



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Propuesta de un sistema de monitorización basado en IoT/LoRa WAN para un área de un invernadero de la florícola "El Rosal"

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: EDWIN DANIEL OLIVO ASTUDILLO

TUTOR: MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE

Quito – Ecuador

2023


CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Daniel Olivo Astudillo con documento de identificación N.º 1722463013; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 10 de febrero de 2023.

Atentamente,



Edwin Daniel Olivo Astudillo

1722463013

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Edwin Daniel Olivo Astudillo con documento de identificación N.º 1722463013, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Propuesta de un sistema de monitorización basado en IoT/LoRa WAN para un área de un invernadero de la florícola "El Rosal" ”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de febrero de 2023

Atentamente,



Edwin Daniel Olivo Astudillo

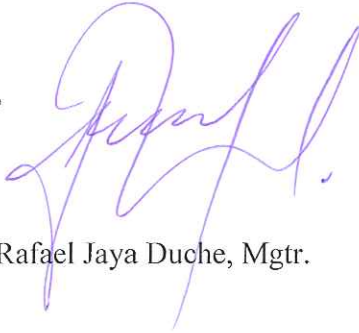
1722463013

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Manuel Rafael Jaya Duche con documento de identificación N.º 1710631035, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN BASADO EN IOT/LORA WAN PARA UN ÁREA DE UN INVERNADERO DE LA FLORÍCOLA "EL ROSAL", realizado por Edwin Daniel Olivo Astudillo con documento de identificación N.º 1722463013, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de febrero de 2023

Atentamente,



Ing. Manuel Rafael Jaya Duche, Mgtr.

1710631035

DEDICATORIA

Esta dedicatoria es dirigida para mi familia, quienes me han apoyado en la educación y la elaboración de este proyecto.

Quiero mencionar a mi madre Paulina Astudillo quien me apoya a seguir adelante en todos mis objetivos y que continúe creciendo mi vida profesional. Ella siempre me demuestra que nunca es tarde para estudiar y nunca es tarde para soñar.

A mi padre Edwin Olivo quien es mi inspiración y como modelo a seguir en los estudios informáticos, que nada esta descubierto y que las tecnologías pueden mejorar la calidad de vida de las personas.

A mi tía Julia Astudillo quien me cuida, me aconseja y me brinda su ayuda en los momentos que necesite de algún pedido.

A mi querido hermano Sebastián Olivo quien a pesar de la distancia siempre está a mi lado y confía que su hermano logrará más metas. “No creas en ti mismo. ¡Cree en mí! ¡Cree en el yo que cree en ti!”

AGRADECIMIENTO

Agradezco de antemano a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de formar mi carrera de Ingeniero en Sistemas y a los docentes por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de la educación. A la empresa florícola “El Rosal” por abrirme sus puertas y poder realizar la investigación y desarrollo del proyecto en sus instalaciones. Y un especial agradecimiento a mí tutor Rafael Jaya tutor del proyecto quien me apoyó con su sabiduría y conocimiento en lograr la culminación de mi carrera.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	1
Problema	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
METODOLOGÍA.....	4
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1 INTERNET OF THINGS.....	5
1.1 LoRa / LoRaWAN.....	6
1.2 Arduino	8
1.3 Sensores.....	9
1.3.1 Sensor de Temperatura	9
1.3.2 Sensor de Humedad	9
1.3.3 Sensor de Luminosidad	9
2 PLATAFORMA DIGITALES.....	10
2.1 Node.js.....	10
2.2 Angular	11

2.3	Linode.....	12
2.4	MySQL.....	13
2.5	MySQL Workbench.....	13
3	FLORICULTURA	13
3.1	Requerimientos edafoclimáticos.....	14
3.1.1	Temperatura.....	14
3.1.2	Humedad.....	14
3.1.3	Luz.....	14
3.1.4	Humedad Tierra.....	14
	CAPÍTULO II	15
	DESARROLLO.....	15
4	HARDWARE	15
4.1	Heltec LoRa V (2).....	15
4.2	DHT22.....	17
4.3	FC-28.....	18
4.4	KY-018	19
5	DISEÑO DE LA RED.....	21
5.1	Arquitectura	23
6	SOFTWARE.....	24
6.1	Diseño del sistema web	24
6.1.1	Levantamiento del servidor clouding.....	25
6.1.2	Diseño de la base de datos	26

6.1.3	Diseño del Servidor Web	29
6.1.3.1	Diagrama casos de uso.....	29
6.1.3.2	Diagramas de secuencia.....	31
6.1.3.3	Implementación del Sistema Web	36
CAPITULO III.....		40
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS		40
7	CONEXIÓN DE LA RED LORAWAN.....	40
8	APLICACIÓN WEB	40
9	INDICADORES DE LOS SENSORES.....	46
10	ANÁLISIS DE GRÁFICOS.....	49
CONCLUSIONES.....		54
RECOMENDACIONES		55
LISTA DE REFERENCIAS		56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	16
Tabla 2	17
Tabla 3	18
Tabla 4	19
Tabla 5	27
Tabla 6	46
Tabla 7	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	5
Figura 2	6
Figura 3	8
Figura 4	10
Figura 5	12
Figura 6	15
Figura 7	20
Figura 8	21
Figura 9	22
Figura 10	22
Figura 11	23
Figura 12	24
Figura 13	25
Figura 14	26
Figura 15	27
Figura 16	28
Figura 17	29
Figura 18	30
Figura 19	32
Figura 20	33
Figura 21	34
Figura 22	35

Figura 23	36
Figura 24	37
Figura 25	38
Figura 26	39
Figura 27	40
Figura 28	40
Figura 29	41
Figura 30	42
Figura 31	42
Figura 32	43
Figura 33	43
Figura 34	44
Figura 35	44
Figura 36	45
Figura 37	46
Figura 38	47
Figura 39	48
Figura 40	48
Figura 41	49
Figura 42	50
Figura 43	50

RESUMEN

La florícola “El Rosal” está ubicada en las afueras del sector Yaruquí. Su objetivo es la exportación de flores en donde los invernaderos ocupan bastantes terrenos dentro de la florícola. Diariamente los jefes de campo se encargan de medir manualmente estos invernaderos la mayor parte del tiempo para verificar que las condiciones climáticas y requerimientos del suelo estén en perfectas condiciones. El presente proyecto es una propuesta de un sistema de monitorización aplicando tecnología IoT LoRa. El proyecto se divide en dos partes: la primera que es el diseño de la red LoRaWAN y la segunda corresponde el diseño de la web con la plataforma Angular. LoRa permite la extracción de datos a largas distancias (10 a 20 km) y son de bajo consumo (mayor o igual a 500 o 250 mA). Estos datos son captados por un receptor Gateway, para luego ser enviados los servidores de la nube. Dentro de la nube se configura el servicio de la base de datos y el sistema web de monitorización. Angular aprovecha las ventajas dinámicas de JavaScript y TypeScript para la ejecución momentánea de solicitudes hacia la base de datos y permite que los administradores y el personal logren obtener los esquemas y registros de los invernaderos en gráficas. En conclusión, el uso del sistema generó que el jefe de campo ahorre más tiempo en las mediciones de temperatura, humedad y luz. Y tenga un entorno más amigable para analizar el desarrollo de sus cultivos.

ABSTRACT

"El Rosal" is a flower farm located on the outskirts of the Yaruquí sector. Its objective is the export of flowers where the greenhouses occupy quite a lot of land within the floriculture. Daily, the field managers manually oversee these greenhouses most of the time to verify that the climatic conditions and soil requirements are in perfect condition. This project is a proposal for a monitoring system applying IoT LoRa technology. The project is divided into two parts: the first is the design of the LoRaWAN network and the second corresponds to the design of the web with the Angular platform. LoRa allows data extraction over long distances (10 to 20 km) and is low consumption (greater than or equal to 500 or 250 mA). A Gateway receiver captures this data sent to cloud servers. Within the cloud, the database service and the web monitoring system are configured. Angular takes advantage of dynamic JavaScript and TypeScript for instantaneous execution of database requests and allows administrators and staff to achieve graphical greenhouse schematics and records. In conclusion, the use of the system will end up saving the field manager more time in temperature, humidity and light measurements. And have a friendlier environment to analyze the development of your crops.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La florícola “El Rosal” se dedica al cultivo y exportación de flores, y sus granjas agrícolas están ubicadas a pocos kilómetros del sector de Yaruquí. En Ecuador, existen zonas andinas en donde las redes son muy limitadas y son pocos los conocimientos tecnológicos que se utilizan en la actividad agrícola, lo que dificulta la implementación de nuevas tecnologías en los invernaderos (Mañay, y otros, 2022).

Los agricultores o jefes de campo regularmente hacen un control de humedad, riego, fertilización que son importantes parámetros para el crecimiento de los cultivos, entonces estos procesos contienen una gran cantidad de información para la plantación y la exportación. La tecnología IoT en la agricultura tiene una ventaja de realizar conexiones en la nube para el procesamiento de información, con estos datos los usuarios podrán tener una administración eficiente (Choque, 2021).

Problema

La florícola tiene un distanciamiento de 200m de longitud y 125m de ancho, en donde la mayor parte del terreno se ubican los 5 bloques y en los bloques se localiza las granjas agrícolas. En cada bloque hay aproximadamente 60 camas de flores y cada agricultor se encarga de un cuadrante que contiene 15 camas como resultado son 4 agricultores por bloque.

Por lo descrito del párrafo anterior la florícola tiene bastantes cultivos y la medición de humedad, temperatura y luz de cada cultivo es un proceso largo ya que el jefe de campo mide estas variables manualmente.

JUSTIFICACIÓN

Con frecuencia el jefe de campo se encarga de registrar las mediciones de cada bloque para asegurar que los cultivos de flores estén en buenas condiciones y tener una buena calidad al cosechar. Lo que requiere bastante tiempo para medir cada cuadrante en cada bloque. Sin embargo, existen dispositivos los cuales facilitan las mediciones y son registrados en un sistema, servidor o computador. Las soluciones de IoT son un ejemplo de cómo las tecnologías se implementan para servir a las personas y al planeta, aplicadas a hogares, industrias y ciudades, optimizando el uso de los recursos. Pero la mayoría de estos dispositivos utilizan la cobertura WiFi que está entre los 10m con paredes o 20m sin ellos. LoRa es una solución para enviar datos a largas distancias entre 10 a 20 km, además que son dispositivos de bajo consumo, utilizando una batería el dispositivo LoRa puede tener una duración de 10 años. El presente proyecto es una propuesta de un sistema para el control de cultivos de flores a la florícola “El Rosal” mediante dispositivos de monitorización. Los sensores podrán detectar humedad, el metal contenido del suelo y la salinidad. A través de esta práctica, los agricultores o jefes de campo podrán administrar mejor sus cultivos y contar con datos que sostengan una calidad eficaz.

OBJETIVOS

La propuesta es un sistema web con Angular como framework para la monitorización de los cultivos con dispositivos sensores IoT/LoRa WAN el cual la empresa “El Rosal” podrá obtener las mediciones de los cultivos de flores y representados en gráficos.

Objetivo General

Proponer un sistema de monitorización basado en IoT/LoRa WAN para un área de la Florícola “El Rosal”.

Objetivos Específicos

- Diseñar una red LoRaWAN inalámbrica IoT con dispositivos LoRa para el envío de datos.
- Desarrollar una aplicación Web por medio del framework Angular JavaScript para la monitorización de los cultivos.
- Presentar los diferentes indicadores de los sensores para IoT aplicados a la industria florícola.
- Analizar los resultados del sistema de monitorización de la información obtenida de los sensores.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta para la implementación de un sistema basado en IoT/LoRa WAN será la metodología SCRUM y contempla los siguientes aspectos:

El Propietario del Producto (Florícola “El Rosal”) es el responsable de elevar las cualidades esenciales del producto resultante del trabajo del Equipo de Desarrollo.

Los requerimientos del producto son una lista ordenada que indica todo lo que necesita el producto.

Es la única fuente para realizar cualquier cambio (Schwaber & Sutherland, 2017):

- Monitorización del cultivo de plantas
- Presentación de resultados de los sensores de los cultivos.

El Sprint es un bloque de tiempo entre uno o dos meses para realizar los requerimientos del producto el cual se crea un “incremento del producto” utilizable y practicable (Schwaber & Sutherland, 2017). De acuerdo con el desarrollo de la planificación en el cronograma incluye el Sprint Backlog para el desarrollo del sistema.

El incremento del producto es la suma de toda la lista de requerimientos del producto durante el sprint y el incremento de los sprints anteriores. En el final total del Sprint el nuevo incremento pasa a “Terminado”, lo que significa que el producto está listo para ser utilizado por los usuarios. (Schwaber & Sutherland, 2017). Sistema de Monitorización de cultivo de flores de la florícola “El Rosal”.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

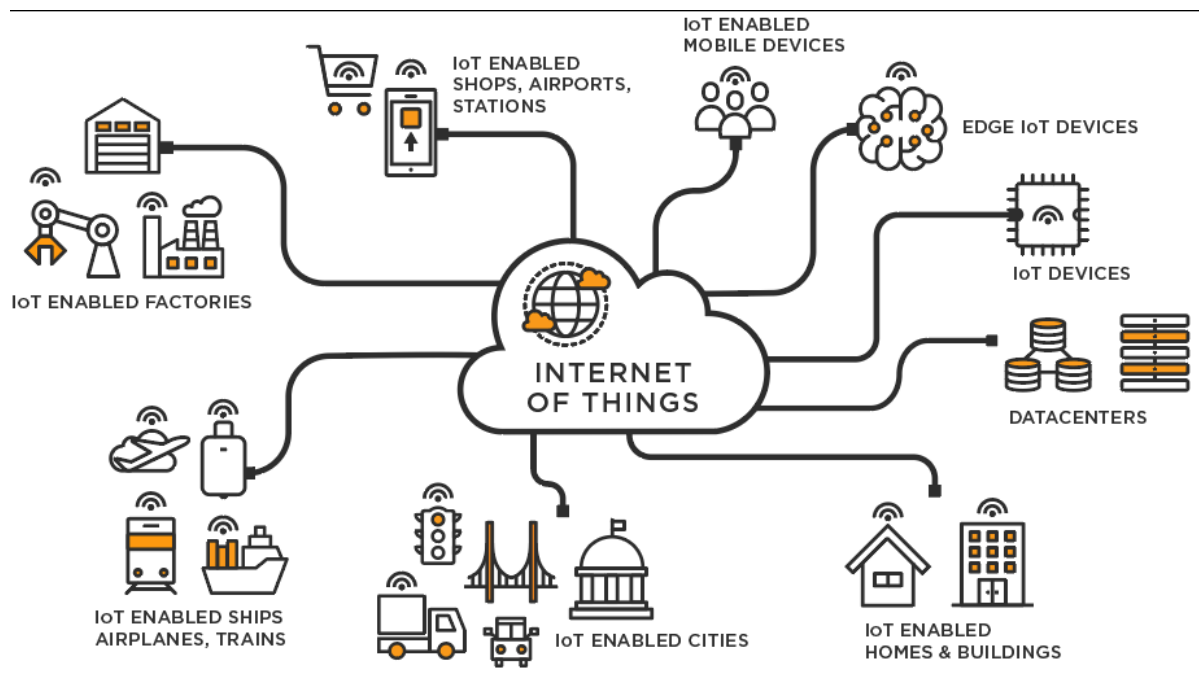
En este capítulo se encuentra la definición de los conceptos para la toma de medidas de los cultivos en base a sensores que corresponden a los nodos finales LoRa, para el diseño de la red LoRaWAN y la presentación de los datos en gráficamente mediante el uso del framework Angular, que proporciona consultas eficientes de información a los usuarios.

1 INTERNET OF THINGS

Es un modelo de red de varios objetos tecnológicos de comunicación inalámbrica como las redes de sensores, actuadores y redes móviles. Cada objeto contiene con una dirección única (Cama, 2012).

Figura 1

Modelo IoT



Nota. Representa todos los dispositivos informáticos que están conectados a Internet. Fuente: (Anónimo, s.f.)

En la actualidad la mayoría de los dispositivos tienen una identificación única y esto permite diferenciar de las otras herramientas que envían datos a un lugar común, ya sea por internet o un dispositivo maestro que controle a los otros. Según la figura 1 el control y el manejo de datos se logra por esta identificación única con la finalidad de procesar estos datos por todo el mundo. Ciertos aparatos con conexión IoT envían datos a largas distancias y evita la toma de medidas o consultas en áreas poco comunes como montañas, grandes campos o sectores de poca cobertura, con la facilidad para que los usuarios obtengan un posible seguimiento continuo de información.

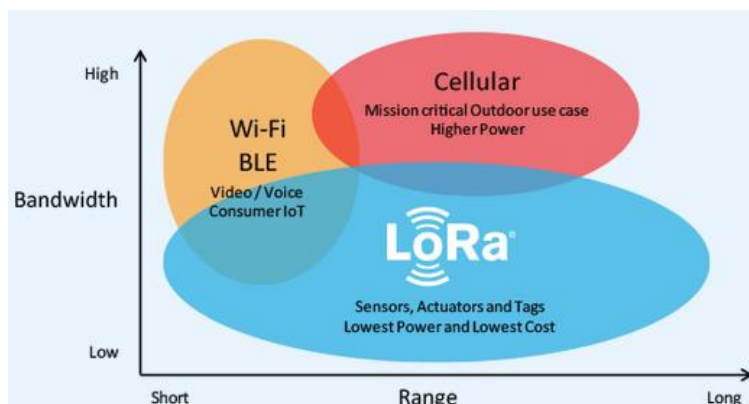
1.1 LoRa / LoRaWAN.

Su nombre proviene de dos palabras Long Range que significa (Largo Alcance), es una tecnología de amplia modulación posicionada en la primera capa del modelo OSI. Una de las ventajas de estos productos es que son de bajo consumo, lo que proporciona a estos dispositivos un gran período de duración desde meses hasta años. Y como característica principal, que estos dispositivos pueden enviar y recibir datos a grandes distancias.

LoRa Alliance tiene como objetivo de impulsar a la implementación en diferentes frecuencias (433mhz, 868mhz y 912mhz) dependiendo de su región. Y certificar esta tecnología en un estándar libre (Lora, 2020).

Figura 2

Gráfica Rango x Ancho de Banda



Fuente; (LoRA, s.f.)

