



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TEMA:

Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IOT para un invernadero en la provincia del Guayas

AUTOR:

Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TUTOR:

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar. M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Hernández Espinoza, Miguel Sebastián**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Automatización**

TUTOR

f. _____

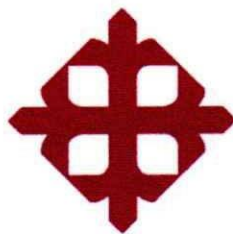
Ing. Romero Rosero Carlos Bolívar, M.Sc

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, M. Sc.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

DECLARO QUE:

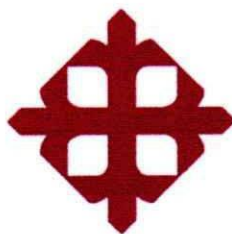
El trabajo de Integración Curricular **“Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IOT para un invernadero en la provincia del Guayas”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electrónica y automatización**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2023

EL AUTOR

Hernández Espinoza, Miguel Sebastián



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Yo, Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IOT para un invernadero en la provincia del Guayas”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2023

EL AUTOR

Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

REPORTE DE URKUND

Informe antiplagio URKUND del Trabajo de Integración Curricular de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización, con 2 % de coincidencias perteneciente al estudiante HERNÁNDEZ ESPINOZA, MIGUEL SEBASTIÁN.

URKUND

Documento: TIC_MH-B-2022_Final_SIN_revisado_corregido_28.01.22.docx (D157235941)

Presentado: 2023-01-28 16:13 (-05:00)

Presentado por: Carlos Bolivar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)

Recibido: edwin.palacios.acsg@anaytis.orkund.com

Mensaje: [TIC_MH-B-2022] [Mostrar el mensaje controlado](#)

2% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

- <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/2317/1918>
- <https://www.mibotic.com.ar/temperatura-humedad>
- <https://www.archdaily.mx/m/355137/la-evolucion>
- <https://health.ngo.gov/mediawiki/index.php/Green>
- Universidad del Azuay / D76867007
- <https://www.arterosemas.net/hojicota/Arterias>
- <https://es.weatherpark.com/y/18342/Clima-sirome>
- <https://biopg.worldbank.org/es/voceos/agricultura>

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAZÚ

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TEMA: Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IoT para un invernadero en la provincia del Guayas

AUTOR: Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TUTOR: Ing. Romero Rosero, Carlos Bolivar. MSc.

Atentamente,

Ing. Carlos Romero Rosero.

Profesor Titular Principal

TUTOR

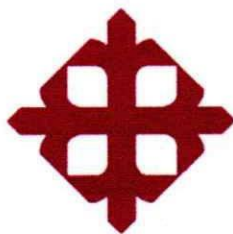
AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido con Dios por brindarme buena salud y mantenerme enfocado en mis metas profesionales, a mi familia que me apoya mucho en mi decisión y está muy orgullosa de mí.

Gracias a todos los profesores que me han guiado en esta carrera, quienes me han apoyado en cada paso del camino para terminar con éxito mi carrera.

DEDICATORIA

Mi familia siempre me ha apoyado en los momentos difíciles y especialmente durante mis años de educación superior. Por eso siempre están en mi corazón y en mi mente como un lazo familiar incondicional y fuerte. Mis padres han jugado un papel importante en mi vida y han sido unos maestros increíbles. Todo esto me ha permitido continuar con mi educación y también está dedicado a mis amigos cercanos y personas importantes en mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.



ING. FRANCO RODRÍGUEZ, JOHN ELOY Ph.D.

DECANO

f.



ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO M.Sc.

COORDINADOR DE ÁREA

f.



ING. EDWIN FERNANDO PALACIOS MELENDES M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Definición del Problema	3
1.4 Justificación del Problema	3
1.5 Objetivos del Problema de Investigación	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Metodología de Investigación.....	5
CAPÍTULO 2	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1 Los invernaderos	6
2.2 Historia de los invernaderos.....	10
2.3 Internet de las cosas	15
2.3.1 EL internet de las cosas en la agricultura.....	17
2.4 Sensor	19
2.4.1 Sensor DHT-11.....	19
2.4.2 Sensores en la Agricultura.....	21
2.5 Tecnología Lora.....	22
2.5.1 Tecnología Lora en la agricultura.....	24
2.6 Software Arduino IDE	25
2.7 ESP32	26
2.8 LabVIEW	28
2.9 Ubidots	30
CAPÍTULO 3	32
APORTES DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.1 Desarrollo de la interfaz principal para el monitoreo de temperatura y humedad	33
3.1.1 Condiciones de funcionamiento del sensor de temperatura	33
3.1.2 Condiciones de funcionamiento del sensor de humedad	34
3.2 Conexiones del sensor de temperatura, módulo wifi, pantalla y antena Lora.....	35
3.2.1 Programación en Arduino IDE para el ESP32.....	36

3.3 Diseño en entorno grafico en LabVIEW y configuración de la plataforma Ubidots IOT para adquisición de variables de temperatura y humedad	47
3.3.1 Desarrollo del entorno grafico en la LabVIEW para monitoreo de temperatura y humedad	51
3.4 Análisis de funcionamiento y viabilidad del sistema de monitoreo de temperatura y humedad	54
CAPÍTULO 4	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
4.1 Conclusiones	58
4.2 Recomendaciones	59
FUENTES CONSULTADAS	60
Anexos	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1: Diseño básico de invernaderos a nivel mundial.....	6
Figura 2.2: Microclima en invernaderos	7
Figura 2.3: Sistemas de climatización en invernaderos.....	8
Figura 2.4: Ingresos económicos de la agricultura en los productos.....	9
Figura 2.5: Invernaderos en la antigua Roma	10
Figura 2.6: Dibujo de invernadero en el siglo XVII en Salem.....	11
Figura 2.7: Estructura metálica de invernaderos en Europa.....	12
Figura 2.8: Invernadero de Middleton en el año 1813	13
Figura 2.9: Invernadero metálico de cristal.....	14
Figura 2.10: Aplicaciones del internet de las cosas	15
Figura 2.11: Dispositivos conectados al internet de las cosas.....	16
Figura 2.12: Agricultura aplicada al internet de las cosas en China.....	17
Figura 2.13: Agricultura 2.0 aplicada al internet de las cosas.....	18
Figura 2.14: Señales analógicas vs digitales en sensores.....	19
Figura 2.15: Pines del sensor y módulo DHT-11.....	20
Figura 2.16: Dimensiones del sensor DHT-11.....	21
Figura 2.17: Sensores más utilizados en la agricultura	21
Figura 2.18: Características técnicas de las tecnologías de transmisión de información.....	22
Figura 2.19: Topología de la tecnología Lora	23
Figura 2.20: Estructura de los paquetes de la tecnología Lora	24
Figura 2.21: Tecnología Lora para monitoreo de plantaciones	24
Figura 2.22: Modelos de Arduino	25
Figura 2.23: Partes de Arduino IDE	26
Figura 2.24: ESP32 pines	27
Figura 2.25: ESP32 medidas	28
Figura 2.26: Interfaz de bloques en LabVIEW.....	29
Figura 2.27: Panel frontal de LabVIEW.....	30
Figura 2.28: Entorno de Ubidots	31

Capítulo 3

Figura 3.1: Ubicación del invernadero en Naranjito.....	32
Figura 3.2: Diagrama de Flujo del sensor de temperatura IOT	33

Figura 3.3: Diagrama de Flujo del sensor de humedad IOT	34
Figura 3.4: Diagrama de conexiones del ESP32 con el sensor DHT-11	35
Figura 3.5: Diagrama esquemático de conexiones del ESP32 con Lora y DHT-11	36
Figura 3.6: Instalación de librerías para la comunicación Lora	36
Figura 3.7: Configuración de pines para pantalla del ESP32.....	37
Figura 3.8: Configuración de inicio y resolución para pantalla del ESP32	38
Figura 3.9: Configuración de pines de comunicación Lora del ESP32.....	38
Figura 3.10: Configuración de mensaje de inicio de comunicación Lora	39
Figura 3.11: Configuración de envío de variables por comunicación Lora.....	39
Figura 3.12: Configuración de datos a mostrar en pantalla del primer módulo ESP32	40
Figura 3.13: Configuración de datos a mostrar en pantalla del segundo módulo.....	40
Figura 3.14: Instalación de librerías para la comunicación con Ubidots IOT	41
Figura 3.15: Configuración de la librería de Ubidots IOT	41
Figura 3.16: Configuración de bandas del receptor Lora	42
Figura 3.17: Configuración para el modelo del dispositivo.....	42
Figura 3.18: Creación de variables de temperaturas y humedades en 0	43
Figura 3.19: Estructura de código para comunicación con Ubidots IOT	43
Figura 3.20: Configuración de la pantalla del receptor ESP32.....	43
Figura 3.21: Mensaje de inicio del receptor ESP32	44
Figura 3.22: Configuración de parámetros de wifi para ESP32	44
Figura 3.23: Configuración de la comunicación Lora del receptor	45
Figura 3.24: Conversión de variables string a float.....	45
Figura 3.25: Configuración de datos para mostrar en pantalla del emisor 1	46
Figura 3.26: Configuración de datos para mostrar en pantalla del emisor 2	46
Figura 3.27: Configuración de variables para enviar a Ubidots.....	47
Figura 3.28: Variables recibidas en la plataforma de Ubidots IOT	47
Figura 3.29: Detección del dispositivo en Ubidots IOT	48
Figura 3.30: Variables disponibles para widgets en Ubidots IOT	48
Figura 3.31: Configuración del widget de temperatura 1 en Ubidots IOT.....	49
Figura 3.32: Configuración del widget de temperatura 2 en Ubidots IOT.....	49
Figura 3.33: Configuración del widget de humedad 1 en Ubidots IOT	50
Figura 3.34: Configuración del widget de humedad 2 en Ubidots IOT	50
Figura 3.35: Variables de Ubidots en LabVIEW para adquisición de datos	51
Figura 3.36: Conversión de variables para lectura en LabVIEW.....	51
Figura 3.37: Gráfica e indicadores de temperatura 1 en LabVIEW.....	52
Figura 3.38: Gráfica e indicadores de temperatura 2 en LabVIEW.....	52

Figura 3.39: Gráfica e indicadores de humedad en LabVIEW	53
Figura 3.40: Diseño de interfaz principal para monitoreo de variables en LabVIEW	54
Figura 3.41: Nodo sensor emisor 1 y 2 en funcionamiento.....	54
Figura 3.42: Información del nodo sensor emisor 1 en nodo receptor	55
Figura 3.43: Información del nodo sensor emisor 2 en nodo receptor	55
Figura 3.44: Funcionamiento de la plataforma de Ubidots	56
Figura 3.45: Funcionamiento de LabVIEW.....	56

Anexos

Figura A1: Entrada del invernadero de San Isidro UCSG.....	66
Figura A2: Plantas del invernadero de San Isidro UCSG	66
Figura A3: Sistema de riego del invernadero de San Isidro UCSG	67
Figura A4: Depósito de agua para plantas del invernadero de San Isidro UCSG	67
Figura A5: Exteriores del invernadero de San Isidro UCSG.....	68

INDICE DE TABLAS

Capítulo 3

Tabla 3.1: Inversion requerida de implementación del nodo sensor emisor de monitoreo de temperatura	57
Tabla 3.2: Inversion requerida de implementación del nodo receptor de monitoreo de temperatura.....	57

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se centró en la elaboración de una red de sensores inalámbricos que permita dar seguimiento a los niveles de temperatura y humedad relativo del entorno de las plantaciones del invernadero, los cuales son visualizados a través de la plataforma de Ubidots IOT, desde cualquier parte del mundo en distintos tipos de dispositivos y a su vez dichos datos fueron examinados en el entorno gráfico de LabVIEW, para una mejor apreciación de las condiciones del entorno del invernadero. El objetivo principal se basó en el diseño y desarrollo de una red de dos nodos sensores inalámbricos con tecnología Lora con módulos ESP32 para sensar la temperatura y humedad en un invernadero aplicado con el internet de las cosas. La metodología que se utilizó en el presente trabajo de titulación fue con enfoque analítico-deductivo, a través de aplicaciones cuantitativas e investigaciones experimentales, con la finalidad de encontrar información específica y detallada, que responda a las preguntas planteadas en este trabajo de titulación.

Palabras claves: Lora, invernadero, sensores, temperatura, humedad, internet de las cosas (IOT).

ABSTRACT

The present degree work focused on the development of a network of wireless sensors that allows monitoring the levels of temperature and relative humidity of the environment of the greenhouse plantations, which are visualized through the Ubidots IOT platform, from anywhere in the world in different types of devices and, in turn, said data will be examined in the LabVIEW graphical environment, for a better appreciation of the conditions of the greenhouse environment. The main objective was based on the design and development of a network of wireless sensor nodes with Lora technology with ESP32 modules to sense the temperature and humidity in a greenhouse applied with the Internet of Things. The methodology used in this degree work was with the analytical-deductive approach, through quantitative applications and experimental research, in order to find specific and detailed information that answers the questions raised in this degree work.

Keywords: Lora, greenhouse, sensors, temperature, humidity, internet of things (IOT).

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

La agricultura ha pasado por muchas evoluciones siglos atrás para superar diversas limitaciones que conducen a la baja producción de alimentos y la desnutrición. Por lo tanto, las tecnologías digitales, el Internet de las cosas (IOT) y las redes de sensores inalámbricos ahora son enfoques de tendencia para resolver problemas tempranos relacionados con el estado de las plantas, el clima, el estado de bienestar de las plantas, entre otros. Esto estimula el surgimiento de distintos tipos de tecnologías para incursionar en estos campos y generar ramificaciones radicales. Los invernaderos han sido uno de los métodos de cultivo más eficientes en las últimas décadas, el principal objetivo de los invernaderos es cultivar plantas bajo estrictas condiciones atmosféricas en una habitación cerrada. Sin embargo, este objetivo se vuelve muy agitado y tedioso cuando se consideran grandes áreas de invernadero de miles de hectáreas.

El auge de los avances tecnológicos y el complejo mundo de las redes de sensores inalámbricos ha allanado el camino para una interacción eficiente con dispositivos remotos y el almacenamiento de datos en tiempo real medidos por entornos de nube. De esta forma, se monitorea y accede a dispositivos de red remotos desde cualquier parte del mundo. Los invernaderos completamente automatizados utilizan diferentes sensores ambientales para registrar las condiciones atmosféricas apropiadas y actuadores mecánicos para reemplazar el cuidado humano manual.

1.2 Antecedentes

Según (Saha et al., 2017) El control de las condiciones climáticas es uno de los desafíos más críticos que enfrenta la agroindustria. Asimismo, se han desarrollado sistemas automatizados para observar y controlar los parámetros climáticos que directa o indirectamente gobiernan el desarrollo y la generación de las plantas en los invernaderos.

Los cultivos en los invernaderos de Guayaquil son alternativas viables en la obtención de productos agrícolas de forma sencilla en espacios pequeños. Si bien estos invernaderos están diseñados por personas que viven en las grandes ciudades, no dejan de ser sistemas que requieren de la presencia de ellas, para inspeccionar y mantener adecuadamente los cultivos.

La falta de tiempo en la revisión de todas las superficies del cultivo que se convierten en la causa principal del marchitamiento y muerte de las plantas. Además, si no se optimiza de forma adecuada, puede provocar la pérdida total o parcial de productos agrícolas, con relación a esto se genera el desperdicio de recursos utilizados.

Actualmente en el Ecuador, con respecto a la provincia del Guayas en la región Costa, los cultivos se desarrollan solamente en función del clima o de la estación del año, por lo cual, las condiciones adecuadas de temperatura y humedad son imprescindibles en el desarrollo y crecimiento de las plantas, por este motivo gran parte de los predios agrícolas en Guayas, están optando por la implementación de invernaderos inteligentes, los cuales les permiten monitorear las condiciones climáticas necesarias para sus cultivos.

1.3 Definición del Problema

El insuficiente conocimiento en el diseño de invernaderos inteligentes con redes de sensores inalámbricos en la provincia del Guayas, tales como el monitoreo de las condiciones de: temperatura y control de humedad, son variables que cambian de forma repentina debido a las condiciones climáticas, dan como resultado invernaderos ineficientes que no cumplen con los objetivos esperados.

1.4 Justificación del Problema

Este tema de investigación es conveniente para levantar e impulsar la agricultura en todas las épocas o estaciones del año tanto en invierno como en verano, ya que en cada una de estas varía las condiciones climáticas del

entorno y esto afecta en gran medida el desarrollo y crecimiento de las plantas en los cultivos normales.

Esta investigación es conveniente ya que ofrece una solución al problema de monitoreo de condiciones climáticas del entorno tales como temperatura y humedad, el cual es relevante e importante para la sociedad, dado que los cultivos van a tener un constante monitoreo de sus condiciones climáticas hasta el momento de ser recolectados y la comunidad o sociedad pueda aprovechar el uso completo del suelo, porque en los invernaderos la humedad y temperatura a controlar, van a dar el sustento que los terrenos necesitan para su correcta producción.

El impacto académico de este trabajo de investigación contribuirá a mejores fundamentos teóricos y prácticos, dado que los invernaderos son los más apropiado para llevar a cabo el desarrollo de los cultivos de carácter híbrido, de un mejor tipo de semilla, entre otros y también con la ayuda de esta tecnología los suelos sean sitios de prueba y estudio para los estudiantes de la universidad.

El impacto social de este trabajo de investigación con sus resultados va a contribuir en el incremento o alza de la economía de cualquier tipo de terreno, ya que, con el uso de un invernadero, la producción será mayor, la pérdida de cosechas será menor y las plantaciones podrán subsistir en toda época del año.

Esta investigación beneficia a los agricultores, dueños de los predios agrícolas y rústicos en general de las personas que tienen la necesidad de alimentación, ya que los precios de los dispositivos empleados son bajos, accesibles y fácil de manejar para la comunidad agrícola.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar una red de nodos sensores inalámbricos aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitorear la temperatura y

humedad en un invernadero implementado con el internet de las cosas (IOT) en la provincia del Guayas.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Describir la fundamentación teórica de los invernaderos, sensores, redes inalámbricas e internet de las cosas.
2. Desarrollar la interfaz principal para el monitoreo de la temperatura y humedad programado en Arduino IDE, para el módulo de ESP32. En un invernadero de la provincia del Guayas.
3. Implementar los sensores de temperatura y humedad para el monitoreo de las condiciones climáticas del entorno.
4. Realizar el diseño del entorno grafico programado en el software de LabVIEW, para el manejo de las variables recibidas en Ubidots IOT.
5. Analizar el funcionamiento, viabilidad y presupuesto aproximado del diseño de la red de sensores inalámbricos con el módulo de ESP32.

