



#### ***4.6.5.3 Almacenamiento en Tiempo Real***

Una de las características más destacadas de Firebase es su capacidad de proporcionar datos en tiempo real. Esto significa que los datos almacenados en la base de datos se actualizan de manera automática y en tiempo real en la aplicación. Cuando los sensores del ESP32 enviaban datos a Firebase, estos se reflejaban inmediatamente en la aplicación, brindando a los usuarios acceso a la información ambiental más actualizada.

#### ***4.6.5.4 Seguridad y Acceso Controlado***

La seguridad de la base de datos es una preocupación fundamental. Se implementaron políticas de seguridad para asegurar que solo los usuarios autorizados tuvieran acceso a los datos. Esto se logró mediante la configuración de reglas de seguridad en Firebase que requerían autenticación para leer o escribir en la base de datos.

#### ***4.6.6 Integración de Firebase con Android Studio***

La integración de Firebase con Android Studio fue un paso crítico para habilitar la comunicación efectiva entre la aplicación y la base de datos en tiempo real de Firebase. Aquí se detallan los pasos clave que se siguieron:

##### ***4.6.6.1 Registro de la Aplicación en Firebase***

El primer paso consistió en registrar la aplicación en Firebase. Tras la creación de la base de datos en Firebase, se generó un archivo JSON que contenía información de autenticación esencial. Este archivo se vinculó con la aplicación de Android Studio, estableciendo una conexión segura y autenticada.

##### ***4.6.6.2 Implementación de Firebase en Android Studio***

En el archivo Gradle del proyecto en Android Studio, se agregó la implementación necesaria para Firebase. Se utilizó la dependencia `com.google.firebase:firebase-database` para habilitar la comunicación con la base de datos. También se hizo uso de `com.google.firebase:firebase-bom` en su versión 32.2.0, lo que aseguró la compatibilidad de las dependencias de Firebase en el proyecto.

### Ilustración 38

Implementaciones en el gradle del proyecto para utilizar la realtime database de Firebase.

```
dependencies {  
  
    implementation 'de.hdodenhof:circleimageview:3.1.0'  
    implementation(platform("com.google.firebase:firebase-bom:32.2.0"))  
    implementation("com.google.firebase:firebase-database")  
    implementation 'pl.droidsonroids.gif:android-gif-drawable:1.2.28'  
  
    implementation 'androidx.appcompat:appcompat:1.6.1'  
    implementation 'com.google.android.material:material:1.10.0'  
    implementation 'androidx.constraintlayout:constraintlayout:2.1.4'  
    testImplementation 'junit:junit:4.13.2'  
    androidTestImplementation 'androidx.test.ext:junit:1.1.5'  
    androidTestImplementation 'androidx.test.espresso:espresso-core:3.5.1'  
}
```

#### 4.6.6.3 Instanciación del Servicio de Firebase

Dentro de cada fragment de la aplicación, se instanció el servicio de Firebase Database. Esto permitió a cada fragment acceder a la base de datos de Firebase y realizar operaciones de lectura y escritura. Cada fragment manejó los datos de su variable ambiental específica, ya sea nivel de agua, temperatura, pH o turbidez.

### Ilustración 39

Codificación de cada instancia de variable en el caso de datos fluctuantes.

```
public View onCreateView(  
    @NonNull LayoutInflater inflater, ViewGroup container,  
    Bundle savedInstanceState) {  
    View root = inflater.inflate(R.layout.fragment_main, container, attachToRoot: false);  
    // Write a message to the database  
    FirebaseDatabase database = FirebaseDatabase.getInstance();  
    DatabaseReference myRef1 = database.getReference( path: "distancia1");  
    DatabaseReference myRef2 = database.getReference( path: "distancia2");  
    DatabaseReference myRef3 = database.getReference( path: "distancia3");  
    DatabaseReference myRef4 = database.getReference( path: "distancia4");  
  
    DatabaseReference temp = database.getReference( path: "temperatura");  
    DatabaseReference ph = database.getReference( path: "ph");  
    DatabaseReference turbidez = database.getReference( path: "turbidez");  
  
    final TextView txt_estado = root.findViewById(R.id.main_estado);  
    final GifImageView gif_estado = root.findViewById(R.id.gif_estado);  
    final CardView card_estatusbad = root.findViewById(R.id.card_estatus_bad);  
    //final TextView txt_checkbad = root.findViewById(R.id.estatus_bad);  
    final CardView card_estatusmedium = root.findViewById(R.id.card_estatus_medium);  
    //final TextView txt_checkmedium = root.findViewById(R.id.estatus_medium);  
    final CardView card_estatushigh = root.findViewById(R.id.card_estatus_high);  
    //final TextView txt_checkhigh = root.findViewById(R.id.estatus_high);  
  
    final TextView txt_nivel_alto = root.findViewById(R.id.lbl_nivel_alto);  
    final TextView txt_nivel_bajo = root.findViewById(R.id.lbl_nivel_bajo);  
    final TextView txt_nivel = root.findViewById(R.id.lbl_nivel);  
    final TextView nivel_alto = root.findViewById(R.id.simbol_nivel_alta);  
    final TextView nivel_bajo = root.findViewById(R.id.simbol_nivel_bajo);
```

#### 4.6.6.4 Recepción de Datos en Tiempo Real

Se implementó un `addValueEventListener` para cada variable ambiental en Firebase. Esta función detectó y recibió los datos en tiempo real a medida que fluctuaban. Cuando los sensores del ESP32 enviaban datos a Firebase, estos se actualizaban automáticamente en la aplicación, lo que garantizaba que los usuarios tuvieran acceso a información ambiental actualizada.