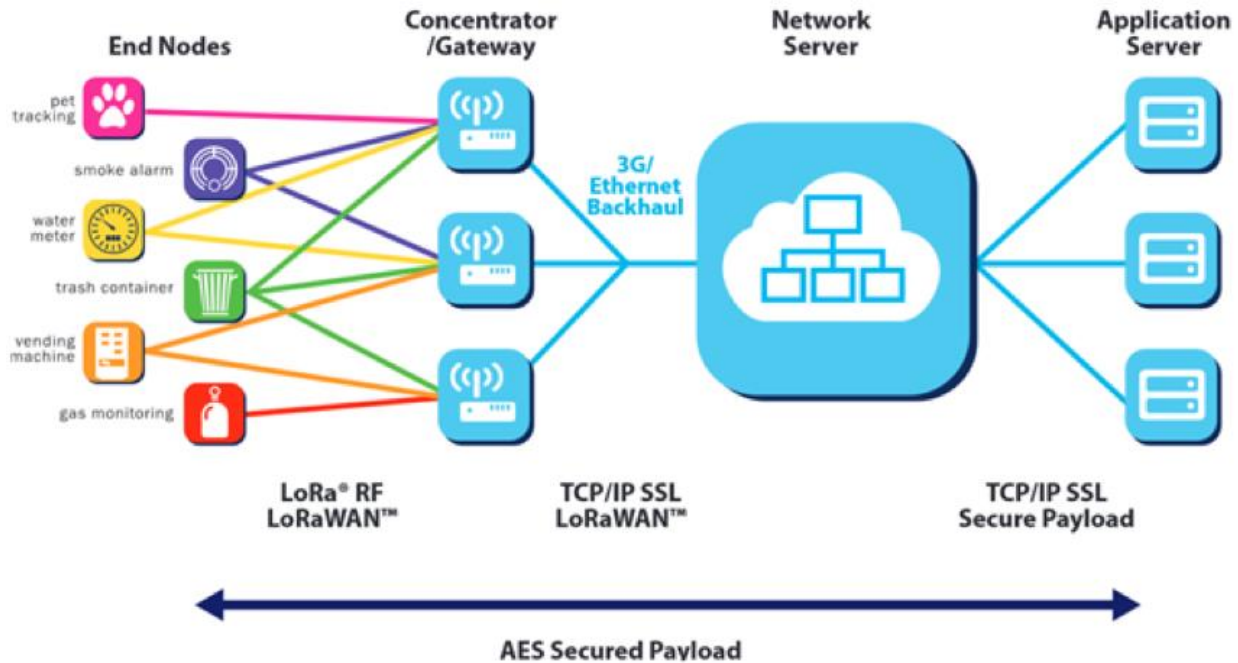
LoRaWAN es un protocolo de capa de control de acceso a medios (MAC) montado en una red de tecnología LoRa. Esta capa de software utiliza los dispositivos hardware de LoRa para dar formato los mensajes y transmitir los datos (Anónimo, 2018).

Como indica la figura 3 la arquitectura de LoRaWAN está conformada en cuatro partes para la comunicación desde los nodos finales hasta la aplicación del servidor:

- Dispositivos finales LoRa: son dispositivos que se encargan de recolectar los datos en sensores tanto digitales como analógicos para después enviar al concentrador o Gateway.
- Gateway: es un dispositivo que recibe los datos de los nodos finales de la red LoRaWAN. Actúa como intermediario entre la aplicación del sistema y los nodos finales. El Gateway se comunica con los servidores de internet en donde guardaremos los datos en la base.
- Servidor de Internet: es un espacio virtual en donde se encarga de recibir y guardar la información recibida del Gateway. También ofrece servicios para crear aplicaciones, repositorio de datos, entre otras.
- Servidor de Aplicación: provee los servicios para la realización de los programas que utilizan los usuarios. La aplicación representa la información final de los nodos para que sean interpretados por los usuarios.

Figura 3

Arquitectura LoRaWAN



Fuente: (Campos, 2020)

1.2 Arduino

Arduino es una plataforma de creación basada en un microcontrolador electrónico de código abierto. Lo que permite establecer conexiones con los diferentes sensores y actuadores de una manera simple (Anónimo, 2015). Arduino tiene su propio entorno de desarrollo (Arduino IDE), el cual permite crear programas para la funcionalidad de dispositivos dependiendo del objetivo al cual se quiere llegar, es multiplataforma para diferentes sistemas y maneja el lenguaje Java.

El IDE de Arduino contiene un editor de texto para escribir las aplicaciones del microcontrolador, un panel de error para mostrar en donde se encuentra las líneas de código erróneas y herramientas que permiten seleccionar el tipo de microcontrolador y un repositorio de librerías para realizar varias funciones.

Cuando el usuario complete la programación en el editor de texto, utiliza el cargador de arranque del Arduino IDE que es un programa para cargar el código en el microcontrolador. El cargador de arranque funciona durante unos segundos después de reiniciar la placa, luego se inicia el programa cargado en la memoria por Arduino. El LED incorporado parpadeará cuando el cargador de arranque esté en ejecución.

1.3 Sensores.

Son componentes electrónicos de entrada que detectan acciones de una propiedad y las transforman en datos. Estos datos se miden dependiendo de la calidad del sensor ya sea temperatura, humedad, luz, movimiento, entre otros.

Al clasificar los sensores por tipo común tenemos:

1.3.1 Sensor de Temperatura. Este sensor se utiliza para medir la temperatura en lugares o zonas. También existe sensores para medir la temperatura de un proceso llamadas termocuplas, sensores que miden la temperatura corporal, o también encontramos sensores de detección temperatura resistiva, y los sensores fotoeléctricos que midan el espectro infrarrojo.

1.3.2 Sensor de Humedad. Este sensor se utiliza para medir la humedad en lugares o áreas cerradas como, por ejemplo, en cultivos de campos, existen diversos sensores de control de humedad, los cuales pueden ser sensores de tipo capacitivos y resistivos, estos sensores cambian su resistencia cuando varía la humedad.

1.3.3 Sensor de Luminosidad. Este sensor se utiliza para medir la foto resistencia de la intensidad de luz de un lugar. Estos sensores se pueden clasificar en barrera de luz, sensores fotoeléctricos y sensores de reflexión sobre espejo.

2 PLATAFORMA DIGITALES

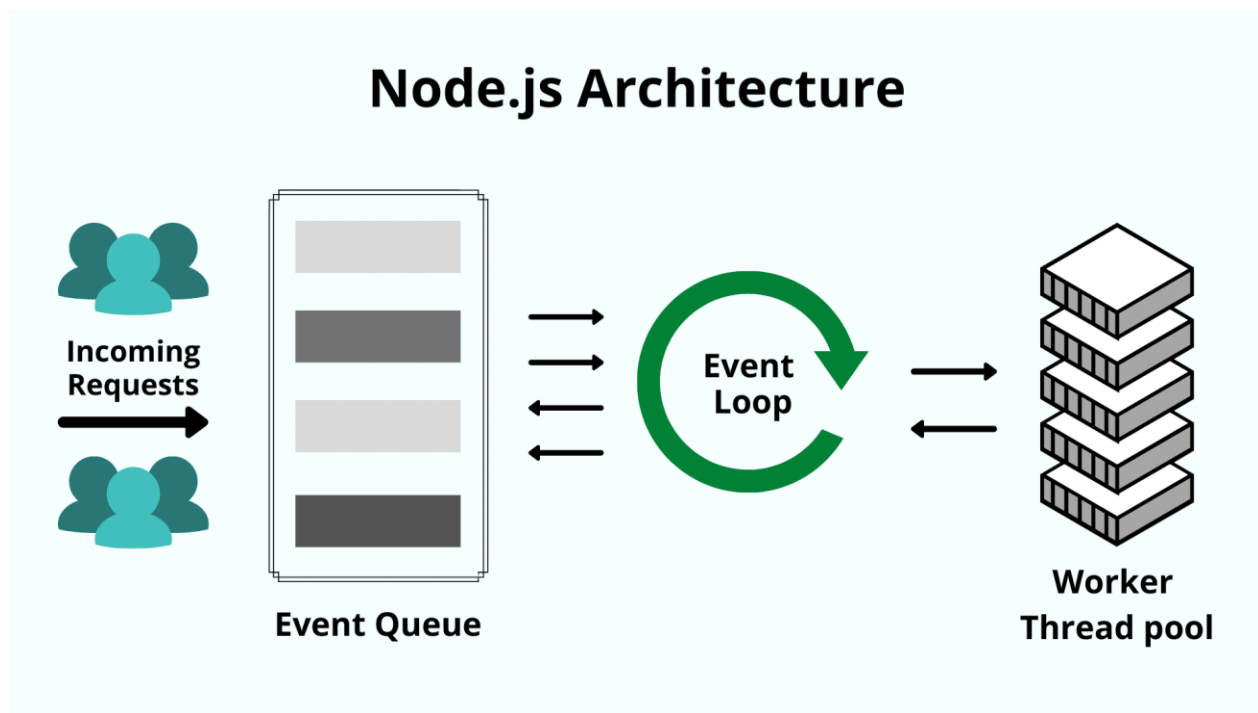
Las plataformas digitales son aplicaciones web virtuales dentro de un mismo sitio para generar distintas necesidades de los usuarios. Cada aplicación cuenta con una funcionalidad propia lo que permite que el programa utilice menos recursos y procese de manera automatizada (Giraldo, 2019).

2.1 Node.js

Es una plataforma de código abierto que ejecuta código JavaScript fuera del navegador. Este tiempo de ejecución de JavaScript se basa en eventos de forma asíncrona (los eventos son independientes de otros eventos que se ejecutaron previamente) y le permite crear aplicaciones web escalables, lo que significa que es capaz de realizar varias conexiones a la vez sin tener que leer una sola línea de código o abrir múltiples procesos. También es multiplataforma que permite al usuario trabajar en diferentes sistemas operativos como Linux, Windows o MacOS.

Figura 4

Arquitectura del Node.js



Fuente: (Anónimo, 2022).

2.2 Angular

Angular es una plataforma web de desarrollo, que utiliza TypeScript. Las características principales de Angular son:

- Una estructura web en el Front End para la proyección de aplicaciones web.
- Varias librerías para la ejecución de varios procesos como formularios, gráficos, servicios, autoguardados, sesiones entre otras.
- Un conjunto de herramientas de desarrollo para configurar, compilar, experimentar e implementar las actualizaciones del código.
- Y distintas herramientas de desarrollo para que el usuario pueda crear sentencias de código, compilarlas y después de probar la ejecución actualizar el código.

Utiliza la plataforma de repositorios para cargar proyectos de un desarrollador hasta aplicaciones de nivel empresarial. Angular está diseñado para que las actualizaciones sean de manera rápida y automática. (Goncalves, 2021)

Las ventajas de Angular son;

- Enlace bidireccional de datos: la arquitectura de Angular sincroniza el código de JavaScript y HTML juntos. Por tal razón, esto permite que los desarrolladores ahorren tiempo en los programas.
- Directivas: permite varias funcionalidades en las etiquetas de HTML.
- Pruebas: permite la verificación del programa y mejorar el rendimiento.
- Futuro brillante: gracias a su entorno eficiente la popularidad de Angular se extiende a varios usuarios.

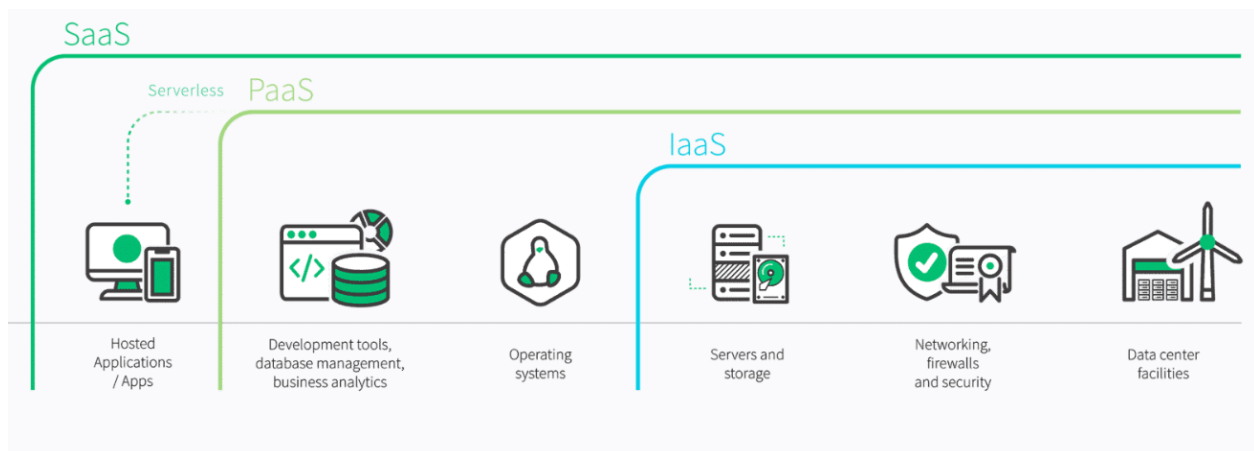
- Compatibilidad móvil y de escritorio: la plataforma web tiene varias dimensiones, esto permite clasificar su presentación dependiendo de la pantalla del usuario.

2.3 *Linode*

Es un proveedor de servicios informáticos en la nube. Linode permite al usuario tener nuevos recursos más rápidos, escalables y flexibles. Generalmente los usuarios utilizan los servicios de la nube que se ajusten a sus necesidades. Esto permite ahorrar costos operativos, administrar la infraestructura y actualizar los recursos a medida que cambien los requerimientos del sistema o aplicación. Linode utiliza una plataforma que permite al usuario crear máquinas virtuales y poder conectarse mediante los protocolos de conexión. Además, cuenta con diferentes servicios como almacenamiento, base de datos, firewalls, kubernetes, análisis de datos, entre otros, a un costo accesible. Como se muestra en la figura 5, Linode nos proporciona un software de servicio de aplicaciones con dirección. Una plataforma de herramientas, administración de base de datos y sistemas operativos. Y una infraestructura de servidores con almacenamiento, seguridad de cortafuegos y facilidades de un Data Center.

Figura 5

Servicio, Infraestructura y Plataforma Linode.



Elaborado por: Edwin Olivo

2.4 MySQL

MySQL es un sistema de administración de bases de datos. En la actualidad existen diferentes tipos de bases de datos, desde simples documentos hasta una infraestructura de clases. MySQL, como base de datos relacional, utiliza muchas tablas de información que se almacenan y se relacionan entre sí.

MySQL está desarrollado en C y se puede adaptar en diferentes entornos de desarrollo, al ser multiplataforma permite conectarse con varios lenguajes de programación como PHP o Java, así como la combinación de diferentes sistemas operativos (Anónimo, 2017).

2.5 MySQL Workbench

MySQL Workbench es una herramienta de modelamiento y diseño de bases de datos que puede acceder a bases de datos MySQL en servidores remotos. Proporciona facilidad de uso y potencia para sus proyectos de desarrollo de SQL y MySQL. Además, la herramienta proporciona una interfaz gráfica para trabajar con sus bases de datos en el sitio o externas. Los sistemas de administración de bases de datos relacionales (RDBMS) se utilizan en varios programas. Pero la mayoría de los usuarios de SQL eligen MySQL Workbench sobre otras herramientas por varias razones, como:

- Rendimiento superior
- Más de un motor de almacenamiento
- Soporte multiplataforma

3 FLORICULTURA

La floricultura es una ciencia dedicada a la producción y comercialización de las flores y plantas ornamentales para usos decorativos. Como parte de la horticultura posee varias actividades para la producción de las plantas en los invernaderos y la exportación de las flores. (Anónimo, 2022)

3.1 Requerimientos edafoclimáticos.

Los requerimientos edafoclimáticos son características tanto del clima como del suelo, estas variables son las mediciones necesarias para que el cultivo de plantas tenga un buen desarrollo. La florícola “El Rosal” exporta varios cultivos de flores como producto principal tenemos la rosa. Y como requerimientos para la medición del cultivo podemos clasificar como:

- 3.1.1 **Temperatura.** La temperatura ideal en la floricultura para los cultivos de rosas, se encuentra en un rango entre los 17 y 25°C, con una mínima de 15°C durante la noche y una máxima de 28°C durante el día. **(Anónimo, 2022)**
- 3.1.2 **Humedad.** La humedad relativa se mide por porcentaje y debe ser ideal lo que permite que la planta tenga un incremento gaseoso y evita las enfermedades, además favorece a las estomas. Por lo general, la humedad relativa debe estar entre el 60 y 70%. **(Anónimo, 2022)**
- 3.1.3 **Luz.** La intensidad lumínica es importante en el desarrollo de las plantas, ya que depende para el tamaño y número de las flores y la dureza del tallo. El rango de la intensidad esta entre los 800 y 1000 lumens. **(Anónimo, 2022)**
- 3.1.4 **Humedad Tierra.** Los suelos de los cultivos poseen diferentes capacidades para retener agua dependiendo de su textura y estructura. El porcentaje ideal para la mayoría de los cultivos está en un 50% y para cultivos de tierras áridas un 25%. **(Anónimo, 2021)**

CAPÍTULO II

DESARROLLO

En este capítulo, se encuentra el desarrollo de la estructura y la arquitectura del proyecto en el cuál consta de tres partes:

La primera parte conforma con la descripción del Hardware de los nodos finales LoRa que conforman la placa LoRa y los sensores de (temperatura, humedad ambiente, humedad suelo, radiación solar) para la medición y envío de datos.

La segunda parte es el diseño de la red LoRaWAN, el cual está conformado por los nodos finales que se distribuyeron en cada sector de la finca, se enlaza con el Gateway LoRa y luego los datos son enviados a los repositorios de la nube.

La tercera parte del proyecto consiste en la implementación del sistema o aplicación Web el cual tiene como funcionalidad mostrar los datos recibidos de cada sensor. Esta aplicación se desarrolló en la plataforma digital Angular orientado como lenguaje JavaScript para una mejor actualización inmediata de datos en la aplicación Web.

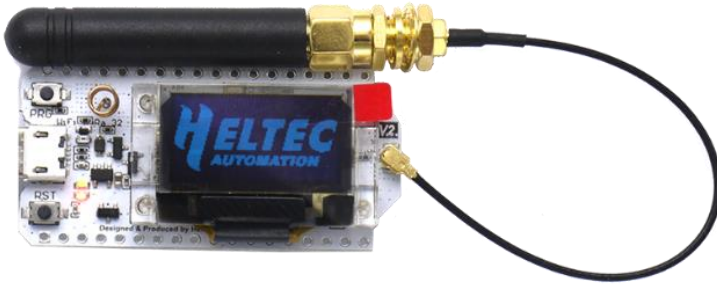
4 HARDWARE

4.1 Heltec LoRa V (2)

Es una placa de desarrollo IoT clásica diseñada y producida por Heltec Automation. La versión V3 recién lanzada tiene la misma secuencia de pines que la versión V2 y conserva WiFi, BLE, LoRa, pantalla OLED y otras funciones. Es la mejor opción para ciudades inteligentes, granjas, hogares, control industrial, seguridad doméstica, lectura de medidores inalámbricos y desarrolladores de IoT.