1.6 Hipótesis

Por medio del presente trabajo de integración curricular se pretende obtener un sistema de monitoreo de temperaturas y humedad en un invernadero por medio del uso de una red de sensores inalámbricos con tecnología Lora. También se busca implementar una interfaz fácil de utilizar y administrar, por parte del usuario. Por lo cual se plantea un modelo de sistema que tenga un bajo costo y permita optimizar el rendimiento de producción de la plantación del invernadero.

1.7 Metodología de Investigación

También se empleó la gestión documental ya que está enfocado en la recopilación de diferentes fuentes bibliográficas para sus respectivos análisis con el fin de ofrecer los mejores resultados de este trabajo de investigación.

El tipo de investigación utilizada en el presente trabajo de titulación es el enfoque analítico-deductivo, a través de aplicaciones cuantitativas e investigaciones experimentales, con la finalidad de encontrar información específica y detallada, que responda a las preguntas planteadas en este trabajo de integración curricular.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Los invernaderos

Los invernaderos son estructuras que cultivan plantas en condiciones climáticas adversas, como los rayos UV y el viento. También protegen a las plantas de las molestias de los insectos y las altas temperaturas. La mayoría de los invernaderos utilizan métodos hidropónicos para cultivar sus plantas. Estos métodos no dependen del uso del suelo como medio de crecimiento. Es importante decidir qué factores ambientales considerar al crear soluciones de nutrientes para las plantas. Estos incluyen el pH, los niveles de oxígeno, la salinidad, la temperatura, la intensidad de la luz y el fotoperíodo. Durante su fase de crecimiento, los agricultores hidropónicos deben monitorear de cerca estos factores para asegurar el éxito de sus métodos de cultivo. Actualmente, el cuidado de las plantas requiere la recopilación manual de datos a través de un indicador. Este proceso determina la edad de la planta y proporciona nutrientes según la etapa de crecimiento, a continuación se observa en la Figura 2.1 la imagen de un invernadero tradicional (Syafarinda et al., 2018).

Figura 2.1
Diseño básico de invernaderos a nivel mundial.

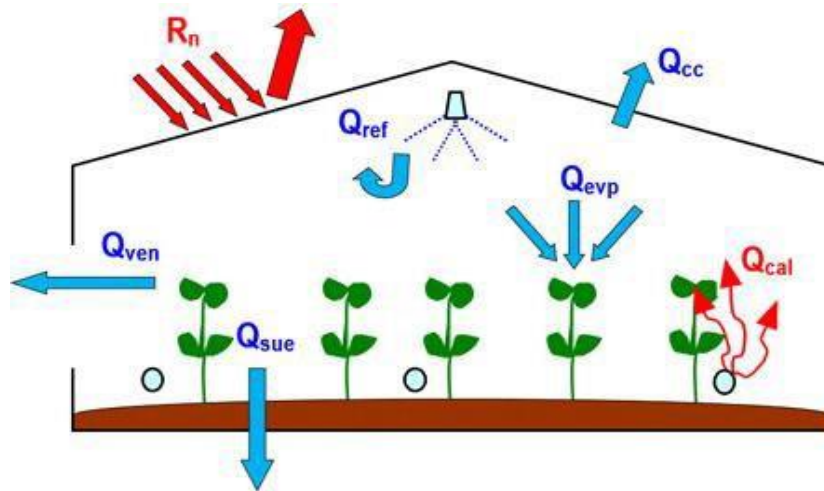


Fuente: Judith, (2019)

Actualmente, el cambio climático y el daño ambiental (emisiones de CO₂ por la quema de recursos fósiles como gas natural, petróleo, carbón, entre otras.) también plantean serios problemas para la productividad alimentaria y agrícola. El proceso de producción de cultivos de alta calidad es

importante para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos. La industria de los invernaderos se está convirtiendo en la industria de más rápido crecimiento en el mundo. Los invernaderos aíslan los cultivos del medio ambiente, proporcionando así algún tipo de refugio de la influencia directa de las condiciones climáticas externas como se visualiza en la Figura 2.2. El invernadero está diseñado principalmente como un refugio ligero y transparente para mejorar las condiciones ambientales para la producción de plantas de calidad. Los invernaderos se utilizan para crear la atmósfera adecuada para el cultivo y evitar que las plantas se vean expuestas a condiciones ambientales adversas, como fuertes lluvias o alta radiación solar (Mellit et al., 2021).

Figura 2.2
Microclima en invernaderos.

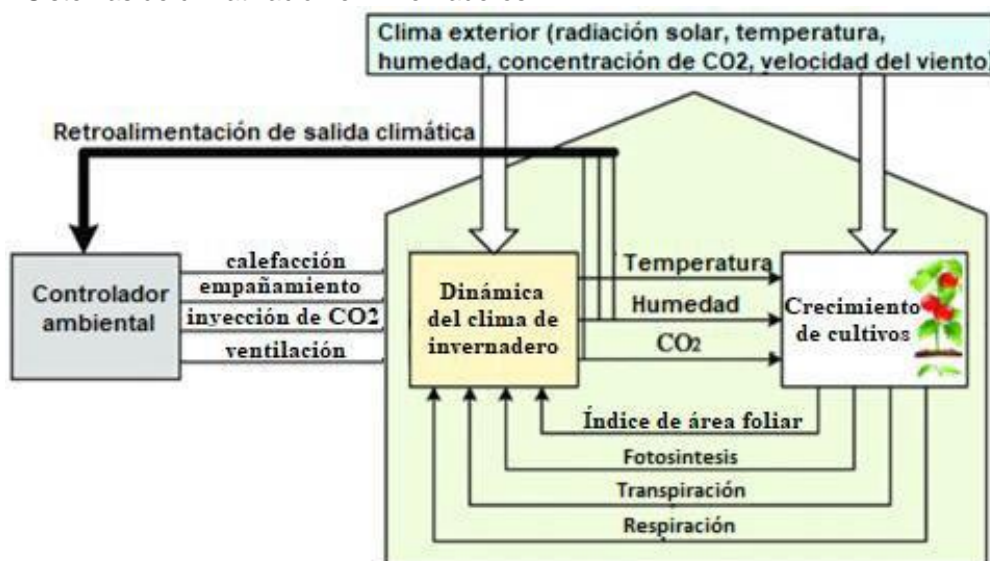


Fuente: V. López & Molina, (2013)

Para garantizar un crecimiento, manejo y cosecha óptimos de los cultivos, los agricultores necesitan predicciones precisas de los factores ambientales. Actualmente, estos predictores se enfrentan a varias limitaciones. Una de estas limitaciones es que manejan datos masivos no lineales con alto ruido e inconsistencia. Esto hace que los predictores actuales sean incapaces de manejar la autoatención del predictor futuro. Para resolver este problema, este documento propone un marco de codificador-decodificador auto atento bidireccional para construir un predictor a largo plazo de múltiples factores ambientales. Como resultado, los investigadores predicen la temperatura, la humedad y los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera utilizando los datos recopilados (Jin et al., 2021).

El clima de un invernadero es su propio pequeño ecosistema, completamente dependiente de los agricultores. Los agricultores determinan la cantidad de agua, nutrientes, luz solar y otros elementos que reciben las plantas. Para garantizar que los jardines interiores de los agricultores nunca se pierdan, los agricultores pueden automatizar el proceso. Ahora, la tecnología se ha estandarizado y reducido para adaptarse a la mayoría de las situaciones de invernadero, es posible elegir entre una variedad de sistemas de monitoreo para crear el clima ideal para su invernadero y el hábitat ideal para sus plantas. Estos sistemas de automatización de invernaderos funcionan las 24 horas del día para optimizar el clima del invernadero, aumentar el rendimiento de los cultivos y reducir los costos de energía y mano de obra, en la Figura 2.3 se observa un modelo de sistema de climatización para invernaderos (Rahmawati et al., 2018).

Figura 2.3
Sistemas de climatización en invernaderos.

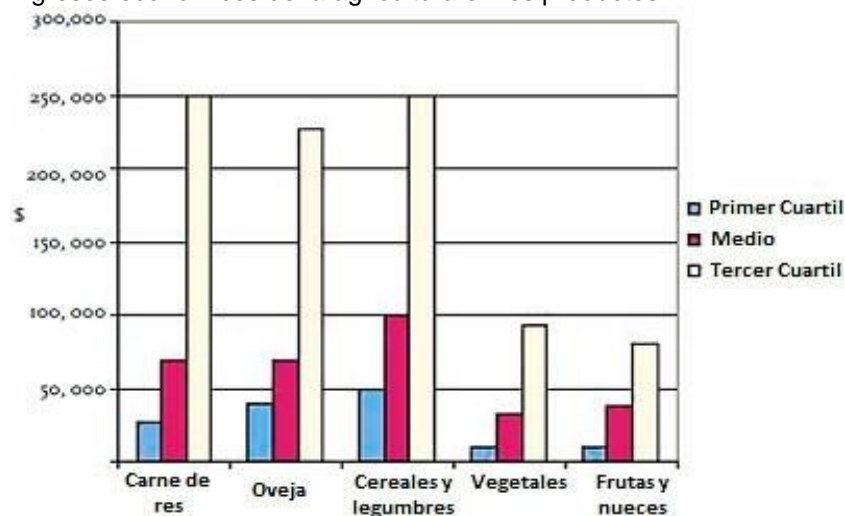


Fuente: (Su et al., 2020)

Los problemas de seguridad alimentaria se han vuelto cada vez más comunes en muchos países. Esto se debe a que la población está aumentando y la tierra cultivable disponible está disminuyendo. Razones adicionales son la escasez de agua y mano de obra cuando se realiza la agricultura tradicional y la producción de alimentos. Los problemas son especialmente frecuentes en países con climas duros o tierras áridas. Esto conduce a una reducción de los alimentos en estos países, lo que exacerba

la brecha alimentaria. Para producir cultivos con éxito en climas difíciles, los agricultores necesitan soluciones prácticas e inteligentes, en la Figura 2.4 se muestra los ingresos económicos que genera la agricultura. Los invernaderos proporcionan precisamente eso, siendo un entorno controlable donde los productores pueden producir alimentos de calidad en condiciones adversas. Monitorear y controlar el microclima del invernadero es un verdadero desafío para los productores; necesitan manejar muchos parámetros diferentes para asegurar un crecimiento óptimo (Sagheer et al., 2021).

Figura 2.4
Ingresos económicos de la agricultura en los productos.



Fuente: Lockie & Halpin, (2005)

Para fines de 2024, se proyecta que el mercado global de agricultura inteligente crezca a \$ 18 mil millones desde \$ 5 mil millones en 2016. Este cambio se debe a la introducción de sistemas avanzados de IOT en muchos países en desarrollo. Estos sistemas son particularmente útiles para muchos agricultores de países en desarrollo que buscan exportar sus productos. La creación de una solución de agricultura ecológica basada en IOT implica dificultades como hardware, análisis de datos, mantenimiento, movilidad e infraestructura. Elegir los sensores y las distancias correctos para los dispositivos IOT es uno de estos desafíos. Otro es el análisis de datos: implementar esta aplicación requiere resolver problemas de hardware y datos mediante la creación de un sistema agrícola inteligente. Este sistema permite a los agricultores utilizar redes inalámbricas como riego, predicción de desastres, identificación de entidades ciegas y más (Khan et al., 2020).

2.2 Historia de los invernaderos

La palabra invernadero proviene de la palabra italiana "stufa", la cual significa lugar caliente, en la Figura 2.5 se observa un invernadero de la antigua Roma. Se refiere a un espacio cerrado en vidrio o material similar, donde el aire se calienta para crear un lugar soleado para cultivar plantas. Los invernaderos se utilizan para cultivar flores y plantas que requieren calor. Los primeros invernaderos se crearon en Italia durante el Renacimiento. La gente cultivaba flores y verduras en cobertizos de estera, cajas y camas que ya se usaban en las villas más lujosas de la época. El invernadero se pensó inicialmente como una adición arquitectónica que proporcionara condiciones de vida para las plantas de otros países o climas. Esto se logró manteniendo la salud de las plantas y brindándoles un clima favorable dentro del invernadero. Sin embargo, el invernadero no se utilizó estrictamente como un lugar para cultivar plantas exóticas, sino que también sirvió como un espacio decorativo donde los invitados podían reunirse y organizar fiestas. Este aspecto funcional del invernadero se complementó con su valor estético, que ayudó tanto en el cultivo y la estética (Bernardes, 2018).

Figura 2.5
Invernaderos en la antigua Roma.

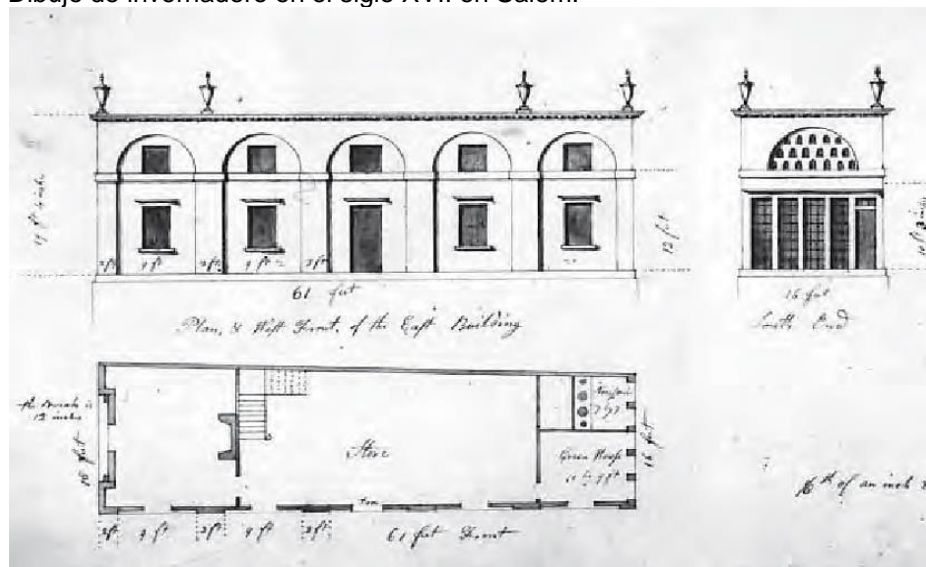


Fuente: Tada, (2021)

El término invernadero se refiere a una sala de almacenamiento de plantas construida para proteger las plantas jóvenes del clima frío. Aunque estas estructuras a menudo se denominan invernaderos, el término conservatorio, a menudo se utilizaba como sinónimo. La gente trata de

distinguir estos términos. Por ejemplo, según Bernard Mahón en el año 1806, las plantas se cultivaron en suelo libre y en "camas y bordes" de invernaderos donde las plantas se mantuvieron en macetas. AJ Downing escribió más tarde que las plantas se mantuvieron en el invernadero hasta que estuvieron listas para exhibirse en el invernadero. Sin embargo, en el uso real, estos términos a menudo se usan indistintamente. El descriptor Invernadero o Horno también se usa para describir la parte más caliente de un invernadero (Matthew & Smith, 2022).

Figura 2.6
Dibujo de invernadero en el siglo XVII en Salem.



Fuente: (Smith et al., 2022)

Las estructuras para el cuidado de las plantas se han construido desde la antigüedad, los invernaderos modernos con control artificial de la temperatura no fueron posibles hasta después de 1700, cuando la fabricación de vidrio mejoró y el vidrio se volvió más barato, en la Figura 2.6 se observa el diseño de un invernadero en Salem. Además del vidrio soplado, los fabricantes también utilizaron un proceso de vertido. Las primeras casas con plantas, conocidas en este país como conservatorios, tenían fachadas con grandes ventanales integrados a la estructura de mampostería, madera o piedra. Estas primeras estructuras fueron reemplazadas por casas de acero y vidrio a principios del siglo XIX, lo que revolucionó la construcción de invernaderos al permitir que las estructuras de filigrana de gran luz dejaran entrar más luz (Matthew & Smith, 2022).

La construcción de invernaderos es evidente desde 1739 en la descripción de John Bartram de Westover, Virginia, en el río James, y continuó hasta mediados del siglo XIX en sitios que incluyen Mount Clare), las plantaciones de Charles y Margaret Tilghman Carroll en Baltimore, hasta el Casas e invernaderos más modestos anunciados para la venta en Charleston en 1748. La ubicuidad de la estructura refleja un interés en el mantenimiento de plantas exóticas, una función esencial de un invernadero. Además, los invernaderos brindan un entorno de apoyo para la iniciación de semillas, la maduración de la fruta y la floración, lo que prolonga la temporada de crecimiento (Matthew & Smith, 2022).

Figura 2.7
Estructura metálica de invernaderos en Europa.



Fuente: Amargós, (2020)

Los dos temas principales en el diseño de invernaderos son la entrada de luz y la generación de calor artificial. Estos problemas se pueden resolver creando un edificio con una pared trasera alta y una pared frontal baja cubierta por un techo de vidrio, como se muestra en el invernadero de la residencia de Kirk Bute en Boston. Las paredes de ladrillo del invernadero también pueden servir como enrejados o soportes para árboles frutales. La mayoría de los invernaderos simples contruidos de esta manera no requieren la atmósfera cálida o húmeda de un invernadero. Como señaló Mahón en 1806, dicho invernadero solo requiere suficiente calor artificial para "proteger contra las heladas y la humedad", mientras que un invernadero requiere una estufa interna y más vidrio, en la Figura 2.7 se observa la estructura metálica de un invernadero en Europa (Matthew & Smith, 2022).

Los primeros invernaderos tenían pisos de ladrillo, piedra o tierra, los diseños mejorados posteriores tienen pisos de madera y el espacio de aire debajo del piso permite que el aire caliente se distribuya por todo el piso. AJ Downing recomienda una pequeña estufa de carbón cerrada y el modelo de calefacción Polmaise asociado. Esta técnica de calefacción se basa en la recirculación del aire dentro del invernadero: el aire frío se introduce en el horno y el aire caliente se expulsa en los confines de la estructura. En 1848, Downing describió una casa de pisos usando esta característica para Montgomery Square en el Hudson (Thakore, 2019).

Figura 2.8
Invernadero de Middleton en el año 1813



Fuente: Izard, (2021)

El invernadero está en gran parte abierto y las plantas se pueden organizar de manera flexible para adaptarse a la colección de plantas que cambian en diferentes estaciones. Puede contener un "escenario" o un banco escalonado con plantas en macetas y una bañera. El interior se puede dividir para poder adaptar diferentes temperaturas a las necesidades de la colección de plantas. La zona templada se divide en subregiones superior e inferior o una al lado de la otra. Estas distintas áreas dentro del conservatorio a veces se denominan con términos que describen su contenido: por ejemplo, invernadero de naranjos, viñedo o casa de palmeras. La decoración interior o exterior depende de si se visita el conservatorio, por lo que ambas se consideran, como escribió Robert Buist en 1841, una "decoración", en la Figura 2.8 se muestra un invernadero de Middleton (Thakore, 2019).