#### Ilustración 40

*Codificación de cada apartado para cada variable en la base de datos de firebase y representarla en Android Studio.*

```
temp.addValueEventListener(new ValueEventListener() {
    2 usages  ± Héctor Paladines
    @Override
    public void onDataChange(@NonNull DataSnapshot dataSnapshot) {
        // This method is called once with the initial value and again
        // whenever data at this location is updated.
        String value = dataSnapshot.getValue().toString();
        int intTemp = Integer.parseInt(value);

        if (intTemp<20){
            txt_temp_alto.setText("");
            txt_temp.setText("");
            txt_temp_baja.setText(value);
            temp_alto.setText("");
            temp_bajo.setText("");
            checktemp=0;
        } else if (intTemp>=20&intTemp<=34) {
            txt_temp_alto.setText("");
            txt_temp_baja.setText("");
            txt_temp.setText(value);
            temp_alto.setText("");
            temp_bajo.setText("");
            checktemp=1;
        } else if (intTemp>34) {
            txt_temp.setText("");
            txt_temp_baja.setText("");
            txt_temp_alto.setText(value);
            temp_bajo.setText("");
            //temp_alto.setText("\u0083C\u00DFDC");
            checktemp=0;
        }
    }
}
```

#### 4.6.7 Verificación del funcionamiento

La verificación del funcionamiento del sistema de monitoreo ambiental se llevó a cabo para asegurar que los datos en la base de datos de Firebase se reflejaran correctamente en la aplicación, permitiendo así una experiencia de usuario precisa y confiable. Durante este proceso, se realizaron diversas pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación en diferentes escenarios.

Se procedió a modificar los valores en Firebase, simulando fluctuaciones en las variables ambientales. Estas pruebas se realizaron con éxito, y se confirmó que la aplicación respondía

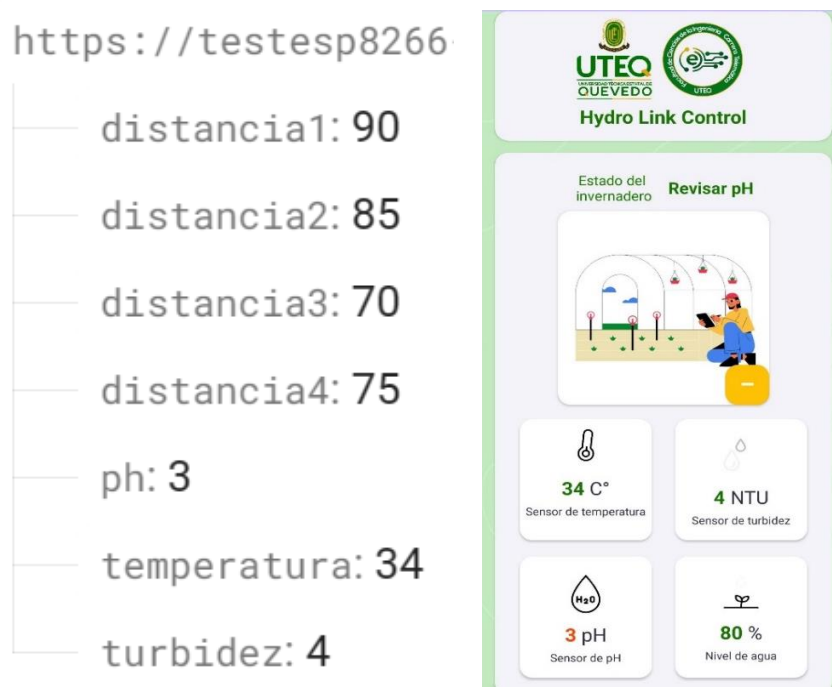
como se había planificado. Los valores actualizados en Firebase se reflejaban de manera inmediata en la aplicación, lo que permitía a los usuarios acceder a datos ambientales en tiempo real.

Sin embargo, es importante destacar que durante esta etapa se identificaron y corrigieron algunas deficiencias. Se encontraron problemas como la necesidad de asegurarse de que los valores en Firebase estuvieran en el formato correcto, utilizando puntos en lugar de comas, para evitar errores al convertir datos de cadena a números enteros. Además, se abordaron cuestiones relacionadas con la gestión de notificaciones, ya que se observó que el canal de notificaciones podía saturarse si se generaban notificaciones en exceso.

A pesar de estos desafíos, el programa funcionó como se tenía previsto en lo que respecta a la actualización en tiempo real de los datos ambientales en la aplicación. Esta verificación del funcionamiento fue un paso esencial para garantizar la confiabilidad y precisión del sistema de monitoreo ambiental en un entorno de invernadero de hidroponía.

#### *Ilustración 41*

*Cambio de datos y verificación en tiempo real de envío a la aplicación.*



#### **4.7 Desarrollo del circuito para el ESP32 y su sensorización**

Se realizaron una serie de pruebas y experimentos utilizando el circuito desarrollado en un entorno simulado y, posteriormente, en un ambiente de invernadero de hidroponía en casa. Estas pruebas incluyeron:

#### ***4.7.1 Medición del Nivel de Agua en los Tanques.***

Se implementó un sensor ultrasónico para medir de manera precisa el nivel de agua en los tanques de suministro. Los datos se recopilaban de forma continua y se compararon con los niveles deseados para garantizar un suministro adecuado de agua a las plantas.

#### ***4.7.2 Monitoreo del pH.***

Un sensor de pH se utilizó para medir la acidez del agua en los sistemas hidropónicos. Se llevaron a cabo mediciones periódicas para mantener el pH en los rangos ideales para el crecimiento de las plantas.