Figura 6

Dispositivo Heltec LoRa Wifi 32 V2



Fuente: (Anónimo, Heltec, 2018)

Tabla 1

Principales características del nodo Wifi LoRa 32 V2

Parámetros	Descripción
Chip Máster	ESP32 (240MHz, Dual core)
LoRa Chipset	SX1276/SX1278
USB a Serial Chip	CP2102
Frecuencia	470~510 MHz, 863~923 MHz
Max TX Power	19dB ± 1dB
Sensibilidad de recepción	-135 dBm
WiFi	Protocolo 802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth V4.2
Recurso de hardware	UART x 3; SPI x 2; I2C x 2; I2S x 1; 12-bits ADC input x 18. 8-bits DAC output x 2; GPIO x 22, GPI x 6
Memoria	8MB (64M-bits) SPI FLASH; 520KB internal SRAM
Interfaz	Micro USB x 1; LoRa Antena interfaz (IPEX) x 1; 18 x 2.54 pin x 2

Fuente: (Anónimo, 2018)

El SX1276 es un módulo transceptor inalámbrico de 100mW (3Km de distancia máxima), con modo de transmisión transparente (UART), opera a 868/915MHz, este dispositivo es dual esto permite que el dispositivo sea un nodo final que se conecte con los sensores o un nodo Gateway el cual reciba los datos del nodo final y apunte hacia un host.

4.2 DHT22

El DHT22 es un sensor de temperatura y humedad con salida digital. Esta tecnología permite una alta fiabilidad y da una estabilidad bastante tiempo. Admite varios circuitos como el Arduino, PIC, AVR, COP, DSP, STM32 y otras tecnologías. Tiene las ventajas de alta calidad, respuesta rápida, fuerte capacidad anti-interferencia y rendimiento de alto costo, pero el precio es bajo.

Se utiliza el DHT22 porque es un sensor que es accesible a costos de los usuarios. A pesar de que no tiene una extensa duración, es un excelente sensor para ensamblar en nuestro prototipo de medición de sensores en los nodos finales LoRa.

Tabla 2

Principales características del sensor DHT22

Parámetros	Descripción
Rango medición Temperatura	-40°C a 80°C.
Error medición Temperatura	±5°C.
Rango medición Humedad	0% a 100% RH (Humedad Relativa).
Error medición Humedad	±2% RH (Humedad Relativa).
Voltaje alimentación	3v a 6v.
Tiempo de respuesta	<2s
Estabilidad a largo plazo	±1%HR/año
Dimensiones	20*15*8 mm

Fuente: (Anonimo, 2021)

4.3 FC-28

El sensor tiene dos electrodos y mide la conductividad entre ellos, que cambia con la humedad. Cuanto más húmedo es el suelo, mayor es la conductividad. El dispositivo se constituye por dos partes:

El sensor de humedad que envía la señal analógica de 0 a 1023. Y el módulo electrónico que procesa la señal en el pin A0 y también recibe la señal digital en el pin D0 como referencia de un potenciómetro. Si la referencia es menor el pin indicara 0 y si es mayor marcará 1. Este sensor consta de dos LED, para indicar si este prendido o apagado y el otro indica la transmisión de datos de la salida digital. (Anónimo, 2020)

Tabla 3

Principales características del sensor FC-28

	Parámetros	Descripción
Sensor Humedad	Dimensiones	0°C a 60°C.
		Tiene dos conexiones que se conectan indistintamente con el módulo electrónico.
Módulo electrónico	Dimensiones	30×16 mm
	Pin VCC	pin de entrada de corriente
	Pin GND	pin tierra
	Voltaje de entrada	3.3-5 V
	Corriente necesaria	35mA

	A0	Salida analógica, se conecta directamente al puerto analógico del microcontrolador que utilizemos.
	D0	salida digital, se conecta a puerto digital del microcontrolador que usemos.

Fuente: (Anónimo, 2020)

4.4 **KY-018**

Este módulo se utiliza para medir la resistencia de los fotorresistores LDR. Si la luz es intensa los LDR disminuyen e inversamente cuando la luz disminuye su intensidad, el LDR aumenta. El módulo es fácil de conectar en cualquier microcontrolador y proporciona una señal analógica entre 0 y 5 V que depende de la intensidad de la luz. (Anónimo, 2020)

Tabla 4

Principales características del sensor KY-018

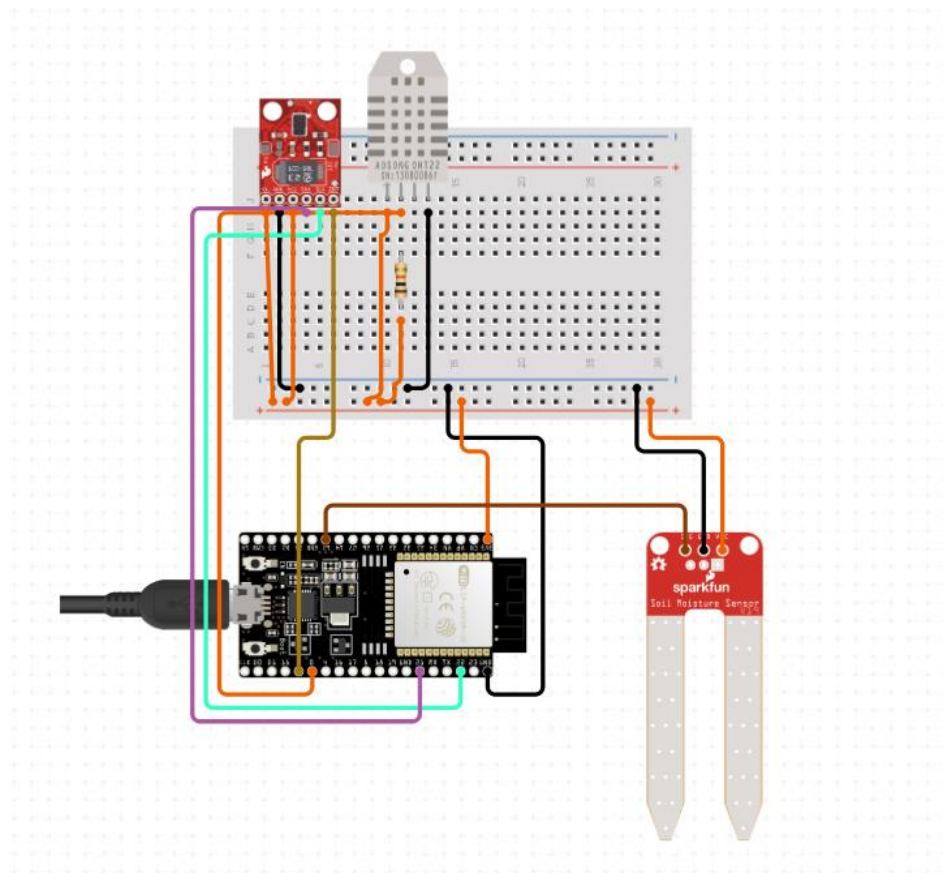
Parámetros	Descripción
Conector de 3 pines	GND VCC (5V) Señal entre 0 y 5 V en función de la intensidad de la luz.
Tensión de alimentación	5VDC
Dimensiones	19x15x8 mm

Fuente: (Anónimo, 2020)

Según la figura 11, indica la representación de las conexiones del circuito del nodo final, el cual se encarga de recolectar las medidas de cada sensor.

Figura 7

Arquitectura nodo final con sensores



Nota: Este diseño representa la arquitectura del prototipo del nodo final. Elaborado por: Edwin Olivo.

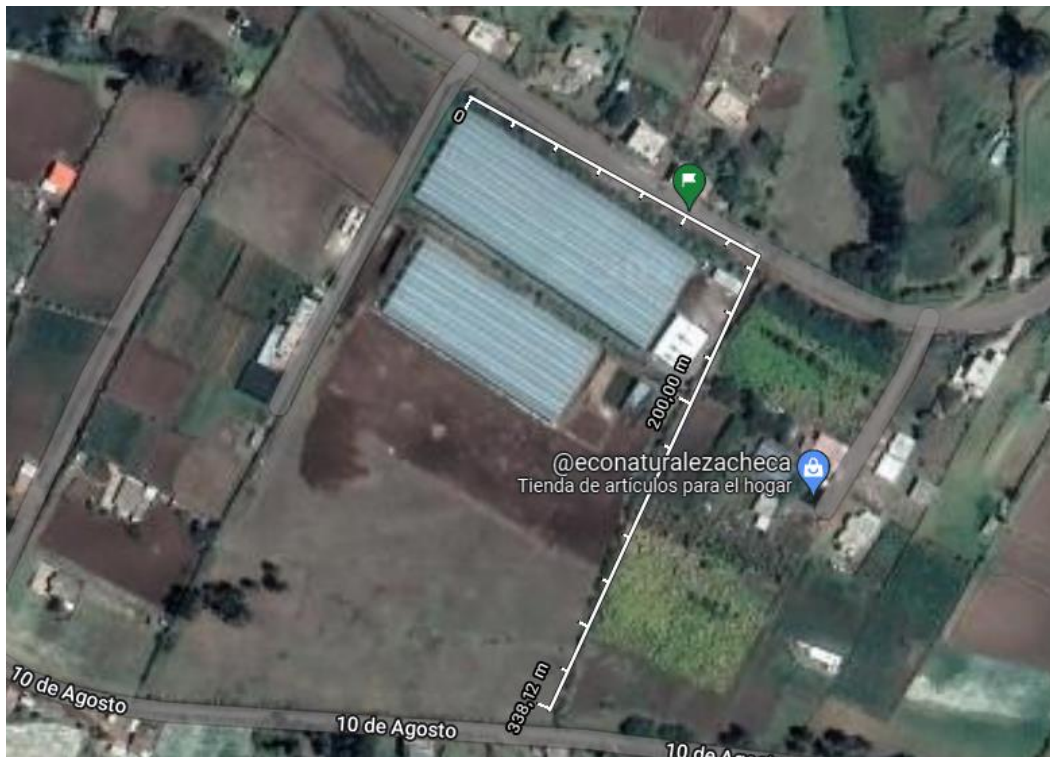
Se aplicó en el Arduino Framework la configuración del microcontrolador Heltec Wifi LoRa 32 que contiene las librerías de LoRa y la conexión de los sensores para obtener la recolección de datos de temperatura, humedad, humedad tierra y luz. Estos datos son enviados por la frecuencia establecida de la región que es la 915 MHz.

5 DISEÑO DE LA RED

Para comenzar con el diseño de la red se exploró el terreno de la empresa y cada uno de los bloques en dónde se diseña la red LoRaWAN. La florícola “El Rosal” se encuentra a 2 cuadras de la cancha barrial de Lalagachi alto, en Yaruquí. Como se ve en la figura 8, la florícola tiene un distanciamiento de 200m de longitud y 125m de ancho. Los aparatos LoRa para una mejor conexión necesita que las antenas estén sin obstáculos que pueda interferir con la comunicación. En la figura 9 se ilustra que los cultivos están en diferentes bloques y cada bloque se subdivide en camas (figura 10) y cuadrantes donde se registra cada flor. Una vez que se identifica el distanciamiento se prosigue con el diseño de la ubicación de los nodos con los sensores y el Gateway.

Figura 8

Geolocalización de la Empresa



Elaborado por: Edwin Olivo

Figura 9

Bloques de los cultivos de la florícola “El Rosal”



Elaborado por: Edwin Olivo

Figura 10

Cultivos o Camas de la florícola “El Rosal”



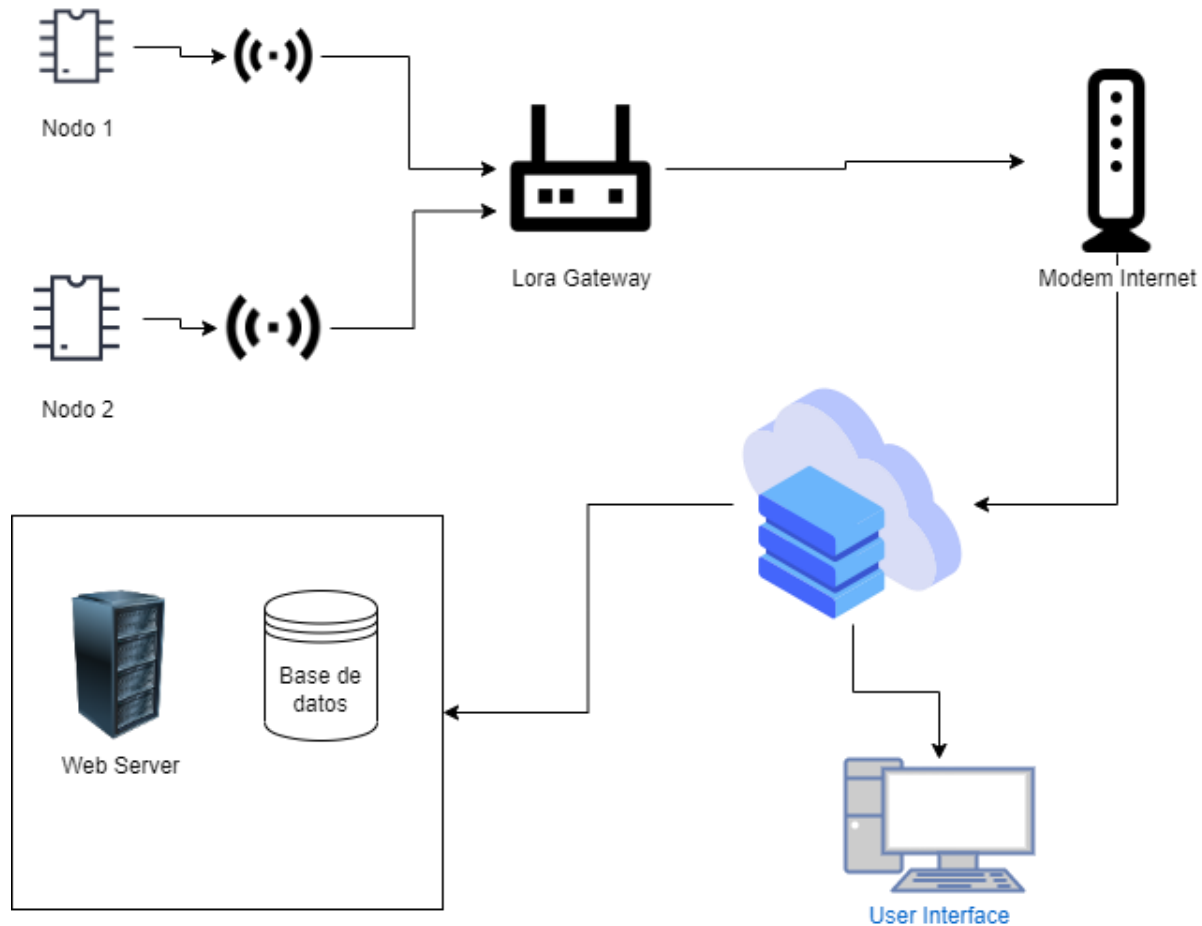
Nota; En cada bloque existe una subdivisión de camas en las que se encuentra diferentes cultivos de flores. Elaborado por: Edwin Olivo

5.1 Arquitectura

La arquitectura de la red tiene una topología estrella y en línea, el cual está compuesta por los nodos finales del dispositivo, el Gateway, la Cloud machine de Linode como se muestra en la figura 11.

Figura 11

Ilustración de la arquitectura red LoRaWAN.



Nota: Diseño de la red para la recopilación y presentación de datos. Elaborado por: Edwin Olivo.

Ya configurado el nodo y el Gateway se procedió a colocar los dispositivos en los cultivos para la comunicación LoRa y luego de obtener los datos de la medición de los sensores son enviados a la base de datos del servidor Web.

Figura 12

Distribución del dispositivo nodo y el dispositivo Gateway.



Elaborado por: Edwin Olivo.

6 SOFTWARE

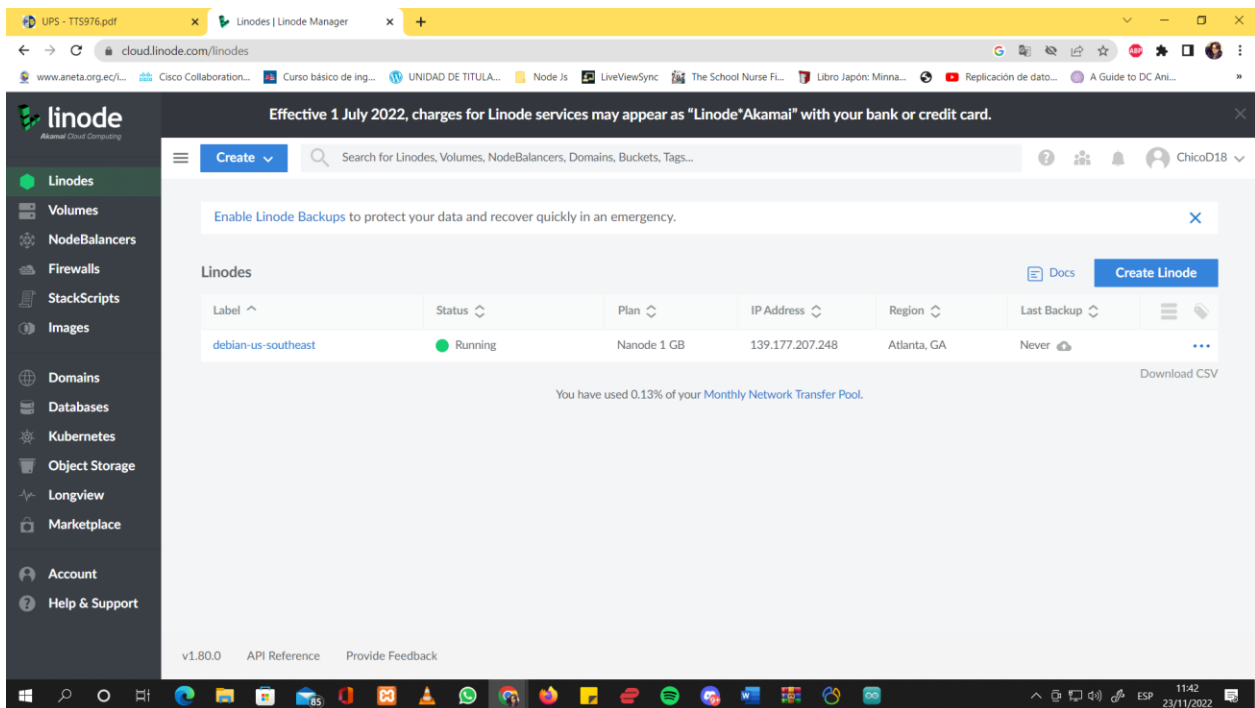
6.1 *Diseño del sistema web*

Ya desarrollado la red LoRaWAN, se comenzó con la parte del software en donde se empieza a diseñar el servicio web utilizando la clouding de Linode donde se puede establecer el servidor de base de datos y el servidor web para representar los datos obtenidos de los nodos LoRa.

