



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“Diseño del control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores”

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

AUTORES:

ANGELO FRANCISCO REINOSO RAMOS

GUIDO WALTER BOHÓRQUEZ HERNÁNDEZ

TUTOR: ING. TEDDY JHENNSE NEGRETE PEÑA MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, **Guido Walter Bohórquez Hernández** con documento de identificación N° **0930037940** y **Ángelo Francisco Reinoso Ramos** con documento de identificación N° **1725023202** manifestamos que:

Somos los autor y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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.

Guayaquil, 3 de enero del año 2024.

Atentamente,



Guido Walter Bohórquez Hernández
CI # 0930037940



Angelo Francisco Reinoso Ramos
CI# 1725023202

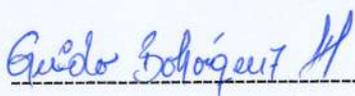
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, **Guido Walter Bohórquez Hernández** con documento de identificación N° **0930037940** y **Angelo Francisco Reinoso Ramos** con documento de identificación N°**1725023202**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento se cede a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado titulado: **“Diseño del control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELECTRÓNICO**, 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 se hace la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 3 de enero del año 2024.

Atentamente,



Guido Walter Bohórquez Hernández
CI # 0930037940



Angelo Francisco Reinoso Ramos
CI# 1725023202

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Teddy Jhennse Negrete Peña MSc.** con documento de identificación N°**0912419611**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“Diseño del control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores”**, realizado por **Guido Walter Bohórquez Hernández** con documento de identificación N° **0930037940** y **Ángelo Francisco Reinoso Ramos** con documento de identificación N°**1725023202**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajo de grado que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 3 de enero del año 2024.

Atentamente,



Ing. Teddy Jhennse Negrete Peña MSc.

CI#0912419611

DEDICATORIA

Este logro va dedicado con mucho amor para mi familia, mi esposa Gabriela Arreaga que es un pilar fundamental en mi vida y está apoyándome en todo momento, a mis hijos que son el motor en mi diario vivir y me impulsan a crecer de manera personal y profesional.

A mis padres que supieron guiarme y enseñarme a ser un buen hijo, padre, esposo y hermano.

Dedicado a Ruth Loor Vélez y Alberto Bohórquez Díaz que estuvieron desde mi primer día de clases hasta la finalización de mis estudios, a todos mis hermanos, primos y demás familiares que estuvieron pendientes de todo este proceso de crecimiento.

Dedicado a todos los docentes de la Universidad politécnica Salesiana que generosamente compartieron sus conocimientos cada año hasta la finalización de mi carrera universitaria.

Guido Walter Bohórquez Hernández

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va dirigido principalmente para Dios por permitirme lograr este objetivo muy importante en mi vida, a mis padres Bolívar Bohórquez y Sara Hernández por ser un pilar fundamental en todo este proceso a mis hermanos que supieron aconsejarme y darme el apoyo necesario para continuar, a mi esposa y mis hijos que me impulsaron cada día a seguir adelante a pesar de las dificultades y me enseñaron que con esfuerzo y constancia se pueden lograr los objetivos propuestos.

Guido Walter Bohórquez Hernández

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, por su misericordia infinita, por la sabiduría y fuerza brindada para poder concluir este peldaño de mi vida el cual tomo varios años de sacrificio mientras he trabajado, estudiado y a la vez he sido padre.

Agradezco a mi valiosa madre por ser ese ejemplo de lucha y dejarse muchas veces a un lado ella por sus hijos, sin duda alguna un debo devolver su gran esfuerzo recompensándola y cuidándola de por vida, gracias, mamá sin sus valores e integridad mostrada no lo hubiese logrado.

Agradezco también a mi padre quien ha sido de inspiración para enseñarme que todo lo bueno es posible lograrlo en esta vida, que debemos ser soñadores despiertos y arriesgarnos, atrevernos a ir por lo nuestro, por nuestro buen futuro venidero.

Ángelo Francisco Reinoso Ramos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi hermana quien con sus peldaños escalados siempre me ha exigido indirectamente ir atrás de ella, tener esa competencia académica de hermanos saludable. Hoy seré con la bendición de Dios Ingeniero estimada Magister y futura Abogada Angie Reinoso. Gracias por ser siempre de inspiración.

Agradezco la vida de mi hijo quien llego en el momento perfecto a darme fuerzas y hacerme entender que viene atrás mío siguiendo mis pasos. Hasta el último día de mi vida iré por más Hijo Eliú Reinoso recordándote siempre que los hombres venimos a guerrear y a ser cabezas en este mundo y no cola. Te amo y siempre te guiare por el camino del bien. Agradezco también a los docentes y a la Universidad Politécnica Salesiana por ser puerta de muchos profesionales donde con esfuerzo se puede trabajar y estudiar.

Sin lugar a duda hay muchas más personas a quien agradecer, pero sería muy extenso. Hoy es un día especial y a todos los amigos verdaderos les doy gracias por sus buenos deseos y empuje en este peldaño de mi vida.

Ángelo Francisco Reinoso Ramos

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO TÉCNICO	TEMA DE PROYECTO TÉCNICO
2024	Ángelo Francisco Reinoso Ramos Guido Walter Bohórquez Hernández	Ing. Teddy Jhennse Negrete Peña MSc.	Diseño del control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores

El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de control para un huerto urbano, utilizando como entradas valores de temperatura, humedad y conductividad eléctrica del suelo. Estos datos se conectan a un microcontrolador que se integra con una interfaz visual en una pantalla NEXTION. Además, se implementa una función de supervisión remota a través de la nube utilizando la plataforma Ubidots.

En el proceso de desarrollo de este proyecto, se elige emplear salidas conectadas a motores de corriente continua. Estos motores tienen la función de activar el sistema de riego en el huerto, evitando así la deshidratación de las plantas y asegurando su crecimiento saludable.

Una característica destacada del proyecto es la inclusión de un control manual que permite al usuario activar el sistema de riego a través de la interfaz diseñada en NEXTION. Además de este control manual, el sistema cuenta con un modo automático. Este modo automatizado incluye condiciones programadas para su activación, ya sea mediante rutinas predefinidas o alarmas. Estas condiciones se basan en la hora local del sistema y en los

valores de temperatura y humedad, de manera que el riego se activa en función de estas variables.

En resumen, este proyecto busca lograr un sistema de control completo y eficiente para un huerto, que combina la tecnología de microcontroladores, interfaces visuales y conectividad en la nube para garantizar el cuidado óptimo de las plantas a través de la regulación inteligente del riego.

PALABRAS CLAVES: Desarrollo, Control, Huerto, Entradas, Temperatura, Humedad, Electrólisis del suelo, Microcontrolador, Interfaz visual, Pantalla NEXTION, Supervisión remota, Nube, Plataforma Ubidots, Regulación inteligente.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR OF TECHNICAL PROJECT	TECHNICAL PROJECT THEME
2024	Ángelo Francisco Reinoso Ramos Guido Walter Bohórquez Hernández	Ing. Teddy Jhennse Negrete Peña MSc.	Diseño del control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores

The goal of this work is to develop a control system for an urban garden, using inputs such as soil temperature, humidity, and electrical conductivity values. These data are connected to a microcontroller that integrates with a visual interface on a NEXTION screen. Additionally, a remote monitoring function is implemented through the cloud using the Ubidots platform.

In the development process of this project, outputs connected to direct current motors are chosen. These motors have the function of activating the irrigation system in the garden, thus preventing plant dehydration and ensuring their healthy growth.

A notable feature of the project is the inclusion of a manual control that allows the user to activate the irrigation system through the interface designed in NEXTION. In addition to this manual control, the system has an automatic mode. This automated mode includes programmed conditions for activation, either through predefined routines or alarms. These conditions are based on

the system's local time and the temperature and humidity values, so that irrigation is activated based on these variables.

In summary, this project seeks to achieve a complete and efficient control system for a garden, combining microcontroller technology, visual interfaces, and cloud connectivity to ensure optimal plant care through intelligent irrigation regulation

KEYWORDS: Development, Control, Garden, Inputs, Temperature, Humidity, Soil Electrolysis, Microcontroller, Visual Interface, NEXTION Screen, Remote Monitoring, Cloud, Ubidots Platform, Intelligent Regulation

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE GENERAL.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XX
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Importancia y Alcances.....	2
1.3. Delimitación	3
1.3.1. Temporal.....	3
1.3.2. Espacial.....	3
1.3.3. Académica	3
1.4. Innovación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5

2.1. Agricultura Urbana.....	5
2.2. Agricultura Sostenible	5
2.3. Automatización y control en Agricultura.....	6
2.4. Microcontroladores	6
2.5. Tipos de microcontroladores	7
2.6. Arduino Mega	8
2.7. ESP32.....	9
2.8. STM32	9
2.9. Supervisión en la nube.....	11
2.10. Servicios en la nube	12
2.11. Sensores en la Agricultura	13
2.11.1. Sensor de Humedad del suelo.....	13
2.11.2. Sensor de Humedad ambiental	14
2.11.3. Sensor de Temperatura	14
2.11.4. Sensor de Radiación solar.....	15
2.11.5. Sensor de conductividad Eléctrica del Suelo.....	16
2.11.6. Sensor de pH.....	17
2.11.7. Sensor del nivel de Agua	17
2.11.8. Sensor de lluvia	18
2.11.9. Sensor de CO2.....	19
2.11.10. Sensor de conductividad en Hojas	20
2.11.11. Sensor de Luz.....	20
2.11.12. Sensor de Presión atmosférica	21
2.11.13. Sensor de velocidad del viento	22
2.11.14. Sensor de plagas	22
2.12. Monitoreo en la Agricultura.....	23
2.13. Monitoreo mediante la nube.....	24

2.14. Monitoreo mediante sistemas SCADA	24
2.15. Sistemas de Riego Inteligente	24
2.16. Aspectos sociales en la Agricultura	24
3. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Diseño del prototipo.....	25
3.2. Flujograma y funcionamiento del proyecto	28
3.2.1. Modo manual.....	29
3.2.1. Modo automático	30
3.3. Módulos del prototipo	32
3.3.1. Sensor dht11	32
3.3.2. Sensor de suelo	32
3.3.3. Sensor de ds18b20	33
3.3.4. Arduino Mega	34
3.3.5. ESP32.....	34
3.3.1. Pantalla Nextion	35
3.3.1. L298D	36
3.4. Tarjetas pcb del modulo.....	37
3.5. Sistema de control del huerto	38
3.5.1. Adquisición y procesamiento de datos de sensores	40
3.5.2. Creación de entorno en Ubidots y enlace con ESP32.....	53
3.5.3. Configuración de pantalla Nextion	61
RESULTADOS	65
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77
ANEXOS.....	80
A. – Planos.....	80