#### ***4.7.3 Turbidez del Agua.***

Se implementó un sensor de turbidez para evaluar la claridad del agua en los sistemas hidropónicos. Esto permitió detectar la presencia de partículas suspendidas y tomar medidas para mantener la calidad del agua.

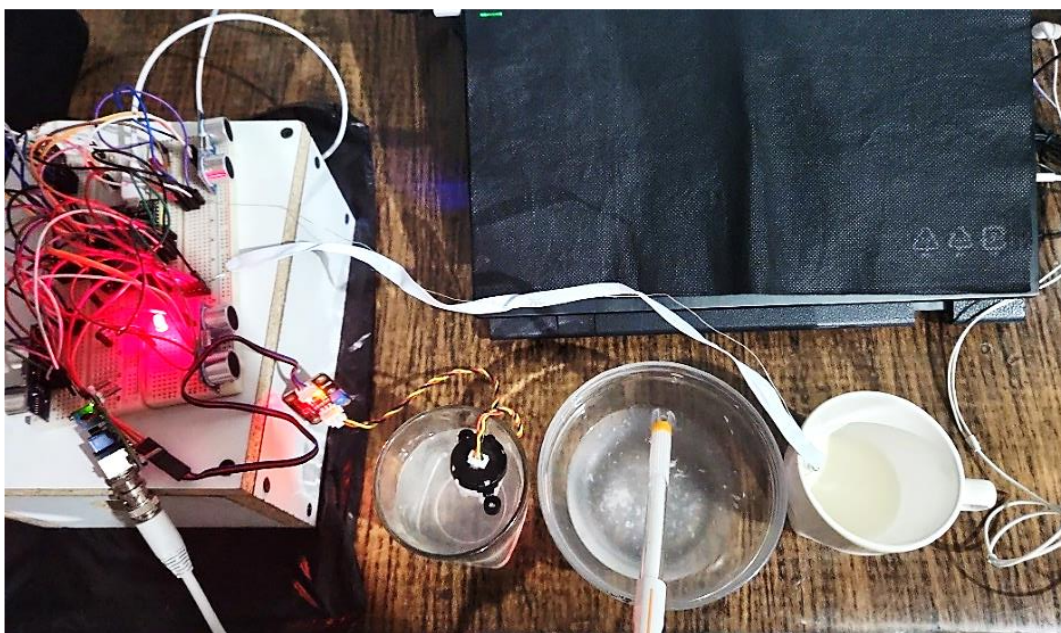
#### ***4.7.4 Medición de Temperatura.***

Se empleó un sensor de temperatura para controlar la temperatura del agua en los tanques y asegurar que se mantuviera dentro de los rangos óptimos para el cultivo de plantas hidropónicas.

Los datos recopilados se compararon con las condiciones ideales para el cultivo hidropónico, lo que permitió ajustar los parámetros del sistema para garantizar el cumplimiento de estos estándares y optimizar las condiciones para el desarrollo de los cultivos.

### *Ilustración 42*

*Prácticas realizadas del circuito con el ESP32 y los demás sensores en casa.*



#### **4.8 Resultados y Conclusiones Preliminares**

Durante la fase de pruebas y experimentación, se llevó a cabo la integración exitosa del sistema de monitoreo y control en el entorno del invernadero de hidroponía ubicado en el campus "La María". Los resultados y conclusiones preliminares señalan varios logros y observaciones fundamentales:

##### **4.8.1 Integración con Firebase.**

El sistema se configuró de manera eficaz para enviar datos a Firebase, una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles y web. Esta integración permitió el almacenamiento seguro y la gestión de los datos recopilados por el circuito del ESP32 en tiempo real.

Actualización en la Aplicación: La aplicación móvil diseñada para este proyecto demostró una capacidad efectiva para recibir y mostrar los datos provenientes del invernadero. Esta actualización en tiempo real es crucial para el monitoreo constante de las condiciones del cultivo.

##### **4.8.2 Estabilidad de la Conexión.**

Se observó que el sistema funcionaba de manera óptima cuando la señal de Internet era estable. La conectividad confiable es esencial para garantizar que los datos se transmitan de manera constante y precisa a la aplicación. En situaciones donde la señal de Internet era débil o intermitente, se produjeron algunos retrasos en la actualización de datos.

### ***4.8.3 Cumplimiento de Objetivos.***

El proyecto logró exitosamente su objetivo principal, que era proporcionar un sistema de monitoreo y control confiable para el invernadero de hidroponía. La capacidad de medir y ajustar los parámetros clave, como el nivel de agua, el pH, la turbidez y la temperatura, contribuyó significativamente a la creación de un entorno óptimo para el cultivo de plantas hidropónicas.

### ***4.8.4 Validación Preliminar.***

Si bien estos resultados son prometedores, se reconoce que se necesita una validación adicional a largo plazo en condiciones operativas continuas para confirmar la eficacia y la confiabilidad del sistema en un entorno real de producción agrícola.

El proyecto final se ejecutó de manera satisfactoria en el invernadero de hidroponía del campus "La María", y los resultados iniciales respaldan la utilidad y el potencial de la tecnología implementada. No obstante, se debe continuar con la recopilación de datos y análisis a largo plazo para evaluar completamente el impacto en el rendimiento y la eficiencia de los cultivos hidropónicos.