6.1.1 **Levantamiento del servidor clouding.** Para este paso se utilizó la plataforma de servicios Linode. La plataforma indica los diferentes servicios que ofrece la página como base datos, kubernets, dominios, almacenamiento entre otros. Todos estos servicios son representados en una lista de servicios en el menú principal como se muestra en la figura 13. Para comenzar se selecciona crear y luego ingresar un nuevo Servicio de Linode.

Figura 13

Plataforma clouding Linode

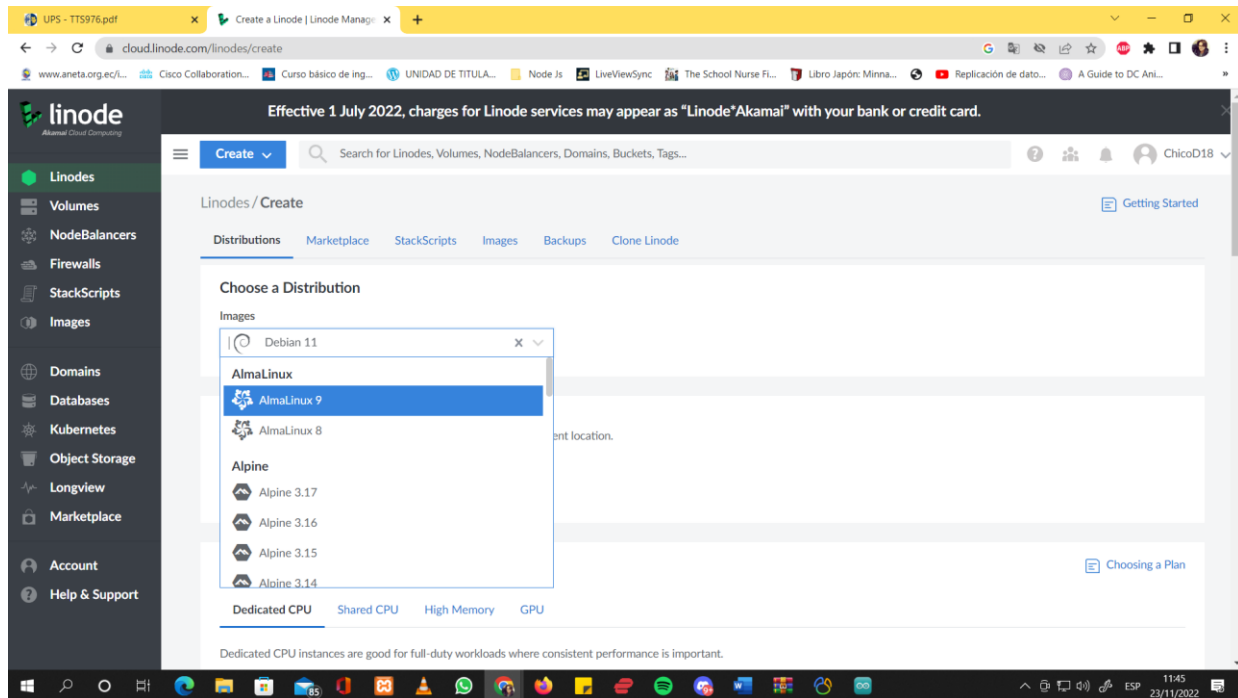


Elaborado por: Edwin Olivo

Se creó una nueva instancia de conexión remota de Linode, esto permite crear distintos sistemas operativos seleccionando la velocidad del sistema y el almacenamiento de la máquina virtual como se observa en la figura 14. Para el sistema de monitorización no necesita una gran cantidad de recursos la máquina virtual tiene 4GB de memoria RAM y 80GB de almacenamiento. En este servicio de clouding se configura dos servicios, la base de datos y la página web.

Figura 14

Creación de máquina virtual Linode.



Elaborado por: Edwin Olivo.

Creando la máquina virtual se puede acceder mediante el protocolo SSH direccionando el host de la máquina virtual e ingresar las credenciales de usuario y clave para entrar a la máquina. La dirección de la conexión remota se encuentra en el panel del control (figura 15), el cuál sirve para tener las características de la máquina virtual y tener un control del procesamiento y la conexión red.

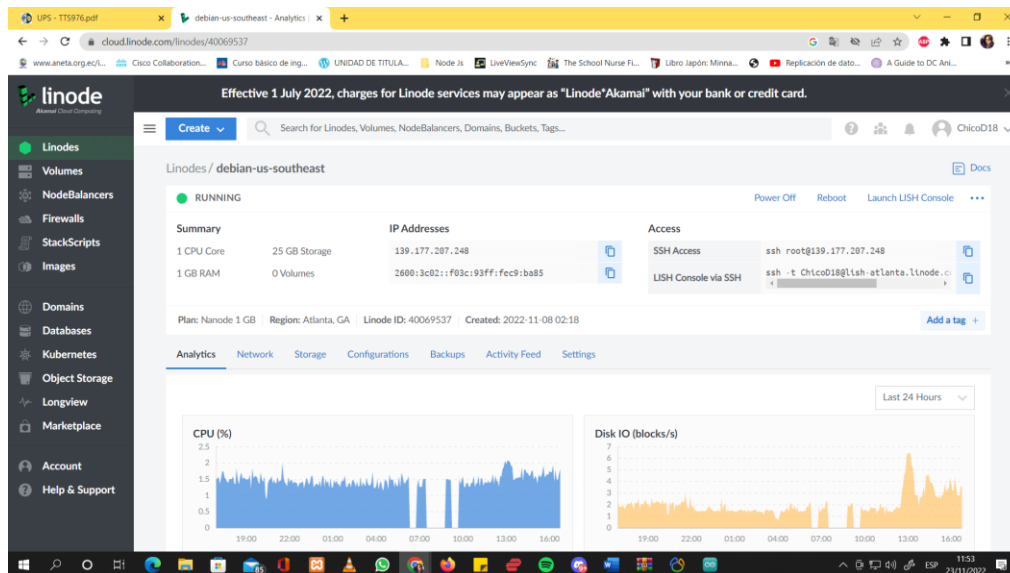
6.1.2 Diseño de la base de datos. Para administrar y comunicar de manera más eficiente, se necesita un sistema de administración de base de datos. Como recomendación se utilizó la base de datos MySQL, debido a su confiabilidad y facilidad de uso.

Para la estructura de la base de datos se identificó cada elemento de la problemática, las diferentes variables y las características importantes para la recolección de datos. Según la tabla 5, el jefe de campo registra en una tabla las mediciones de las flores clasificando por el número de cama, el tipo

de flor, el código de la flor y las mediciones tomadas para determinar el estado del cultivo. Cada documento representa un bloque de la florícola.

Figura 15

Panel de control de la conexión remota Linode.



Elaborado por: Edwin Olivo

Tabla 5

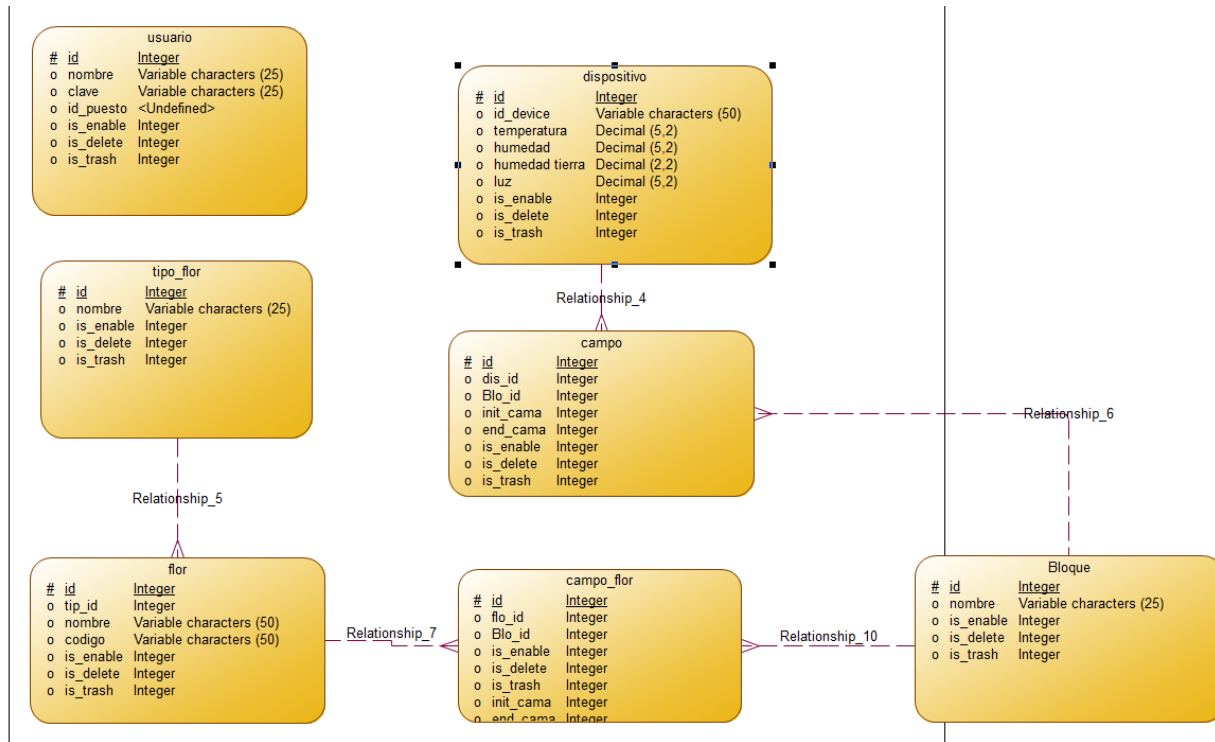
Ejemplo del documento para el manejo de información de datos de cultivos

BLOQUE							
No de Cama	Flor	Código	Estado	No de Cama	Flor	Código	Estado
1				7			
2				8			
3				9			
4				10			
5				11			
6				12			

Elaborado por: Edwin Olivo.

Figura 16

Diseño de la estructura de la base de datos.



Elaborado por: Edwin Olivo.

Luego al ordenar cada elemento se identifican las clases y como resultado se obtuvo la estructura de la base de datos como se observa en la figura 16.

Al ingresar a la aplicación de MySQL se crearon los usuarios y después se configuró el cortafuegos para permitir que cualquier computador o dispositivo ingrese a la base de datos con las respectivas credenciales de usuario. Luego se configuró la conexión remota para que el usuario ingrese desde cualquier ordenador. Por defecto, el valor asignado es 127.0.0.1. esto permitió que el servidor tenga únicamente conexiones locales. Es necesario cambiar esta directiva para que haga referencia a una dirección IP externa.

Después de diseñar la estructura se monta la base de datos del servidor, se ingresa las tablas y las relaciones, como resultado se obtuvo la Base de Datos Relacional. Luego se verifica si los datos de los sensores reciben la información correspondiente del servidor como se visualiza en la figura 17. Luego de obtener la base de datos se empezó a instalar las plataformas web.

Figura 17

Recopilación de datos de los sensores.

id	id_device	temperatura	humedad_clima	humedad_tierra	luz	user_create	date_create	user_update	date_update	is_enable	is_delete	is_trash
1	A0001	12.32	22.10	20.85	28.96	(Null)	2022-11-22 17:00:01	(Null)	(Null)	1	0	0
2	A0002	22.45	27.57	17.63	22.70	(Null)	2022-11-22 17:00:06	(Null)	(Null)	1	0	0
3	A0001	16.32	10.50	16.81	23.95	(Null)	2022-11-22 17:00:11	(Null)	(Null)	1	0	0
4	A0002	28.22	19.87	12.61	22.43	(Null)	2022-11-22 17:00:16	(Null)	(Null)	1	0	0
5	A0001	12.59	22.92	18.35	10.65	(Null)	2022-11-22 17:00:21	(Null)	(Null)	1	0	0
6	A0002	29.46	23.92	24.09	21.03	(Null)	2022-11-22 17:00:26	(Null)	(Null)	1	0	0
7	A0001	13.92	16.83	25.42	27.37	(Null)	2022-11-22 17:00:31	(Null)	(Null)	1	0	0
8	A0002	19.01	24.74	25.42	12.08	(Null)	2022-11-22 17:00:36	(Null)	(Null)	1	0	0
9	A0001	27.10	16.53	16.68	27.11	(Null)	2022-11-22 17:00:41	(Null)	(Null)	1	0	0
10	A0002	13.99	17.77	17.35	11.52	(Null)	2022-11-22 17:00:46	(Null)	(Null)	1	0	0
11	A0001	21.67	29.41	15.67	17.06	(Null)	2022-11-22 17:00:51	(Null)	(Null)	1	0	0
12	A0002	25.99	19.29	16.49	22.87	(Null)	2022-11-22 17:00:56	(Null)	(Null)	1	0	0
13	A0001	19.52	21.13	13.08	19.12	(Null)	2022-11-22 17:01:01	(Null)	(Null)	1	0	0
14	A0002	17.66	22.40	22.44	13.98	(Null)	2022-11-22 17:01:06	(Null)	(Null)	1	0	0
15	A0001	10.72	22.28	14.77	22.08	(Null)	2022-11-22 17:01:11	(Null)	(Null)	1	0	0
16	A0002	17.48	25.78	18.87	17.37	(Null)	2022-11-22 17:01:16	(Null)	(Null)	1	0	0
17	A0001	11.70	15.54	22.32	25.00	(Null)	2022-11-22 17:01:21	(Null)	(Null)	1	0	0
18	A0002	11.44	16.34	14.16	16.39	(Null)	2022-11-22 17:01:26	(Null)	(Null)	1	0	0
19	A0001	10.80	16.67	15.50	14.01	(Null)	2022-11-22 17:01:31	(Null)	(Null)	1	0	0
20	A0002	26.41	10.82	17.00	29.21	(Null)	2022-11-22 17:01:36	(Null)	(Null)	1	0	0
21	A0001	19.32	28.02	10.37	24.30	(Null)	2022-11-22 17:01:41	(Null)	(Null)	1	0	0
22	A0002	24.03	22.87	26.93	20.02	(Null)	2022-11-22 17:01:46	(Null)	(Null)	1	0	0
23	A0001	29.69	23.20	10.66	13.21	(Null)	2022-11-22 17:01:51	(Null)	(Null)	1	0	0
24	A0002	22.69	21.40	13.53	17.98	(Null)	2022-11-22 17:01:56	(Null)	(Null)	1	0	0
25	A0001	21.29	16.44	23.56	24.37	(Null)	2022-11-22 17:02:01	(Null)	(Null)	1	0	0
26	A0002	16.66	11.25	22.13	21.07	(Null)	2022-11-22 17:02:06	(Null)	(Null)	1	0	0
27	A0001	10.89	15.40	11.63	29.51	(Null)	2022-11-22 17:02:11	(Null)	(Null)	1	0	0
28	A0002	28.61	25.25	23.36	21.84	(Null)	2022-11-22 17:02:16	(Null)	(Null)	1	0	0
29	A0001	13.29	10.11	24.72	25.49	(Null)	2022-11-22 17:02:21	(Null)	(Null)	1	0	0

Nota: Tabla de información almacenada de los sensores en la base de datos. Elaborado por: Edwin Olivo.

6.1.3 Diseño del Servidor Web. Antes de comenzar a programar el sistema web de monitorización se ingresó el diseño de casos de uso y el diseño de secuencias. Esto permite tener una estructura clara de los procesos que se van a ejecutar en el sistema como el manejo de ingreso de las componentes antes mencionadas y la representación de las gráficas para el análisis de datos de medición.

6.1.3.1 Diagrama casos de uso. El diagrama de casos de uso es la forma de representar el proceso de un sistema en desarrollo mediante el actor (usuario) que interactúa con elementos que

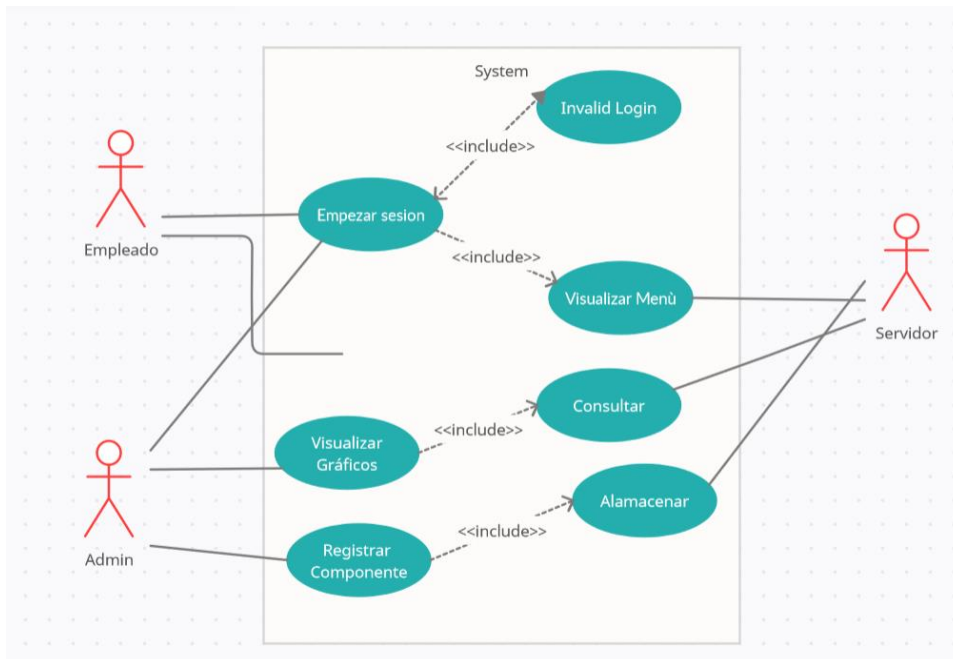
son las operaciones del programa o casos de uso de manera clasificada y ordenada.