B. –Datos del Huerto urbano..... 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Agricultura Urbana	5
Figura 2: Agricultura Sostenible.....	6
Figura 3: Estructura del microcontrolador	7
Figura 4: Arduino Mega.....	9
Figura 5: Esp 32.....	10
Figura 6: Smt32.....	11
Figura 7: Supervisión en la nube.....	12
Figura 8: Servicios de la nube.....	13
Figura 9: Sensor de Humedad del suelo.....	14
Figura 10: Sensor de Humedad ambiental.....	15
Figura 11: Sensor de Temperatura	16
Figura 12: Sensor de radiación solar	17
Figura 13: Sensor de conductividad eléctrica del suelo.....	17
Figura 14: Sensor de pH.....	18
Figura 15: Sensor de nivel de agua	19
Figura 16: Sensor de lluvia.....	20
Figura 17: Sensor de CO2.....	20
Figura 18: Sensor de conductividad en hojas	21
Figura 19: Sensor de luz.....	22
Figura 20: Sensor de presión atmosférica	22
Figura 21: Sensor de velocidad de viento.....	23
Figura 22: Sensor de plagas	24
Figura 23: Agricultura Sostenible	24
Figura 24: Diseño del prototipo.....	26
Figura 25: Tablero de control.....	27
Figura 26: Flujograma del funcionamiento inicial del prototipo.....	30
Figura 27: Selección de modo en pantalla NEXTION.....	30
Figura 28: Diagrama de flujo del modo manual	31
Figura 29: Interfaz de pantalla NEXTION en modo manual.....	31
Figura 30: Diagrama de flujo del modo manual	32
Figura 31: Interfaz de pantalla NEXTION en modo automático	33
Figura 32: Sensor de dht11	33
Figura 33: Sensor de suelo	34

Figura 34:	Sensor Ds18b20	34
Figura 35:	Esquema de tarjeta Arduino para conexión con periféricos.....	35
Figura 36:	Esp32 WROOM.	36
Figura 37:	Nextion y microcontrolador central.....	37
Figura 38:	L298d.....	37
Figura 39:	Tarjeta de adquisición esquemático y pcb.....	38
Figura 40:	Tarjeta de enlace iot esquemático y pcb.....	39
Figura 41:	Etapas del sistema del huerto.....	40
Figura 42:	Conexiones entre sensores y tarjeta	41
Figura 43:	Esquemático de conexiones con etapa de adquisición	42
Figura 44:	Conexiones entre sensores y tarjeta con actuadores	42
Figura 45:	Esquemático entre sensores y tarjeta con actuadores	43
Figura 46:	Diagrama entre DS1307 y tarjeta.....	43
Figura 47:	Esquemático entre DS1307 y tarjeta	44
Figura 48:	Declaración de librería nextion	44
Figura 49:	Declaración de librerías para ds18b20.....	44
Figura 50:	Declaración de librerías para dht11	45
Figura 51:	Declaración para pines de higrómetro.....	45
Figura 52:	Declaración de pines para controlar los motores.....	46
Figura 53:	Declaración de librerías para reloj.....	46
Figura 54:	Declaración de variables del proyecto.....	47
Figura 55:	Asignación de subclases	47
Figura 56:	Clase principal	48
Figura 57:	Clase o lazo principal	48
Figura 58:	Método de lectura de sensores de humedad, temperatura y electrolisi	49
Figura 59:	Método para control de motores.....	50
Figura 60:	Método de selección de modo y pantalla.....	50
Figura 61:	Método de control manual y pantalla.....	51
Figura 62:	Flujograma de modo automático	52
Figura 63:	Método de modo automático.....	52
Figura 64:	Trama de datos a enviar para el enlace iot.....	53
Figura 65:	Identificar mediante credenciales.....	54
Figura 66:	Creación de dispositivo	55
Figura 67:	Creación de variables para temperatura	55
Figura 68:	Creación de variables para humedad.....	56

Figura 69:	Creación de variables para electrolisis.....	56
Figura 70:	Creación de variables para botoneras.....	57
Figura 71:	Creación del espacio de trabajo	57
Figura 72:	Creación de variables de supervisión en el espacio de trabajo	58
Figura 73:	Creación de variables de control en el espacio de trabajo.....	58
Figura 74:	Declaración de librerías esp32 Ubidots.....	59
Figura 75:	Declaración de variables para Ubidots.....	59
Figura 76:	Programa en esp32 – método callback.....	60
Figura 77:	Programa en esp32 – método de configuración	61
Figura 78:	Envío de datos a Ubidots.....	61
Figura 79:	Creación de páginas en pantalla	62
Figura 80:	Página principal.....	62
Figura 81:	Función al presionar el botón 1	63
Figura 82:	Función al presionar el botón 2	63
Figura 83:	Página de selección de modo.....	63
Figura 84:	Función al presionar el botón manual.....	64
Figura 85:	Función al presionar el botón automático	64
Figura 86:	Página en modo manual.....	64
Figura 87:	Página en modo automático.....	65
Figura 88:	Prototipo de huerto urbano.....	66
Figura 89:	Sección de hortalizas en el proyecto	66
Figura 90:	Sección de sembrío de tomate y pimiento.....	67
Figura 91:	Mantenimiento preventivo e inspección visual del prototipo.....	68
Figura 92:	Prototipo tercera semana	69
Figura 93:	Prototipo sexta semana	69
Figura 94:	Supervisión del huerto	70
Figura 95:	Prototipo séptima semana.....	70
Figura 96:	Prototipo octava semana	71
Figura 97:	Prototipo decima semana en sector 1	72
Figura 98:	Prototipo decima semana en sector 2	73
Figura 99:	Prototipo decima semana en sector 3	74
Figura 100:	Prototipo decima semana en sector 4.....	75
Figura 101:	Dimensiones	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 :Tabla de resultados.....	169
--	-----

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se centra en la creación de un sistema integral de control diseñado para la gestión de huertos urbanos. Mediante la utilización de datos de entrada como la temperatura, humedad y conductividad eléctrica del suelo, este sistema busca proporcionar una solución eficiente e inteligente para el cuidado de las plantas.

En el contexto de la creciente importancia de la agricultura urbana como respuesta a los desafíos de seguridad alimentaria y sostenibilidad en entornos urbanos, este proyecto adquiere relevancia al centrarse en el diseño y desarrollo de un sistema de control avanzado para un huerto urbano. El propósito fundamental de esta iniciativa es establecer una plataforma tecnológica innovadora que permita la producción eficiente de hortalizas en áreas urbanas, empleando microcontroladores y habilitando la supervisión remota a través de la nube.

Este enfoque busca abordar los retos inherentes a la falta de espacio y recursos en entornos urbanos, combinando la automatización, la tecnología de microcontroladores y la conectividad en la nube para lograr una gestión inteligente y efectiva del huerto.

El sistema de control propuesto se basa en la recopilación de datos clave para el crecimiento de las plantas, como la temperatura, humedad y niveles de conductividad eléctrica del suelo.

Estos datos son procesados por microcontroladores que, a su vez, se integran con una plataforma de interfaz visual, como una pantalla NEXTION. Esta interfaz permite a los usuarios monitorear y ajustar las condiciones del huerto de manera intuitiva.

1. EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En el contexto de la creciente urbanización y los desafíos asociados con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en entornos urbanos, la agricultura urbana ha emergido como una respuesta prometedora. Esta tendencia busca aprovechar la infraestructura disponible en las ciudades para la producción de alimentos frescos y saludables. Sin embargo, la limitación de espacio y recursos en estas áreas ha impulsado la necesidad de soluciones tecnológicas innovadoras.

1.2. Importancia y Alcances

La convergencia de la tecnología de microcontroladores con el concepto del Internet de las Cosas (IoT) se destacó en este proyecto. La supervisión en la nube, habilitada por plataformas como Ubidots, permitió la recopilación y visualización de datos en tiempo real desde ubicaciones remotas. Esto se alineó con la tendencia de la automatización agrícola y el monitoreo inteligente, proporcionando una forma eficaz de administrar un huerto urbano en constante cambio.

Un aspecto clave de la propuesta fue la integración de un enfoque educativo. Al dirigirse a estudiantes de Ingeniería Electrónica y Automatización, el proyecto no solo buscó abordar desafíos prácticos de la agricultura urbana, sino también proporcionar una oportunidad valiosa para que los estudiantes aplicaran sus conocimientos en un contexto real. Este enfoque educativo y práctico fue fundamental para fomentar la innovación en la intersección de la tecnología y la agricultura.

1.3. Delimitación

1.3.1. Temporal

La implementación de este proyecto se realizó en un intervalo de seis meses a partir de la aprobación de este.

1.3.2. Espacial

El proyecto se desarrolla en la terraza de la vivienda de uno de los autores:

1.3.3. Académica

El módulo diseñado, provee un alcance académico que involucran conocimientos obtenidos en las siguientes materias: Electiva I, Electiva II, Teoría del Diseño, Electrónica de Potencia, Circuitos Eléctricos I, Procesamiento Digital de Señales, Informática Industrial.

1.4. Innovación

La esencia de esta innovación se encuentra en la sinergia de dos elementos esenciales: la utilización de microcontroladores y la automatización de procesos agrícolas. El empleo de microcontroladores permite la creación de un sistema de monitoreo y control altamente personalizado. Estos dispositivos pueden integrar una gama diversa de sensores que capturan datos críticos del entorno, como temperatura, humedad y conductividad eléctrica del suelo. Esta recolección precisa de datos en tiempo real sienta las bases para una toma de decisiones informada y optimizada en la gestión del huerto.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar un prototipo de control de un huerto urbano para la producción de hortaliza en zonas urbanas con supervisión en la nube utilizando microcontroladores

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de control basado en microcontroladores para la supervisión de las variables de temperatura, humedad, electrolisis del suelo para un invernadero urbano.
- Desarrollar un enlace a la plataforma UBIDOTS alojada en la nube para la supervisión mediante un protocolo de comunicación UTP y mostrar valores como temperatura, humedad, electrolisis.
- Pruebas y verificación de prototipo para la producción de hortaliza en un intervalo de tiempo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Agricultura Urbana

La agricultura urbana se define como la planificación, implementación y gestión de sistemas agrícolas integrados en entornos urbanos, que involucran prácticas de cultivo, crianza de animales y aprovechamiento de recursos locales, con el objetivo de generar productos agrícolas y servicios ecológicos, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la resiliencia urbana.



Figura 1: Agricultura Urbana

2.2. Agricultura Sostenible

La agricultura sostenible se refiere a un enfoque holístico de producción agrícola que busca maximizar la productividad y la eficiencia de los sistemas agrícolas, al tiempo que minimiza el impacto ambiental negativo y conserva la integridad de los recursos naturales a largo plazo (Altieri, 2009).

Esta estrategia implica la optimización de la utilización de recursos como suelo, agua y energía, la promoción de prácticas de manejo que preserven la biodiversidad y la salud del suelo, la minimización de la dependencia de insumos químicos sintéticos y la consideración de factores económicos y sociales para garantizar la viabilidad económica y el bienestar de las

comunidades rurales y urbanas involucradas en la actividad agrícola (Carreño, 2021).



Figura 2:. Agricultura Sostenible (Carreño, 2021).