#### ***Ilustración 43***

*Proyecto Final ejecutado en el Invernadero de Hidroponía del campus "La María".*



**CAPÍTULO V**  
**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

## 5.1 Conclusiones.

- Se ha llevado a cabo un análisis detallado de los requisitos específicos para el monitoreo y control de variables ambientales en los invernaderos del campus, los resultados de este análisis proporcionan una base sólida para el diseño e implementación de soluciones eficientes y personalizadas.
- Se ha logrado con éxito la implementación de una infraestructura de red telemática eficiente basada en tecnologías de baja potencia, esta infraestructura garantiza una comunicación efectiva y constante entre los sensores distribuidos en el invernadero y el sistema central de monitoreo y control.
- La creación de una interfaz de usuario intuitiva y de fácil acceso ha sido exitosa, permitiendo a los usuarios supervisar en tiempo real las variables ambientales del invernadero, la interfaz proporciona un medio eficaz para controlar y gestionar acciones pertinentes, facilitando la toma de decisiones informadas y la optimización del entorno del invernadero.
- La implementación de este sistema ha demostrado un impacto positivo en la eficiencia operativa de los invernaderos, permitiendo una gestión más precisa del uso de tecnologías de baja potencia respalda los objetivos de sostenibilidad al minimizar el consumo de energía y recursos.

## 5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda mantener actualizado el equipo tecnológico utilizado en el sistema telemático, de modo que se pueda aprovechar las últimas innovaciones y garantizar su compatibilidad con futuras actualizaciones.
- Para lograr una mayor precisión, se sugiere considerar la utilización de tecnología LoRAWAN, la cual puede cubrir varios kilómetros en áreas abiertas y proporcionar una cobertura adecuada incluso dentro de un invernadero.
- Es esencial brindar capacitación al personal encargado del monitoreo y control del sistema para asegurar su uso efectivo y una respuesta rápida ante cualquier problema que pueda surgir.
- Se invita a explorar oportunidades para la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, con el objetivo de mejorar aún más la gestión agrícola en los invernaderos.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFIA**

## Referencias

- [1] M. Arévalo, F. David, M. Arévalo y F. David, «Repositorio UISRAEL,» 13 08 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2142>. [Último acceso: 11 06 2023].
- [2] Á. A. O. Guerrero y D. C. L. Vega, «Repositorio UDEP,» 23 02 2020. [En línea]. Available: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4665/ING\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4665/ING_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 10 06 2023].
- [3] M. Cardenas y J. Estefania, «Repositorio UTMACH,» Universidad Técnica de Machala, 12 09 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11335>. [Último acceso: 08 06 2023].
- [4] M. A. S. Ayala, «Repositorio UTB,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, 12 05 2019. [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiewyKnt1cb\\_AhUbTDABHdRADpsQFnoECBMQAQ&url=http%3A%2F%2Fspace.utb.edu.ec%2Fbitstream%2Fhandle%2F49000%2F6184%2FTE-UTB-FACIAG-ING%2520AGROP-000073.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&u](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiewyKnt1cb_AhUbTDABHdRADpsQFnoECBMQAQ&url=http%3A%2F%2Fspace.utb.edu.ec%2Fbitstream%2Fhandle%2F49000%2F6184%2FTE-UTB-FACIAG-ING%2520AGROP-000073.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&u). [Último acceso: 02 06 2023].
- [5] Lualtek Srls , «Tecnología LoRaWAN para control y gestión remota de invernaderos,» 17 08 2021. [En línea]. Available: <https://www.freshplaza.es/article/9294890/tecnologia-lorawan-para-control-y-gestion-remota-de-invernaderos/>.
- [6] G. M. Villalobos, D. F. Méndez y N. B. Osorio, «Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas,» 17 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/5343/534367758010/html/>.
- [7] G. Rambauth-Ibarra, «Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola,» 03 01 2022. [En línea]. Available: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3978/4015>.
- [8] A. Vazquez-Roda, F. Astudillo-Salinas y L. I. Minchala, «Aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del Río Paute,» 19 01 2020. [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiewyKnt1cb\\_AhUbTDABHdRADpsQFnoECBMQAQ&url=http%3A%2F%2Fspace.utb.edu.ec%2Fbitstream%2Fhandle%2F49000%2F6184%2FTE-UTB-FACIAG-ING%2520AGROP-000073.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&u](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiewyKnt1cb_AhUbTDABHdRADpsQFnoECBMQAQ&url=http%3A%2F%2Fspace.utb.edu.ec%2Fbitstream%2Fhandle%2F49000%2F6184%2FTE-UTB-FACIAG-ING%2520AGROP-000073.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&u).

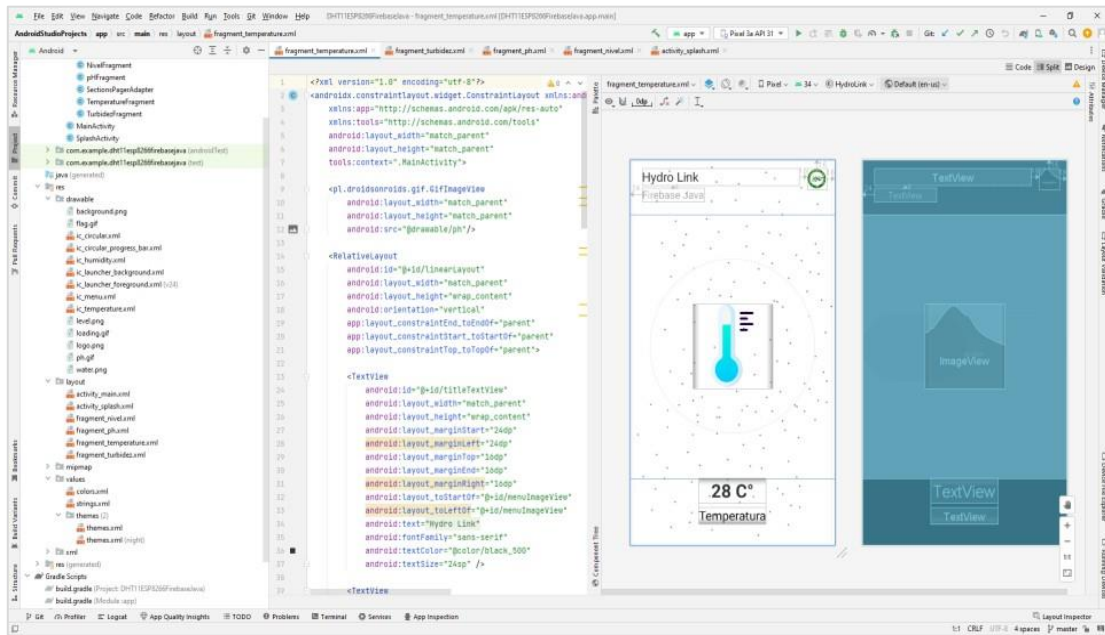
ed=2ahUKEwi11dLn2sb\_AhWur4QIHd0gDvEQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F7741845.pdf&usg=AOvVaw3626Gn5sl4\_1eGdOZtMnRI.