El desarrollo más importante en el diseño de invernaderos surgió de la invención del techo a cuatro aguas y su estructura de soporte por JC (John Claudius) Loudon en la década de 1810. En este sistema, las columnas huecas de hierro fundido forman una estructura abierta con vigas de canaleta, y la superficie del techo se divide en secciones de canaleta y cumbrera, lo que permite que el agua de lluvia que cae sobre ellas fluya a través de las canaletas horizontales hacia las canaletas de la columna. A medida que los nuevos métodos industriales hicieron posible la producción en masa de vidrio y componentes de hierro a bajo costo, se hizo disponible una nueva capacidad para encerrar espacios en un estilo arquitectónico que era a la vez ingrávito y transparente (Thakore, 2019).

Figura 2.9
Invernadero metálico de cristal



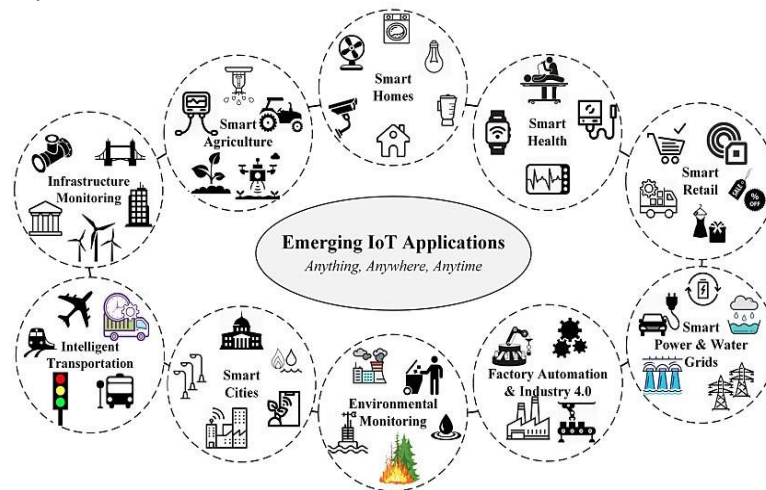
Fuente: Meraz et al., (2014)

En la Figura 2.9 se muestra la estructura de vidrio y metal, las cuales fueron cruciales para la Revolución Industrial. Esto condujo a un aumento de los invernaderos después de que se volvieron más prácticos. Antes de la Revolución Industrial, los invernaderos eran en su mayoría decorativos. Sin embargo, ahora tienen un uso práctico en huertos y floricultura. Este cambio en el propósito permitió que los invernaderos crecieran en popularidad desde la década de 1950. Los invernaderos proporcionan a las plantas seguridad frente al entorno exterior. Esto les permite producir una mayor cosecha y almacenar más frutas y flores para su uso posterior. También hace que la producción de estos artículos sea más eficiente (Bernardes, 2018).

2.3 Internet de las cosas

El Internet de las cosas es una revolución tecnológica que utiliza objetos y servicios inteligentes en la comunicación y la informática, como se muestra en la Figura 2.10. Se refiere a todos los servicios y máquinas conectados que pueden detectar, procesar y comunicarse entre sí. El objetivo de IOT es facilitar la vida diaria conectando a los humanos con información y apoyo para la toma de decisiones. Los objetos inteligentes ahora pueden verse como una parte esencial de la futura infraestructura de Internet porque pueden observar el mundo físico y proporcionar información para la toma de decisiones, para ser efectivos, estos dispositivos deben operar fuera del mundo convencional de la empresa (Shafique et al., 2020).

Figura 2.10
Aplicaciones del internet de las cosas

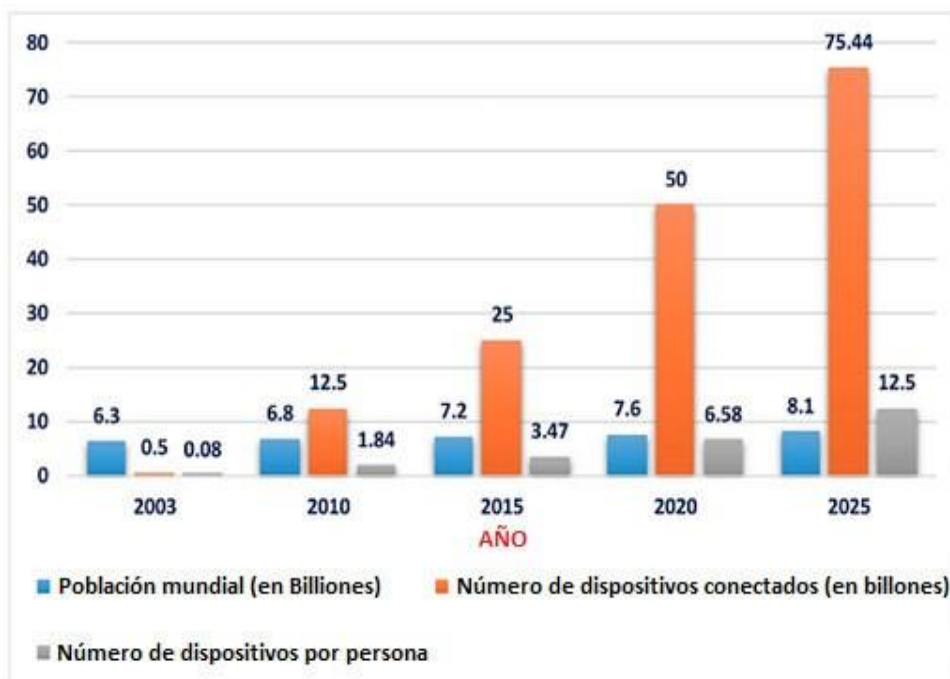


Fuente: Swamy & Kota, (2020)

Deben incorporar sensores y motores en un sistema conectado que cruce los límites tradicionales. Esto se logra mediante el uso de dispositivos IOT, que aprovechan componentes clave para su creación, incorporando regularmente muchos nodos, estas redes complejas proporcionan información recopilada de variables físicas como la temperatura, la posición y la forma. También rastrean el estado actual de un objeto y el entorno circundante, lo que ayuda a los dispositivos normales a realizar más funciones, estas redes se vuelven más pequeñas e integradas en los objetos cotidianos gracias a las mejoras en la tecnología (Shafique et al., 2020).

Internet de las cosas significa dispositivos conectados a la red que capturan, procesan y transfieren datos en entornos físicos y entre mundos virtuales. Se refiere a una amplia gama de soluciones técnicas relacionadas con tecnologías móviles, y otras redes. Hay 75 mil millones de dispositivos IOT conectados a Internet para 2025, como se muestra en la Figura 2.11. Estos incluyen no solo máquinas, sino también animales, herramientas e incluso humanos. Para lograr la funcionalidad, estos dispositivos deben comunicarse a través de múltiples redes. Estas redes están compuestas por componentes físicos y virtuales que interactúan entre sí y admiten la transmisión de datos de un sistema a otro. Las redes de largo alcance y baja velocidad, como Lora están generando interés. Estas redes son únicamente para la comunicación entre objetos y son increíblemente eficientes en cuanto a recursos. IOT tiene nuevos usos que no están relacionados con el propósito original de la tecnología. Un ejemplo es el monitoreo remoto de máquinas que no están relacionadas con un sector en particular, pero que pueden usarse en la agricultura. Se pueden agregar otras tecnologías a IOT para brindar aún más beneficios (Shafique et al., 2020).

Figura 2.11
Dispositivos conectados al internet de las cosas



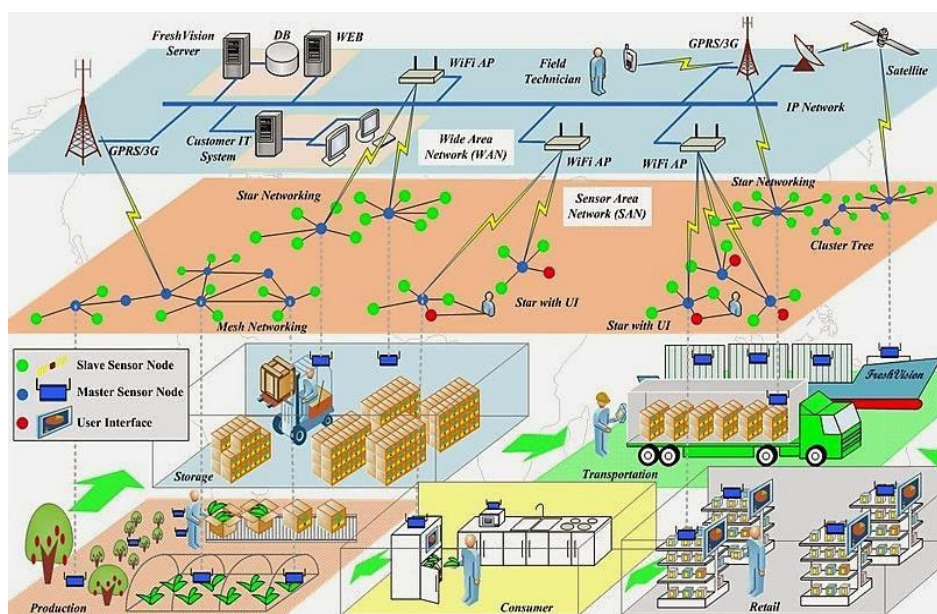
Fuente: Swamy & Kota, (2020)

El Internet de las cosas es un factor importante asociado con las capacidades estándar de los sistemas tradicionales que pueden conectarse e intercambiar datos. El Internet de las cosas, también conocido como "Internet de todo", es un nuevo paradigma que conecta el mundo físico y digital a través de una red de sensores, computadoras, Internet, identificación por radiofrecuencia, sistemas integrados y tecnologías de comunicación. Cualquier dispositivo, programa o sensor se puede utilizar en la tecnología del sistema, proporciona gestión de datos y seguridad a través del internet de las cosas (Wail et al., 2022).

2.3.1 EL internet de las cosas en la agricultura

Los agricultores pueden controlar y predecir mejor sus cultivos gracias a los sensores conectados a IOT en sus entornos y máquinas. Esto les permite administrar sus fincas de manera más efectiva; incluso pueden controlar de forma remota la maquinaria agrícola a través de un sistema de guía automatizado. Esto disminuye el desperdicio de tiempo, energía y recursos. También pueden monitorear de forma remota el funcionamiento de todas las máquinas de la granja a través de un sistema de monitoreo. En caso de cualquier problema, los agricultores pueden recibir una notificación de forma inmediata (Bersani et al., 2022).

Figura 2.12
Agricultura aplicada al internet de las cosas en China



Fuente: Dimsums, (2014)

Las innovaciones tecnológicas en la agricultura cambian constantemente gracias al uso del IOT. El mantenimiento predictivo aumenta la seguridad de los empleados gracias a las nuevas tecnologías IOT. El seguimiento remoto del progreso de un cultivo a lo largo de las estaciones puede evaluar sus fortalezas y debilidades. Esto permite a los agricultores aplicar fertilizantes o agua en las áreas que necesitan mejoras sin ocuparse de otras partes de la planta que están mejor (Bersani et al., 2022).

Figura 2.13
Agricultura 2.0 aplicada al internet de las cosas.



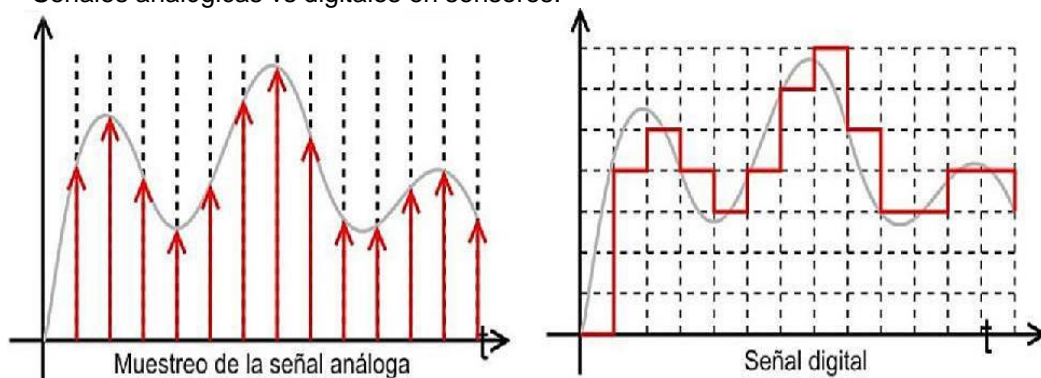
Fuente: Won & Vikas, (2017)

El enfoque del IOT se basa en la inmensa contribución que la tecnología ha hecho a las civilizaciones modernas. Su adopción generalizada en la agricultura y los invernaderos comerciales está relacionada con la inclusión de máquinas inteligentes, actuadores, sensores, sistemas aéreos no tripulados, dispositivos de identificación por radiofrecuencia, análisis de big data, inteligencia artificial y satélites como se visualiza en la Figura 2.13. Esto ha llevado a muchas aplicaciones nuevas de la tecnología IOT, que incluyen agricultura inteligente y prevención de heladas en invernaderos, control eficiente de estructuras de invernaderos, prevención de riesgos de incendios, transición a la agricultura 4.0, ciudades inteligentes, monitoreo de emisiones, almacenamiento de energía distribuido/descentralizado, sensores alimentados por energía solar. y control de energía inteligente (Maraveas & Bartzanas, 2021)

2.4 Sensor

Los sensores son dispositivos que pueden medir datos ambientales y luego convertirlos a un formato o dato que una máquina pueda entender. Vienen en muchas formas, incluidas las electrónicas que convierten datos en información digital. Algunos sensores son más fáciles de usar, como los termómetros de vidrio que muestran datos de manera visual. Las personas usan sensores para medir la temperatura, la distancia y el humo; también regulan la presión y detectan otros cambios ambientales. Los sensores digitales solo funcionan con un número determinado de valores. Sin embargo, los sensores analógicos usan datos físicos para crear una señal analógica que represente los datos con mayor precisión. En la Figura 2.14, se muestra un gráfico que compara señales analógicas y digitales. Las señales digitales registran solo ceros y unos, no pueden registrar cambios leves en variables físicas como la temperatura o la presión. Por otro lado, las señales analógicas pueden registrar cualquier cambio en estas variables sin perder ningún dato.

Figura 2.14
Señales analógicas vs digitales en sensores.



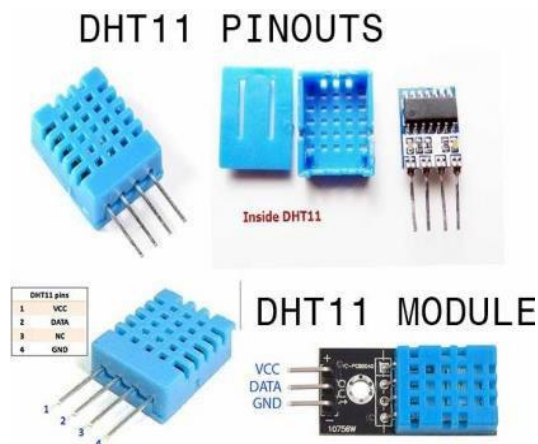
Fuente: P. López, (2019)

2.4.1 Sensor DHT-11

El DHT11 como se observa en la Figura 2.15, es un sensor digital asequible que mide la temperatura y la humedad. Se puede integrar con Arduino, Raspberry Pi o cualquier otro microcontrolador para medir la humedad y la temperatura al instante. DHT11 se puede comprar como sensor o módulo. DHT11 tiene un sensor de humedad adjunto para medir el aire que rodea al sensor. También contiene un termistor y una resistencia pull-up para medir la humedad relativa. Los componentes adicionales incluyen un sensor

de humedad capacitivo y una luz indicadora LED para proporcionar energía al módulo. Los sensores DHT11 utilizan un termistor y un elemento sensor de humedad. El elemento sensor de humedad se compone de dos electrodos separados por un material absorbente de humedad como dieléctrico. Cuando el nivel de humedad cambia, también lo hace el valor de la capacitancia, El circuito integrado convierte los datos en forma digital (Agarwal, 2019).

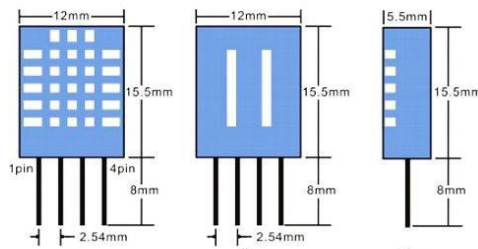
Figura 2.15
Pines del sensor y módulo DHT-11.



Fuente: Mybotic, (2022)

Este sensor utiliza un termistor de coeficiente de temperatura negativo. Cuando se expone a temperaturas más altas, la resistencia de este sensor disminuye. Sin embargo, esto se compensa con el material utilizado en la creación de DHT11; en su construcción se utilizan típicamente cerámicas semiconductoras o polímeros. Este sensor puede medir temperaturas entre 0 y 50 grados centígrados con una precisión de 2 grados. El sensor de temperatura y humedad resistente a la intemperie DHT11 mide las condiciones ambientales entre un 20 y un 80 %, con una precisión del 5%. Este sensor de 1 Hz proporciona una medida por cada segundo. Es de tamaño pequeño con una potencia operativa de 3 V a 5 V. El sensor DHT11 requiere un microcontrolador con 4 pines: un pin de datos, GND, VCC y un pin que no está conectado. Cuando se comunica con el sensor, se requiere una resistencia pull-up de 5k a 10k ohmios. El sensor DHT11 mide la corriente utilizando un consumo máximo de corriente de 2.5 miliamperios; Se requieren cuatro pines para la conexión, en la Figura 2.16 se observan las medidas y dimensiones del sensor (Agarwal, 2019).

Figura 2.16
Dimensiones del sensor DHT-11.

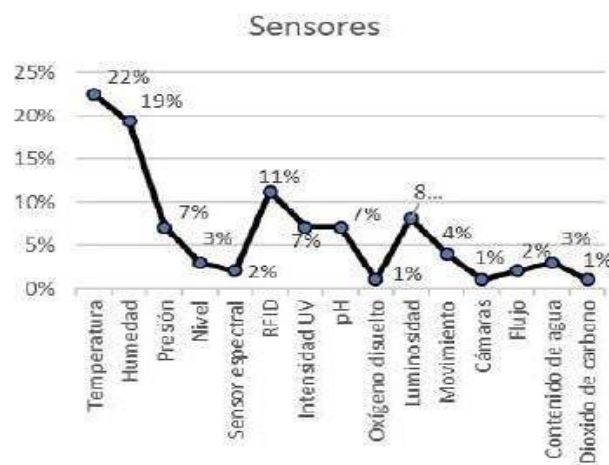


Fuente: *Components101*, (2022)

2.4.2 Sensores en la Agricultura

Para medir adecuadamente cualquier elemento ambiental, se necesitan sensores. Una red de sensores conectados recopila información sin restricciones. La red de sensores inalámbricos también permite la colocación de sensores en cualquier área, ya que el sistema los conecta automáticamente. Los bloques de sensores utilizan costos económicos y requisitos de baja potencia para implementar sus redes de sensores inalámbricos. Además, se está construyendo controladores de invernadero que utiliza redes de sensores inalámbricos para evaluar la practicidad del sistema. Estas redes de sensores están destinadas a ser utilizadas con los invernaderos agrícolas existentes para el cultivo de hortalizas. Esto permite que el invernadero se conecte fácilmente a Internet e incorpore aplicaciones IOT, en la Figura 2.17 se observa los sensores más utilizados en el área de la agricultura (Le et al., 2022).