2.3. Automatización y control en Agricultura

Es la aplicación de tecnologías y sistemas avanzados que permiten la monitorización y regulación precisas de procesos agrícolas, abarcando desde la siembra y cultivo hasta la cosecha y postcosecha (Muriel, 2022).

Esto implica la integración de sensores para capturar datos en tiempo real sobre variables como clima, humedad del suelo y estado de las plantas, así como el uso de algoritmos y dispositivos de control automatizado, como actuadores y sistemas de riego inteligentes, para ajustar las condiciones y optimizar la producción agrícola (Acuña Melo, 2022).

2.4. Microcontroladores

Son dispositivos integrados en un solo circuito que combinan elementos esenciales de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida, diseñados para ejecutar tareas específicas en sistemas electrónicos (FIGUEROA NACIMBA, 2019).

Estos componentes de computación embebida son utilizados para controlar y supervisar diversas operaciones en aplicaciones tales como automatización

industrial, electrónica de consumo y sistemas embebidos, al procesar instrucciones y datos de manera eficiente, interactuar con sensores y actuadores, y permitir la implementación de lógica programable que se adapta a las necesidades del sistema en el que son integrados (González Rodríguez, 2014).

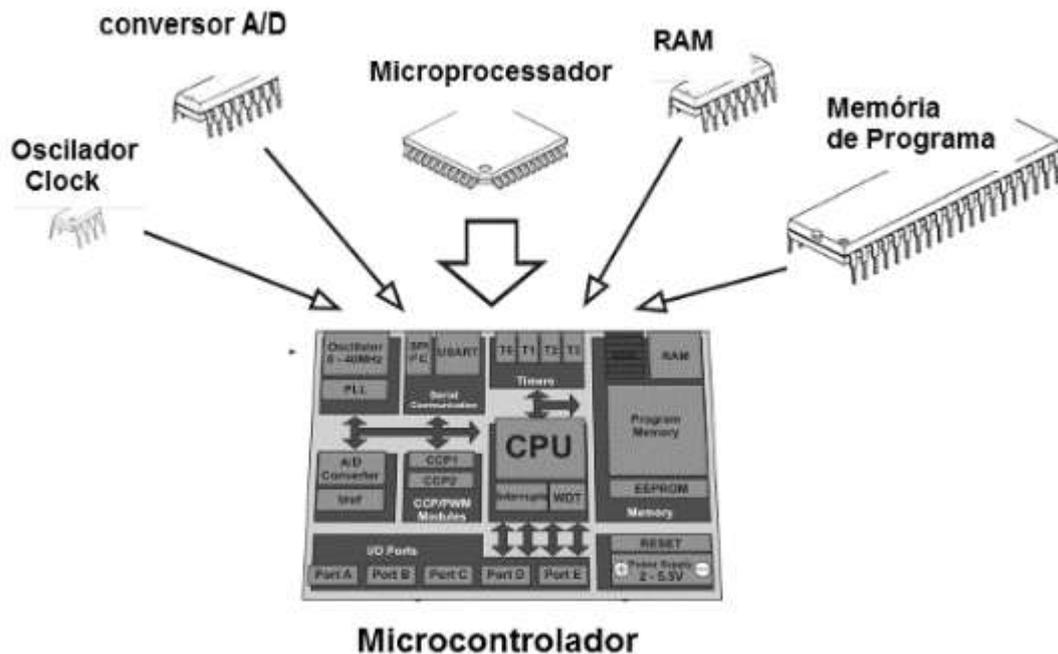


Figura 3: Estructura del microcontrolador (González Rodríguez, 2014).

2.5. Tipos de microcontroladores

Las categorías basadas en arquitecturas, capacidades y aplicaciones específicas de estos dispositivos embebidos.

Pueden clasificarse en función de la arquitectura del núcleo de procesamiento, como microcontroladores de arquitectura Harvard o von Neumann, así como según la arquitectura de conjunto de instrucciones (LOPEZ VERA, 2023).

Los tipos también pueden diferenciarse en función de la potencia de procesamiento, el consumo de energía y la cantidad de memoria flash y RAM incorporada, permitiendo la elección adecuada según las demandas de

2.7. ESP32

Es un microcontrolador de bajo consumo y alto rendimiento desarrollado por Espressif Systems, que se basa en la arquitectura Xtensa LX6 de doble núcleo y ofrece una amplia gama de características avanzadas (Belmonte Rios, 2022).

Este dispositivo se destaca por su capacidad de conectividad Wi-Fi y Bluetooth dual, así como por su amplia variedad de interfaces periféricas, que incluyen pines digitales y analógicos, UART, SPI, I2C, ADC, DAC y PWM. La ESP32 también cuenta con memoria flash y RAM generosas, lo que permite la ejecución de aplicaciones complejas, desde proyectos de IoT hasta sistemas embebidos de alto rendimiento (Burgoa Callisaya, 2019).

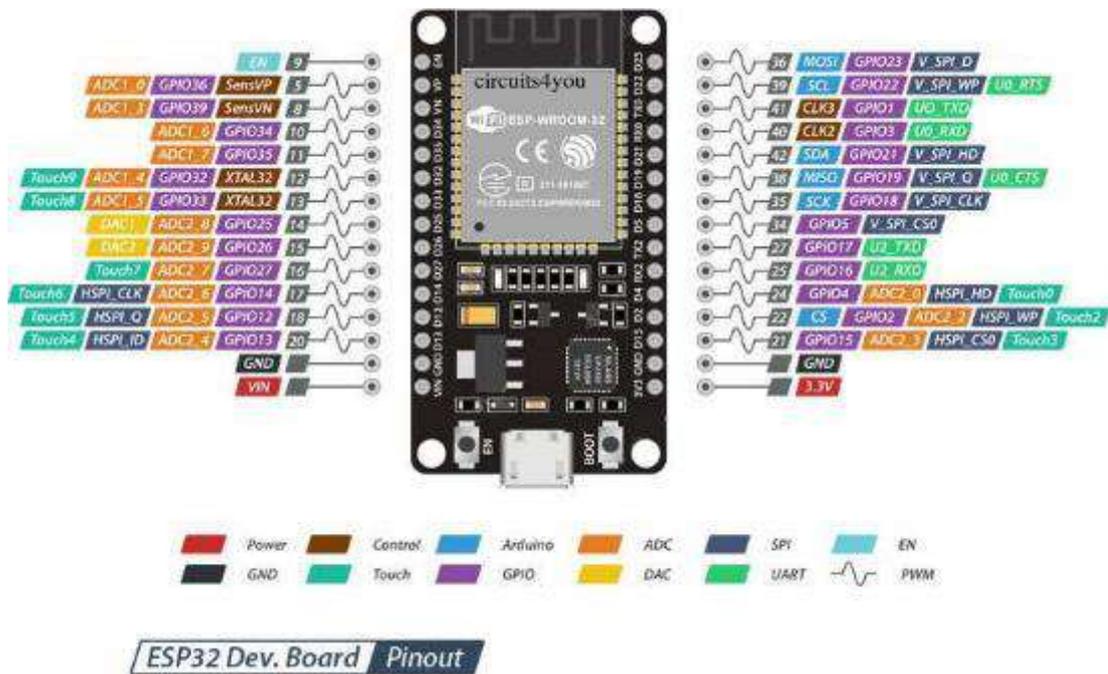


Figura 5.: Esp 32

2.8. STM32

Es una familia de microcontroladores de 32 bits desarrollada por STMicroelectronics, que se basa en la arquitectura ARM Cortex-M y ofrece

una amplia variedad de opciones en términos de rendimiento, periféricos y capacidades de memoria (Fierro Lora, 2022).

Estos microcontroladores se destacan por su versatilidad y escalabilidad, abarcando desde modelos de entrada hasta dispositivos de alto rendimiento, con características como múltiples núcleos, interfaces de comunicación avanzadas (UART, SPI, I2C, USB), convertidores analógico-digitales (ADC) y funciones de seguridad integradas (Moreno Chuqui, 2023).

La STM32 es ampliamente utilizada en aplicaciones que van desde la electrónica de consumo hasta sistemas embebidos industriales, debido a su flexibilidad y capacidades de procesamiento avanzadas (Agudelo Cristancho, 2021).

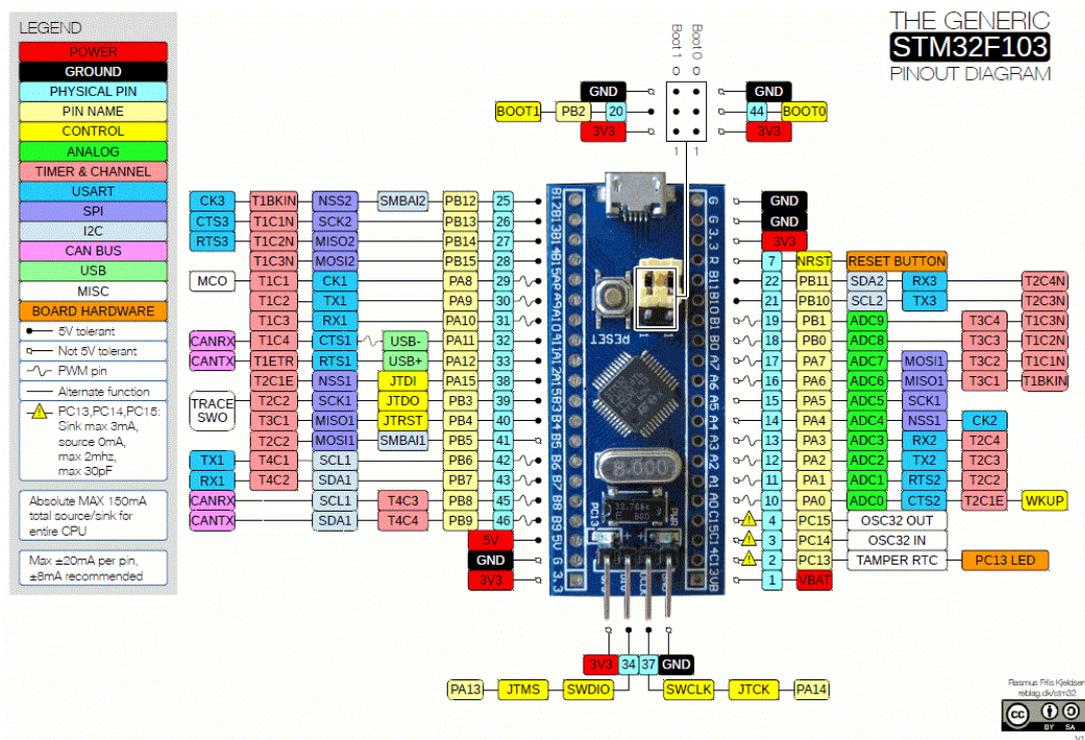


Figura 6:. Smt32 (Agudelo Cristancho, 2021).