- [9] S. I. O. Duque, «Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos,» 01 12 2017. [En línea]. Available: [http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector12\\_6.pdf](http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector12_6.pdf).
- [10] Red Hat, «¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?,» 20 01 2023. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>. [Último acceso: 14 08 2023].
- [11] BASF, «Posibilidades que permite el IoT en la agricultura,» 23 10 2022. [En línea]. Available: <https://agriculture.basf.com/ec/es/contenidos-de-agricultura/digitalizacion-iot.html#:~:text=El%20IoT%20en%20la%20agricultura%20permite%20conectar%20diferentes%20dispositivos%20para,rastrear%20cualquier%20tipo%20de%20anomal%C3%ADa..> [Último acceso: 16 08 2023].
- [12] S. L. Mora, «Sara López Mora?,» 17 05 2020. [En línea]. Available: <https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>. [Último acceso: 12 08 2023].
- [13] J. Parellada, «Conexión ESP32 Con Firebase (Google Cloud),» 03 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.juanjobeunza.com/esp32-firebase/>. [Último acceso: 12 08 2023].
- [14] C. Collado, «<https://www.lavanguardia.com/andro4all/android/android-studio-descargar-instalar-guia-trucos>,» 04 08 2022. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/andro4all/android/android-studio-descargar-instalar-guia-trucos>. [Último acceso: 12 08 2023].
- [15] HydroENV, «Calidad del agua Hidroponica,» 12 09 2018. [En línea]. Available: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=148](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=148). [Último acceso: 11 02 2023].
- [16] LlaberiaGroup, «Instalación de riego hidropónico,» 30 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.llaberiagroup.com/riego-agricola/riego-hidroponico/#:~:text=El%20riego%20hidrop%C3%B3nico%20es%20un,se%20desarrolle%20en%20condiciones%20%C3%B3ptimas..> [Último acceso: 12 08 2023].

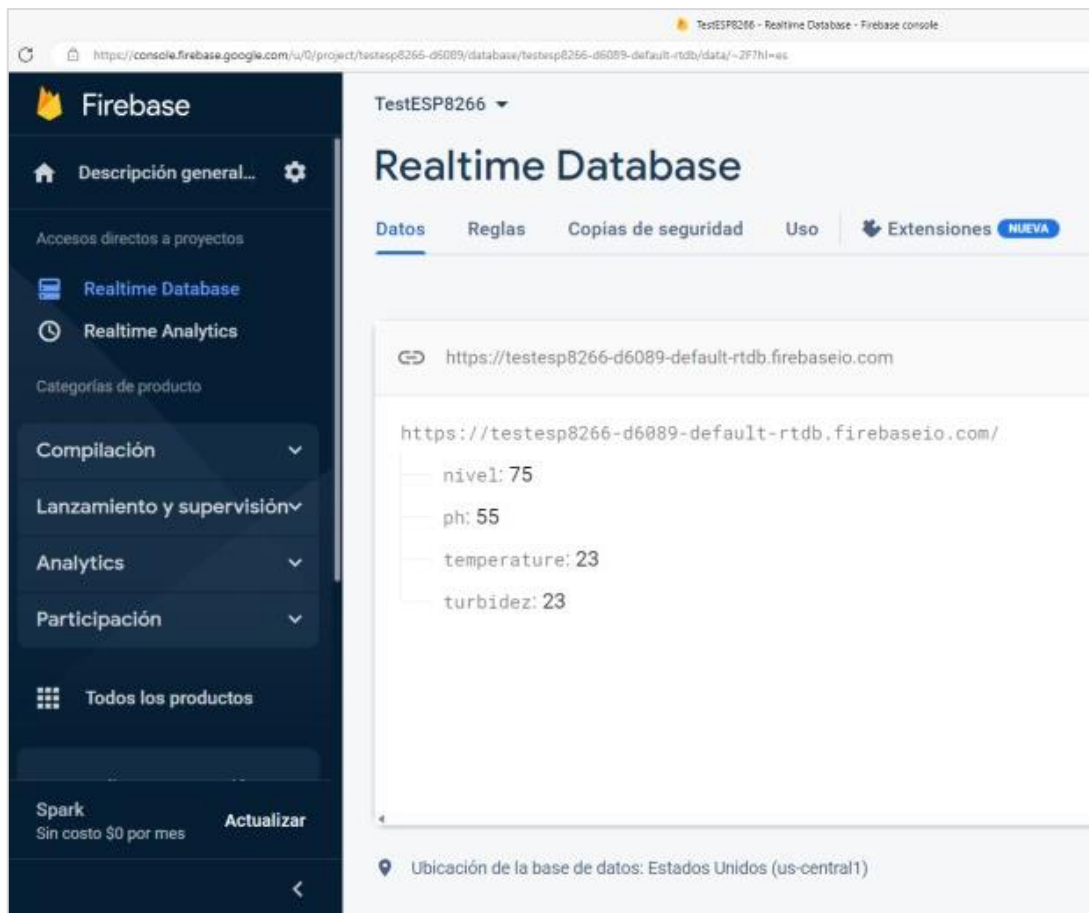
- [17] NIIXER, «¿Qué sensores son importantes para un invernadero inteligente?,» 13 05 2022. [En línea]. Available: <https://niixer.com/index.php/2022/05/04/que-sensores-son-importantes-para-un-invernadero-inteligente/>. [Último acceso: 21 09 2023].
- [18] BBVA, «Cultivos sin tierra: la hidroponía revoluciona la gastronomía,» 23 09 2017. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cultivos-sin-tierra-la-hidroponia-revoluciona-la-gastronomia/>. [Último acceso: 12 08 2023].
- [19] J. P. Martínez, «Importancia del control de variables ambientales en invernaderos para la producción de hortalizas,» 02 09 2020. [En línea]. Available: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67176/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%2036?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 12 08 2023].
- [20] m. d. t. y. d. l. s. d. l. información, «Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable.,» Gob.EC, Quito, 2017.
- [21] A. n. R. d. Ecuador, «LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONE,» REPÚBLICA DEL ECUADOR ASAMBLEA NACIONAL , Quito, 2015.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## Ilustración 44 Programación de la aplicación Hydro-Link.