Figura 2.17:
Sensores más utilizados en la agricultura.



Fuente: Soto et al., (2019)

2.5 Tecnología Lora

Semtech Corporation creó a Lora en el año 2008, una tecnología de capa física patentada para comunicaciones del internet de las cosas y M2M (maquina a máquina), como se visualiza en Figura 2.18. Es un esquema de modulación de espectro ensanchado derivado de CSS que utiliza factores de ensanchamiento ortogonales (SF) para transmitir velocidades de datos variables a través del sistema. FSK es una capa física de baja potencia que es muy eficiente y requiere muy poca energía. Debido a su utilidad para canales de bajo ancho de banda, muchos sistemas inalámbricos heredados usan FSK como su capa física. En su lugar, Lora utiliza una capa de modulación CSS física; tiene las mismas propiedades de baja potencia que FSK y su rango es significativamente mayor que otras modulaciones. De largo alcance y robusto, el CSS es la forma preferida de comunicación para las operaciones militares y espaciales debido a su inmunidad a interferencias, desvanecimiento, trayectoria múltiple y Doppler. Tampoco requiere transmisión de alta potencia a largas distancias, lo que produce una alta radiación electromagnética (Gambi et al., 2018).

Figura 2.18
Características técnicas de las tecnologías de transmisión de información.

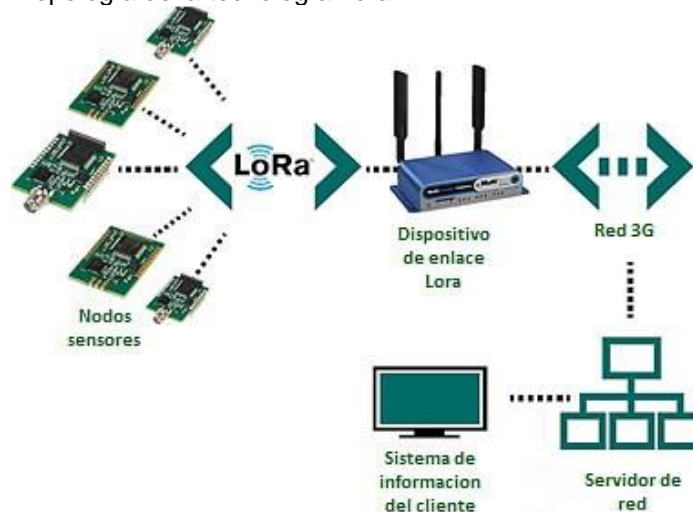
Red de área local Corto alcance Comunicación	Area amplia de baja potencia (LPWAN) Internet de las Cosas	Red celular Tradicional M2M
40%	45%	15%
Estándares bien establecidos en la construcción	Bajo consumo de energía Bajo costo Posicionamiento	Cobertura existente Alta tasa de datos
Vida de la batería Aprovisionamiento Costo de red y dependencias	Alta tasa de datos Estándares emergentes	Autonomía Costo total
Bluetooth 4 WiFi	LoRa	GSM 3G+ / H+ 4G

Fuente: Armijos & Narváez, (2020)

CSS se puede implementar fácilmente con la modulación Lora; la frecuencia de chirrido de la transmisión de radio se ajusta constantemente. Este enfoque reduce la complejidad del diseño del receptor al reducir el

desplazamiento de tiempo y frecuencia entre el transmisor y el receptor. Una señal que contiene un espectro que coincide con su ancho de banda de frecuencia. Por ejemplo, la señal tiene un ancho de banda de frecuencia de 125, 250 o 500 kHz. Los datos se codifican en una nueva señal de chirrido con una velocidad de datos más alta. Múltiples señales en un solo canal no interfieren al codificar alternativamente los seis valores SF de 7 a 12. En cambio, usan la modulación Lora, que usa seis valores SF ortogonales de 7 a 12. Cada canal tiene una tasa de datos diferente y el SF determina su longitud. High SF viaja más lejos a una velocidad de datos más baja. Estos SF oscilan entre 0.3 y 5.5 kbps a una velocidad de datos determinada. Para reducir la interferencia, la corrección de errores de reenvío y el espectro ensanchado por salto de frecuencia se pueden utilizar para transmitir datos de manera eficiente. El uso de estos métodos requiere una pequeña cantidad de sobrecarga de datos adicional y una carga útil de datos de 255 bytes, en la Figura 2.19 se muestra la topología de Lora (Gambi et al., 2018).

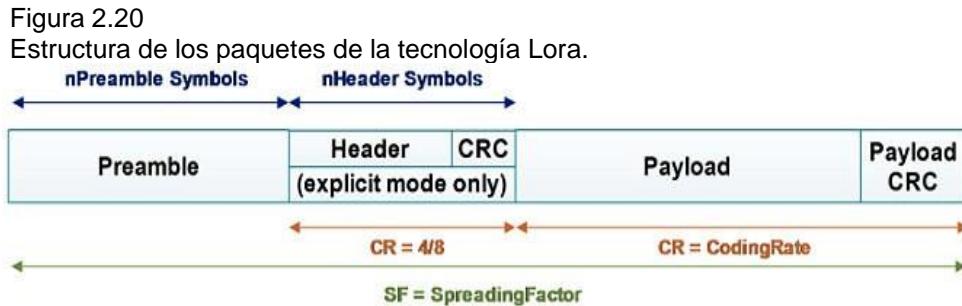
Figura 2.19
Topología de la tecnología Lora.



Fuente: Gracia, (2016)

Como se muestra en la Figura 2.20, los marcos estándar de Lora siempre contienen un encabezado después del preámbulo. Esto ayuda al receptor a sincronizarse con los datos antes de que comience. La última parte de cada trama contiene una verificación CRC de 16 bits. Todo lo que sigue debe ser más pequeño que su predecesor; esta parte registra la longitud de los bytes de datos, la tasa de código utilizada y la bandera CRC. El receptor

descarta automáticamente los paquetes con encabezados desalineados debido al CRC incluido en la transmisión. Además, solo usa un byte para almacenar el tamaño de la carga útil de la transmisión, limitándolo a un máximo de 255 bytes (Gambi et al., 2018).



Fuente: Gambi et al., (2018)

2.5.1 Tecnología Lora en la agricultura

Con la tecnología Lora, los agricultores pueden recopilar datos de sensores inalámbricos de bajo consumo y transmitirlos a la nube o a una red privada. Estos sensores remotos pueden durar hasta 10 años con una sola batería y transmitir datos a una distancia de hasta 15 kilómetros, como se observa en la Figura 2.21. Al reducir los costos de mantenimiento y los gastos operativos, esto permite a los agricultores expandir sus operaciones con mayor visibilidad y menores costos operativos. Además, los agricultores con estos sensores tienen una ventaja sobre los satélites y los drones porque los datos que transmiten son valiosos, esto les permite acceder a información que otras tecnologías no pueden registrar (LoRa Alliance, 2022).

Figura 2.21
Tecnología Lora para monitoreo de plantaciones.



Fuente: Lin, (2019)

Al reemplazar las tareas repetitivas en el campo, los sistemas de riego se pueden monitorear y mantener de manera automatizada. Esto permite a los agricultores consultar informes meteorológicos y pronósticos para estimar las necesidades de las plantas, la humedad del suelo y otros factores. También evita que los agricultores tengan que actualizar constantemente sus sistemas en el campo. Si lo hace, puede evitar la posible pérdida de cultivos debido a una falla en el sistema de riego o a que los agricultores noten que su sistema necesita una actualización. El monitoreo ambiental o individual utilizando animales producidos en masa puede conducir a mejores factores de crecimiento, mejor reproducción y mayor bienestar animal. Esto se debe a que la detección temprana de la enfermedad reduce la necesidad de medicación. También ayuda a mejorar la calidad de la leche y reducir la contaminación ambiental (LoRa Alliance, 2022).

2.6 Software Arduino IDE

Arduino IDE es un software de código abierto diseñado por Arduino.cc, que se utiliza principalmente para escribir, compilar y cargar código para casi todos los módulos de Arduino. Es el software oficial de Arduino que hace que la compilación del código sea tan fácil que incluso las personas sin conocimientos técnicos previos pueden dominarlo durante el proceso de aprendizaje. Es adecuado para todos los sistemas operativos, a saber, MAC, Windows, Linux, y se ejecuta en la plataforma Java, con funciones y comandos integrados, que desempeñan un papel vital en la depuración, edición y compilación del código (Aqeel, 2018).

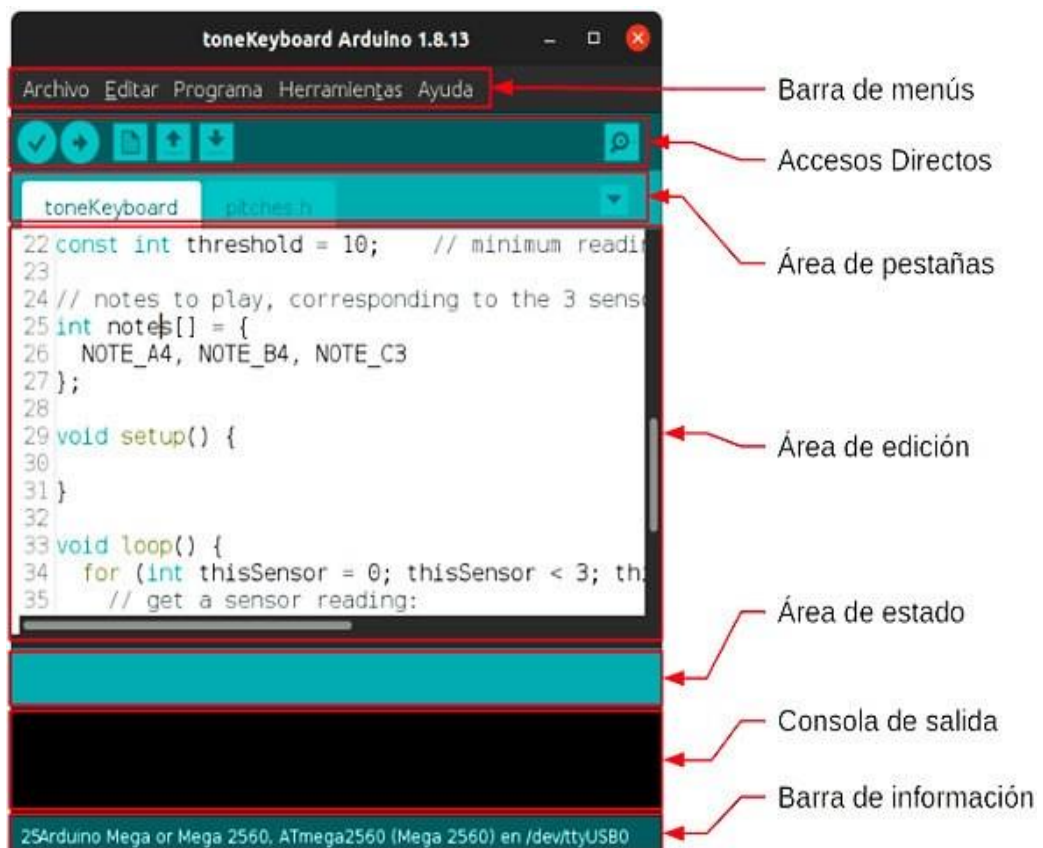
Figura 2.22
Modelos de Arduino.



Fuente: Rodríguez, (2018)

En la Figura 2.22 se visualiza parte de la gama de módulos Arduino disponibles, incluidos Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro y más. Cada uno de ellos contiene un microcontrolador en la placa que en realidad está programado y acepta información de código. El código principal, también conocido como boceto, creado en la plataforma IDE finalmente produce un archivo hexadecimal, que luego se transfiere y carga en el controlador de la placa como se observa en la Figura 2.23. El entorno IDE consta principalmente de dos partes básicas: el editor y el compilador, que primero se usan para escribir el código requerido y luego se usan para compilar y cargar el código en un módulo Arduino determinado, este entorno es compatible con los lenguajes C y C++ (Aqeel, 2018).

Figura 2.23
Partes de Arduino IDE.



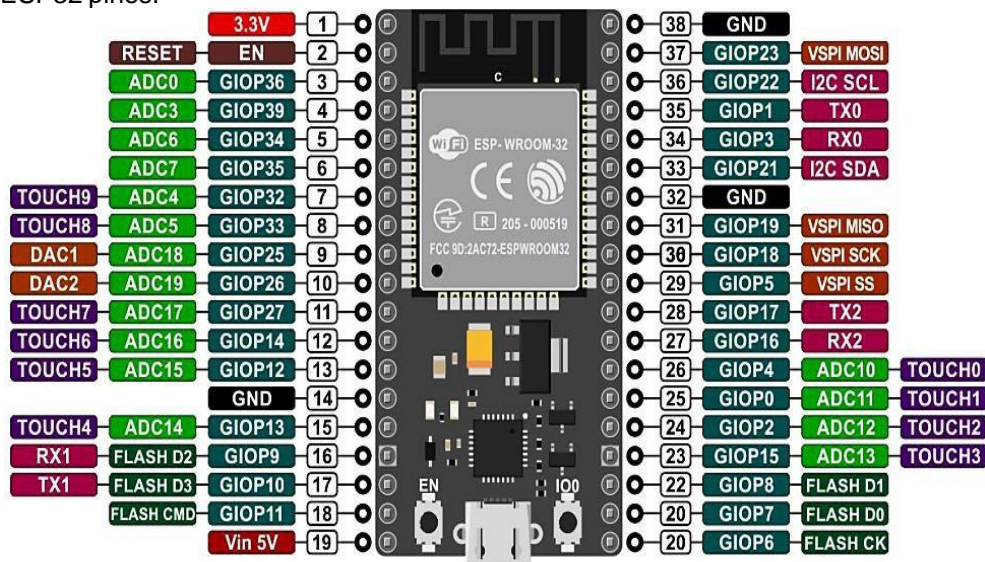
Fuente: Guerra, (2020)

2.7 ESP32

SparkFun Electronics, el fabricante del ESP32, se refiere a él como "Thing" porque es una base perfecta para proyectos relacionados con el Internet de las Cosas. El ESP32 es un microcontrolador compatible con Wi-Fi

que admite Bluetooth Low-Energy (BT4.0), que también se denomina Bluetooth Smart. Tiene casi 30 pines de E/S. La placa SparkFun ESP32 es uno de los microcontroladores más exclusivos y de menor costo del mercado. Es alrededor de USD \$20.00, con bajo consumo de energía; puede ser alimentado por una fuente de alimentación USB de 5 V o una batería de polímero de litio (LiPo). Alternativamente, puede alimentarlo desde pines de E/S de 3.3V, pero esto reduce la precisión con sensores de 5V conectados a él. La Figura 4 proporciona una imagen de la placa y la Figura 2.24 enumera sus especificaciones de hardware (Aghenta & Iqbal, 2019).

Figura 2.24
ESP32 pines.



Fuente: Lozano, (2021)

El microcontrolador Espressif ESP32 Thing ejecuta programas escritos en un lenguaje de programación C++ llamado Arduino sketches. Estos bocetos se denominan proyectos y se escriben utilizando un entorno de desarrollo de software integrado llamado Arduino IDE. Cada proyecto se guarda en la placa mediante un cable USB. El proyecto requiere una placa de prueba, un Arduino y sensores conectados a él. Los sensores de corriente y voltaje están conectados al Thing Esp32. Primero se escribe un boceto de Arduino en el IDE de Arduino y se carga en la placa. Luego, este proyecto mide la potencia de salida de los sistemas fotovoltaicos calculando el valor actual, el voltaje y la potencia a través de la medición del voltaje y la corriente de CC por separado para el voltaje de la batería de almacenamiento del

sistema fotovoltaico. Los programas que se conectan a un monitor serial Arduino IDE pueden mostrar valores medidos y calculados en el monitor a una velocidad de transmisión específica. Después de cargar un programa en una placa Thing ESP32, la placa se puede alimentar con cables de alimentación USB de 5 V, en la Figura 2.25 se observan las medidas estándar del ESP32 (Aghenta & Iqbal, 2019).

Figura 2.25
ESP32 medidas



Fuente: Infante, (2022)

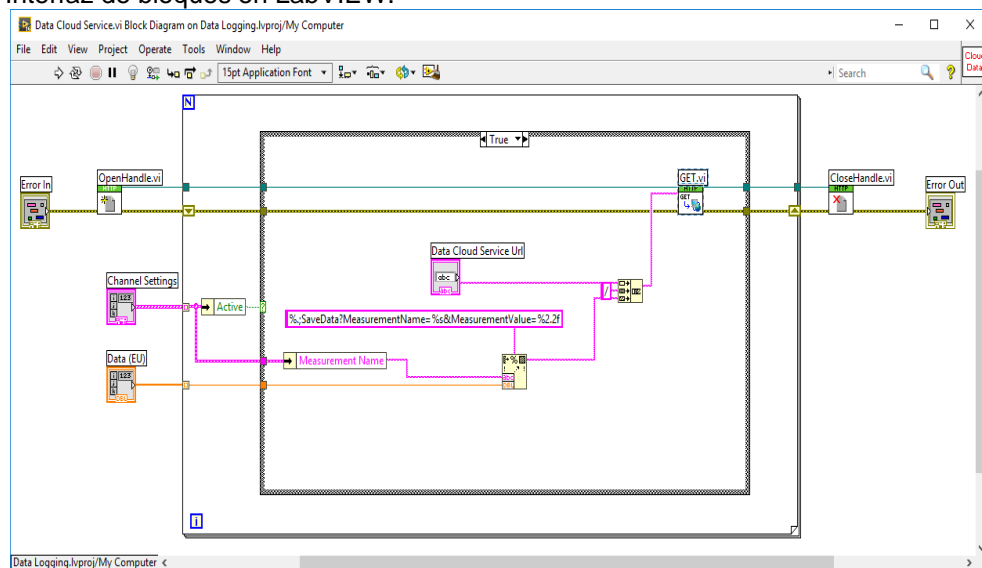
2.8 LabVIEW

LabVIEW es un entorno de desarrollo de software creado por National Instruments. Originalmente se centró en realizar mediciones en varios instrumentos de laboratorio, pero se ha expandido considerablemente desde sus inicios. Estrictamente hablando, LabVIEW no es un lenguaje de codificación, sino un entorno de desarrollo. El lenguaje en realidad se llama "G", pero la mayoría de la gente se refiere a LabVIEW como si fuera un lenguaje (es decir, la mayoría de la gente dice "está codificado en LabVIEW"). Está basado en gráficos, lo que significa que puede juntar varios bloques de construcción y conectarlos en una arquitectura de flujo de datos. Es similar a dibujar un diagrama de bloques, excepto que estás dibujando tu código, a diferencia de los lenguajes basados en texto como C# y VHDL, donde escribes en el texto lo que quieres que haga el software (Metzler, 2022).