2.9. Supervisión en la nube

Es la práctica de recopilar, transmitir y almacenar datos y eventos generados por sistemas o dispositivos en ubicaciones remotas a través de servicios en línea basados en la nube (Angulo Montenegro, 2023)

Esta supervisión implica la utilización de protocolos de comunicación y Apis para transmitir datos desde sensores y dispositivos embebidos a plataformas en la nube, donde estos datos son almacenados, procesados y analizados. (Muñoz Alcázar, 2019)

Este enfoque permite el acceso remoto y en tiempo real a los datos, así como la implementación de análisis, visualización y control de sistemas distribuidos desde cualquier ubicación con conexión a Internet, brindando escalabilidad, flexibilidad y potencialmente reduciendo la necesidad de infraestructura física en el lugar (Merino Ricaurte, 2020).

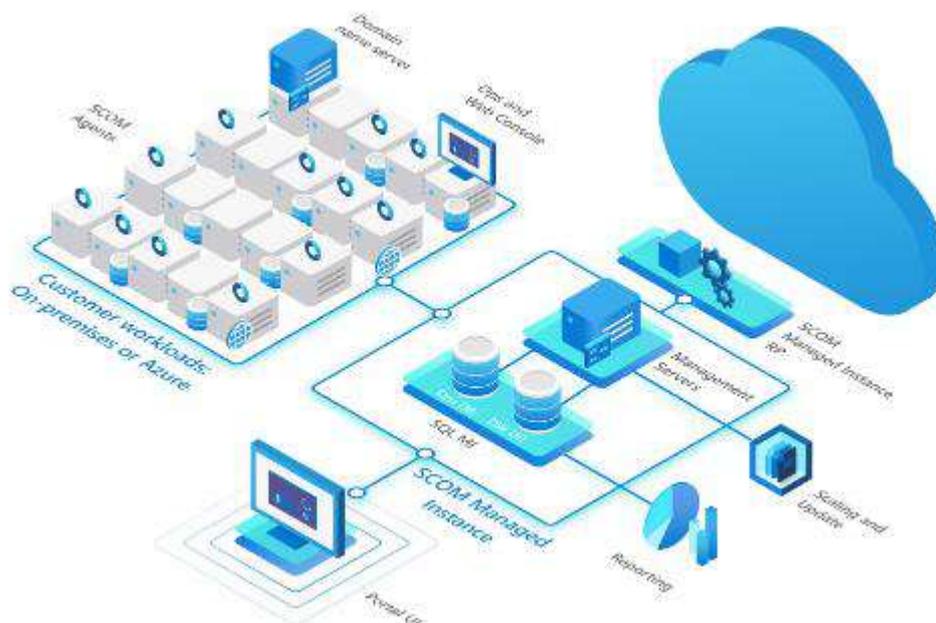


Figura 7.: Supervisión en la nube (Merino Ricaurte, 2020).

2.10. Servicios en la nube

Los tipos de servicios en la nube, en un contexto técnico, se refieren a las categorías de ofertas computacionales proporcionadas a través de plataformas en línea. (Piñeiro Pearson, 2022)

Estos servicios pueden ser clasificados en tres modelos fundamentales: Infraestructura como Servicio (IaaS), que provee recursos virtuales como almacenamiento y redes; Plataforma como Servicio (PaaS), que ofrece un entorno de desarrollo y despliegue completo; y Software como Servicio (SaaS), que brinda aplicaciones listas para usar (Piñeiro Pearson, 2022).

Adicionalmente, los modelos de implementación pueden incluir Nube Pública, donde los recursos son compartidos en una infraestructura común, Nube Privada, que opera exclusivamente para una organización, y Nube Híbrida, que combina elementos de ambas (Piñeiro Pearson, 2022).

Estas categorías permiten a las organizaciones elegir el nivel de control y responsabilidad que desean asumir al adoptar servicios en la nube.+

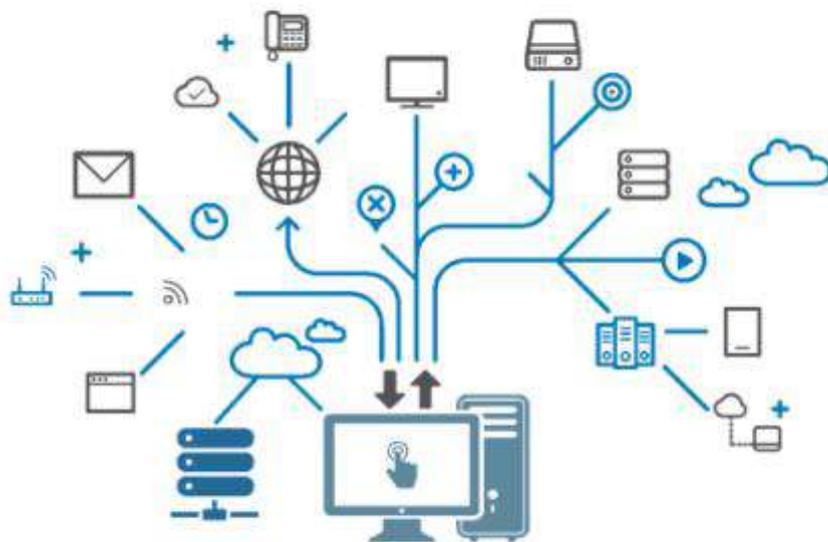


Figura 8:. Servicios de la nube (Piñeiro Pearson, 2022)

2.11. Sensores en la Agricultura

Los tipos de sensores en la agricultura se refieren a una variedad de dispositivos diseñados para capturar y medir parámetros físicos, químicos y biológicos relevantes en el entorno agrícola (Chacón González, 2022).

Estos sensores incluyen sensores de humedad del suelo para monitorizar el contenido de agua en el suelo, sensores de temperatura y humedad ambiental para seguir las condiciones climáticas, sensores de radiación solar para evaluar la cantidad de luz disponible, y sensores de conductividad eléctrica del suelo y pH para analizar la calidad del suelo (Jiménez Gómez, 2023).

2.11.1. Sensor de Humedad del suelo

Es un dispositivo electromecánico que utiliza propiedades dieléctricas y de resistividad del suelo para medir la cantidad de agua presente en el sustrato. Basado en la variación en la constante dieléctrica del suelo en función de la humedad, el sensor detecta cambios en la capacitancia o resistencia entre sus electrodos al interactuar con el medio circundante (Lagla Chicaiza, 2009).

Estos cambios son convertidos en señales eléctricas proporcionales a la humedad del suelo y se interpretan mediante un microcontrolador para determinar el nivel de humedad y facilitar la toma de decisiones de riego precisa y eficiente en la agricultura y la horticultura (Lagla Chicaiza, 2009)..



Figura 9: Sensor de Humedad del suelo: (Lagla Chicaiza, 2009).

2.11.2. Sensor de Humedad ambiental

Es un dispositivo que mide la cantidad de vapor de agua presente en el aire circundante utilizando tecnologías como capacitancia o resistencia que responden a los cambios en la humedad relativa. Basado en la interacción entre la humedad y propiedades eléctricas del material sensible, el sensor convierte la variación en las características eléctricas en señales proporcionales a la humedad relativa del ambiente (Pérez Herreros, 2014).

Estas señales son interpretadas por un microcontrolador para monitorear y regular las condiciones ambientales, lo que resulta esencial en aplicaciones agrícolas para ajustar la irrigación, la ventilación y las condiciones micro climáticas en invernaderos y sistemas de cultivo controlados (Coyago Calle, 2023).



Figura 10:. Sensor de Humedad ambiental (Coyago Calle, 2023).

2.11.3. Sensor de Temperatura

Es un tipo de sistema para medir la temperatura de un objeto o ambiente en el que se encuentran. Estos sensores pueden ser de diferentes tipos, incluyendo termistores, termopares, sensores de temperatura de estado

sólido, termómetros de infrarrojos y sensores de temperatura basados en la resistencia (Kumar, 2019)



Figura 11:. Sensor de Temperatura (Kumar, 2019)

2.11.4. Sensor de Radiación solar

Es un dispositivo que cuantifica la cantidad de energía electromagnética emitida por el sol y llega a la superficie terrestre, en unidades como watts por metro cuadrado (W/m^2).

Utiliza celdas fotovoltaicas u otros elementos sensibles a la radiación electromagnética para convertir la energía lumínica en señales eléctricas proporcionales a la intensidad de la radiación solar.

Este sensor es esencial en aplicaciones agrícolas para evaluar la disponibilidad de luz solar y ajustar la iluminación artificial en sistemas de cultivo bajo condiciones controladas como invernaderos, con el propósito de optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Casa Toctaguano, 2023).

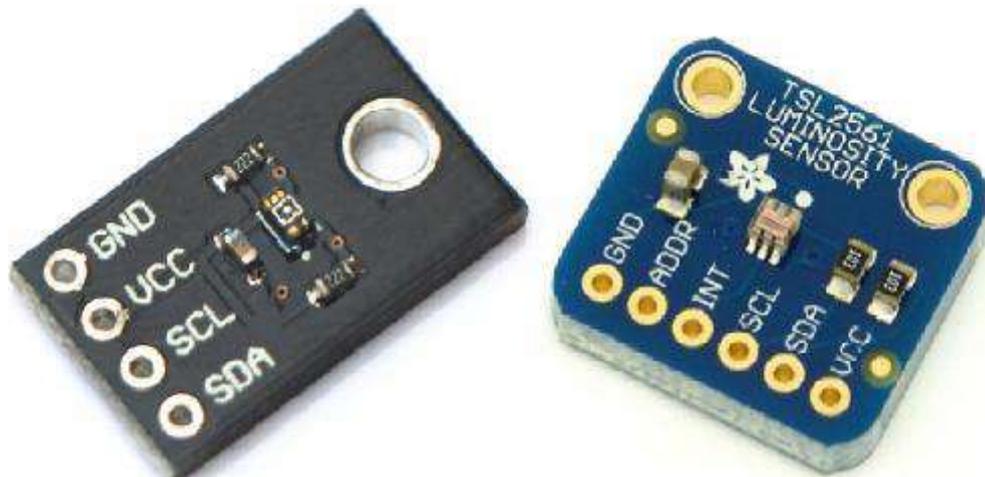


Figura 12: Sensor de radiación solar (Casa Toctaguano, 2023).

2.11.5. Sensor de conductividad Eléctrica del Suelo

Es un dispositivo que mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica, reflejando la concentración de sales disueltas y la salinidad del medio (Solana Capilla, 2014).

A través de electrodos que se insertan en el suelo, el sensor aplica una pequeña corriente eléctrica y mide la resistencia o conductancia resultante. Esta medición es correlacionada con la cantidad de sales presentes en el suelo, lo que a su vez proporciona información sobre la calidad del sustrato en términos de salinidad y contenido de nutrientes (Serrano Galiana, 2015).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de conductividad eléctrica del suelo es crucial para ajustar la fertilización y el riego, contribuyendo a una gestión precisa y eficiente de los cultivos (Serrano Galiana, 2015).