(Delgado, 2013) Un diagrama de casos de uso consta de los siguientes elementos:

- Actor.
- Casos de Uso.
- Relaciones de Uso, Herencia y Comunicación.

Figura 18

Diagrama casos de uso del proyecto.



Nota: Proceso del sistema web para la utilización del Administrador y Empleado. Elaborado por: Edwin Olivo.

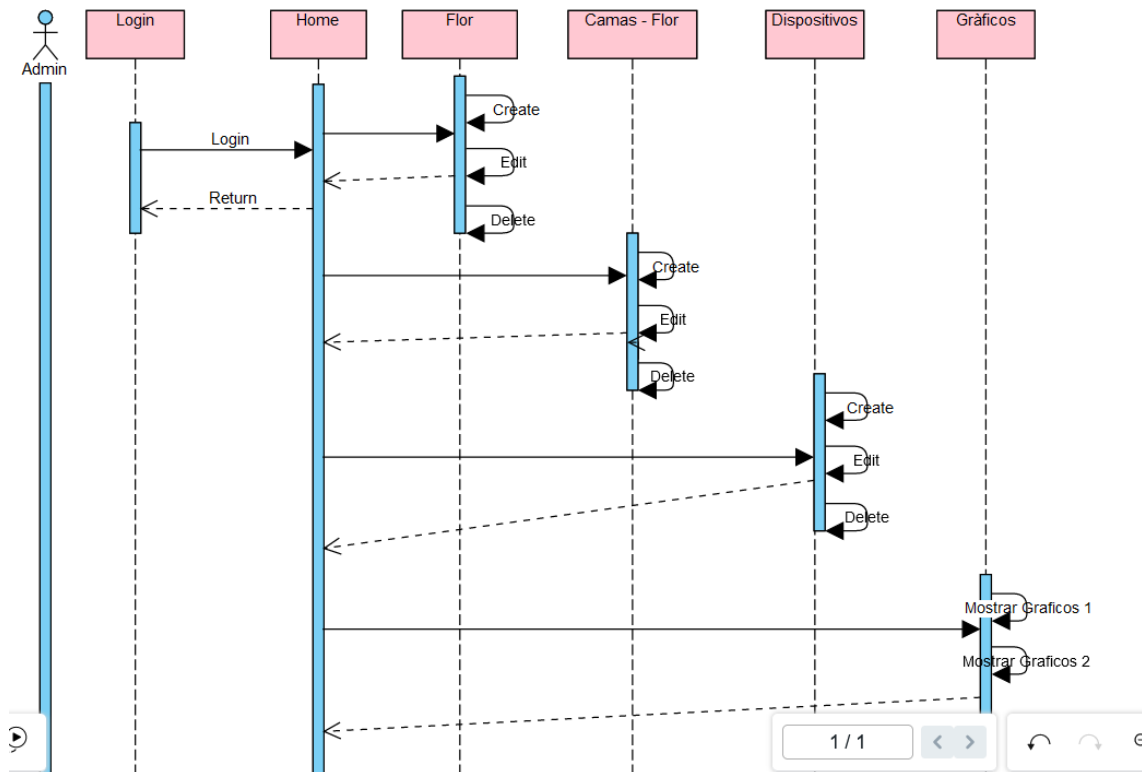
Se identificaron dos actores para el sistema de monitorización, el administrador que ingresa los componentes como flores, cultivos y la selección de dispositivos para las mediciones. Y el segundo actor representa al jefe de campo o agricultor el cual accede a los dispositivos y visualiza las gráficas. Como resultado los casos de uso son el inicio de sesión, el registro de datos y la

visualización de los gráficos. Y todo esto se representa en el diagrama como se observa en la figura 18.

6.1.3.2 Diagramas de secuencia. El diagrama de secuencia se divide en dos dimensiones, la parte vertical representa el tiempo, el cual comienza desde la parte superior hacia la parte inferior y la parte horizontal que representa los objetos. Los objetos no afectan la secuencia del diagrama, pero el orden tiene que ser de mayor claridad posible para el usuario. Como característica de los objetos posee una línea de vida que es el intervalo de tiempo que existe en el objeto y los focos de control demuestra el tiempo de ejecución de una operación del objeto. (Cillero, 2017)

Figura 19

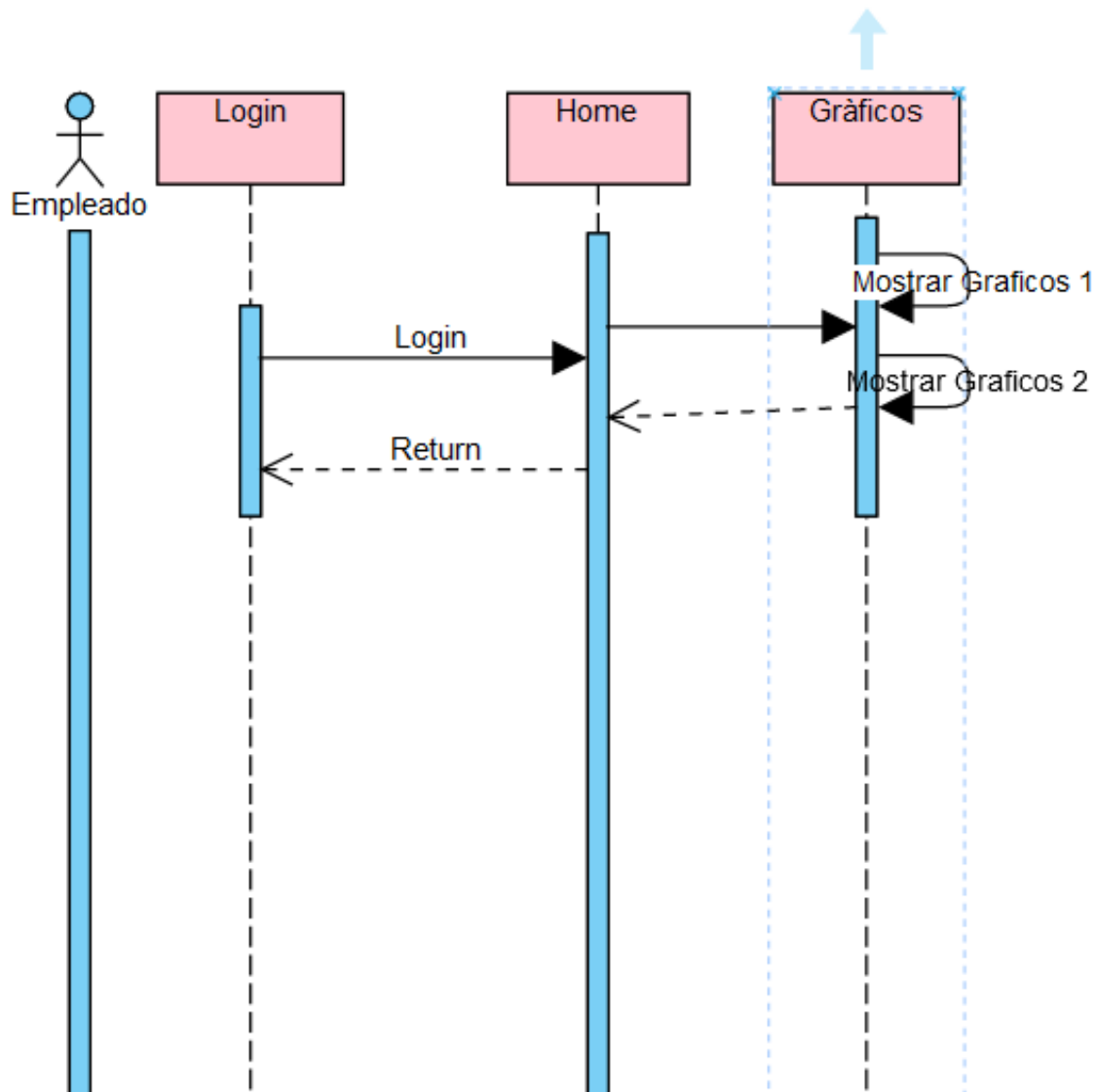
Diagrama de secuencia Administrador.



Elaborado por: Edwin Olivo

Figura 20

Diagrama de secuencia empleado.

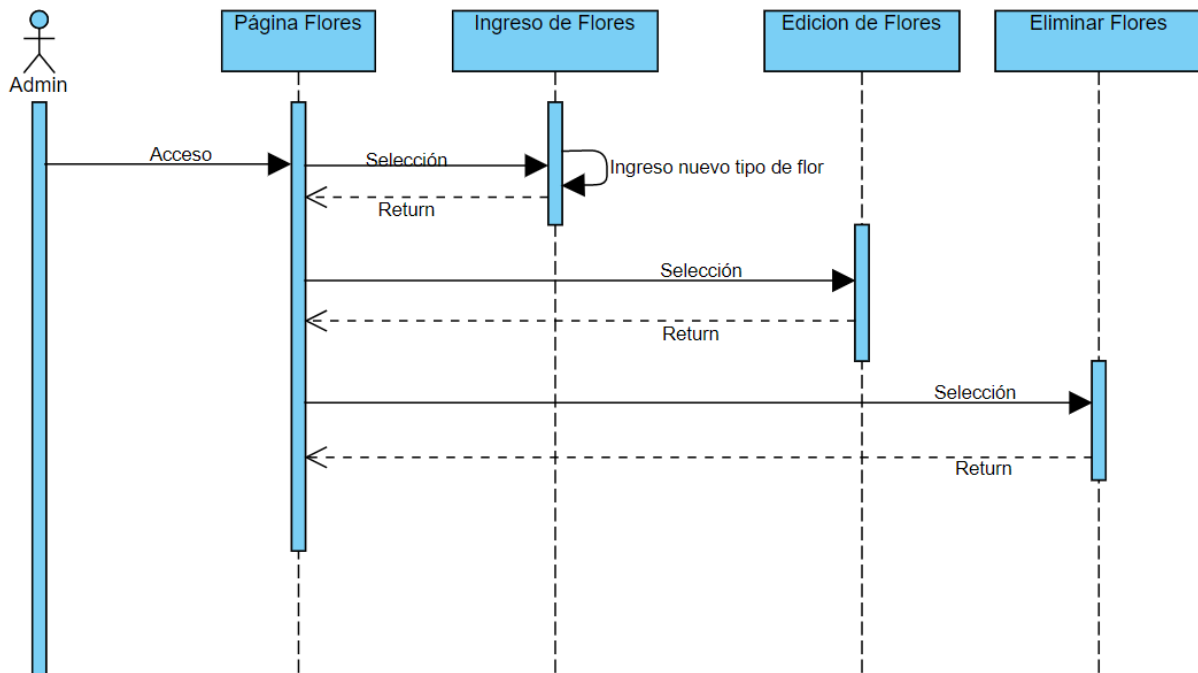


Elaborado por: Edwin Olivo

Como se muestra en la figura 19 y en la figura 20 es la secuencia el cual el administrador y el empleado puedan acceder a las diferentes rutas del sistema. El sistema cuenta con sesiones y guardados que permiten establecer si un usuario ya ingreso al sistema o si tiene el derecho de acceso a cierta ruta. La ejecución de este proceso y la disponibilidad de cada página se configura en las librerías de Angular y Node.js.

Figura 21

Diagrama de secuencia página Flores.

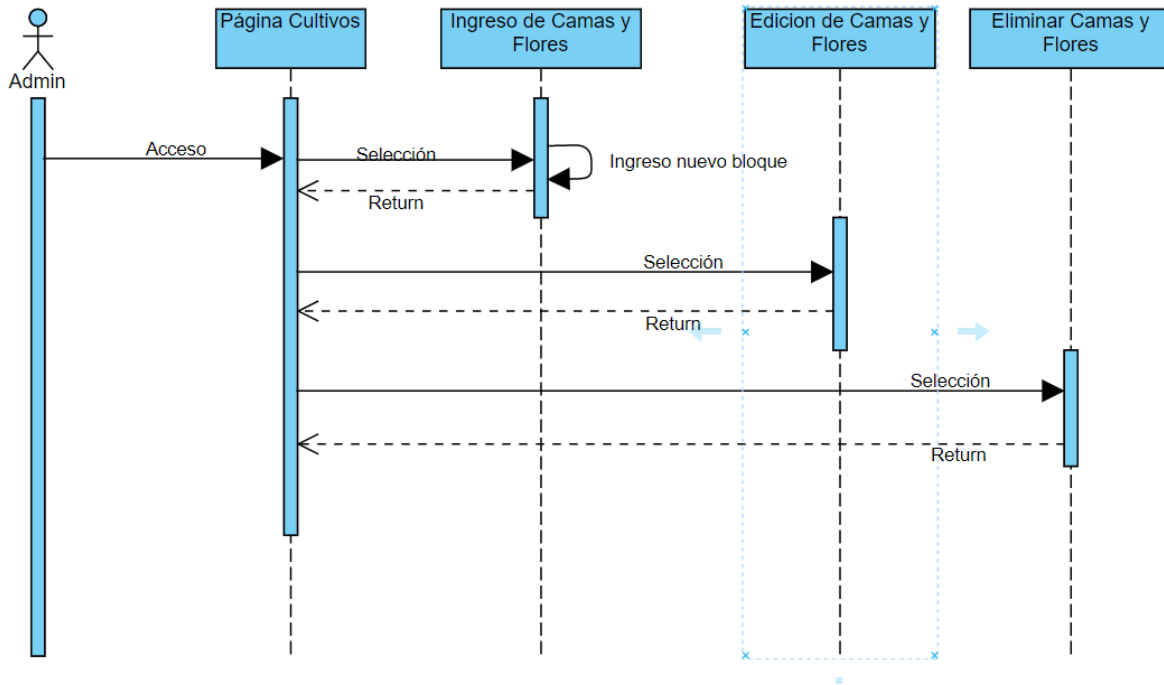


Elaborado por: Edwin Olivo

Como muestra la figura 21 es el proceso de secuencia en donde el administrador ingresa la información de las flores y se obtiene el repositorio de las flores de la florícola “El Rosal”. En el caso de no haber un tipo de flor, se agrega un formulario emergente para registrar el nuevo tipo de flor. Este diagrama representa una función CRUD (Create, Read, Update, Delete) para gestionar los registros ingresados de las flores y obtener la representación de las flores de una forma simple y escalable.

Figura 22

Diagrama de secuencia página Cultivos.

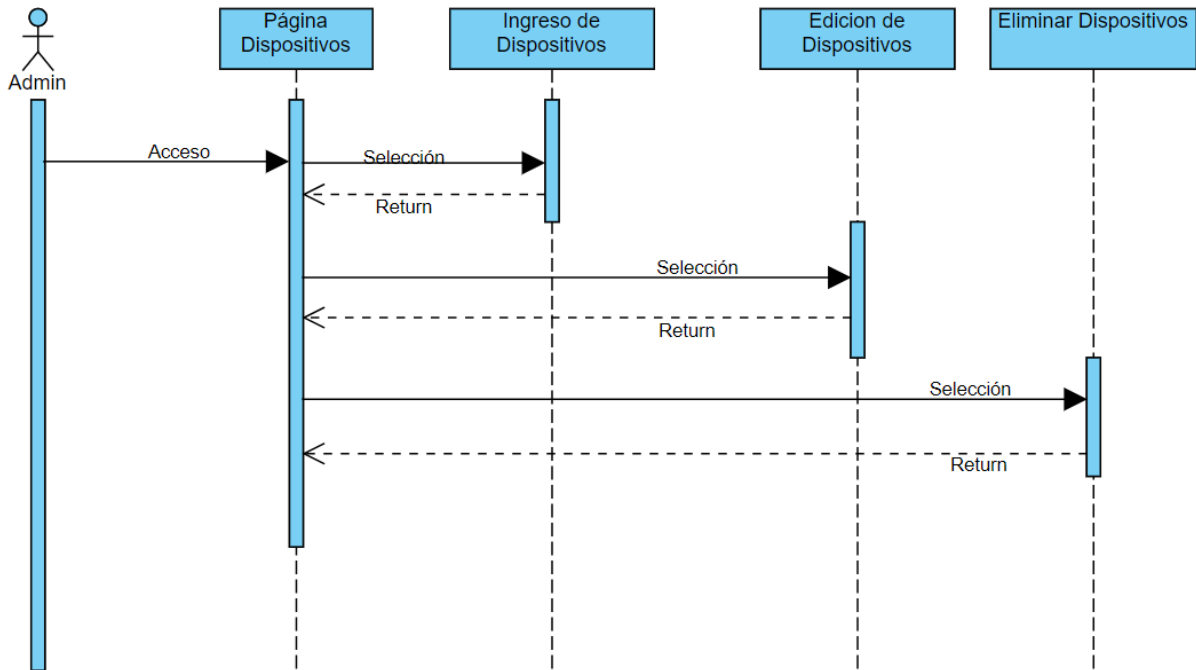


Elaborado por: Edwin Olivo

La figura 22 es el diseño de secuencia de la página de los cultivos. En este diseño muestra cómo se relaciona los cultivos en camas y flores. También muestra la secuencia de ingreso de nuevos bloques y el número de camas para relacionar en el formulario la numeración de camas que se están cultivando la flor. Con este diseño se relaciona a continuación con el otro diagrama de secuencia para los dispositivos.

Figura 23

Diagrama de secuencia página Dispositivos.