## Ilustración 45 Minibase de datos en Google Firebase para el enlace de datos entre el ESP32 y la app.



*Ilustración 46*  
*Placa ESP32 utilizada para el proyecto.*



*Ilustración 47*  
*Sonda de temperatura utilizada.*



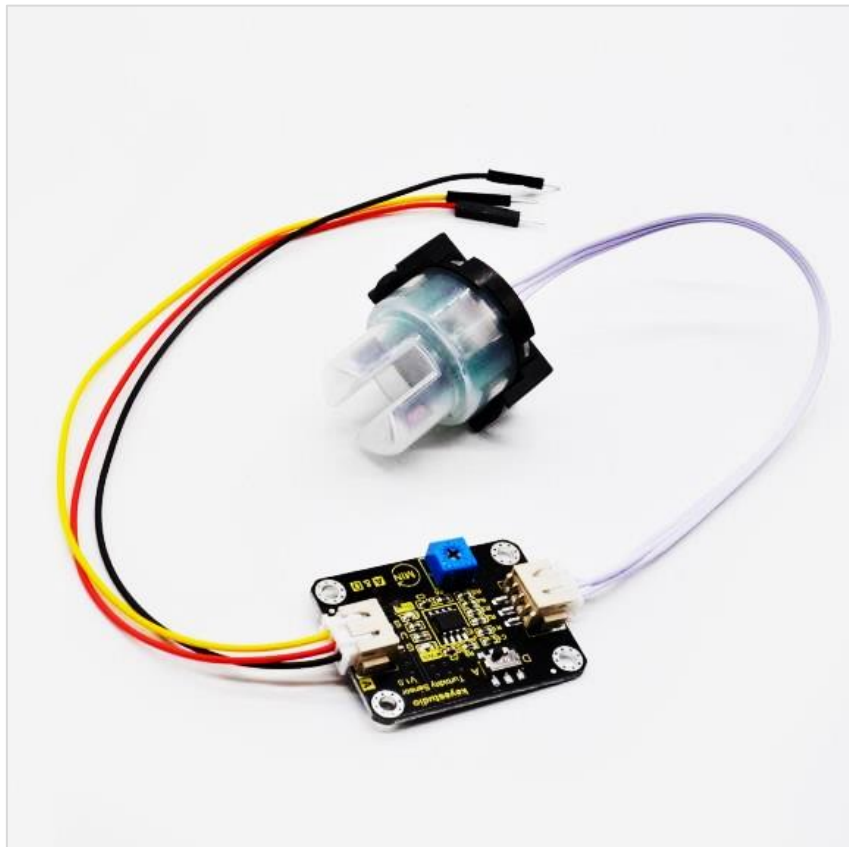
***Ilustración 48***

*Sensor de pH del agua antes de ser calibrado para el proyecto.*

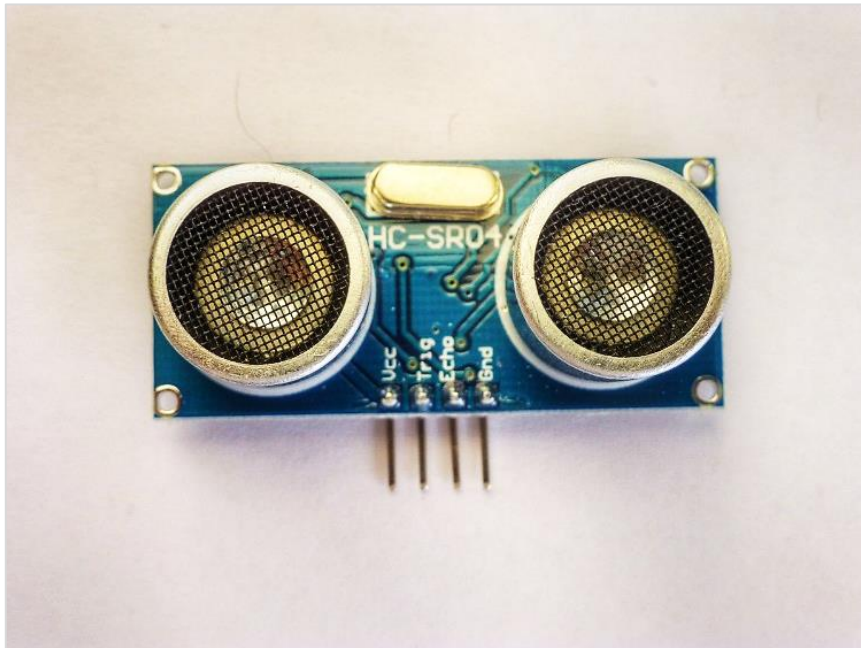


***Ilustración 49***

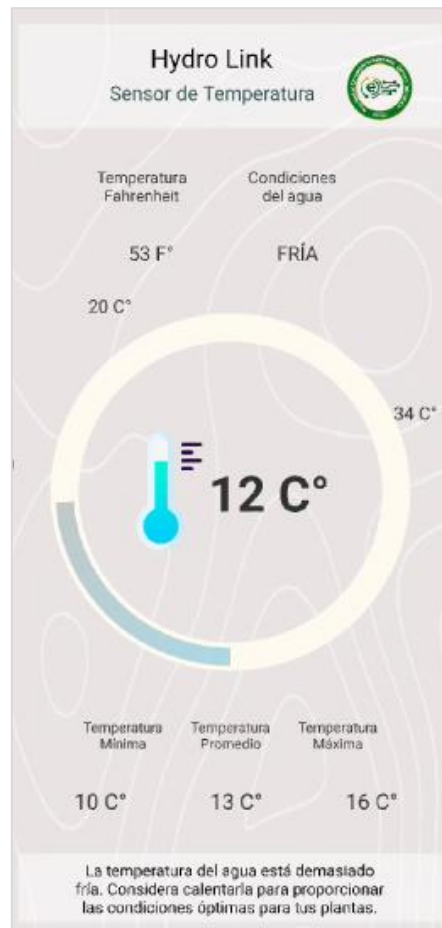
*Sensor de turbidez utilizado en el proyecto.*



*Ilustración 50*  
*Sensor ultrasónico para el proyecto.*



*Ilustración 51*  
*Interfaz del sensor de temperatura de la App Hydro-Link.*



**Ilustración 52**  
*Back-end de la interfaz de temperatura del proyecto Hydro Link.*

```

108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

**Ilustración 53**  
*Interfaz del sensor de turbidez de la App Hydro-Link.*



## Ilustración 54

*Back-end de la interfaz Turbidez del proyecto Hydro Link.*

```

final TextView txttemp = root.findViewById(R.id.turbTemp);
final TextView txtcon = root.findViewById(R.id.turbidezcon);
final TextView txtcons = root.findViewById(R.id.turbidezconsejo);
final TextView txttica = root.findViewById(R.id.turbidezico);

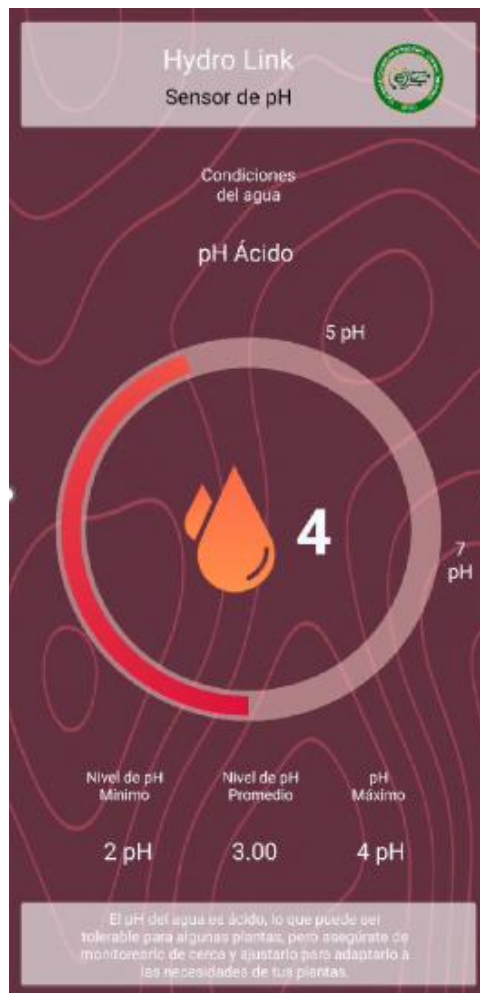
// Read from the database
+ Héctor Steven Paladines Cueva +1
myRef.addValueEventListener(new ValueEventListener() {
    @Override
    public void onDataChange(@NonNull DataSnapshot dataSnapshot) {
        // This method is called once with the initial value and again
        // whenever data at this location is updated.
        String value = dataSnapshot.getValue().toString();