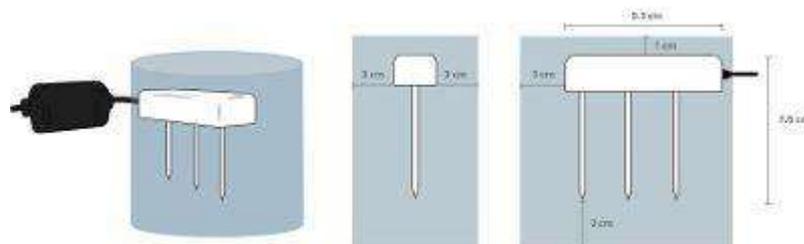


Figura 13: Sensor de conductividad eléctrica del suelo (Serrano Galiana, 2015)

2.11.6. Sensor de pH

Es un dispositivo que cuantifica la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución acuosa, reflejando la acidez o alcalinidad de esta en una escala logarítmica de pH. Basado en la interacción electroquímica entre la solución y un electrodo sensible al pH, el sensor genera una señal eléctrica proporcional al pH de la muestra (Rodríguez Gutiérrez, 2020).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de pH es esencial para evaluar y ajustar la acidez del suelo, lo que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la eficacia de los fertilizantes, contribuyendo a una gestión óptima de los cultivos (Rodríguez Gutiérrez, 2020)..



Figura 14:.. Sensor de pH (Rodríguez Gutiérrez, 2020).

2.11.7. Sensor del nivel de Agua

Es un dispositivo que detecta y cuantifica el nivel de líquido presente en un contenedor o en el entorno circundante (Castillo Amado, 2023)..

Utiliza tecnologías como la medición de presión hidrostática, la capacitancia o la conductividad eléctrica para determinar el nivel del líquido en relación con una referencia conocida (Castillo Amado, 2023).

Estos sensores son cruciales en aplicaciones agrícolas para controlar el suministro de agua en sistemas de riego y reservorios, lo que permite una gestión precisa y eficiente del recurso hídrico y evita problemas de exceso o déficit de riego que podrían afectar la salud de las plantas y el rendimiento de los cultivos (Castillo Amado, 2023)..



Figura 15:. Sensor de nivel de agua (Castillo Amado, 2023).

2.11.8. Sensor de lluvia

Es un dispositivo que detecta y mide la presencia y la intensidad de la precipitación mediante la detección del impacto de las gotas de agua en su superficie sensible (Fontal, 2005).

Utiliza tecnologías como la capacitancia, la resistencia eléctrica o la óptica para detectar cambios en las propiedades del sensor causados por la interacción con las gotas de lluvia (Arcentales Cadmilema, 2021).

Estos sensores son de suma importancia en aplicaciones agrícolas para el control y automatización del riego, ya que permiten ajustar la cantidad de agua aportada en función de la lluvia recibida, evitando el desperdicio de agua y manteniendo condiciones de humedad adecuadas para los cultivos (Arcentales Cadmilema, 2021)..

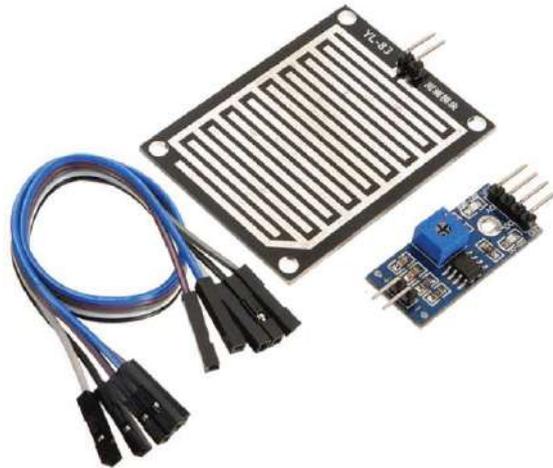


Figura 16:. Sensor de lluvia (Arcentales Cadmilema, 2021).

2.11.9. Sensor de CO2

Basado en la interacción entre el CO₂ y elementos sensibles del sensor, este dispositivo genera señales eléctricas proporcionales a la concentración de CO₂ presente en el ambiente (Garza Franco, 2022).

Estos sensores son fundamentales en aplicaciones agrícolas, especialmente en invernaderos y sistemas de cultivo cerrados, ya que monitorean y regulan la concentración de CO₂ para optimizar la fotosíntesis, el crecimiento y la producción de las plantas, contribuyendo a condiciones de cultivo más eficientes y controladas (Garza Franco, 2022)..



Figura 17:. Sensor de CO₂: (Garza Franco, 2022).

2.11.10. Sensor de conductividad en Hojas

Utilizando la capacitancia, el sensor aplica una corriente eléctrica controlada a través de las hojas y mide la resistencia resultante. Esta medición se correlaciona con la hidratación de las hojas y su capacidad para conducir nutrientes (Canales, 2010).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de conductividad en hojas es esencial para evaluar el estrés hídrico y la salud de las plantas, permitiendo ajustes precisos en el riego y la fertilización para optimizar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Canales, 2010)..



Figura 18:. Sensor de conductividad en hojas (HACH, 2023)

2.11.11. Sensor de Luz

Es un dispositivo que cuantifica la intensidad lumínica en un área determinada, utilizando tecnologías como fotodiodos o fototransistores para convertir la energía lumínica en señales eléctricas proporcionales al nivel de luz incidente (Román Raya, 2023).

Este sensor es esencial en aplicaciones agrícolas para monitorear la cantidad de luz disponible en diferentes áreas del cultivo, lo que permite ajustar la ubicación de las plantas y la iluminación artificial en sistemas de cultivo bajo

condiciones controladas como invernaderos, para optimizar la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, y así mejorar la eficiencia de la producción agrícola (Gordillo Gordillo, 2021).

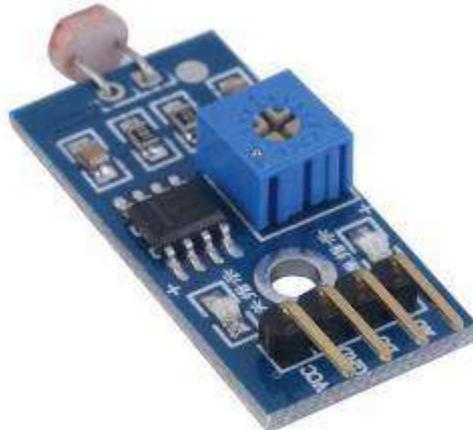


Figura 19: Sensor de luz (Gordillo Gordillo, 2021).

2.11.12. Sensor de Presión atmosférica

Utilizando piezoeléctricos o de silicio, este sensor cuantifica la presión atmosférica y la convierte en una señal eléctrica proporcional, que puede ser interpretada por un microcontrolador (Carrasco, 2023).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de presión atmosférica es relevante para monitorear cambios en las condiciones climáticas y anticipar variaciones en el tiempo, lo que permite ajustar el riego y otras prácticas agrícolas en función de las tendencias meteorológicas (Ojeda, 2012).



Figura 20: Sensor de presión atmosférica (Ojeda, 2012).

2.11.13. Sensor de velocidad del viento

Es un dispositivo que mide la velocidad del flujo de aire en un entorno determinado, utilizando tecnologías como anemometría ultrasónica o de copas y cazoletas. Basado en la interacción entre el viento y los elementos sensibles del sensor, este dispositivo genera señales eléctricas proporcionales a la velocidad del viento (Bohórquez Vergara, 2019).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de velocidad del viento es esencial para evaluar el riesgo de evaporación excesiva, la posible pérdida de humedad del suelo y el potencial daño a las plantas debido a fuerzas mecánicas del viento, permitiendo ajustes en las prácticas de riego y la protección de los cultivos de manera eficiente y precisa (FERERES CASTIEL, 2019).



Figura 21: Sensor de velocidad de viento (SEVENSENSOR, 2022)

2.11.14. Sensor de plagas

Basado en la interacción de la luz con las características biológicas y químicas de las plagas, el sensor genera señales espectrales o patrones específicos que son interpretados mediante algoritmos avanzados (Gaitán García, 2017).

En aplicaciones agrícolas, el sensor de plaga es esencial para la detección temprana y la monitorización continua de plagas y enfermedades, lo que

permite tomar medidas de control y manejo precisas y oportunas, minimizando los daños y los recursos utilizados en el control fitosanitario (Gaitán García, 2017)..



Figura 22:.. Sensor de plagas (Gaitán García, 2017).

2.12. Monitoreo en la Agricultura

El monitoreo en la agricultura se refiere al proceso sistemático de recopilación, medición y evaluación continua de parámetros agrícolas y ambientales relevantes, tales como humedad del suelo, temperatura, niveles de nutrientes, estado fitosanitario y condiciones climáticas (Torres Flores, 2012).



Figura 23:.. Agricultura Sostenible (Lambayeque, 2018)

2.13. Monitoreo mediante la nube

El monitoreo mediante la nube se refiere a la implementación de sistemas de recolección, transmisión y almacenamiento de datos en plataformas en línea, permitiendo el acceso y la visualización remota de información agrícola en tiempo real. Utilizando sensores y dispositivos conectados a través de Internet, los datos recopilados son enviados a servidores en la nube, donde se almacenan y procesan (Flores Rojas, 2023).

2.14. Monitoreo mediante sistemas SCADA

El monitoreo mediante sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un enfoque técnico avanzado que implica la implementación de una infraestructura de control y supervisión en tiempo real, mediante la cual se adquieren, visualizan y analizan datos operativos provenientes de sensores y dispositivos distribuidos en una variedad de ubicaciones (Cossio Cisneros, 2020).

2.15. Sistemas de Riego Inteligente

El sistema de riego inteligente se refiere a una infraestructura de riego automatizada que utiliza tecnologías avanzadas de control y monitoreo para gestionar eficientemente el suministro de agua en función de datos en tiempo real y parámetros agronómicos específicos (Yalle Arce, 2021).

2.16. Aspectos sociales en la Agricultura

Los aspectos sociales en la agricultura comprenden una dimensión compleja que involucra factores económicos, culturales y comunitarios en el contexto de la producción agrícola.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño del prototipo

Para la implementación del prototipo, se tomó en cuenta el estudio de (Herrera Gonzalez, 2020) , el cual demostró que el diseño y automatización de un invernadero urbano utilizando microcontroladores permite un control constante de la humedad del suelo y la temperatura del aire, creando condiciones ambientales ideales para el crecimiento de las plantas. Esto los hizo accesibles para un público más amplio.

El prototipo consistió en una estructura metálica con cuadrantes de 2.5 cm, como se ve en el Anexo A de los planos. Contaba con diferentes áreas: la parte principal para las plantas con cuatro tipos de plantas, la sección de actuadores para el control del caudal de agua, sectores para sensores y un sector denominado tanque para almacenar el agua suministrada y el residuo de esta, como se detalla en la Figura 24.