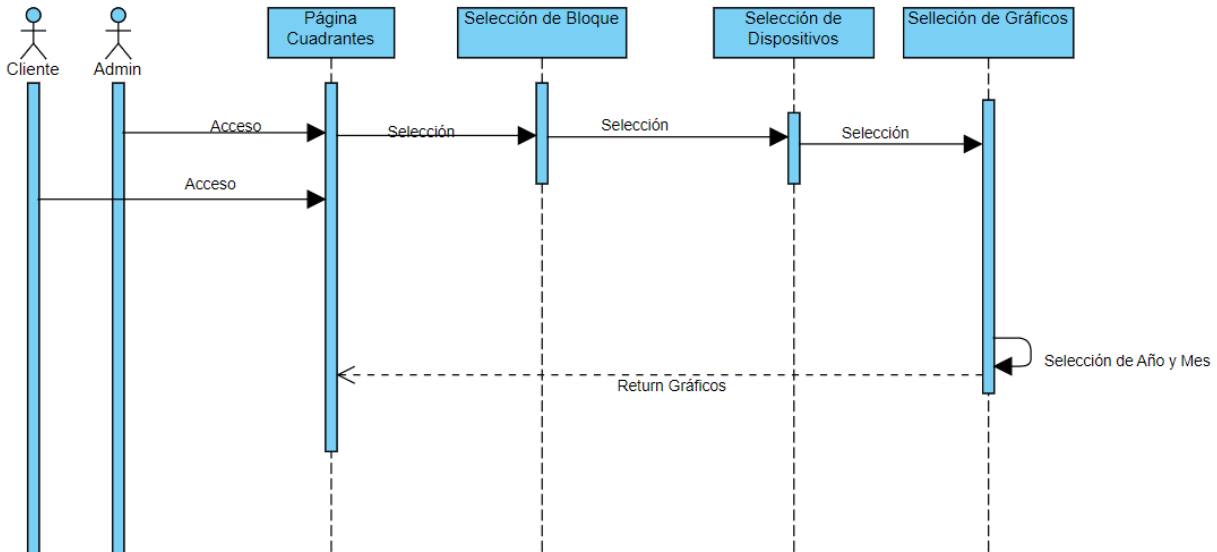


Elaborado por: Edwin Olivo

A continuación, en la figura 23 muestra un diagrama de secuencia similar al diagrama de cultivos, este diseño pertenece al diagrama de secuencia de la página de los dispositivos, al ingresar el dispositivo detectado por la base se relaciona con el número de camas y el bloque en donde se mide los valores de los sensores. Esta relación se compara con la tabla de los cultivos para obtener la información relacional de las gráficas que se desarrolla en la página de cuadrantes.

Figura 24

Diagrama de secuencia página Cuadrantes.



Elaborado por: Edwin Olivo

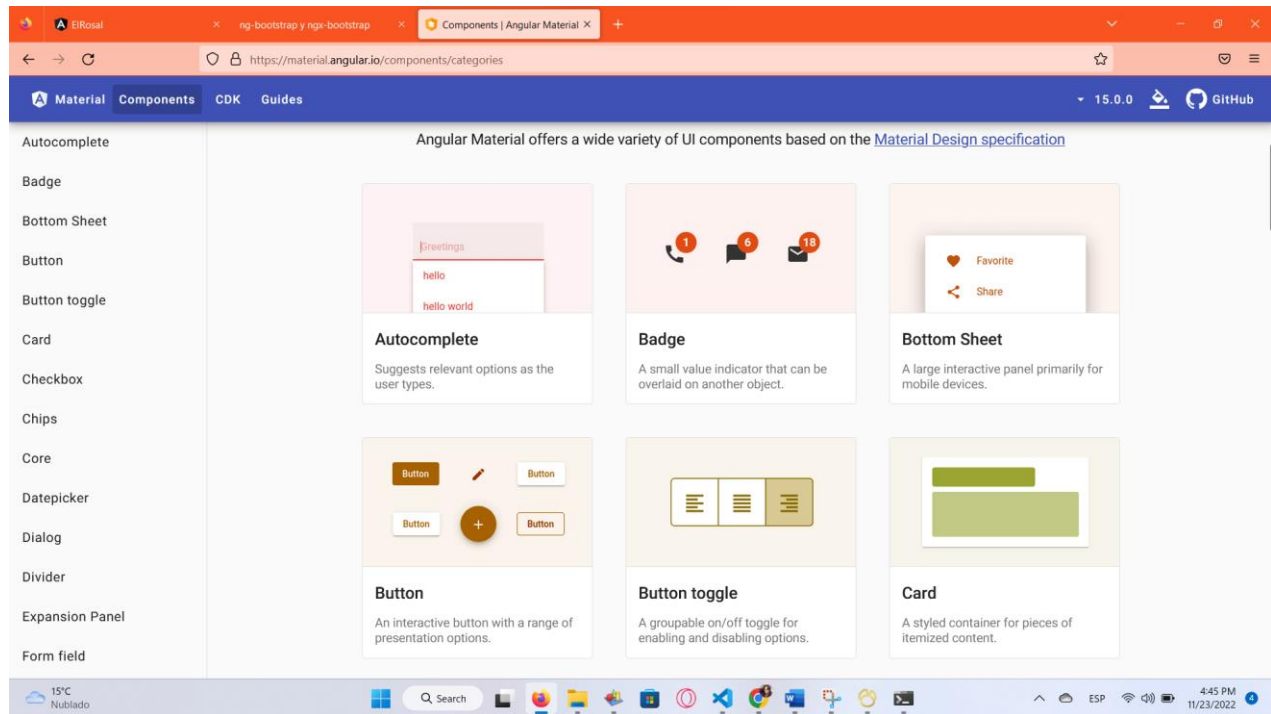
Y como último, la figura 24 que es el diseño de secuencia de la página de cuadrantes muestra la representación final del proyecto. El administrador y el cliente puede acceder a la información de las mediciones de los dispositivos en los diferentes cuadrantes establecidas en las camas ubicadas en cada bloque de la florícola. Dependiendo de la gráfica se analiza los resultados de cada medición de los cultivos.

6.1.3.3 Implementación del Sistema Web. Al realizar la página web se programaron dos fases, el Back-End en donde se realiza las aplicaciones y ejecuciones de la base de datos. Utilizando el Node.js permite que el usuario controle de manera eficiente el modelo de entrada y salida mediante los eventos. También se implementó varias librerías como el CORS, el cual crea peticiones HTTP en un dominio distinto para acceder a los recursos seleccionados de un servidor. El Express tiene un repositorio de métodos HTTP y middleware, para crear una API potente (aplicaciones móviles y web) de una forma rápida

y sencilla. Y el JWT que es un token de seguridad que se crea al momento que el usuario se registra con sus credenciales. Este token se devuelve al cliente el cual tendrá que enviar cada vez que solicita información al servidor.

Figura 25

Demostración de elementos de Angular Material.



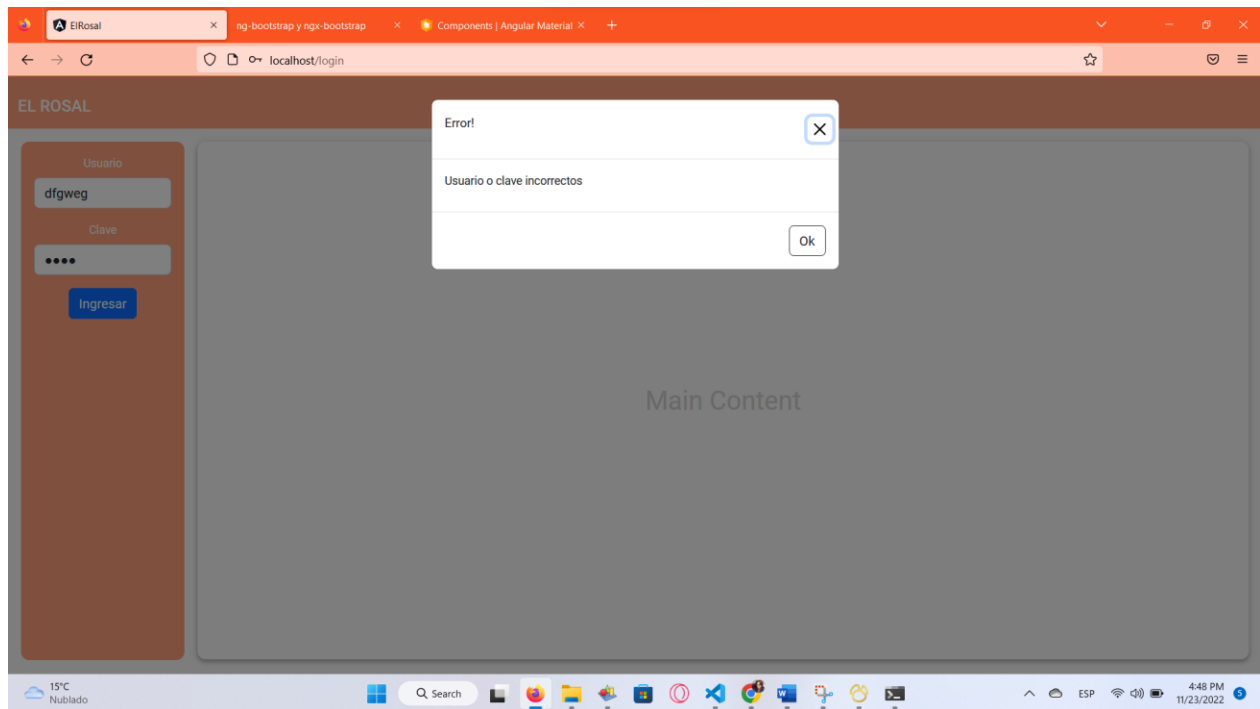
Elaborado por: Edwin Olivo

El Front-End es la parte en donde se implementa la interfaz del sistema, esta fase es donde los clientes se guían para ingresar los datos en formularios o registros para luego ser procesados en el Back-End. Se utilizó Angular que permite crear rápidamente vistas de interfaz de usuario con una sintaxis de plantilla simple y potente. Angular provee una variedad de diseños y herramientas para añadir varios componentes y visualizarlos de forma instantánea a la aplicación como se observa en la figura número 25. También se utilizó otro framework para el diseño del Front-End llamado

Bootstrap. Observando la figura 26. Bootstrap permite accionar ventanas emergentes en el caso de un evento.

Figura 26

Despliegue de Modal ante un evento.

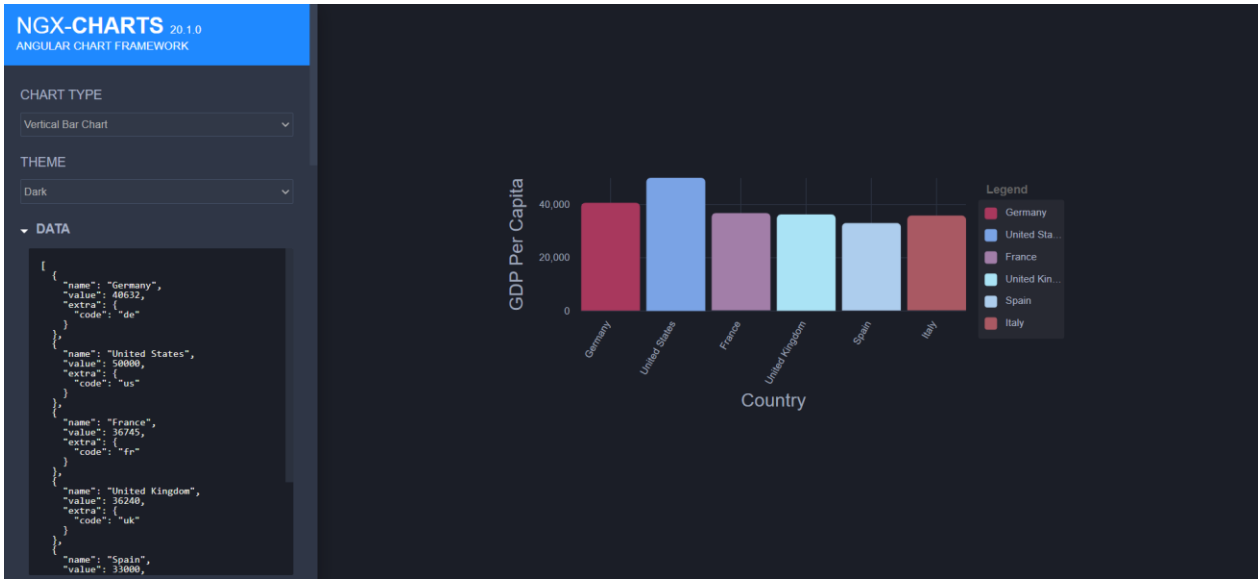


Elaborado por: Edwin Olivo.

Y finalmente para la realización de los gráficos Ngx-Chart renderiza y anima los elementos en sistemas de coordenadas. Además, usa d3 (librería para visualizar datos) para las excelentes funciones matemáticas, escalas, ejes y generadores de formas, etc. Esta librería nos permite agregar varias gráficas para representar diferentes mediciones de los cultivos.

Figura 27

Ejemplo de gráfica Ngx-Chart.



Elaborado por: Edwin Olivo

CAPITULO III

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS

Una vez desarrollado la base del sistema y diseñado la red de los dispositivos, se ejecutó el servidor web y la base de datos para verificar que el sistema comience a monitorizar los cultivos y representar la información en la página de gráficos. Los agricultores podrán hacer un seguimiento de las características de temperatura, humedad, humedad tierra y luz de los cultivos obtenidas de los sensores.

7 CONEXIÓN DE LA RED LORAWAN

Figura 28

Monitor serie del Gateway.



```
Salida Monitor Serie x
Message (Enter to send message to 'WiFi LoRa 32(V2)' on 'COM4')
Conexión con la ip: 139.177.207.248 .... exitos!
Temp: 25.11 Hum: 73.07 HumT: 52.54 Luz: 2.56
Temp: 24.34 Hum: 76.12 HumT: 64.27 Luz: 8.24
Temp: 27.32 Hum: 68.62 HumT: 62.12 Luz: 3.42
Temp: 26.12 Hum: 71.28 HumT: 65.32 Luz: 6.21
Temp: 24.78 Hum: 69.37 HumT: 59.32 Luz: 4.63
```

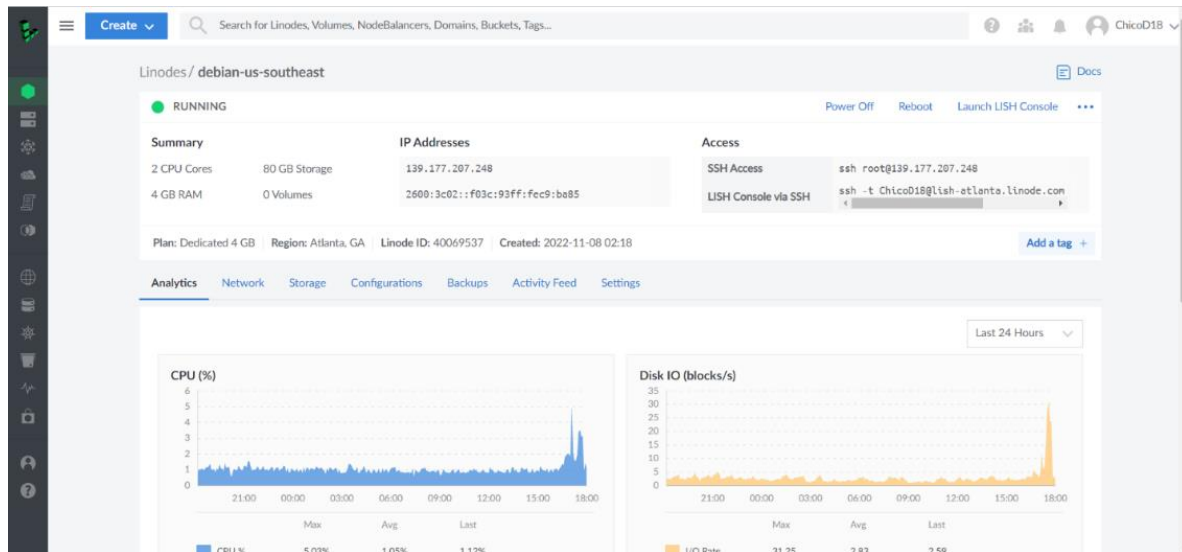
Nota: Ejecución del microcontrolador Gateway para el envío de datos de los dispositivos sensores a la base de datos. Elaborado por: Edwin Olivo

En la figura 28 representa la conexión de los nodos finales al Gateway y envió de datos al servidor web y como las mediciones son guardadas en una base de datos. Dichas mediciones serán representadas en el sistema Web donde el jefe de campo utilizará estos datos para luego monitorear las mediciones de los cultivos.

8 APLICACIÓN WEB

Figura 29

Levantamiento de la máquina virtual en el clouding.



Elaborado por: Edwin Olivo

Como se muestra en la figura 29 se obtuvo un panel de control en donde se puede verificar la inicialización de la máquina virtual para el diseño de los servidores. El servidor ejecuta la programación del backend (figura 30), luego se registra la conexión con la base de datos. El servidor del backend permite al usuario ejecutar consultas o formularios que se necesiten registrar para tener los seguimientos de los cultivos.

Figura 30

Levantamiento del backend de la aplicación.

```

139.177.207.248 - PuTTY
root@localhost:/Backend# npm run serve
> backend@1.0.0 serve
> nodemon server.js

[nodemon] 2.0.20
[nodemon] to restart at any time, enter `rs`
[nodemon] watching path(s): *.*
[nodemon] watching extensions: js,mjs,json
[nodemon] starting `node server.js`
Ready
Db ok

```

Elaborado por: Edwin Olivo

Luego en la figura 31 representa el levantamiento del frontend de la aplicación realizada con el framework Angular. El jefe de campo puede observar todas las mediciones dentro y fuera de la empresa.

Figura 31

Levantamiento del frontend de la aplicación.

```
root@localhost:/ElRosal# ng serve --host 139.177.207.248 --port 80
Warning: This is a simple server for use in testing or debugging Angular applications
locally. It hasn't been reviewed for security issues.

Binding this server to an open connection can result in compromising your application or
computer. Using a different host than the one passed to the "--host" flag might result in
websocket connection issues. You might need to use "--disable-host-check" if that's the
case.
* Browser application bundle generation complete.

Initial Chunk Files | Names          | Raw Size
vendor.js           | vendor        | 6.10 MB
polyfills.js       | polyfills     | 1.15 MB
styles.css, styles.js | styles       | 477.35 kB
main.js            | main         | 297.08 kB
runtime.js         | runtime      | 6.51 kB
                   | Initial Total | 8.01 MB

Build at: 2022-12-02T14:37:21.753Z - Hash: d44db673ea6b1acd - Time: 45702ms

Warning: /ElRosal/node_modules/@swimlane/ngx-charts/fesm2020/swimlane-ngx-charts.mjs depends on 'clone-deep'. CommonJS or AMD dependencies on your lifecycle are unable to be resolved in your current configuration.
For more info see: https://angular.io/guide/build#configuring-commonjs-dependencies

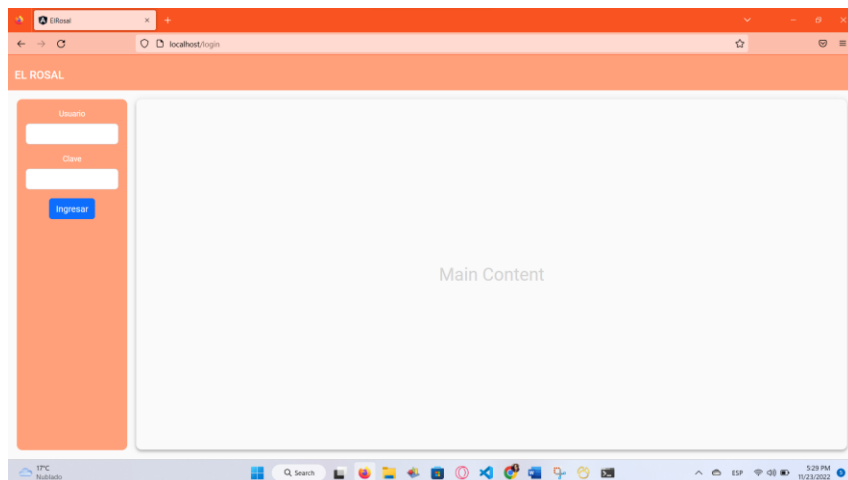
** Angular Live Development Server is listening on 139.177.207.248:80, open your browser on http://139.177.207.248:80/ **
```

Elaborado por: Edwin Olivo

Como se visualiza en la figura 32, en esta página el usuario accede al sistema usando su nombre de usuario y su clave. Dependiendo del cargo que tenga ciertas páginas serán accesibles al usuario.