        turbidez = Integer.parseInt(value);
        mTurbidezTextView.setText(value + " NTU");
        mTurbidezProgressBar.setProgress(Integer.parseInt(value));

        if (Integer.parseInt(value) < 1) {
            txtcon.setText("Turbidez Baja");
            txtcons.setText("La turbidez del agua es baja, lo cual es óptimo para tus plantas. Mantén este nivel para un crecimiento saludable.");
        }
        else {
            if (Integer.parseInt(value) <= 3) {
                txtcon.setText("Turbidez Moderada");
                txtcons.setText("La turbidez del agua ha aumentado ligeramente. Asegúrate de que no aumente más para mantener las condiciones ideales.");
            }
            else {
                if (Integer.parseInt(value) < 4) {
                    txtcon.setText("Turbidez Alta");
                    txtcons.setText("La turbidez del agua ha alcanzado un nivel elevado. Comprueba la calidad del agua y haz los ajustes necesarios para mantenerla clara");
                }
                else {
                    txtcon.setText("Turbidez Muy Alta");
                    txtcons.setText("La turbidez del agua ha superado niveles convencionales, lo cual no es ideal para tus plantas. Filtra o cambia el agua para mantener");
                    //MainActivity MainActivity = new MainActivity();
                    //MainActivity.notifyTurbidez();
                    notificationCallback.onAlertTriggered("TurbidezAlta");
                }
            }
        }
    }
}

```

## Ilustración 55

*Interfaz del sensor de pH de la App Hydro-Link.*



**Ilustración 56**  
*Back-end de la interfaz de pH del proyecto Hydro Link..*