LabVIEW se puede usar para realizar una gran cantidad de funciones matemáticas y lógicas, que incluyen, entre otras: aritmética básica, declaraciones condicionales if/then/elseif, declaraciones case, filtrado, bucles

de control PID y más. La biblioteca de funciones para extraer. También puedes interactuar con código desarrollado en otros lenguajes a través de DLLs. Por ejemplo, ensamblados .NET e intérpretes de tiempo de ejecución como MATLAB. Otra característica única que ofrece LabVIEW es la compilación justo a tiempo y la capacidad de ejecutar bloques de funciones sin desarrollar casos de prueba. Cada función de LabVIEW está diseñada con una interfaz de usuario para que pueda interactuar con el código tan pronto como lo escriba, como se observa en la Figura 2.26 (Metzler, 2022).

Figura 2.26
Interfaz de bloques en LabVIEW.



Fuente: Hans, (2022)

LabVIEW puede ejecutarse en cualquiera de las siguientes plataformas:

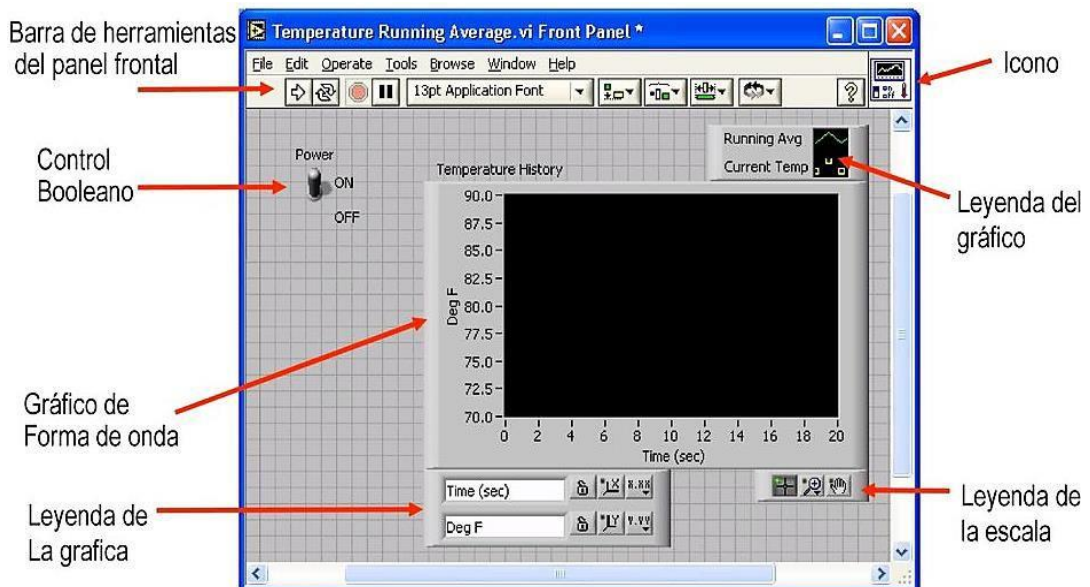
1. PC con Windows
2. PXI basado en Windows
3. Un NI CompactRIO
4. Un RIO de placa única de NI (incluido NI SOM)

La especificación de su aplicación determinará su elección de plataforma de hardware. Por supuesto, también debe tener en cuenta la compatibilidad de versiones. Para las aplicaciones integradas, por lo general se utilizan las cRIO de manera predeterminada y si el proyecto requiere unas mayores prestaciones en termino de rendimiento se opta por ejemplo de una sbRIO o SOM, en la Figura 2.27 se visualiza el panel frontal de LabVIEW. Hay más

detalles que aquí, pero el proceso de toma de decisiones generalmente se basa en 3 criterios principales (Metzler, 2022):

1. Tamaño: si su aplicación requiere un sobre pequeño, el factor de forma cRIO puede ser demasiado grande y se verá obligado a seguir la ruta sbRIO.
2. Rendimiento: hasta cierto volumen, puede ser más económico utilizar el sbRIO.
3. Disponibilidad de E/S: según la cantidad que necesite desde el punto de vista de E/S (incluidas las interfaces de comunicación) que esté disponible como parte de un módulo o unidad base, los costos de ingeniería no pueden afectarlo. De una manera u otra.

Figura 2.27
Panel frontal de LabVIEW.



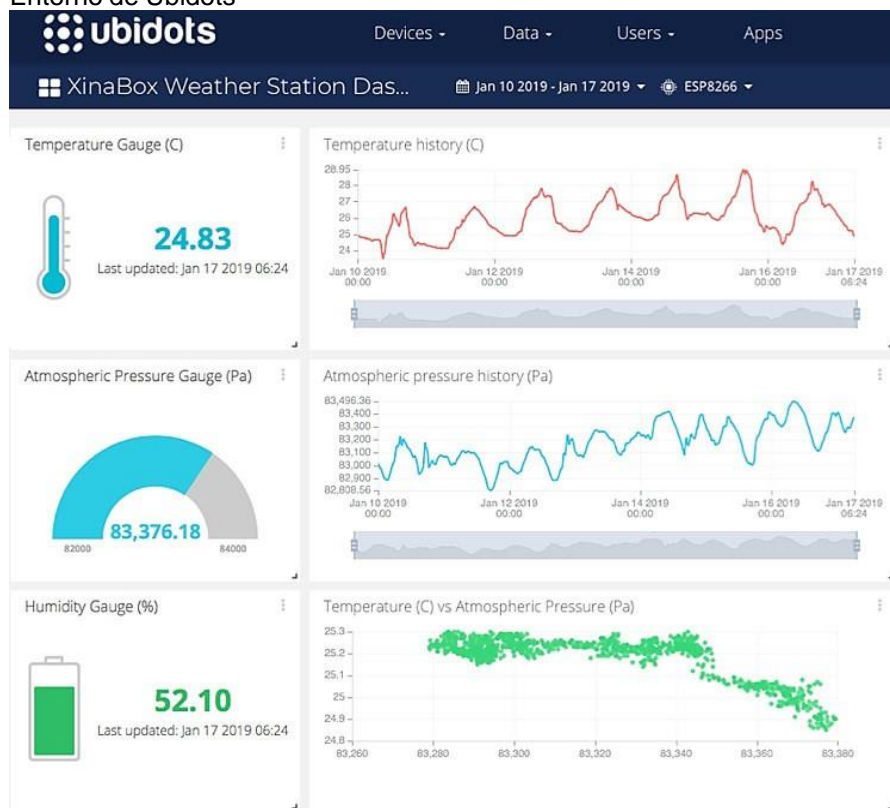
Fuente: Fidalgo, (2015)

2.9 Ubidots

Ubidots proporciona a los desarrolladores un entorno de computación en la nube confiable además de un ecosistema de plataformas "IoT" como se observa en la Figura 2.28. Esto les permite crear sistemas asequibles, utilizables y confiables para monitorear, controlar y automatizar procesos en salud, energía, manufactura, agricultura y transporte. Los principales beneficios de Ubidots son:(Espinoza&Orellana,2021)

- Está especializado en soluciones de hardware y software conectado; ha avanzado a aplicaciones básicas; y es gratis
- Conexión del hardware a la nube y varias bibliotecas.
- Los nuevos dispositivos pueden duplicar la apariencia y la funcionalidad de los dispositivos antiguos a través de variables configurables automáticamente.
- Una actualización de la interfaz de programación o API.
- Una integración de API requiere un análisis de datos supervisado por supervisores.
- Crear datos sintéticos a partir de entradas que pretenden ser naturales.
- Los tableros deben estudiarse en tiempo real para analizar y controlar los datos en los dispositivos.
- Brinda al público un fácil acceso a los datos compartidos mediante la creación de enlaces públicos o la adición de paneles y widgets a las aplicaciones que son privadas.

Figura 2.28
Entorno de Ubidots



Fuente: (dsberman, 2022)

CAPÍTULO 3

APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se realiza la programación y diseño del sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa en invernaderos con el dispositivo ESP32, en la Figura 3.1 se visualiza la ubicación del invernadero de Naranjito, donde se plantea la instalación de los dispositivos. Debido a la necesidad de automatizar partes del proceso agrícola para mejorar el desarrollo de las semillas en los cultivos y en otras áreas agrícolas.

Figura 3.1
Ubicación del invernadero en Naranjito



Elaborada por: Autor

El cantón Naranjito en la provincia del Guayas se encuentra en una zona tropical, lo cual significa que tiene temperaturas cálidas y alta humedad durante todo el año, además el suelo es de tipo volcánico rico en nutrientes y de buena capacidad de retención de agua. Estas condiciones climáticas son ideales para la agricultura en invernaderos, ya que permiten una amplia variedad de cultivos. Sin embargo, uno de los principales desafíos es que varía constantemente las condiciones climáticas del entorno y esto afecta en gran medida el desarrollo y crecimiento de las plantas en los cultivos. El monitoreo constante de temperatura y humedad dentro de los invernaderos es esencial para garantizar el desarrollo correcto de los cultivos. Para cumplir con este objetivo, se propone el uso de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32, la cual es totalmente viable para su funcionamiento e instalación dentro de los invernaderos. El uso de estos dispositivos no solo se aplica en el cantón Naranjito, sino también a cualquier otra zona del país que tenga un clima similar (Weatherspark, 2022).

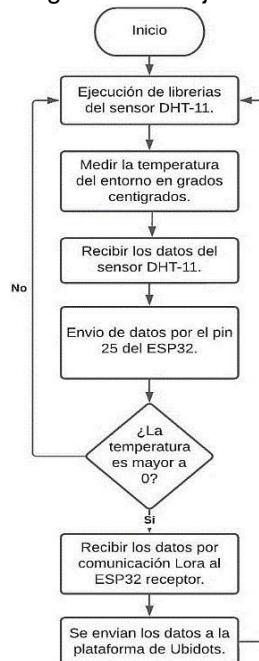
3.1 Desarrollo de la interfaz principal para el monitoreo de temperatura y humedad

El dispositivo posee un sensor DHT-11, el cual mide la temperatura en grados centígrados y la humedad relativa del entorno, el funcionamiento de este equipo se explica en los siguientes 3 casos:

- En el caso #1, cuando el dispositivo detecte por medio del sensor, la temperatura mayor o superior a 0 grados centígrados y la humedad mayor al 0 %, se envían los datos a la plataforma de Ubidots.
- En el caso #2, cuando el dispositivo detecte por medio del sensor, la temperatura es igual a 0 grados centígrados y la humedad mayor al 0 %, no se envían los datos a la plataforma de Ubidots.
- En el caso #3, cuando el dispositivo detecte por medio del sensor, la temperatura mayor o superior a 0 grados centígrados y la humedad igual al 0 %, no se envían los datos a la plataforma de Ubidots.

3.1.1 Condiciones de funcionamiento del sensor de temperatura

Figura 3.2
Diagrama de Flujo del sensor de temperatura IOT



Elaborada por: Autor

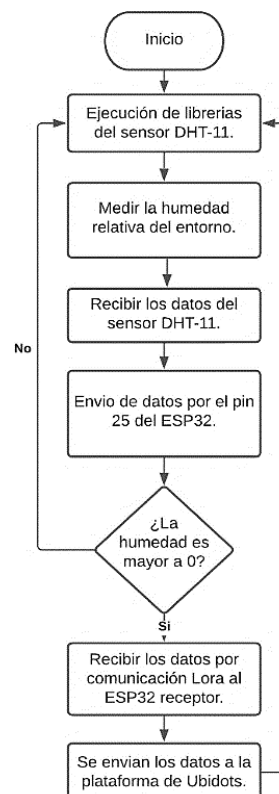
En la Figura 3.2 se visualiza el diagrama de flujo del sensor de temperatura que está programado en Arduino IDE, el cual, para iniciar con el monitoreo de la temperatura del entorno, se ejecuta primero las librerías compatibles con el

ESP32, que permite su correcto funcionamiento. Posterior a esto se ejecuta una condición de que si los datos de la temperatura son iguales a 0 grados centígrados se vuelve a realizar el monitoreo, caso contrario se envían los datos de temperatura a ubidots.

3.1.2 Condiciones de funcionamiento del sensor de humedad

En la Figura 3.3 se observa el diagrama de flujo del sensor de humedad que está programado en Arduino IDE, el cual, para iniciar con el monitoreo de la humedad relativa del entorno, se ejecuta primero las librerías compatibles con el ESP32, que permite su correcto funcionamiento. Posterior a esto se ejecuta una condición de que si los datos de la humedad son iguales a 0 grados centígrados se vuelve a realizar el monitoreo, caso contrario se envían los datos de temperatura a ubidots.

Figura 3.3
Diagrama de Flujo del sensor de humedad IOT



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.2 y 3.3 se observa diagramas de flujo semejantes en su funcionamiento, ya que ambas variables que se monitorean son entregadas por el mismo sensor DHT-11, por lo cual se usan estos condicionamientos en el caso de que el dispositivo electrónico falle, los datos erróneos no se envíen

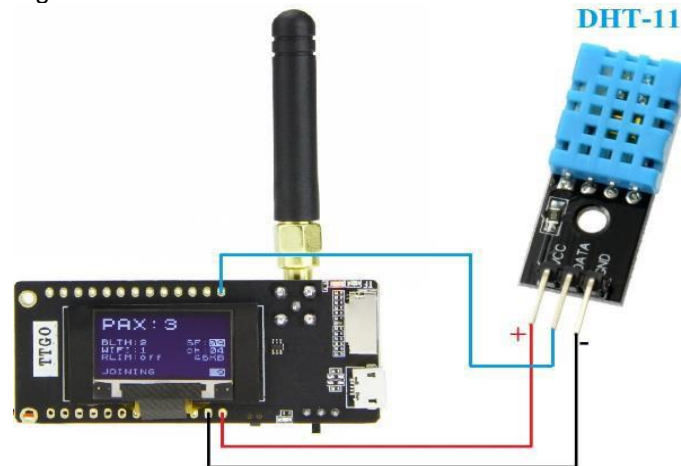
a la plataforma de Ubidots, para no alterar las mediciones con valores incorrectos, hasta que el dispositivo funcione de manera normal.

3.2 Conexiones del sensor de temperatura, módulo wifi, pantalla y antena Lora

Los elementos utilizados en este sistema son una pantalla OLED, un módulo Wi-Fi y un sensor de temperatura DHT-11 conectado al ESP32, ya que cumple con la función de tomar las variables recibidas por el sensor y enviarlas a la plataforma de Ubidots, en la Figura 3.4 se visualiza el diagrama de conexión de los componentes electrónicos con el ESP32, los cuales se detallan a continuación:

- Conexión ESP32 - Sensor DHT-11: Los pines empleados para la conexión son el pin digital 25, también se utiliza la alimentación de 5V del dispositivo para el pin del sensor y el respectivamente el GND.
- Conexión ESP32 – Pantalla oled: Los pines empleados para la conexión de la pantalla son el pin 25 y el 22.
- Conexión ESP32 – Wifi / Lora: Los pines empleados para la conexión del módulo son el pin 5,18, 19, 23, 26 y 27.

Figura 3.4
Diagrama de conexiones del ESP32 con el sensor DHT-11

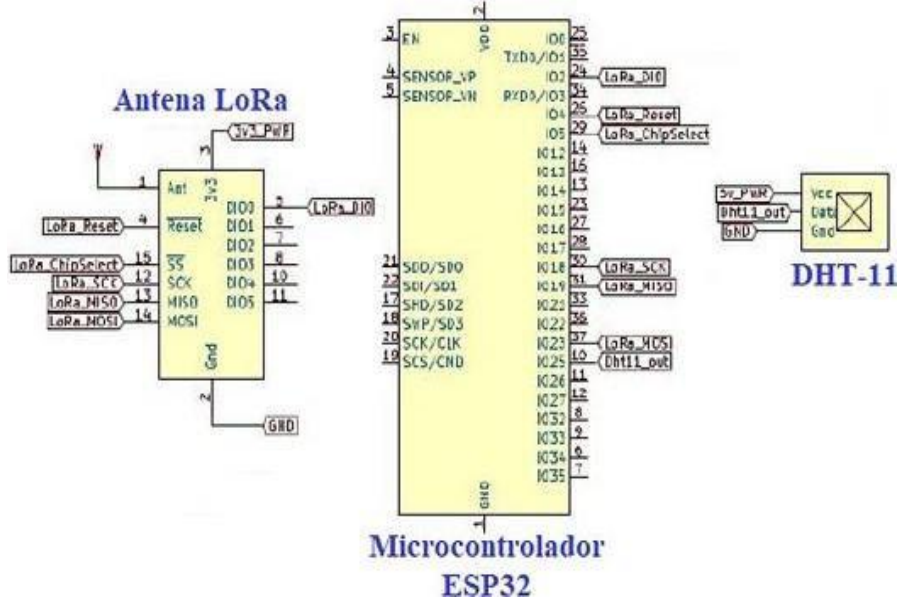


Elaborada por: Autor

En la Figura 3.4 corresponde a los nodos sensores emisores, los cuales son los encargados de monitorear las condiciones de temperatura y humedad del entorno, adicional se usa un nodo receptor, el cual no va a poseer ningún tipo de sensor, ya que su función es recibir todas las variables monitoreadas

por los demás nodos sensores emisores a través de la comunicación Lora, para luego ser enviados a la plataforma de Ubidotds, mediante la conexión de wifi que emplea el dispositivo.

Figura 3.5
Diagrama esquemático de conexiones del ESP32 con Lora y DHT-11



Fuente: Palacios, (2023)

3.2.1 Programación en Arduino IDE para el ESP32

En la Figura 3.6 se visualiza la instalación y utilización de las librerías para la comunicación Lora en el ESP32, también se agrega las librerías actualizadas del sensor de temperatura y humedad, con la respectiva asignación del pin 25 digital del dispositivo para su funcionamiento, adicional se instala las librerías para el control de la pantalla oled.