Figura 32

Diseño de la página Login.

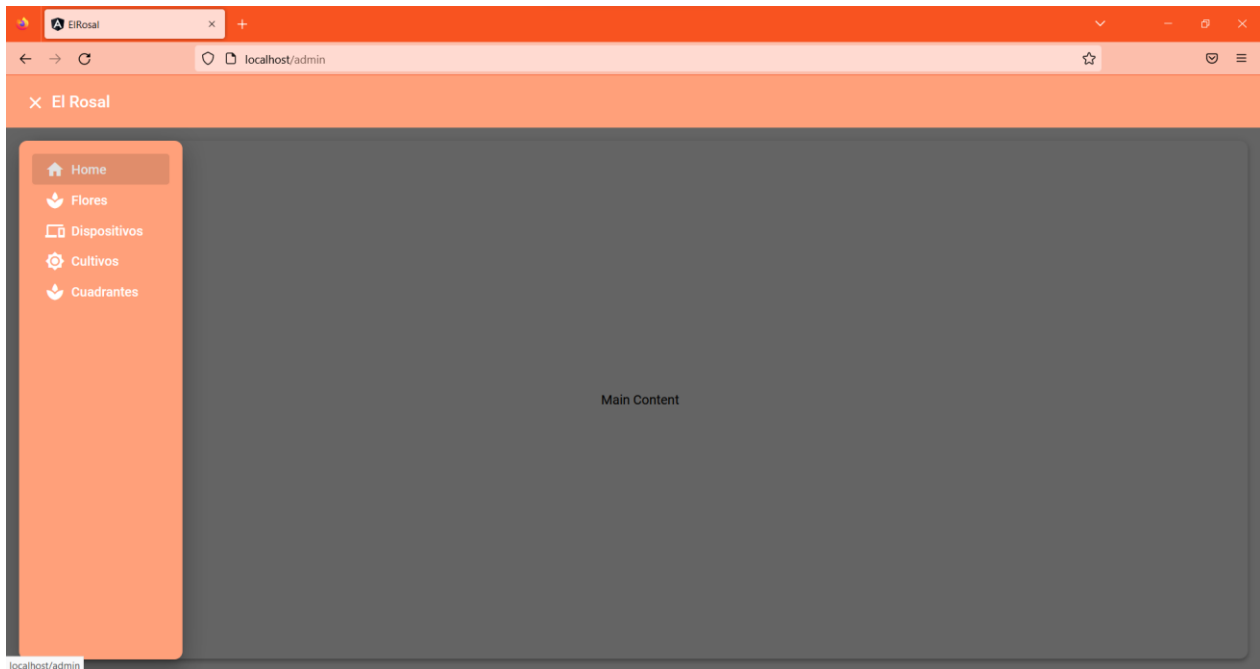


Elaborado por: Edwin Olivo

Como por ejemplo el administrador está encargado de registrar los dispositivos, bloques, cultivos, el etc. El jefe de campo solo podrá a las gráficas donde se representa las mediciones de los sensores de cada nodo final.

Figura 33

Presentación página home.

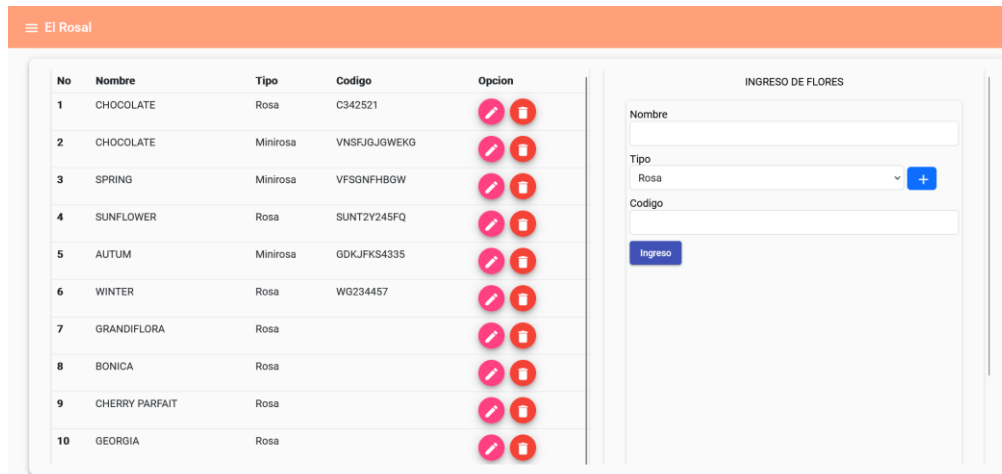


Elaborado por: Edwin Olivo

La página home (figura 33) es la parte central del sistema. En esta página tiene un menú donde redirecciona a las páginas de Flores, Cultivos, Dispositivos y Cuadrantes. Dependiendo del administrador seleccionará la página para registrar el elemento deseado.

Figura 34

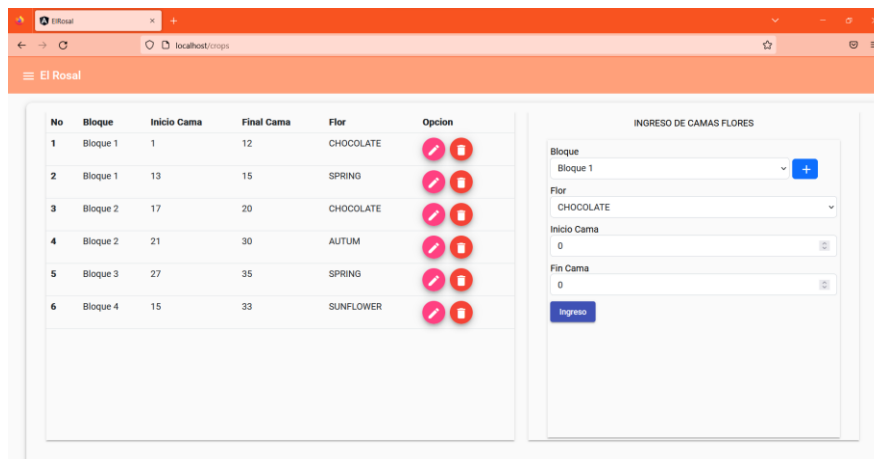
Presentación página flores



Elaborado por: Edwin Olivo.

Figura 35

Presentación página cultivos.



Elaborado por: Edwin Olivo.





En el proyecto se visualiza las páginas de flores y cultivos (figura 34, 35) en los cuales se ingresa los datos de las flores y la asignación en las camas de cultivos. A continuación, en este sistema también se registra la asignación de dispositivos para que bloque y cama se necesita medir las variables de los sensores. Estos registros se encuentran en la página de dispositivos (figura 36).

Figura 36

Presentación página de dispositivos

El Rosal

Ingreso

No	Bloque	Dispositivo	Inicio Cama	Final Cama	Lugar	Opcion
1	Bloque 1	A0002	1	15	INTERIOR	 
2	Bloque 2	A0001	16	25	INTERIOR	 

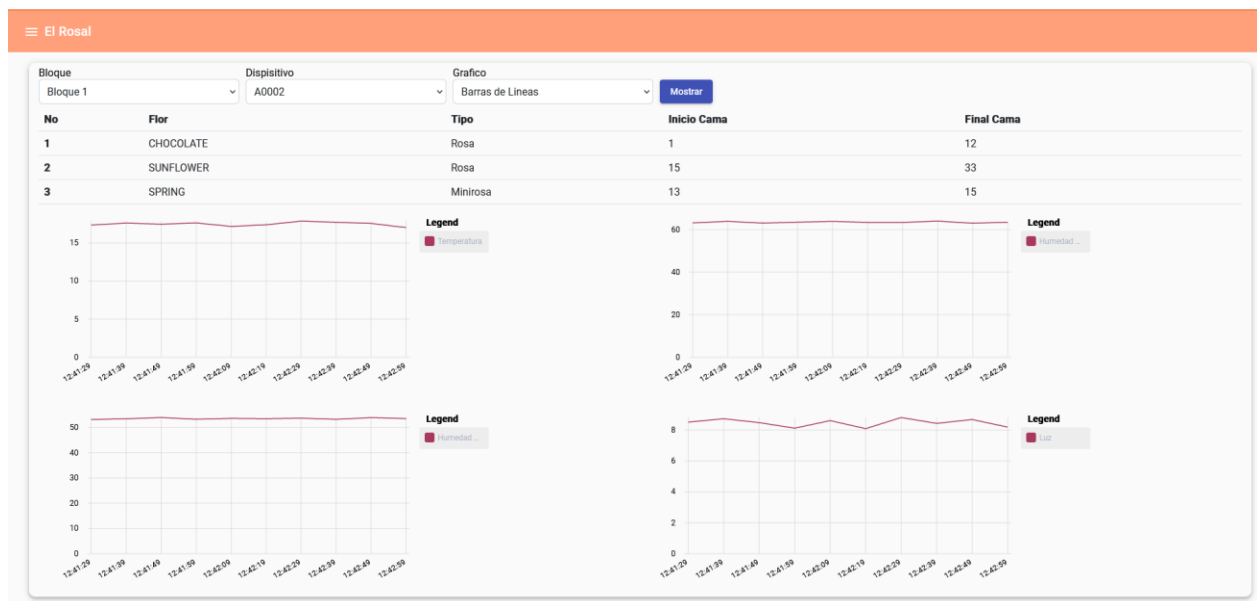
Elaborado por: Edwin Olivo.

En la página de cuadrantes se selecciona el dispositivo y que tipo de gráfica se requiere representar.

Como resultado se obtiene la presentación de gráficas (figura 37) en el cual los jefes de campo hacen los monitoreos y analizan los resultados de las mediciones de los cultivos.

Figura 37

Presentación página de cuadrantes.



Elaborado por: Edwin Olivo

9 INDICADORES DE LOS SENSORES.

Tabla 6

Listado del cuadrante del cultivo medido por el dispositivo.

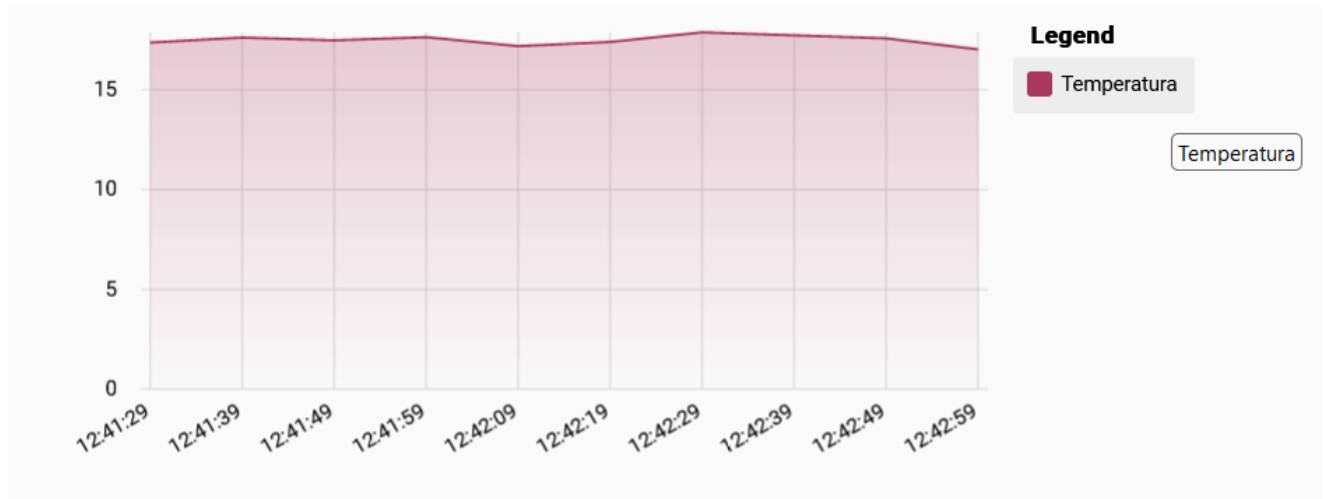
No	Flor	Tipo	Inicio Cama	Final Cama
1	CHOCOLATE	Rosa	1	12
2	SUNFLOWER	Rosa	15	33
3	SPRING	Mini rosa	34	48
4	SUNFLOWER	Rosa	49	60
5	SPRING	Mini rosa	61	15

Elaborado por: Edwin Olivo

En la tabla 6 se puede visualizar al representar los gráficos que estamos midiendo con los sensores. Los gráficos lineales muestran las mediciones en relación con el parámetro del sensor con respecto al tiempo en horas, y el sistema representa estas mediciones en cuatro gráficas: un indicador de temperatura (°C), un indicador de humedad clima (%), un indicador de humedad tierra (%), y un indicador luz (lux). Según los jefes de campo de la florícola “El Rosal” sugieren que, para tener un buen desarrollo de la planta, el rango de medición de temperatura de los cultivos para rosas es de 18 a 25 grados Celsius durante el día. El porcentaje de humedad para el clima es entre 60% a 70%. Para el rango de medición de la humedad tierra está entre 50 y 60%. Y para la medición de la luz es entre 8 a 10 lux.

Figura 38

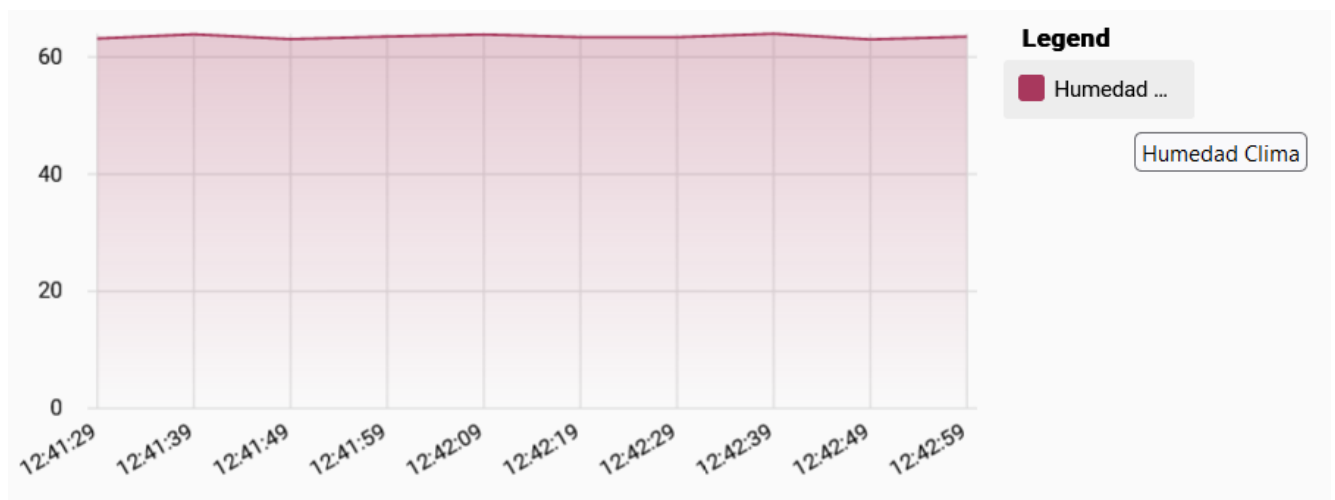
Gráfica de líneas para las mediciones de temperatura en tiempo real de los cultivos.



Elaborado por: Edwin Olivo.

Figura 39

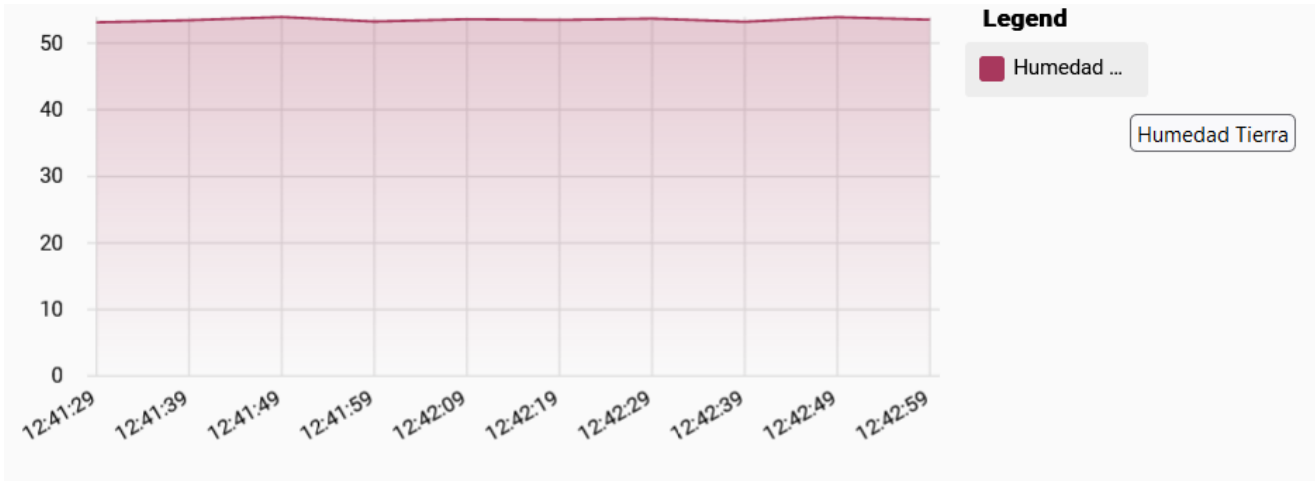
Gráfica de líneas para las mediciones de humedad clima en tiempo real de los cultivos.



Elaborado por: Edwin Olivo.