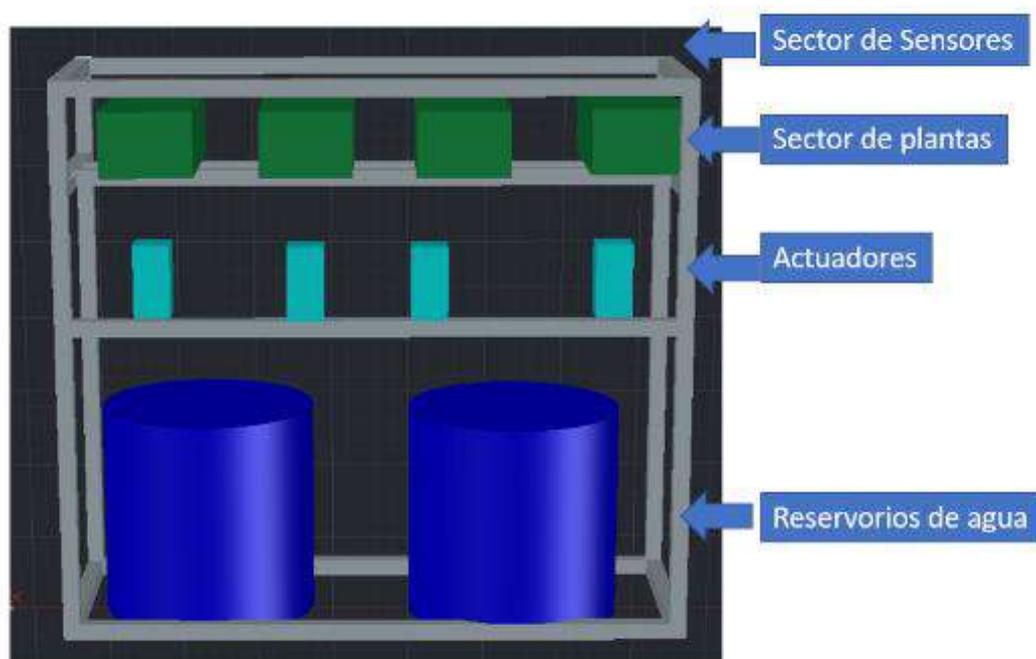


Figura 24: Diseño del prototipo

El tablero de control fue instalado en la parte izquierda y contenía los microcontroladores, pantalla NEXTION, fuentes de alimentación y periféricos para el proyecto, como se ilustra en la Figura 25.



Figura 25:. Tablero de control

3.2. Normativas para el diseño del prototipo

La implementación de un invernadero involucra varias normativas y consideraciones clave para garantizar su eficiencia y cumplimiento con los estándares locales e internacionales.

3.2.1. Regulaciones de Zonificación y Uso de Suelo:

Es esencial verificar las regulaciones locales de zonificación para asegurarse de que la construcción de un invernadero esté permitida en el área deseada. Normativas locales: Varían según la jurisdicción; revisar ordenanzas municipales o provinciales.

3.2.2. Normativas Ambientales:

Se deben considerar las leyes relacionadas con la protección del medio ambiente como la ISO 14001 o Sistema de Gestión Ambiental, para minimizar

el impacto ambiental, especialmente si el invernadero afectará áreas de conservación o ecosistemas sensibles

3.2.3. Estándares de Construcción:

Los invernaderos deben construirse de acuerdo con las normativas de seguridad y construcción locales la cual es la ISO 9001 o Sistema de Gestión de Calidad, aplicable en la construcción del invernadero, incluyendo estructuras resistentes y materiales adecuados para su propósito.

3.2.4. Gestión del Agua:

Las regulaciones sobre el uso y la gestión del agua son cruciales, especialmente en áreas con escasez de agua la cual es la norma ISO 14046 o Gestión del agua - Huella hídrica, esto incluye la recolección, almacenamiento y reciclaje del agua, en conjunto con la certificación Rainforest Alliance o certificaciones locales para el uso sostenible del agua.

3.2.5. Uso de Productos Químicos y Fertilizantes:

Deben seguirse las regulaciones sobre el uso seguro de pesticidas, herbicidas y fertilizantes para proteger la salud humana y el medio ambiente.

3.2.6. Control de Energía y Emisiones:

En algunos lugares, puede haber normativas específicas sobre la eficiencia energética y las emisiones de gases de efecto invernadero como la ISO 50001 o Sistema de Gestión de Energía, especialmente si se utilizan sistemas de calefacción o iluminación artificial.

3.2.7. Salud y Seguridad Laboral:

Las leyes de seguridad laboral aplican en la construcción y operación del invernadero, asegurando un ambiente seguro para los trabajadores como la ISO 45001 o Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo.

3.2.8. Certificaciones de Calidad y Orgánicas:

Si el invernadero se utilizará para la producción de alimentos, es posible que se requieran certificaciones específicas como ISO 22000 o Sistema de Gestión de la Seguridad Alimentaria, como orgánicas o de buenas prácticas agrícolas.

3.2.9. Cumplimiento de Normas Comerciales:

Si los productos del invernadero se exportarán, se deben cumplir con las normativas comerciales y fitosanitarias del país de destino un estándar es la ISO 28000 o Sistema de Gestión de la Seguridad para la Cadena de Suministro y la certificación fitosanitaria que son requeridas para la exportación de productos agrícolas.

3.3. Flujograma y funcionamiento del proyecto

En la Figura 26 se detalla el diagrama de flujo del funcionamiento del proyecto, al encender el prototipo en la pantalla NEXTION se debe seleccionar el modo como se muestra en la Figura 27.

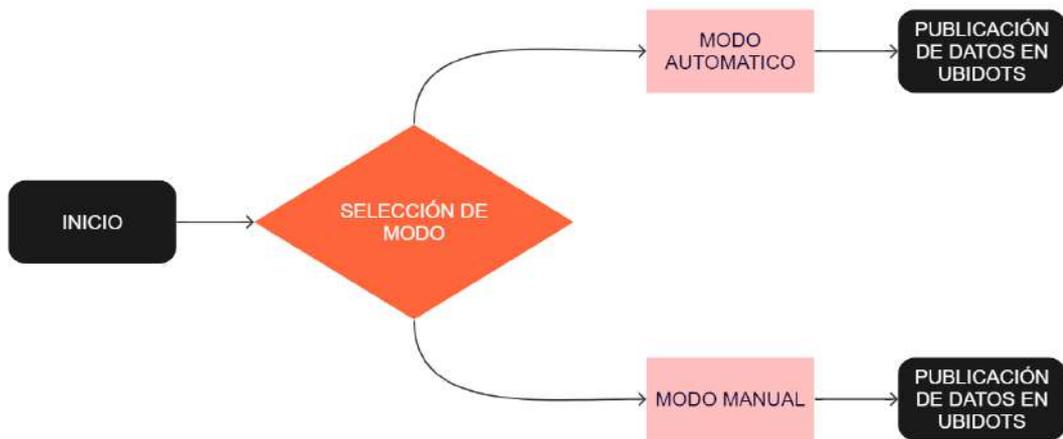


Figura 26: Flujo de funcionamiento inicial del prototipo

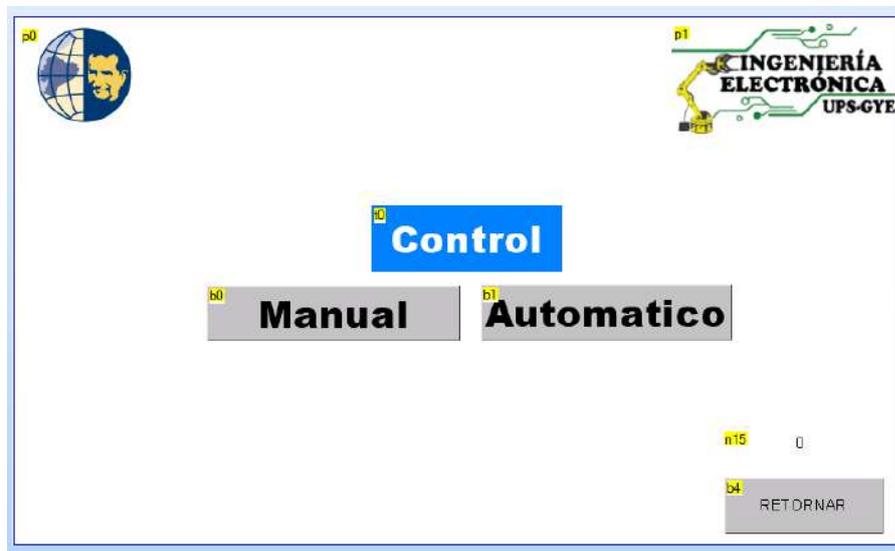


Figura 27: Selección de modo en pantalla NEXTION

3.3.1. Modo manual

En la Figura 28 se detalla el diagrama de flujo del funcionamiento del proyecto, al seleccionar el modo manual, realiza diferentes procesos teniendo como principal el procesamiento de datos de los valores de temperatura, humedad y electrolisis del suelo de los diferentes sectores, posterior la publicación de los valores en la plataforma Ubidots. Al finalizar se realiza la activación de las bombas de caudal para el riego de las plantas de manera manual de acuerdo con la activación en la pantalla NEXTION.



Figura 28: Diagrama de flujo del modo manual

En la Figura 29 se muestra la interfaz de la pantalla NEXTION en el modo manual donde se observa los valores de los sensores en las diferentes zonas como el valor del tiempo actual que se obtiene desde el DS1307.



Figura 29: Interfaz de pantalla NEXTION en modo manual

3.3.1. Modo automático

En la Figura 30 se detalla el diagrama de flujo del funcionamiento del proyecto, al seleccionar el modo automático donde se realizan diferentes procesos

teniendo como principal el procesamiento de datos de los valores de temperatura, humedad y electrolisis del suelo de los diferentes sectores, posterior la publicación de los valores en la plataforma Ubidots. Al finalizar se realiza la activación de las bombas de caudal para el riego de las plantas ligadas a los valores de los sensores.

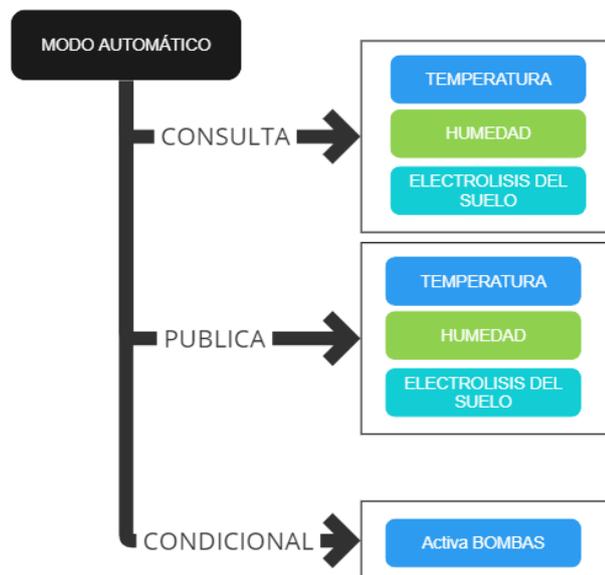


Figura 30:. Diagrama de flujo del modo automático.

En la Figura 31 se muestra la interfaz de la pantalla NEXTION en el modo automático donde se observa los valores de los sensores en las diferentes zonas como el valor del tiempo actual que se obtiene desde el DS1307.