Figura 3.6
Instalación de librerías para la comunicación Lora

```
//Librerías para LoRa.
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

//Librería para sensor de temperatura DHT-11 y su pin a utilizar.
#include <DFRobot_DHT11.h>
DFRobot_DHT11 DHT;
#define DHT11_PIN 25

//Librerías para pantalla OLED.
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

//definir los pines utilizados por el módulo transceptor LoRa del ESP32.
#define SCK 5
#define MISO 19
#define MOSI 27
#define SS 18
#define RST 23
#define DIO0 26
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.7 se aprecia la configuración de las bandas disponibles para el funcionamiento de la comunicación Lora, las cuales son 3: la primera corresponde a la banda Asiática de 433Mhz, la segunda banda es la europea de 868Mhz y la tercera banda es la banda Norte Americana de 915Mhz, la banda utilizar es la tercera, ya que es la más cercana a nuestro país; todas las bandas deben ser la misma en todos los dispositivos para que se puedan comunicar de manera correcta sin ningún problema, también se establece una variable denominada contador, esta permite saber cuántos paquetes de datos se han enviado a los otros dispositivos y por último se ajusta la resolución de la pantalla, ya que si esta es incorrecta la información en pantalla no será clara y fácil de apreciar para la persona.

Figura 3.7

Configuración de pines para pantalla del ESP32

```
// Bandas disponibles a utilizar para la comunicación.
//433E6 for Asia
//866E6 for Europe
//915E6 for North America
#define BAND 915E6 // actualmente en uso.

#define BUTTON_A 15
#define BUTTON_B 32
#define BUTTON_C 14
#define WIRE Wire

int Contador = 0;
Adafruit_SSD1306 display = Adafruit_SSD1306(128, 64, &WIRE);
```

Elaborada por: Autor

El restablecimiento de la pantalla OLED del ESP32 es un proceso crucial para su correcto funcionamiento. En la Figura 3.8 se puede apreciar la configuración necesaria para llevar a cabo esta tarea. En primer lugar, se debe establecer el pin digital que se utilizará para controlar la pantalla. Este pin es esencial ya que es el encargado de enviar la señal de encendido o apagado a la pantalla, lo que permite que se refresque la información en la pantalla. Además, se debe configurar el tiempo de cambio de estado de apagado y encendido. Este tiempo es importante ya que determina la frecuencia con la que se refresca la pantalla y la información que se muestra en ella. Si este tiempo es demasiado largo, la pantalla puede parecer lenta y poco receptiva. Por otro lado, si es demasiado corto, se puede producir un parpadeo que dificulta la lectura de la información.

Figura 3.8
Configuración de inicio y resolución para pantalla del ESP32

```
void setup() {
  //Restablecer la pantalla OLED a través del software.
  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(20);
  digitalWrite(OLED_RST, HIGH);

  //inicializar la pantalla OLED.
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) {
    Serial.println(F("Asignación de SSD1306 fallo"));
    for(;;);
  }
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.9 se aprecia la configuración de los parámetros de la pantalla, tales como: el refresco de la pantalla al inicializar, el tamaño de letra a utilizar en la pantalla, con su respectivo color al agrado del usuario y del mensaje de bienvenida , que identifica que el dispositivo es el Lora remitente, adicional se establece el número del puerto serial a utilizar para el ordenador, se coloca un mensaje de prueba, para confirma el correcto inicio de la pantalla del dispositivo y por último se establece los pines utilizados para la comunicación de la antena Lora.

Figura 3.9
Configuración de pines de comunicación Lora del ESP32

```
display.clearDisplay(); // para limpiar lo que se muestra en el display.
display.setTextColor(WHITE); // permite seleccionar el color del texto.
display.setTextSize(1); // permite seleccionar el tamaño de la letra.
display.setCursor(0,0); // coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("LORA REMITENTE "); // texto a mostrar en el display.
display.display();

//Inicializar el monitor serial.
Serial.begin(9600); // Establecer el valor del puerto serial.

Serial.println("Prueba de envio LoRa");

// Pines SPI LoRa.
SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
// Configurar el módulo transceptor LoRa.
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.10 se visualiza la configuración de las condiciones de inicio para la comunicación Lora, donde se define la banda Norte Americana previamente seleccionada, correspondientemente se establece el mensaje de inicialización en pantalla, con sus respectivas coordenadas en pantalla, ya que si no son establecidas, las palabras saldrán en cualquier parte de la pantalla y no tendrá un orden o secuencia correcta y el tiempo de duración del mensaje en pantalla, el cual corresponde a 2 segundos.

Figura 3.10

Configuración de mensaje de inicio de comunicación Lora

```
if (!LoRa.begin(BAND)) {  
    Serial.println("¡Error al iniciar LoRa!");  
    while (1);  
}  
Serial.println("LoRa Inicializando!");  
display.setCursor(0,10); //  
display.print("Inicializacion!");  
display.display();  
delay(2000);  
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.11 se aprecia la configuración del sensor de temperatura y humedad, donde se establece un mensaje en pantalla que indique cuando se realiza el envío de las variables de temperatura y humedad por la comunicación Lora, adicional se establece una variable que actúe como contador de las variables, que permita al usuario llevar un conteo de cuantas veces se han enviado las variables.

Figura 3.11

Configuración de envío de variables por comunicación Lora

```
void loop() {  
  
    //para iniciar lectura del sensor de temperatura DHT-11.  
    DHT.read(DHT11_PIN);  
    Serial.print("Enviando paquete: ");  
    Serial.println(Contador);  
  
    //Enviar paquete LoRa al receptor.  
    LoRa.beginPacket(); //iniciar paquete.  
    LoRa.print(DHT.temperature);  
    LoRa.print(" ");  
    LoRa.print(DHT.humidity);  
    LoRa.print(" ");  
    LoRa.print(Contador);  
    LoRa.endPacket();//envio del paquete.  
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.12 se aprecia la configuración de los datos a mostrar en la pantalla Oled del módulo ESP32, donde se coloca el identificador del dispositivo, en este caso corresponde al nodo sensor emisor 1, también se deja establecido del contador de variables enviadas por la comunicación Lora, el cual permite tener un conteo correcto de cuantas veces se han enviado las variables desde ese dispositivo, adicional se agrega un retardo en el tiempo de 3.5 segundos, para que se envíen las variables y se vuelva a monitorear el entorno donde está colocado el ESP32.

Figura 3.12

Configuración de datos a mostrar en pantalla del primer módulo ESP32

```
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.println("UCSG 2022 EMISOR 1");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,20);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.setTextSize(1);// permite seleccionar el tamaño de la letra.
display.print("Paquete LoRa enviado.");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Contador: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(60,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(Contador); // dato a mostrar en el display.
display.display();
Contador++;
//Tiempo de retraso que se le da al bucle para que se repita de 5 segundos.
delay(3500);
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.13 se visualiza la configuración de datos a mostrar para la segunda pantalla Oled del módulo ESP32, el cual corresponde al nodo sensor emisor 2, adicional se agrega un retardo en el tiempo de 3.5 segundos, para que se envíen las variables y se vuelva a monitorear el entorno donde está colocado el ESP32.

Figura 3.13

Configuración de datos a mostrar en pantalla del segundo módulo

```
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.println("UCSG 2022 EMISOR 2");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,20);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.setTextSize(1);// permite seleccionar el tamaño de la letra.
display.print("Paquete LoRa enviado.");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Contador: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(60,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(Contador); // dato a mostrar en el display.
display.display();

Contador++;
//Tiempo de retraso que se le da al bucle para que se repita de 5 segundos.
delay(4500);
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.14 se observa la instalación y configuración de las librerías correspondientes para la programación del nodo receptor Lora, en el cual se establece el token de la página de la cuenta de Ubidots, una vez establecida, se coloca el nombre y contraseña de la red wifi del lugar, donde se va a instalar el dispositivo, ya que, para su correcto funcionamiento se necesita de conexión a internet para enviar los datos a Ubidots.

Figura 3.14
Instalación de librerías para la comunicación con Ubidots IOT

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include "UbidotsEsp32Mqtt.h"

//Definimos primero el Token que nos brinda la plataforma Ubidots para hacer la conexión/
const char 'UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-0Iej8q PODKxTjuvTUrKftz ";
//Definimos SSID y PASSWORD de nuestra red WiFi/
const char 'WIFI_SSID = "Netlife ";
const char 'WIFI_PASS = "0 9";
//Definimos el nombre de nuestro dispositivo, el cual aparecerá en la plataforma Ubidots/
const char 'DEVICE_LABEL = "ESP32";
//Definimos las variables que se medirán y que serán publicadas en la plataforma Ubidots/
const char 'VARIABLE_LABEL_1 = "Temperatura 1";
const char 'VARIABLE_LABEL_2 = "Humedad 1";
const char 'VARIABLE_LABEL_3 = "Temperatura 2";
const char 'VARIABLE_LABEL_4 = "Humedad 2";
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.15 se visualiza la configuración de la frecuencia de publicación en Ubidots, la cual se recomienda de 5 a 6 segundos, para un funcionamiento correcto, adicional se define las variables extras que necesita la librería, tales como las variables de tiempo de Ubidots y el pin analógico asignado a el puerto 34 del ESP32.

```
Figura 3.15
Configuración de la librería de Ubidots IOT
//Definimos la frecuencia de publicación de 5 segundos/
const int PUBLISH_FREQUENCY = 6000;
//Definimos unas variables extra, que incluye la librería,
unsigned long timer;
uint8_t analogPin = 34;
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN);

//Libraries for OLED Display
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.16 se aprecia la configuración de los pines del módulo Lora y respectivamente de sus bandas a utilizar, en este caso las configuraciones son las mismas utilizadas para los anteriores dispositivos mencionados, ya que todos van a trabajar en la misma frecuencia, por lo cual debe tener las mismas configuraciones.

Figura 3.16

Configuración de bandas del receptor Lora

```
//define the pins used by the LoRa transceiver module
#define SCK 5
#define MISO 19
#define MOSI 27
#define SS 18
#define RST 23
#define DIO0 26

//433E6 for Asia
//866E6 for Europe
//915E6 for North America
#define BAND 915E6
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.17 se visualiza los distintos tipos de configuraciones disponibles en el caso de algún cambio de dispositivo o modelo, esto permita evitar algún problema de compatibilidad.

Figura 3.17

Configuración para el modelo del dispositivo

```
#if defined(ESP32)
#define BUTTON_A 15
#define BUTTON_B 32
#define BUTTON_C 14
#define WIRE Wire
#elif defined(ARDUINO_STM32_FEATHER)
#define BUTTON_A PA15
#define BUTTON_B PC7
#define BUTTON_C PC5
#define WIRE Wire
#else // 32u4, M0, M4, nrf52840 and 328p
#define BUTTON_A 9
#define BUTTON_B 6
#define BUTTON_C 5
#define WIRE Wire
#endif
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.18 se observa la creación de las variables para el contador de paquete de datos enviados y de todos los sensores, adicional se los coloca con el valor de 0, para que cada vez que se encienda o reinicie el dispositivo, este comience desde 0, adicional se coloca la resolución de la pantalla del dispositivo y se coloca la variable de funcionamiento para la comunicación Lora.

Figura 3.18

Creación de variables de temperaturas y humedades en 0

```
int temperaturas11 = 0;
int humedades11 = 0;
int contadorvalores11 = 0;
int temperaturas22 = 0;
int humedades22 = 0;
int contadorvalores22 = 0;
Adafruit_SSD1306 display = Adafruit_SSD1306(128, 64, &WIRE);
String LoRaData;
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.19 se visualiza la configuración del mensaje de inicialización para la comunicación con la plataforma IOT de Ubidots empleada en los ESP32.

Figura 3.19

Estructura de código para comunicación con Ubidots IOT

```
void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++)
  {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.20 se aprecia las configuraciones básicas de la pantalla para el nodo receptor del ESP32.

Figura 3.20

Configuración de la pantalla del receptor ESP32

```
void setup() {

  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(20);
  digitalWrite(OLED_RST, HIGH);

  //inicializar la pantalla OLED.
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) {
    Serial.println(F("Asignación de SSD1306 fallo"));
    for(;;);
  }
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.21 se observa el mensaje de inicio por defecto al encender el nodo sensores receptor.

Figura 3.21
Mensaje de inicio del receptor ESP32

```
display.clearDisplay();// para limpiar lo que se muestra en el display.  
display.setTextColor(WHITE);// permite seleccionar el color del texto.  
display.setTextSize(1);//permite seleccionar el tamaño de la letra.  
display.setCursor(0,0);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.  
display.print("RECEPTOR LORA");// texto a mostrar en el display.  
display.display();
```

```
//Inicializar el monitor serial.  
Serial.begin(9600); // Establecer el valor del puerto serial.  
Serial.println("Prueba receptor LoRa");
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.22 se aprecia La configuración del módulo Lora y de su respectivo mensaje de inicialización, a su vez también se muestra la configuración de los parámetros wifi, para la comunicación con la plataforma de Ubidots, para él envió de las variables de temperatura y humedad.

Figura 3.22
Configuración de parámetros de wifi para ESP32

```
//SPI LoRa pins  
SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);  
//setup LoRa transceiver module  
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);  
  
if (!LoRa.begin(BAND)) {  
  Serial.println("Starting LoRa failed!");  
  while (1);  
}  
Serial.println("Error al iniciar LoRa!");  
display.setCursor(0,10);  
display.println("LoRa Inicializando!");  
display.display();  
delay(1000);  
ubidots.connectToWifi(WIFI_SSID, WIFI_PASS);  
//Se inicia la función de subscripción para los mensajes de retorno, que se definió líneas arriba/  
ubidots.setCallback(callback);  
//Se incluye las funciones de Setup y Reconnect, predefinidas de la librería/  
ubidots.setup();  
ubidots.reconnect();  
timer = millis();  
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.23 se visualiza la configuración de los parámetros del receptor Lora, para la respectiva adquisición de datos enviados por los nodos sensores emisores.

Figura 3.23
Configuración de la comunicación Lora del receptor

```
void loop() {  
  
    // Intenta analizar el paquete.  
    int packetSize = LoRa.parsePacket();  
    if (packetSize) {  
        //received a packet  
        Serial.print("paquete recibido ");  
  
        //Leer paquete.  
        while (LoRa.available()) {  
            LoRaData = LoRa.readString();  
            Serial.print(LoRaData);  
        }  
    }  
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.24 se observa la conversión de las variables de string a float de temperatura y humedad recibidas por el nodo receptor o sumidero, ya que su conversión es necesaria para que la información de estas variables pueda ser leída por la plataforma de Ubidots.

Figura 3.24
Conversión de variables string a float

```
String temperaturasl= LoRaData.substring(0,2);  
float temperaturasl = temperaturasl.toFloat();  
  
String humedadsl= LoRaData.substring(3,5);  
float humedadesl = humedadsl.toFloat();  
  
String temperatura2= LoRaData.substring(7,9);  
float temperaturasl2 = temperatura2.toFloat();  
  
String humedad2= LoRaData.substring(10,12);  
float humedades2 = humedad2.toFloat();  
  
String contadorvalor2= LoRaData.substring(13,19);  
float contadorvalores2 = contadorvalor2.toFloat();  
  
String contadorvalorl= LoRaData.substring(20,30);  
float contadorvaloresl = contadorvalorl.toFloat();  
  
int rssi = LoRa.packetRssi(); //Imprime RSSI del paquete.  
Serial.print(" with RSSI ");  
Serial.println(rssi);
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.25 se aprecia la configuración de los datos a mostrar en la pantalla del nodo receptor, con respecto a la información recibida del nodo sensor emisor 1, en la cual se muestra el número de paquetes recibidos, la

temperatura, la humedad y respectivamente la intensidad de señal, para determinar si el dispositivo tiene alguna interferencia.

Figura 3.25
Configuración de datos para mostrar en pantalla del emisor 1

```
if (temperaturas1 && humedades1 > 0) {
display.clearDisplay();// para limpiar lo que se muestra en el display.
display.setCursor(0,0);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("UCSG 2022 RECEPTOR");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,20);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("NODO SENSOR EMISOR 1");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Mensaje #");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(75,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(contadorvalores1);// datos a mostrar en el display.
display.setCursor(0,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Tel: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(25,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(temperaturas1);// dato a mostrar en el display.
display.setCursor(60,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Hu: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(85,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(humedades1);// dato a mostrar en el display.
display.setCursor(0,50);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("RSSI:");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(30,50);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(rssi);// dato a mostrar en el display.
display.display();
temperaturas1 = temperaturas1;
humedades1 = humedades1;
contadorvalores1 = contadorvalores1;
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.26 se observa la configuración de los datos que se muestran en la pantalla del nodo receptor, tales como el número de paquetes recibidos, temperatura, humedad y respectivamente la intensidad de la señal para determinar si hay alguna interferencia con el dispositivo, en relación con la información recibida del nodo sensor emisor 2.

Figura 3.26
Configuración de datos para mostrar en pantalla del emisor 2

```
else {
display.clearDisplay();// para limpiar lo que se muestra en el display.
display.setCursor(0,0);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("UCSG 2022 RECEPTOR");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,20);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("NODO SENSOR EMISOR 2");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(0,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Mensaje #");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(75,30);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(contadorvalores2);// datos a mostrar en el display.
display.setCursor(0,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Te2: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(25,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(temperaturas2);// dato a mostrar en el display.
display.setCursor(60,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("Hu2: ");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(85,40);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(humedades2);// dato a mostrar en el display.
display.setCursor(0,50);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print("RSSI:");// texto a mostrar en el display.
display.setCursor(30,50);// coordenadas de la pantalla donde se desea colocar.
display.print(rssi);// dato a mostrar en el display.
display.display();
temperaturas2 = temperaturas2;
humedades2 = humedades2;
contadorvalores2 = contadorvalores2;
}
```

Elaborada por: Autor

En la Figura 3.27 se aprecia la creación de una condición if, la cual entra en acción si los valores de temperatura tanto como el del nodo sensor

emisor 1 y 2 son mayores a 0, este enviara las variables a la plataforma de Ubidots.

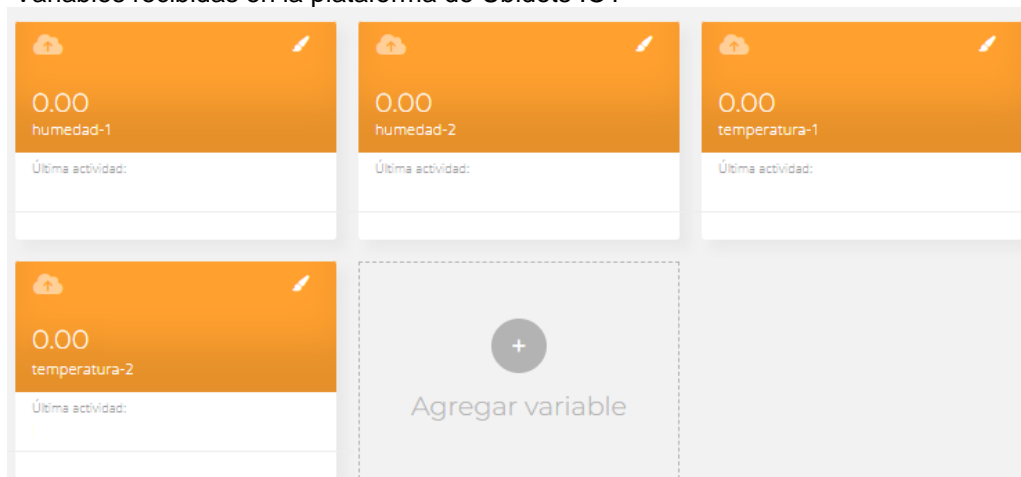
Figura 3.27
Configuración de variables para enviar a Ubidots

```
if (!ubidots.connected())
{
  ubidots.reconnect();
}
if (abs(millis() - timer) > PUBLISH_FREQUENCY)
{
  if (temperaturas11 && temperaturas22 > 0 ){
    ubidots.add(VARIABLE_LABEL_1, temperaturas11);
    ubidots.add(VARIABLE_LABEL_2, humedades11);
    ubidots.add(VARIABLE_LABEL_3, temperaturas22);
    ubidots.add(VARIABLE_LABEL_4, humedades22);
    ubidots.publish(DEVICE_LABEL);
    timer = millis();
  }
  else {
    rssi;
  }
}
}
ubidots.loop();
}
```

Elaborada por: Autor

3.3 Diseño en entorno grafico en LabVIEW y configuración de la plataforma Ubidots IOT para adquisición de variables de temperatura y humedad

Figura 3.28
Variables recibidas en la plataforma de Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

En esta parte de la investigación se trabajó en el diseño del entorno programado en el software LabVIEW, conforme al objetivo 3 del capítulo 1. En la Figura 3.28 se observa la creación de los espacios para la adquisición de

las variables de temperatura y humedad en la plataforma de Ubitos recibidos del nodo receptor ESP32.