Figura 40

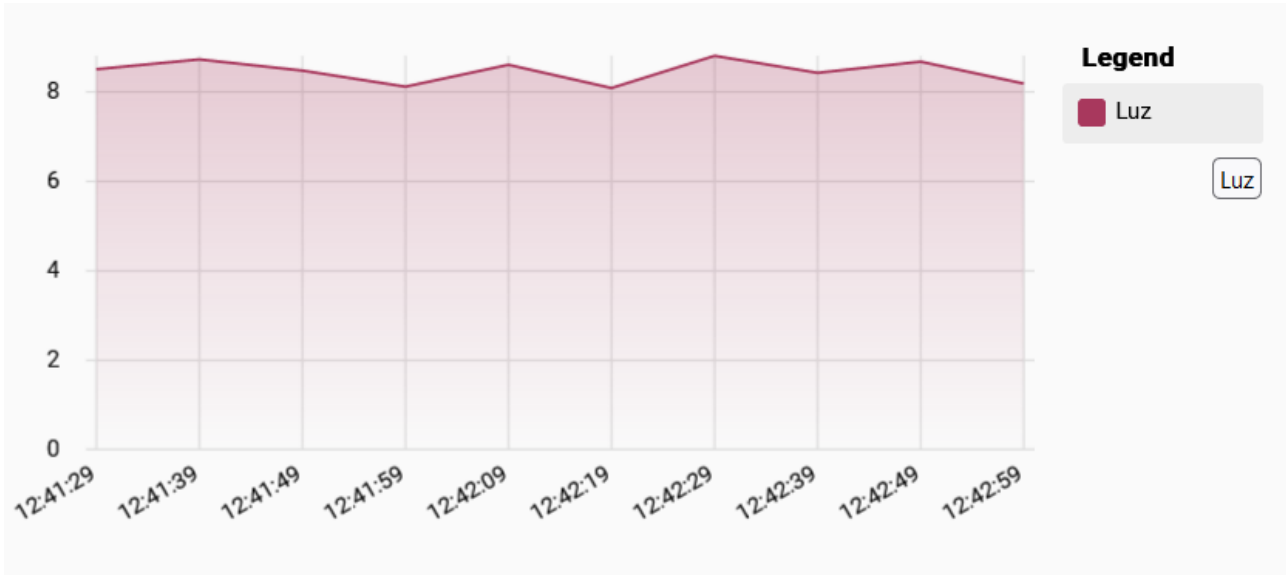
Gráfica de líneas para las mediciones de humedad tierra en tiempo real de los cultivos.



Elaborado por: Edwin Olivo.

Figura 41

Gráfica de líneas para las mediciones de luz en tiempo real de los cultivos.



Elaborado por: Edwin Olivo.

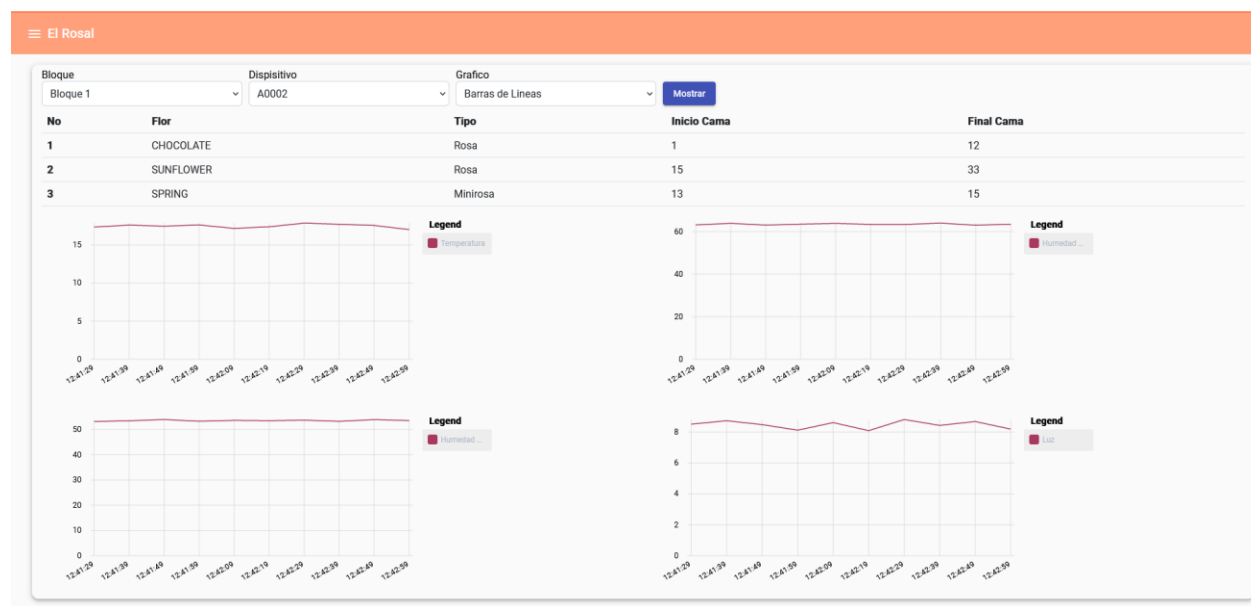
Según las figuras del 38 al 41, muestran las gráficas que miden en tiempo real de la temperatura, humedad clima, humedad de tierra y luz del cuadrante seleccionado en la florícola. Como se puede observar cada sensor mantiene el rango establecido. Por lo tanto, el crecimiento de la planta está en buenas condiciones.

10 ANÁLISIS DE GRÁFICOS

Al obtener las gráficas los agricultores pueden medir los diferentes cultivos en tiempo real y crear un informe con parámetros por año o por mes de cada cuadrante. Y hacer un seguimiento de los cultivos que tengan una mejor calidad de desarrollo para luego ser exportadas.

Figura 42

Presentación de gráficas en tiempo real del dispositivo.



Nota: El jefe de campo presentación Elaborado por: Edwin Olivo

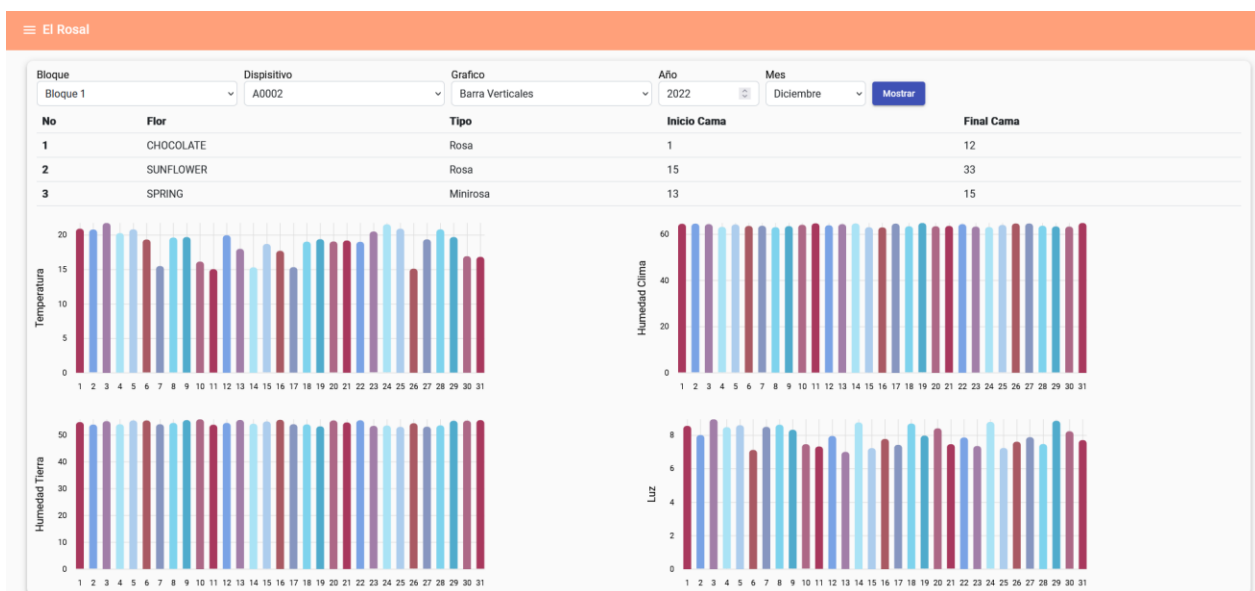
La presentación de gráficas muestra que se necesita consultar. Primero se selecciona el bloque, luego el dispositivo de medición (el nodo final) y la representación que dependiendo de la selección se puede observar en tiempo real o una representación promedio por año o mes. Después se

muestra un listado de los cultivos que se están midiendo y se observa las cuatro gráficas de la medición de la temperatura, humedad del clima, la humedad de tierra y luz.

La figura 43 es una presentación de los promedios equivalentes por mes de cada medida obtenida de los sensores. Los jefes de campo pueden acceder al promedio de cada año o al promedio de cada mes para analizar si los cultivos tuvieron un buen mantenimiento y desarrollo.

Figura 43

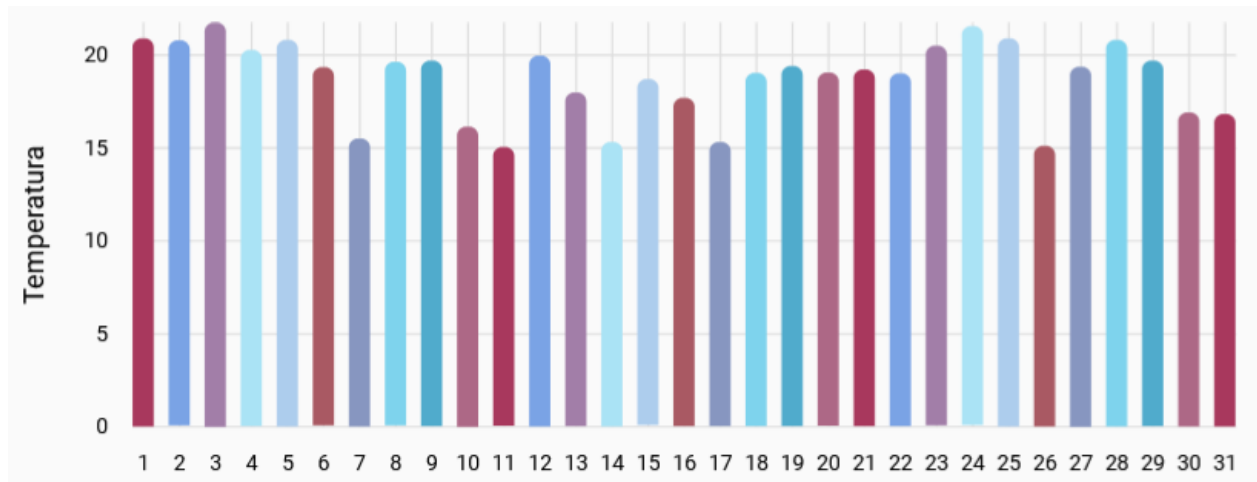
Análisis de gráficos barras verticales.



Nota: En esta figura se muestra el promedio de las mediciones del mes de diciembre. Elaborado por: Edwin Olivo

Figura 44

Presentación promedio del sensor de temperatura del mes diciembre sensores del mes de noviembre en barras verticales.



Elaborado por: Edwin Olivo

Como se visualiza en la Fig. 44 se obtiene el promedio de cada día las mediciones del sensor de temperatura en el respectivo cuadrante. A continuación, se verifica si cumple el rango de temperatura ideal para el cuadrante por día.

Tabla 7

Tabla de cumplimiento de las mediciones de temperatura del cuadrante.

Día	Temperatura °C	Cumple
1	20.91	Si
2	20.79	Si
3	21.75	Si
4	20.28	Si
5	20.82	Si
6	19.36	Si
7	15.51	No
8	19.64	Si
9	19.70	Si

10	16.15	No
11	15.06	No
12	19.97	Si
13	17.99	Si
14	15.32	No
15	18.71	Si
16	17.71	Si
17	15.33	No
18	19.04	Si
19	19.41	Si
20	19.06	Si
21	19.22	Si
22	19.03	Si
23	20.51	Si
24	21.56	Si
25	20.91	Si
26	15.12	No
27	19.38	Si
28	20.83	Si
29	19.71	Si
30	16.92	No
31	16.83	No

Elaborado por: Edwin Olivo

Como resultado de la tabla 7 se obtiene el seguimiento del cultivo y que mantiene un rango estable de temperatura en ciertos días del mes y que en los últimos días los cultivos al no registrar el rango deseado, los jefes de campo cumplen un mantenimiento para las plantas y en los próximos días se restablezca.

CONCLUSIONES

- En conclusión, con la obtención de las gráficas el seguimiento en tiempo real la medición del cultivo se mantiene entre los 18 y 25 grados para tener una temperatura, lo que indica que el cuadrante del cultivo tuvo un buen desarrollo. Y el promedio del mes de diciembre es en total el 18.791°C lo que muestra que se mantuvo la temperatura ideal para el crecimiento en el presente mes. Con estos resultados el agricultor o jefe de campo y el cliente pueden tener un informe inmediato de la producción y una buena cosecha.
- Con el uso de los dispositivos LoRa, el cliente utiliza menos recursos de energía al obtener la información continua y simultánea, el jefe de campo ahorra tiempo en medir los cultivos de cada bloque y la empresa ahorra un 5% más al economizar los gastos de recursos.
- Al utilizar las plataformas Angular y Node Js. dan un entorno de comunicación dinámica esto hace que los usuarios puedan acceder a la información de manera eficiente y puedan realizar su trabajo a medida que pueda mejorar informes diarios, mensuales o de años.
- Con el uso de dos servidores en el clouding un servidor para solo consultas (backend) y un solo servidor para la interfaz (frontend), la aplicación acelera las respuestas de la base de datos y permite que la aplicación sea dinámica para que el jefe de campo tenga una solución inmediata y un monitoreo constante.

RECOMENDACIONES

- La tecnología LoRa permite ayudar a la obtención de datos en los sectores donde exige comunicaciones a largas distancias y como beneficio de los dispositivos tiene un tiempo de duración demasiado alta. Y la facilidad del protocolo de comunicación permite que la red pueda ingresar varios dispositivos a la misma red esto como resultado es una característica de escalabilidad.
- Gracias a la librería Ngx-chart podemos realizar la representación variada de objetos que permiten al usuario mostrar diferentes gráficos con esto podemos hacer un seguimiento de las medidas realizadas por nuestros sensores. Se pueden establecer otras gráficas dependiendo el análisis de las consultas del monitoreo.
- Como los dispositivos son de medición, también se puede agregar actuadores en los nodos finales que permiten acciones instantáneas para que los resultados de las mediciones no se sobrepasen el rango establecido.

LISTA DE REFERENCIAS

- Cama, A. (2012). Las redes de sensores inalámbricos y el Internet de las cosas.
- Choque, H. (2021). Metodología de Desarrollo de Sistema IoT con LoRaWAN para la Agricultura. *Universidad Católica Boliviana "San Pablo"*, 1-5.
- Mañay, D., Chicaiza, F., Orozco, A., Chilibingua, M., Martínez, J., & Guzmán, A. (2022). Diseño de una red LoRa de bajo costo para el monitoreo del sector agrícola. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 1-17.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). *La Guía de Scrum*.
- Anónimo. (s.f.). *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?* Obtenido de TIBCO: <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot>
- Anónimo. (2015). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Anónimo. (3 de July de 2017). *Global Soft*. Obtenido de Global Soft: <https://globalsoftm.com/tecnologia-mysql/>
- Anónimo. (2018). *Heltec*. Obtenido de WiFi LoRa 32 (V2.1) Phaseout: <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>
- Anónimo. (28 de May de 2018). *The Thing Network Aprendiendo Arduino*. Obtenido de The Thing Network: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/>
- Anónimo. (2020). *Fotoresistencia KY-018*. Obtenido de Iberobotics: <https://www.iberobotics.com/producto/modulo-sensor-de-luz-ldr-fotoresistencia-ky-018-analogico/>
- Anónimo. (2020). *Sensor Humedad Sustrato Hygrometer Last Ver. FC-28*. Obtenido de Rambal: <https://rambal.com/temperatura-humedad/929-sensor-de-humedad.html>

- Anónimo. (2021). *NayLamp Mechatronics*. Obtenido de NayLamp Mechatronics:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html>
- Anónimo. (2021). *Uso de Sensores de Humedad para Definir Riego*. Obtenido de Intagri:
<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/uso-de-sensores-de-humedad-para-definir-riego#:~:text=El%20porcentaje%20recomendado%20para%20la,sensibles%20a%20sequ%20de%2025%20%25%20>
- Anónimo. (06 de December de 2022). *Blog Agricultura*. Obtenido de Blog Agricultura:
<https://blogagricultura.com/concepto-floricultura/>
- Anónimo. (06 de Diciembre de 2022). *El cultivo de la rosa*. Obtenido de Info. Agro:
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_rosa.asp
- Anónimo. (28 de Julio de 2022). *What Exactly is Node.js?* Obtenido de NEW 7H:
<https://news7h.com/what-exactly-is-node-js/>
- Anónimo. (s.f.). *Rambal*. Obtenido de <https://rambal.com/temperatura-humedad/1067-modulo-humedad-temperatura-dth11.html>
- Campos, F. (25 de Febrero de 2020). *Industrial M2M*. Obtenido de <https://www.m2mlogitek.com/que-es-lorawan/>
- Cillero, M. (2017). *Diagrama de Secuencia*. Obtenido de Manuel Cillero:
<https://manuel.cillero.es/doc/metodologia/metrica-3/tecnicas/diagrama-de-interaccion/diagrama-de-secuencia/>
- Delgado, C. (9 de Diciembre de 2013). *Casos de Uso*. Obtenido de TIENDA ELECTRONICS:
<https://sites.google.com/site/tiendaelectronics/home/casos-de-usos>
- Giraldo, V. (14 de February de 2019). *Rock Content*. Obtenido de Rock Content:
<https://rockcontent.com/es/blog/plataformas-digitales/>

Goncalves, M. J. (13 de Octubre de 2021). *¿Qué es Angular y para qué sirve?* Obtenido de Hiberus:

<https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-angular-y-para-que-sirve/>

LoRA. (s.f.). Obtenido de <https://www.semtech.com/lora/why-lora>

Lora, A. (16 de November de 2020). *About LoRa Alliance*. Obtenido de Alliance Lora: [https://lora-](https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/)

[alliance.org/about-lora-alliance/](https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/)

Santos, R. (Junio de 2019). *Random Nerd Tutorials*. Obtenido de

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-mysql-database-php/>