Figura 31: Interfaz de pantalla NEXTION en modo automático

3.4. Módulos del prototipo

3.4.1. Sensor dht11

El sensor DHT11 es un dispositivo digital de medición de temperatura y humedad que permite medir temperaturas en un rango de 0 a 50 grados Celsius con una precisión de ± 2 grados Celsius, así como la humedad en un rango del 20% al 90% con una precisión de $\pm 5\%$ en el sistema del invernadero.

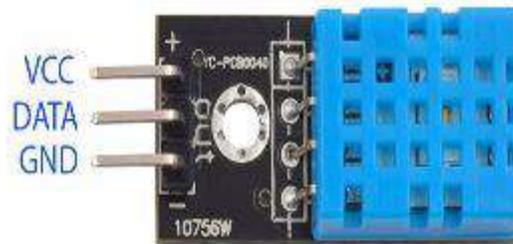


Figura 32: Sensor de dht11

3.4.2. Sensor de suelo

El sensor de suelo es un dispositivo diseñado para medir diversas propiedades del suelo con el fin de evaluar las condiciones y la calidad de

este. Este sensor ayuda a captar los parámetros como la humedad del suelo de los cultivos en el invernadero.

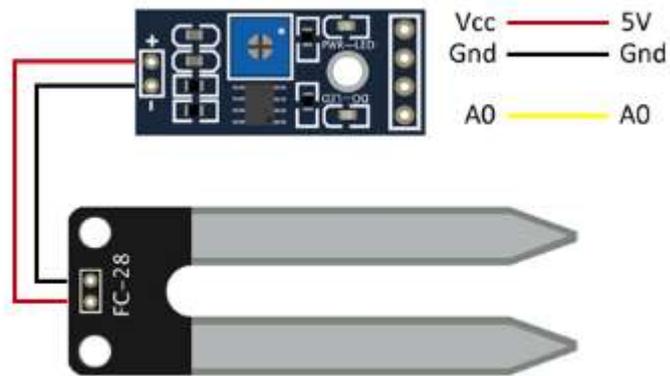


Figura 33: Sensor de suelo

3.4.3. Sensor de ds18b20

Es un sensor de temperatura digital de alta precisión fabricado por Máxima Integrated. Este dispositivo utiliza la interfaz de un solo cable denominada "One-Wire", lo que facilitara la lectura de las zonas del invernadero permitiendo una lectura entre -55°C y $+125^{\circ}\text{C}$, con una precisión típica de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en el rango de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$.



Figura 34: Sensor Ds18b20

3.4.4. Arduino Mega

Es una placa de desarrollo de la plataforma Arduino, basada en el microcontrolador ATmega2560, con un conjunto de 54 pines de entrada/salidas digitales, incluyendo 14 salidas PWM y 16 entradas analógicas. Mediante el uso de una tarjeta de puentes, se conectan a los diferentes periféricos como sensores y controladores de motores.

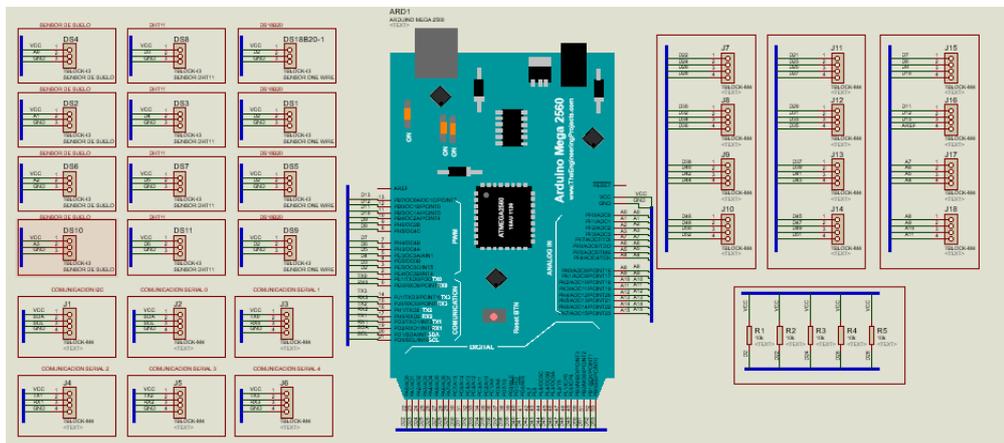


Figura 35: Esquema de tarjeta Arduino para conexión con periféricos

3.4.5. ESP32

Es un microcontrolador de bajo costo y de bajo consumo de energía que pertenece a la familia de dispositivos ESP, se destaca por su capacidad de conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada lo cual permite realizar el enlace a la plataforma alojada en la nube mediante el manejo de variables para el monitoreo remoto del invernadero.

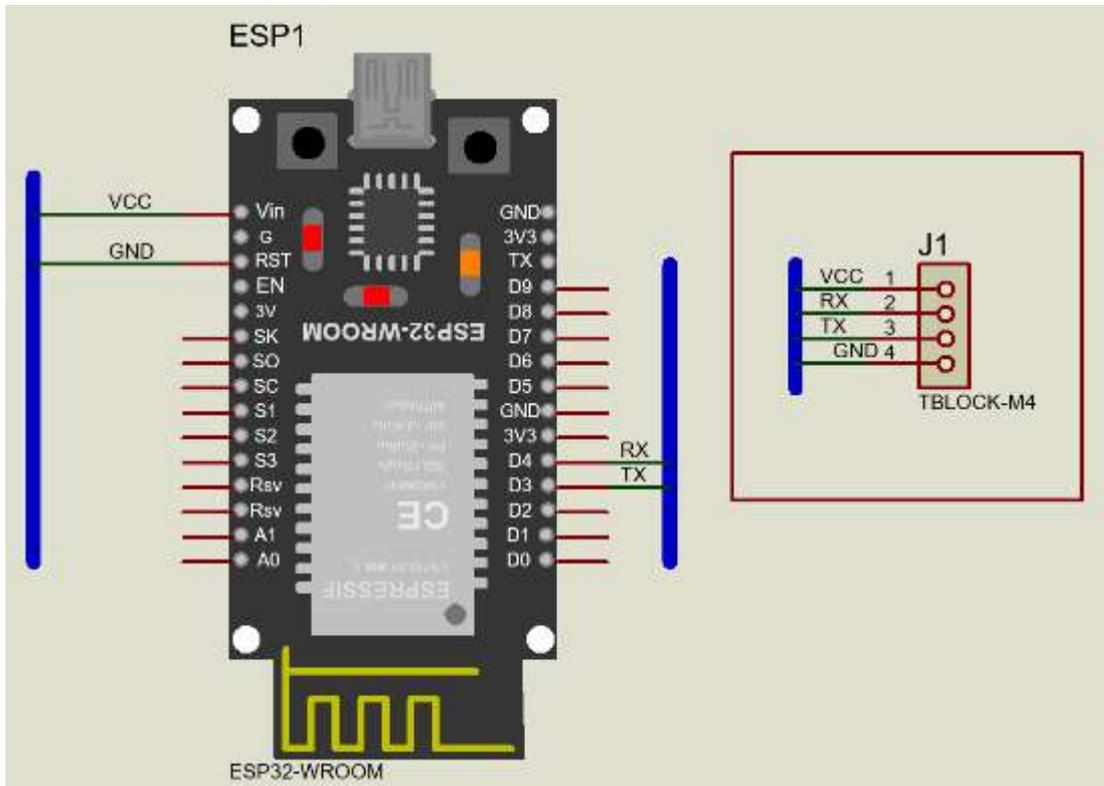


Figura 36:. Esp32 WROOM

3.4.1. Pantalla Nextion

La pantalla Nextion se refiere a una serie de pantallas táctiles de interfaz hombre-máquina (HMI) desarrolladas por ITEAD Studio. Estas pantallas permiten la creación de interfaces gráficas personalizadas mediante un editor WYSIWYG, permitiendo la integración de tecnologías mediante un microcontrolador stm32 que se comunica con otros microcontroladores mediante comunicación serial como se muestra en la Figura 37.

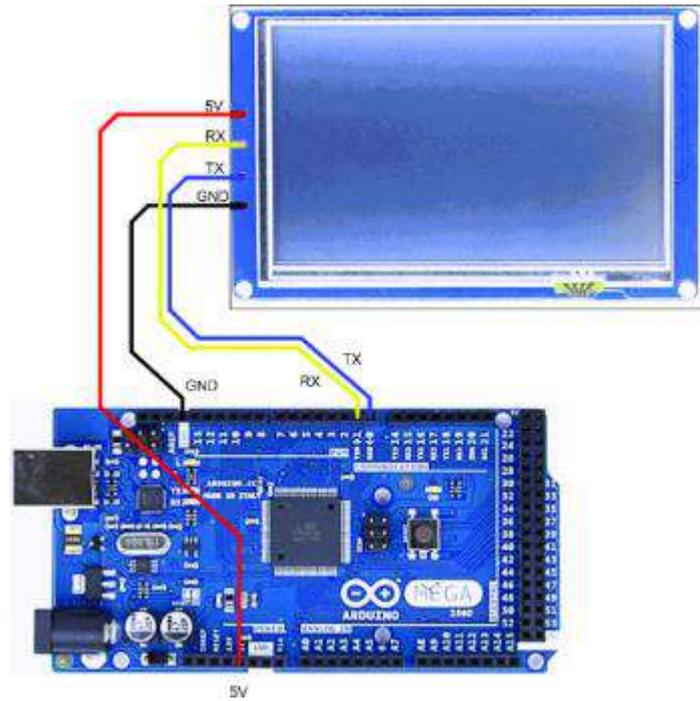


Figura 37:. Nextion y microcontrolador central

3.4.1. L298D

El L298 es un circuito integrado conocido como puente H, diseñado para controlar motores de corriente continua (DC). Su función es controlar los motores para el suministro de agua a las diferentes zonas de riego en el proyecto.

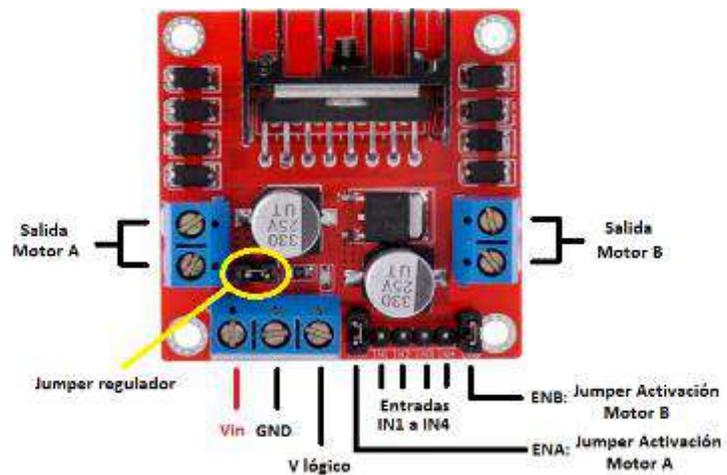


Figura 38:. L298d

3.5. Tarjetas pcb del modulo

Para la implementación del sistema del invernadero se utilizan dos placas centrales. La primera es la tarjeta que tiene como núcleo un Arduino Mega en donde se realiza el procesamiento de información de los sensores de temperatura, humedad y electro conductividad del suelo; posteriormente, se realiza el accionamiento de los motores o bombas de agua para el suministro a los sectores de las plantas.