En la Figura 3.29 se visualiza la detección automática del nodo receptor por la plataforma de Ubidots y de las respectivas variables que esta enviado a la plataforma, tales como la temperatura y humedad.

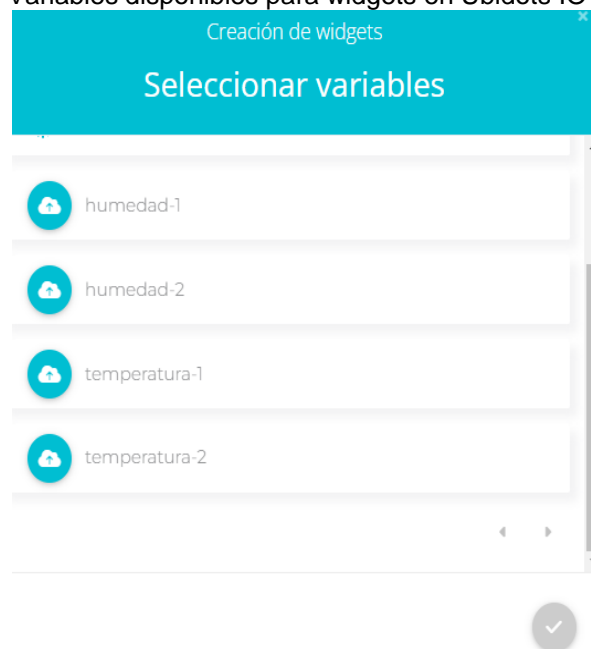
Figura 3.29
Detección del dispositivo en Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.30 se aprecia el acceso de las variables compartidas por el nodo receptor, las cuales fueron configuradas y asignadas en la programación del nodo receptor.

Figura 3.30
Variables disponibles para widgets en Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

La configuración de un widget para la variable de temperatura 1 es esencial para mostrar de manera clara y precisa la información que se quiere transmitir. En la Figura 3.31 se puede apreciar cómo se asigna el diseño de un termómetro para representar la variable de temperatura 1, lo que permite al usuario identificar rápidamente la información que se muestra.

Figura 3.31
Configuración del widget de temperatura 1 en Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.32 se muestra la configuración del widget para la variable de temperatura 2, al que se le ha asignado el diseño de un termómetro y se ha colocado en rojo para distinguirlo de las demás variables.

Figura 3.32
Configuración del widget de temperatura 2 en Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.33 se ilustra la configuración del widget para la variable de humedad 1, que se designó como un tanque y se colocó en azul claro. Esta distinción pretende diferenciar de las demás variables.

Figura 3.33
Configuración del widget de humedad 1 en Ubidots IOT



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.34 se muestra la configuración del widget para la variable de humedad 2, que se designa con la forma de un tanque y se configura en verde oscuro. Esta distinción tiene por objeto establecer una diferencia de las otras variables colocadas.

Figura 3.34
Configuración del widget de humedad 2 en Ubidots IOT

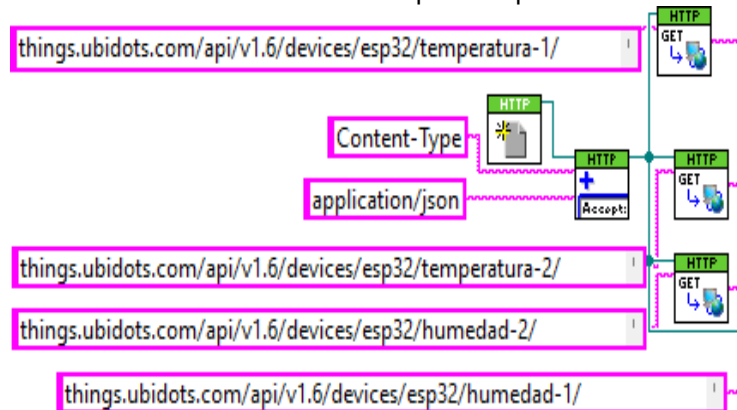


Elaborada por: Autor

3.3.1 Desarrollo del entorno grafico en la LabVIEW para monitoreo de temperatura y humedad

En la Figura 3.35 se visualiza la configuración de los enlaces http para la adquisición de datos en tiempo real que recibe la plataforma de Ubidots del nodo receptor, en la cual se crearon 4 apartados respectivamente, 2 correspondientes a la temperatura y 2 en base a la humedad; para el correcto funcionamiento de cada una de las variables se necesita del token específico entregadas por Ubidots.

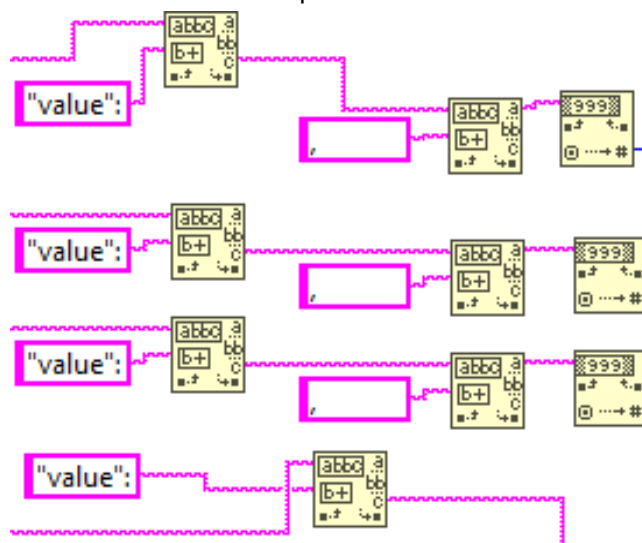
Figura 3.35
Variables de Ubidots en LabVIEW para adquisición de datos



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.36 se observa la etapa de conversión de las 4 variables de temperatura y humedad recibidas de Ubidots, para su respectiva lectura y uso en LabVIEW.

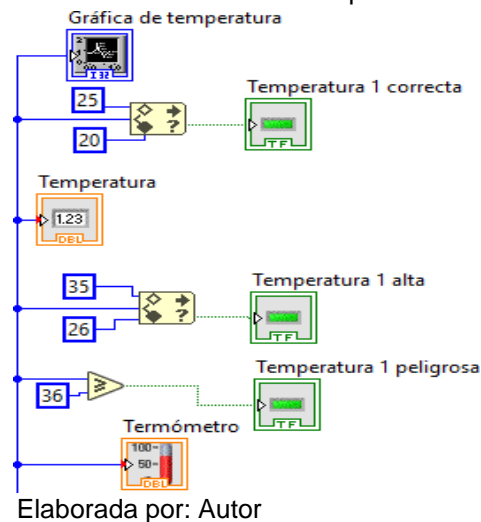
Figura 3.36
Conversión de variables para lectura en LabVIEW



Elaborada por: Autor

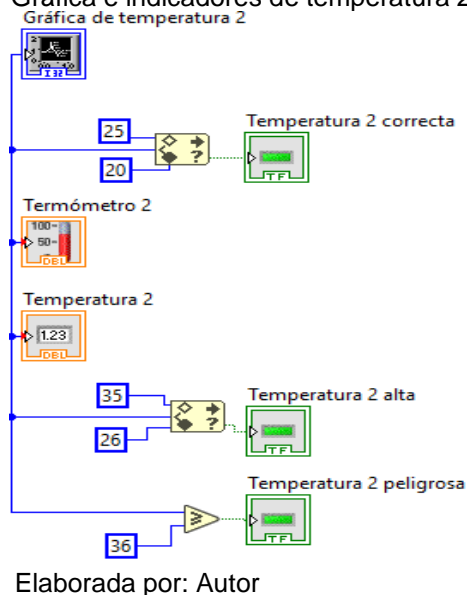
En la Figura 3.37 se aprecia la etapa de gráficos e indicadores utilizados para la variable de temperatura 1, en el cual se coloca un termómetro para mostrar el valor de temperatura y a su vez se colocan indicadores de tipo booleano, los cuales se encienden dependiendo si la temperatura es correcta, alta o peligrosa para los cultivos en el invernadero.

Figura 3.37
Gráfica e indicadores de temperatura 1 en LabVIEW

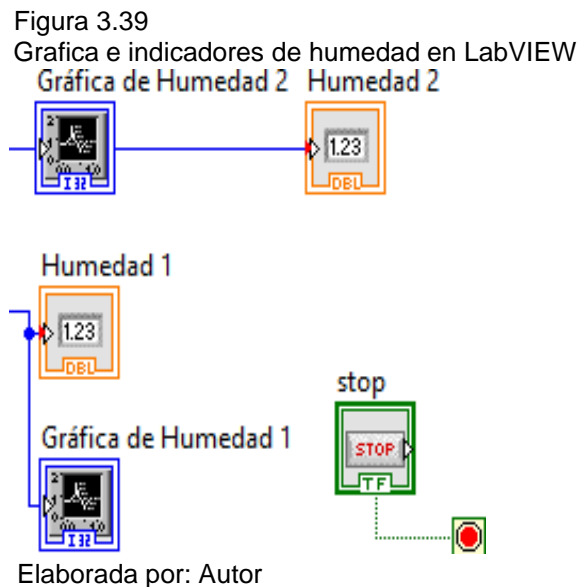


En la Figura 3.38 se ilustra la etapa de gráficos e indicadores empleados para la variable temperatura 2, se utiliza un termómetro para visualizar el valor de la temperatura y a su vez se emplean indicadores de tipo booleano, estos se encienden dependiendo si la temperatura es correcta, alta o peligrosa para la temperatura de los cultivos en el invernadero.

Figura 3.38
Gráfica e indicadores de temperatura 2 en LabVIEW



En la Figura 3.39 se muestra las etapas de gráficos e indicadores de las variables de humedad 1 y 2, se utiliza un indicador de tipo numérico y una gráfica de humedad vs tiempo.

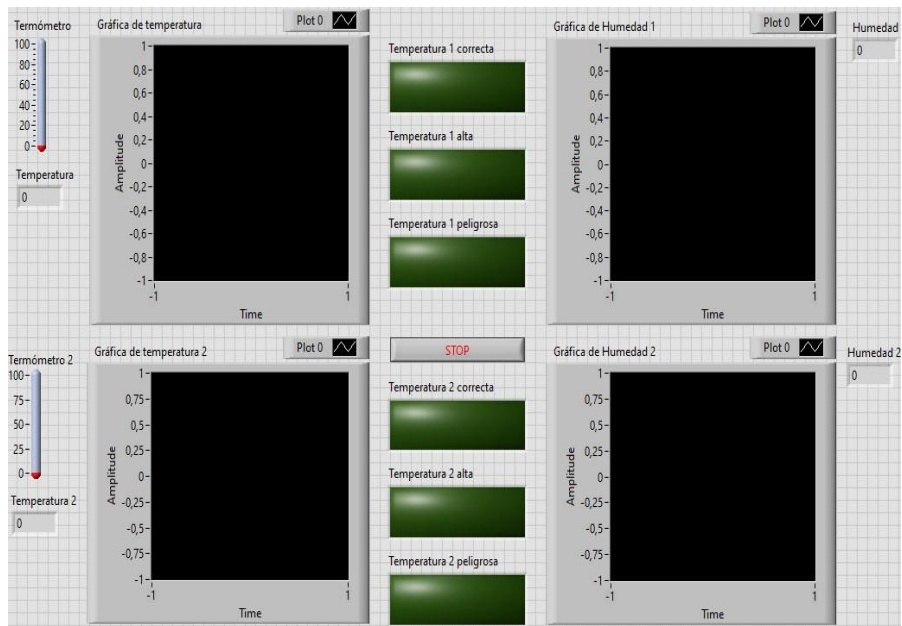


En la Figura 3.40 se muestra el diseño de la interfaz principal para el monitoreo de las 4 variables de temperatura y de humedad recibidas en LabVIEW, la cual es de fácil manejo para las personas, ya que tiene un acceso detallado de la información de temperatura y humedad, a su vez tiene indicadores de tipo led rectangulares, que permite al usuario saber si los cultivos de las plantaciones tienen las condiciones necesarias para su desarrollo, estos indicadores tienen 3 clasificaciones:

- Temperatura correcta: está dentro del rango de temperatura de 20 a 25 grados centígrados.
- Temperatura alta: la cual entra dentro del rango de temperatura de 26 a 35 grados centígrados.
- Temperatura peligrosa: la cual va desde los 36 grados centígrados de temperatura.

Con estas configuraciones las personas que utilicen el sistema tienen un acceso sencillo a estos datos y pueden actuar de manera correcta, frente a los diferentes tipos de situaciones, que se le presenten frente al desarrollo de los cultivos del invernadero.

Figura 3.40
Diseño de interfaz principal para monitoreo de variables en LabVIEW



Elaborada por: Autor

3.4 Análisis de funcionamiento y viabilidad del sistema de monitoreo de temperatura y humedad

En la Figura 3.41 se observan los 2 dispositivos correspondientes a los nodos sensores emisores 1 y 2, los cuales muestran en su pantalla su respectivo nombre para identificar de manera más sencilla cual es el número 1 y 2, adicional se muestra un contactor de paquetes, el cual permite a la persona saber cuántas veces se han enviado los paquetes de datos de temperatura y humedad por comunicación Lora al nodo receptor.

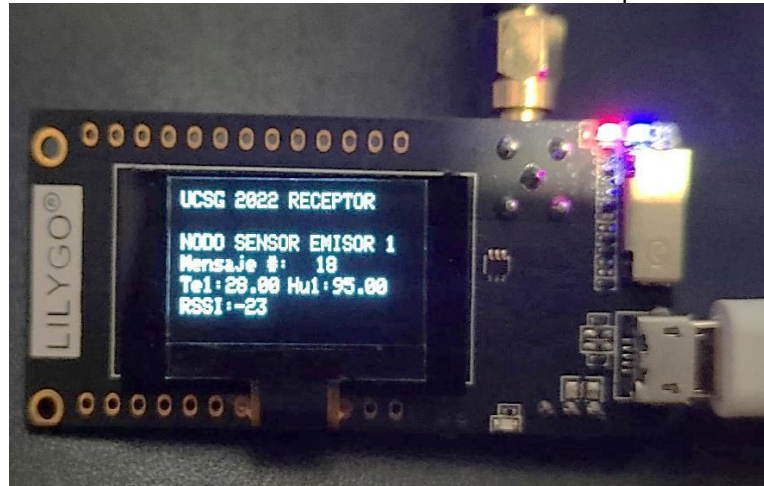
Figura 3.41
Nodo sensor emisor 1 y 2 en funcionamiento



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.42 se visualiza la pantalla del nodo receptor, la cual muestra la información de temperatura, humedad, número de paquetes y la intensidad de la señal, correspondiente al nodo sensor emisor 1.

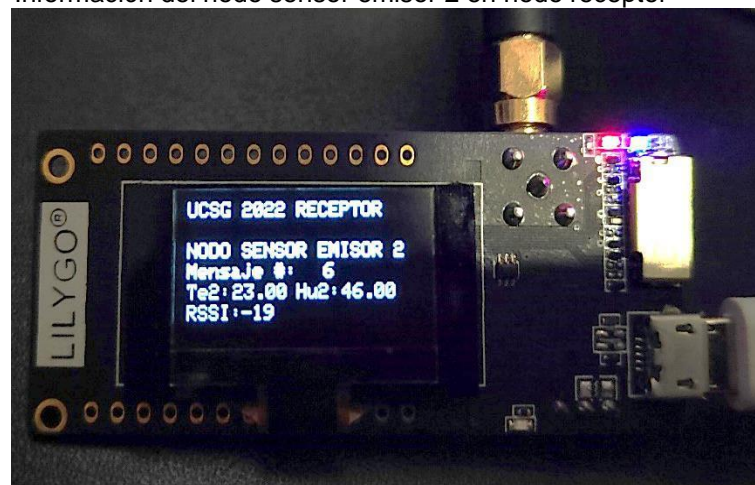
Figura 3.42
Información del nodo sensor emisor 1 en nodo receptor



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.43 se presenta la pantalla del nodo receptor, el cual muestra la temperatura, humedad, número de paquetes, e intensidad de la señal de la antena Lora, la información correspondiente mostrada en la pantalla es del nodo sensor emisor 2.

Figura 3.43
Información del nodo sensor emisor 2 en nodo receptor

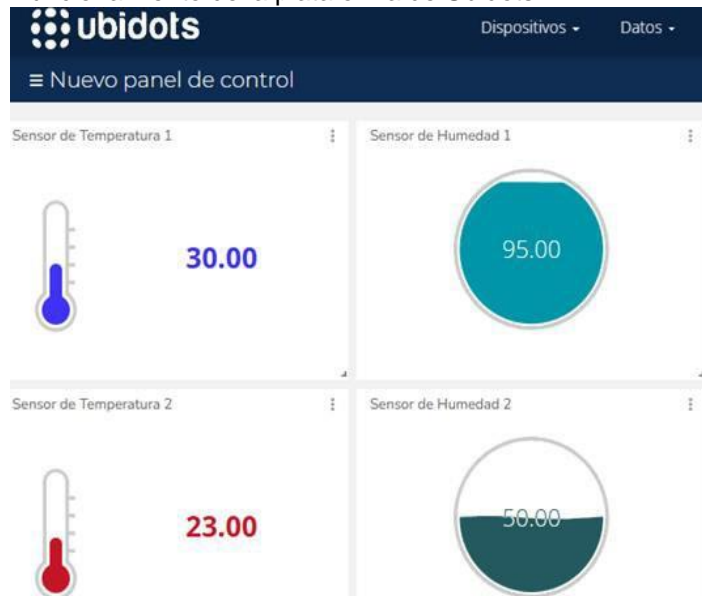


Elaborada por: Autor

En la Figura 3.44 se muestra los widgets programados y asignados a cada una de las variables enviadas por el nodo receptor a la plataforma de Ubidots, estos indicadores corresponden al diseño de termómetros para

identificar de manera más sencilla la temperatura en grados centígrados y los tanques para identificar la humedad relativa.