```

// Formatear hidroxile con un decimal
String formateadoHidroxile = String.format("%.1f", hidroxile);

if (hidrogen <= 10000) {
    txtHidrogen.setText(formateadoHidrogen + " H+");
} else if (hidrogen > 10000) {
    txtHidrogen.setText((formateadoHidrogen) + " H H+");
} else if (hidrogen > 10000000) {
    txtHidrogen.setText(formateadoHidrogen + " B H+");
}

if (hidroxile <= 10000) {
    txtHidroxile.setText(formateadoHidroxile + " OH-");
} else if (hidroxile > 10000) {
    txtHidroxile.setText(formateadoHidroxile + " H OH-");
} else if (hidroxile > 10000000) {
    txtHidroxile.setText(formateadoHidroxile + " B OH-");
}

if(Integer.parseInt(value)<=2){
    txtcon.setText("pH Muy Ácido");
    txtcons.setText("El pH del agua es extremadamente ácido y no es adecuado para el crecimiento de las plantas. Debes tomar medidas inmediatas para ajustar el p
    /onInactivity MainActivity = new MainActivity();
    MainActivity.notification();
    notificationCallback.onAlertTriggered("pH_Alto");
}
} else{
    if (Integer.parseInt(value)>=3){
        txtcon.setText("pH Ácido");
        txtcons.setText("El pH del agua es ácido, lo que puede ser tolerable para algunas plantas, pero asegúrate de monitorearlo de cerca y ajustarlo para adaj
    }
    } else{
        if(Integer.parseInt(value)<7){
            txtcon.setText("pH Neutro a Levemente Ácido");
            txtcons.setText("El pH del agua está dentro del rango saludable. Esto es ideal para la mayoría de las plantas y es importante mantenerlo en este ran
        }
        } else{
            txtcon.setText("pH Alcalino");
            txtcons.setText("El pH del agua es alcalino, pero debes monitorear y ajustar gradualmente hacia el rango neutro si es necesario para adaptarlo a las
    }
}
    
```

**Ilustración 57**  
*Interfaz del sensor proximidad que mide el nivel de agua de la App Hydro-Link.*





## Ilustración 60

Back-end de la interfaz del menú principal del proyecto Hydro Link.

```
80 // Write a message to the database
81 FirebaseDatabase database = FirebaseDatabase.getInstance();
82 DatabaseReference myRef1 = database.getReference("path:distancia1");
83 DatabaseReference myRef2 = database.getReference("path:distancia2");
84 DatabaseReference myRef3 = database.getReference("path:distancia3");
85 DatabaseReference myRef4 = database.getReference("path:distancia4");
86
87 DatabaseReference temp = database.getReference("path:temperatura");
88 DatabaseReference ph = database.getReference("path:ph");
89 DatabaseReference turbidez = database.getReference("path:turbidez");
90
91 final TextView txt_estado = root.findViewById(R.id.moin_estado);
92 final GIFImageview gif_estado = root.findViewById(R.id.gif_estado);
93 final CardView card_estatusbad = root.findViewById(R.id.cord_estatus_bad);
94 //final TextView txt_checkbad = root.findViewById(R.id.estatus_bad);
95 final CardView card_estatusmedium = root.findViewById(R.id.cord_estatus_medium);
96 //final TextView txt_checkmedium = root.findViewById(R.id.estatus_medium);
97 final CardView card_estatushigh = root.findViewById(R.id.cord_estatus_high);
98 //final TextView txt_checkhigh = root.findViewById(R.id.estatus_high);
99
100 final TextView txt_nivel_alto = root.findViewById(R.id.lbl_nivel_alto);
101 final TextView txt_nivel_bajo = root.findViewById(R.id.lbl_nivel_bajo);
102 final TextView nivel_alto = root.findViewById(R.id.simbol_nivel_alto);
103 final TextView nivel_bajo = root.findViewById(R.id.simbol_nivel_bajo);
104
105 final TextView txt_temp_alto = root.findViewById(R.id.lbl.temperatura_alto);
106 final TextView txt_temp_bajo = root.findViewById(R.id.lbl.temperatura_bajo);
107 final TextView temp_alto = root.findViewById(R.id.txt.temperatura_alto);
108 final TextView temp_bajo = root.findViewById(R.id.txt.temperatura_bajo);
109
110 final TextView txt_turbidez_alto = root.findViewById(R.id.lbl.turbidez_alto);
111 final TextView txt_turbidez_bajo = root.findViewById(R.id.lbl.turbidez_bajo);
112 final TextView turbidez_alto = root.findViewById(R.id.txt.turbidez_alto);
113 final TextView turbidez_bajo = root.findViewById(R.id.txt.turbidez_bajo);
114
115 final TextView txt_ph_alto = root.findViewById(R.id.lbl.ph_alto);
116 final TextView txt_ph_bajo = root.findViewById(R.id.lbl.ph_bajo);
117 final TextView ph_alto = root.findViewById(R.id.txt.ph_alto);
```

## Ilustración 61

Caja de integración del ESP32 y los sensores en el invernadero.