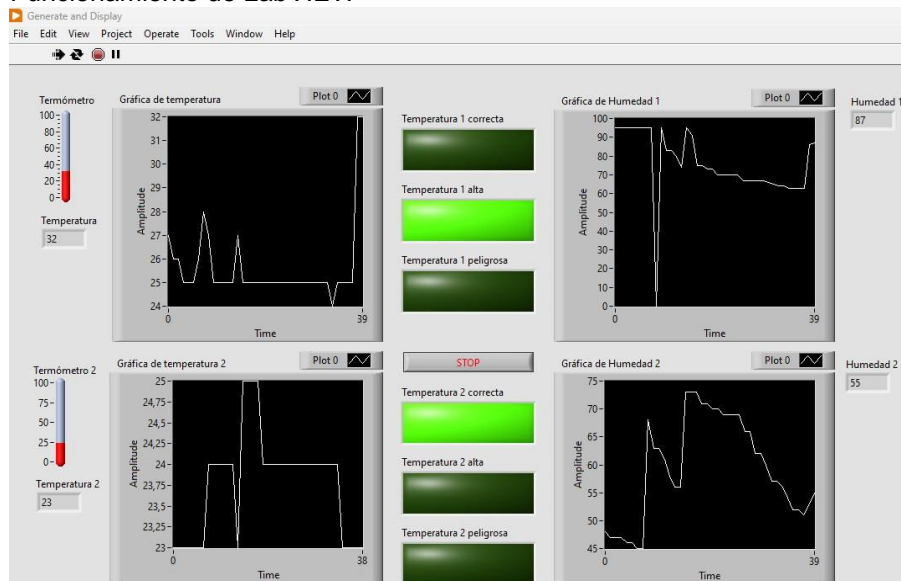
Figura 3.44
Funcionamiento de la plataforma de Ubidots



Elaborada por: Autor

En la Figura 3.45 se observa el funcionamiento de la interfaz principal de LabVIEW, en la cual se muestra los datos de temperatura 1 y 2, de humedad 1 y 2 proporcionados por la plataforma de Ubidots, en la cual cada una de estas variables posee una respectiva grafica de tiempo para llevar un mejor control y vigilancia de estas.

Figura 3.45
Funcionamiento de LabVIEW



Elaborada por: Autor

En la Tabla 3.1 se muestra los valores de cada uno de los nodos sensores emisores que se compone el sistema de monitoreo de temperatura y humedad, encargados de sensar el entorno que les rodea.

Tabla 3.1

Inversión requerida de implementación del nodo sensor emisor de monitoreo de temperatura

Dispositivos del nodo sensor emisor	Costo (dólares americanos) de la unidad
ESP32 Lora 2.1.6V	\$40
Cables Hembra / Hembra	\$4
Sensor DHT-11	\$2
Cable USB a micro-USB	\$1
Cargador de 5V a 1A	\$3
Total	\$50

Elaborada por: Autor

En la Tabla 3.2 se observa el costo correspondiente para la implementación del nodo receptor, el cual es menor que la del nodo sensor emisor, ya que este dispositivo no necesita de un sensor, su función corresponde a recibir las variables de los otros dispositivos para enviarlas a la plataforma de Ubidots, por este motivo su costo es más reducido que el del nodo sensor emisor mencionado.

Tabla 3.2

Inversiones requeridas de implementación del nodo receptor de monitoreo de temperatura

Dispositivos del nodo receptor	Costo (dólares americanos) de la unidad
ESP32 Lora 2.1.6V	\$40
Cable USB a micro-USB	\$1
Cargador de 5V a 1A	\$3
Total	\$44

Elaborada por: Autor

La implementación y uso de estos dispositivos en cualquier invernadero, es viable en términos económicos, ya que su costo es muy reducido en comparación a los equipos que se utilizan para estas áreas en la actualidad, ya que sus valores rondan los miles de dólares por unidad.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se desarrollaron interfaces sencillas y fáciles de observar en la pantalla de los ESP32 para los usuarios al momento de utilizar los dispositivos, consiguiendo así un acceso directo y cómodo a la información, siempre que se haga necesario para las personas.
- Con los diferentes tipos de configuraciones, puertos y librerías que existen para el sensor de temperatura y humedad, se consiguió un correcto funcionamiento y rendimiento del sensor en el módulo del ESP32.
- La interfaz principal desarrollada en el entorno de LabVIEW es de fácil manejo para el usuario, en el análisis de las variables de temperatura y humedad, por lo cual, el manejo y entorno de la plataforma resulta sencillo para las personas que no tienen mucha experticia en el tema.
- El sistema de control es eficaz y económicamente viable, el ESP32 es un controlador de alta capacidad y no tiene problemas en el manejo o análisis de las variables.

4.2 Recomendaciones

- Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos se recomienda seguir ciertas pautas de seguridad a la hora de instalarlo, tales como: evitar líquidos, humedad, residuos en el aire y otros materiales que afecten al funcionamiento y vida útil de los dispositivos, por lo cual se debe colocar una cubierta protectora.
- Todas las bibliotecas y paquetes que componen el dispositivo deben estar actualizados a la última versión, ya que la falta de actualización creará conflictos en su funcionamiento.
- Para el uso del software de Arduino IDE en otros dispositivos distintos al ESP32, se sugiere revisar el funcionamiento de cada uno de los puertos del equipo y de la compatibilidad de las librerías, ya que estas pueden generar problemas si el equipo no es compatible.
- Este estudio se realizó a pequeña escala, sin embargo, se concluye que el funcionamiento de la red de sensores inalámbricos es adecuado, esto convertiría al ESP32 en el controlador primario si se llegara a escalar el proyecto. Sin embargo, otros componentes del sistema de control podrían modificarse para adaptarse a los requisitos del proyecto y del usuario.

REFERENCIAS

- Agarwal, T. (2019, agosto 5). *DHT11 Sensor Definition, Working and Applications*.
ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students.
<https://www.elprocus.com/a-brief-on-dht11-sensor/>
- Aghenta, L. O., & Iqbal, M. T. (2019). Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA
System Design Using Thingier.IO and ESP32 Thing. *Electronics*, 8(8), Art. 8.
<https://doi.org/10.3390/electronics8080822>
- Amargós, J. (2020, marzo 11). La arquitectura del siglo XIX y el protagonismo del
hierro. *Apuntes de arte*. [https://grupenciclopedia.cat/blog/es/la-arquitectura-
del-siglo-xix-y-el-protagonismo-del-hierro/](https://grupenciclopedia.cat/blog/es/la-arquitectura-del-siglo-xix-y-el-protagonismo-del-hierro/)
- Aqeel, A. (2018, octubre 3). *Introduction to Arduino IDE - The Engineering Projects*.
[https://www.theengineeringprojects.com/2018/10/introduction-to-arduino-
ide.html](https://www.theengineeringprojects.com/2018/10/introduction-to-arduino-ide.html)
- Armijos, D., & Narváez, J. (2020). *Sistema de Alerta Temprana de Riesgo de
Inundaciones Basado en el Protocolo de Comunicación LoRa*. [Universidad
del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9998/5/15628.pdf>
- Bernardes, L. V. (2018). *A influência da permacultura no design de estufas urbanas*.
<https://bdm.unb.br/handle/10483/23004>
- Bersani, C., Ruggiero, C., Sacile, R., Soussi, A., & Zero, E. (2022). Internet of
Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in
Industry 4.0. *Energies*, 15(10), Art. 10. <https://doi.org/10.3390/en15103834>
- Components101*. (2022). [https://components101.com/sensors/dht11-temperature-
sensor](https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor)
- Dimsums. (2014, enero 13). Dim Sums: Rural China Economics and Policy:
«Internet of Things» for China's Agriculture. *Dim Sums*.
<http://dimsums.blogspot.com/2014/01/internet-of-things-for-chinas.html>

- dsberman. (2022). *How to Build a Weather Station Using XinaBox and Ubidots Over HTTP*. Instructables. <https://www.instructables.com/How-to-Build-a-Weather-Station-Using-XinaBox-and-U/>
- Espinosa Apolo, B. A., & Orellana Guayas, M. E. (2021). *Desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control basadas en IoT a través de la plataforma Ubidots. Aplicaciones a sistemas de automatización bajo entornos de simulación* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20298>
- Fidalgo, R. (2015). *Introducción a LabVIEW - PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/9361913-Introduccion-a-labview.html>
- Gambi, E., Montanini, L., Pigini, D., Ciattaglia, G., & Spinsante, S. (2018). A home automation architecture based on LoRa technology and Message Queue Telemetry Transfer protocol. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 14(10), 1550147718806837. <https://doi.org/10.1177/1550147718806837>
- Gracia, L. (2016, junio 28). *¿Qué es LoRa? Un poco de Java*. <https://unpocodejava.com/2016/06/28/que-es-lora/>
- Guerra, J. (2020, diciembre 1). *Arduino IDE en Windows Linux y Mac*. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-ide/>
- Hans, P. (2022). *LabVIEW*. <https://www.halvorsen.blog/documents/programming/labview/labview.php>
- Infante, J. (2022). *Modulo ESP32 Wifi Bluetooth. Alta Capacidad con 38 Pines IOT 38*. <https://rambal.com/wi-fi/1237-modulo-wifi-esp32.html>
- Izard, J. (2021). *John Izard Middleton Greenhouses – Special Collections*. College of Charleston. <https://speccoll.cofc.edu/new-gardens-are-ever-appearing/john-izard-middleton-greenhouses/>
- Jin, X.-B., Zheng, W.-Z., Kong, J.-L., Wang, X.-Y., Zuo, M., Zhang, Q.-C., & Lin, S. (2021). Deep-Learning Temporal Predictor via Bidirectional Self-Attentive Encoder–Decoder Framework for IOT-Based Environmental Sensing in

- Intelligent Greenhouse. *Agriculture*, 11(8), Art. 8.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11080802>
- Judith. (2019, octubre 23). *Considerations for Building the Best Hydroponic Controller Systems*. <https://blog.jencoi.com/considerations-for-building-the-best-hydroponic-controller-systems>
- Khan, F. A., Ibrahim, A. A., & Zeki, A. M. (2020). Environmental monitoring and disease detection of plants in smart greenhouse using internet of things. *Journal of Physics Communications*, 4(5), 055008.
<https://doi.org/10.1088/2399-6528/ab90c1>
- Le, T., Nguyen, P., Minh, P., & Le, H. (2022). *Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for Smart Greenhouse Controller | CommIT (Communication and Information Technology) Journal*.
<https://journal.binus.ac.id/index.php/commit/article/view/7288>
- Lin, S. (2019, septiembre 23). LoRa-Based Plant Monitoring. *Hackaday*.
<https://hackaday.com/2019/09/23/lora-based-plant-monitoring/>
- Lockie, S., & Halpin, D. (2005). The 'Conventionalisation' Thesis Reconsidered: Structural and Ideological Transformation of Australian Organic Agriculture. *Sociologia Ruralis*, 45(4), 284-307. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2005.00306.x>
- López, P. (2019, octubre 14). ¿Eres analógico o digital? *Magazine Community of Insurance*. <https://communityofinsurance.com/2019/10/14/eres-analogico-o-digital/>
- López, V., & Molina, A. (2013, octubre 1). *Desarrollo de un modelo de simulación del microclima dentro de invernaderos mediante balance de energía*. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/113869-Desarrollo-modelo-simulacion-microclima-dentro-invernaderos-mediante-balance-energia.html>

- LoRa Alliance. (2022). *Agriculture Vertical Market*. <https://loralliance.org/agriculture-vertical-market/>
- Lozano, R. (2021). *Programar ESP32 con IDE arduino*. Talos Electronics. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/programar-esp32-con-ide-arduino>
- Maraveas, C., & Bartzanas, T. (2021). Application of Internet of Things (IoT) for Optimized Greenhouse Environments. *AgriEngineering*, 3(4), Art. 4. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3040060>
- Matthew, W., & Smith, R. (2022). *Greenhouse—History of Early American Landscape Design*. https://heald.nga.gov/mediawiki/index.php/Greenhouse#cite_note-7
- Mellit, A., Benghanem, M., Herrak, O., & Messalaoui, A. (2021). Design of a Novel Remote Monitoring System for Smart Greenhouses Using the Internet of Things and Deep Convolutional Neural Networks. *Energies*, 14(16), Art. 16. <https://doi.org/10.3390/en14165045>
- Meraz, A., Herrero, R., & Martin, E. (2014). *Invernadero Inteligente* [Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica]. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENTE.pdf>
- Metzler, E. (2022). LabVIEW Uses - What is LabVIEW used for? 4 Purposes. *Viewpoint Systems*. <https://www.viewpointusa.com/labview/what-is-labview-used-for/>
- Mybotic. (2022). <https://www.mybotic.com.my/temperature-humidity-sensor/dht11-humidity-sensor?sort=pd.name&order=ASC&limit=25>
- Palacios, E. (2023). *Diagrama esquemático del microcontrolador ESP32*.
- Rahmawati, D., Ulum, M., & Setiawan, H. (2018). Design of Android Base Fuzzy Wireles Sensor Network for mini Smart Green House. *Journal of Physics:*

Conference Series, 1028(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012051>

Rodríguez, E. (2018, noviembre 25). *Empezar con Arduino: Qué placa y kits de iniciación comprar*. Xataka. <https://www.xataka.com/makers/empezar-arduino-que-placa-kits-iniciacion-comprar>

Sagheer, A., Mohammed, M., Riad, K., & Alhajhoj, M. (2021). A Cloud-Based IoT Platform for Precision Control of Soilless Greenhouse Cultivation. *Sensors*, 21(1), Art. 1. <https://doi.org/10.3390/s21010223>

Saha, T., Dept. of Applied Physics, E. & Communication Engineering, I. university, Jewel, M. K. H., Mostakim, M. N., Bhuiyan, N. H., Ali, M. S., Rahman, M. K., Ghosh, H. K., & Hossain, M. K. (2017). Construction and Development of an Automated Greenhouse System Using Arduino Uno. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 9(3), 1.

Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022-23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>

Smith, J., Beranek, C., Steinberg, J., Styger, M., Krofft, H., & DeForest, R. (2022). *Data Recovery Excavations of the Carriage House, Greenhouse, and Greenhouse/Carriage House Well at Gore Place, Waltham, Massachusetts*.

Soto, J. P. T., Suárez, J. de los S. S., Rodríguez, A. B., & Cainaba, G. O. R. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: Estado actual. *Lámpsakos*, 22, 86-105.

Su, Y., Yu, Q., & Zeng, L. (2020). Parameter Self-Tuning PID Control for Greenhouse Climate Control Problem. *IEEE Access*, 8, 186157-186171. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3030416>

- Swamy, S. N., & Kota, S. R. (2020). An Empirical Study on System Level Aspects of Internet of Things (IoT). *IEEE Access*, 8, 188082-188134.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029847>
- Syafarinda, Y., Akhadin, F., Fitri, Z. E., Yogiswara, Widiawan1, B., & Rosdiana, E. (2018). The Precision Agriculture Based on Wireless Sensor Network with MQTT Protocol. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 207(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/207/1/012059>
- Tada, G. (2021, enero 20). *La evolución de los invernaderos: De la antigua Roma al Singapur contemporáneo*. ArchDaily México.
<https://www.archdaily.mx/mx/955137/la-evolucion-de-los-invernaderos-de-la-antigua-roma-al-singapur-contemporaneo>
- Thakore, T. B. (2019). *Design and Analysis of a Deployable Greenhouse Structure for Martian Environment* [Masters, Universität Bremen, Fachbereich 04: Produktionstechnik, Maschinenbau und Verfahrenstechnik].
<https://webmail.uni-bremen.de/horde3/imp/attachment.php?id=5d09e868-3370-47c4-b789-41a886663242&u=tthakore>
- Wail, S., Dhia, M., & Abd, Y. (2022). *Internet of things based wireless sensor network: A review*. 16.
- Weatherspark. (2022). *El clima en Naranjito, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)—Weather Spark*. Weatherspark.
<https://es.weatherspark.com/y/19342/Clima-promedio-en-Naranjito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Won, L., & Vikas, C. (2017, agosto 17). *Agricultura 2.0: Cómo la “Internet de las cosas” puede revolucionar el sector agrícola*.
<https://blogs.worldbank.org/es/voices/agricultura-como-internet-puede-revolucionar-el-sector-agricola>

Anexos

Figura A1: Entrada del invernadero de San Isidro UCSG



Elaborada por: Autor

Figura A2: Plantas del invernadero de San Isidro UCSG



Elaborada por: Autor

Figura A3: Sistema de riego del invernadero de San Isidro UCSG



Elaborada por: Autor

Figura A4: Depósito de agua para plantas del invernadero de San Isidro UCSG



Elaborada por: Autor

Figura A5: Exteriores del invernadero de San Isidro UCSG



Elaborada por: Autor



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Hernández Espinoza, Miguel Sebastián** con C.C: **0650447287** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IOT para un invernadero en la provincia del Guayas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Automatización**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2023

Hernández Espinoza, Miguel Sebastián

C.C: 0650447287



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Propuesta de diseño y desarrollo de una red de nodos sensores aplicando tecnología Lora con ESP32 para monitoreo de temperatura y humedad IOT para un invernadero en la provincia del Guayas.		
AUTOR(ES)	Hernández Espinoza, Miguel Sebastián		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar. MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica y Automatización		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónica y Automatización		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	67
ÁREAS TEMÁTICAS:	Red de sensores, agricultura, controladores.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Lora, invernadero, sensores, temperatura, humedad, internet de las cosas (IOT).		

RESUMEN: El presente trabajo de titulación se centra en la elaboración de una red de sensores inalámbricos que permita dar seguimiento a los niveles de temperatura y humedad relativo del entorno de las plantaciones del invernadero, los cuales son visualizados a través de la plataforma de Ubidots IOT, desde cualquier parte del mundo en distintos tipos de dispositivos y a su vez dichos datos son examinados en el entorno gráfico de LabVIEW, para una mejor apreciación de las condiciones del entorno del invernadero. El objetivo principal se basa en el desarrollo una red de nodos sensores inalámbricos con tecnología Lora con módulos ESP32 para sensar la temperatura y humedad en un invernadero aplicado con el internet de las cosas. La metodología que se utiliza en el siguiente trabajo de titulación es el enfoque analítico-deductivo, a través de aplicaciones cuantitativas e investigaciones experimentales, con la finalidad de encontrar información específica y detallada, que responda a las preguntas planteadas en este trabajo de titulación.

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-984453861	E-mail: miguelsebastianhe@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD.	
	Teléfono: +593- 995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACION:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	