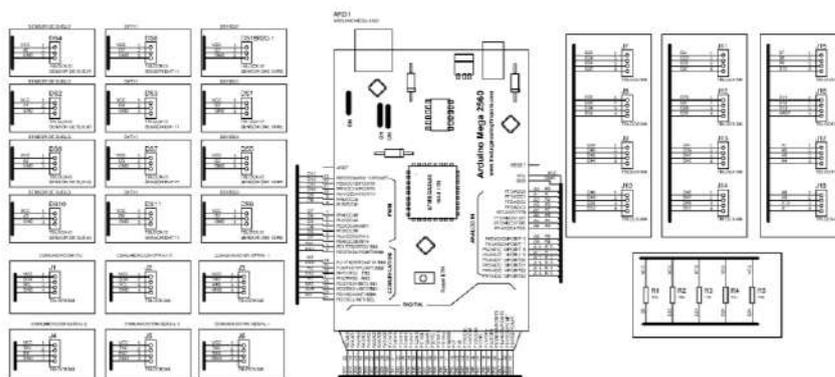
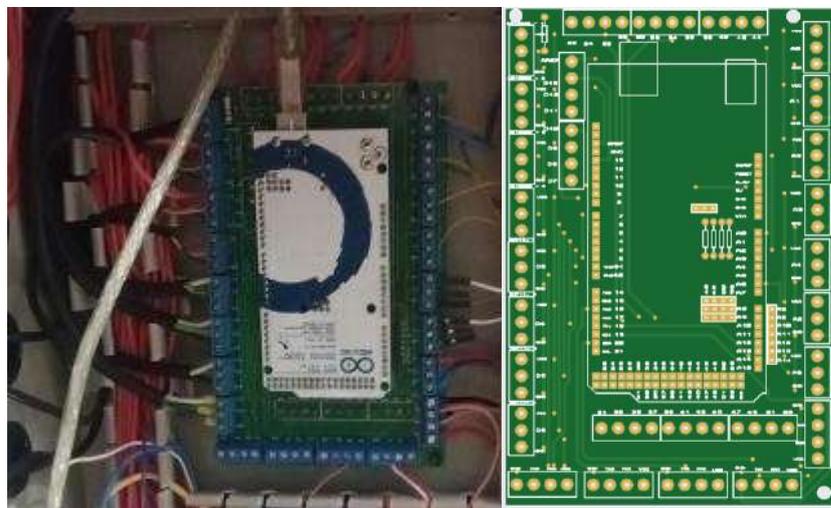


Figura 39:. Tarjeta de adquisición esquemático y pcb

En el enlace con la plataforma IoT UBIDOTS se realiza mediante un ESP32, el cual se muestra en la Figura 40, la tarjeta PCB y su esquemático, teniendo como comunicación los pines seriales con la tarjeta principal.

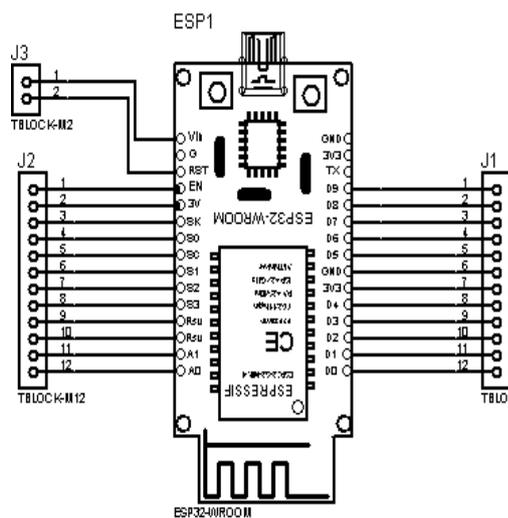
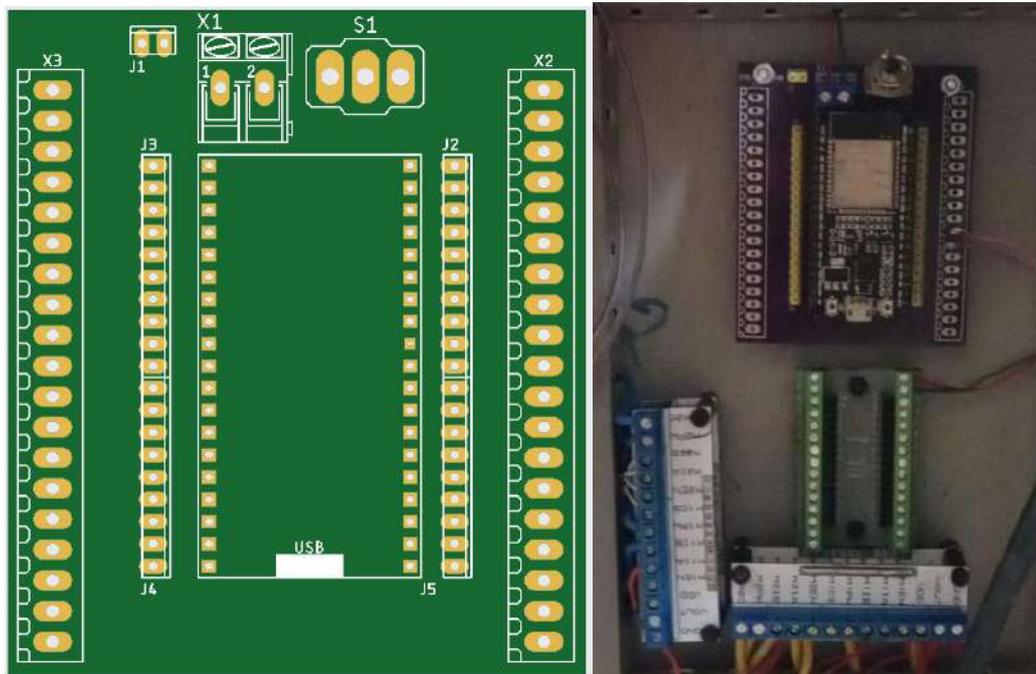


Figura 40: Tarjeta de enlace iot esquemático y pcb

3.6. Sistema de control del huerto

En el desarrollo del sistema de control, se emplean diversos microcontroladores con el propósito de llevar a cabo la sectorización de los procesos. Estos procesos se ilustran detalladamente en la Figura 41.

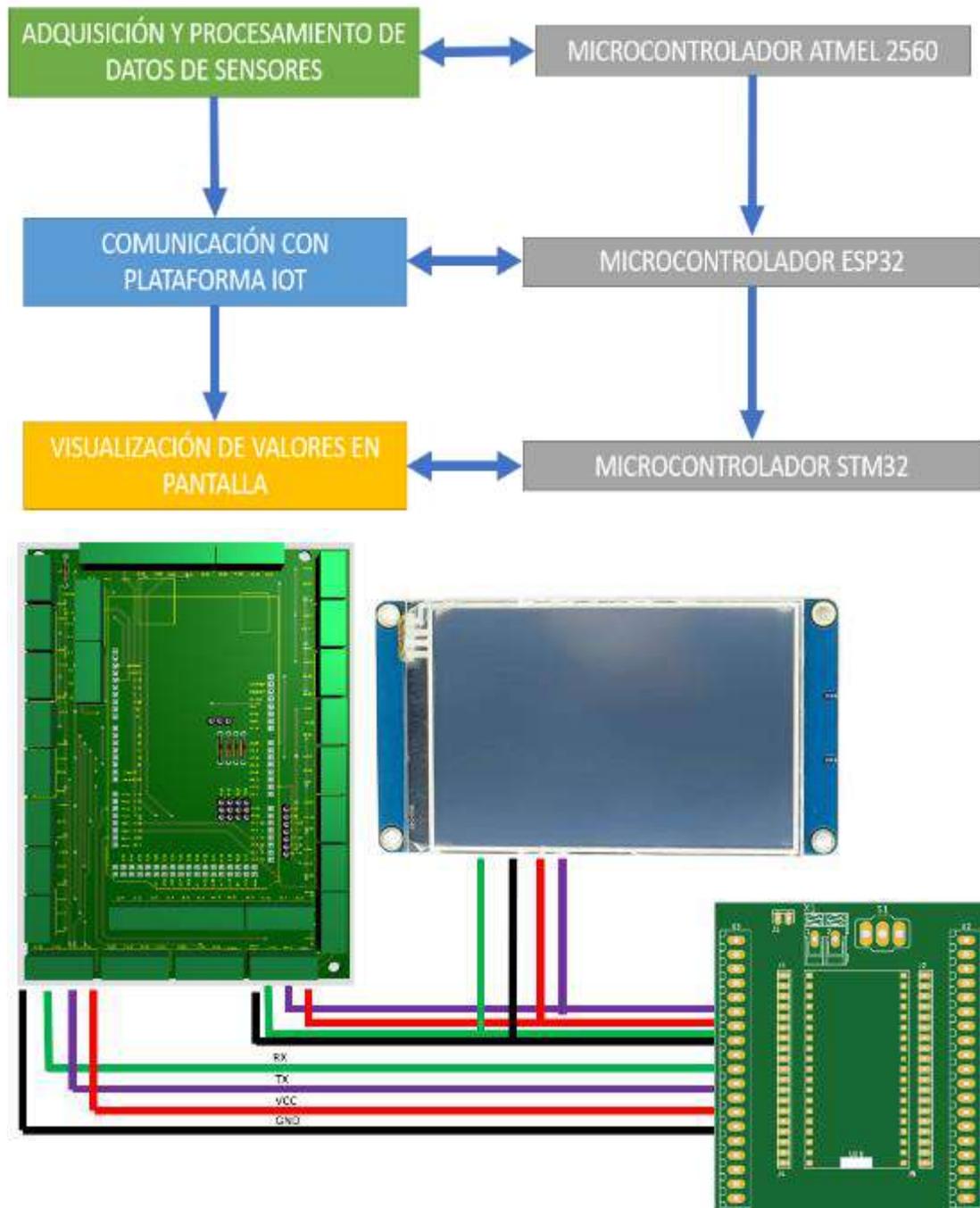


Figura 41:. Etapas del sistema del huerto

3.6.1. Adquisición y procesamiento de datos de sensores

Este código, escrito en lenguaje C++, está diseñado para ejecutarse en un microcontrolador y se encarga de controlar un sistema automatizado que gestiona la medición y el control de la temperatura, la humedad ambiental y la humedad del suelo. La fase de adquisición de datos del sistema se lleva a cabo utilizando un microcontrolador Atmel 2560 en una placa Arduino Mega. Recopila datos de los sensores de temperatura mediante un DS18B20, utilizando un protocolo de comunicación unidireccional, de humedad a través del chip DHT11, y de electrolisis del suelo mediante una sonda especial instalada en las plantas para evaluar las condiciones del suelo. Las conexiones de esta fase y el esquemático correspondiente se presentan en la Figura 42 y en la Figura 43, respectivamente.

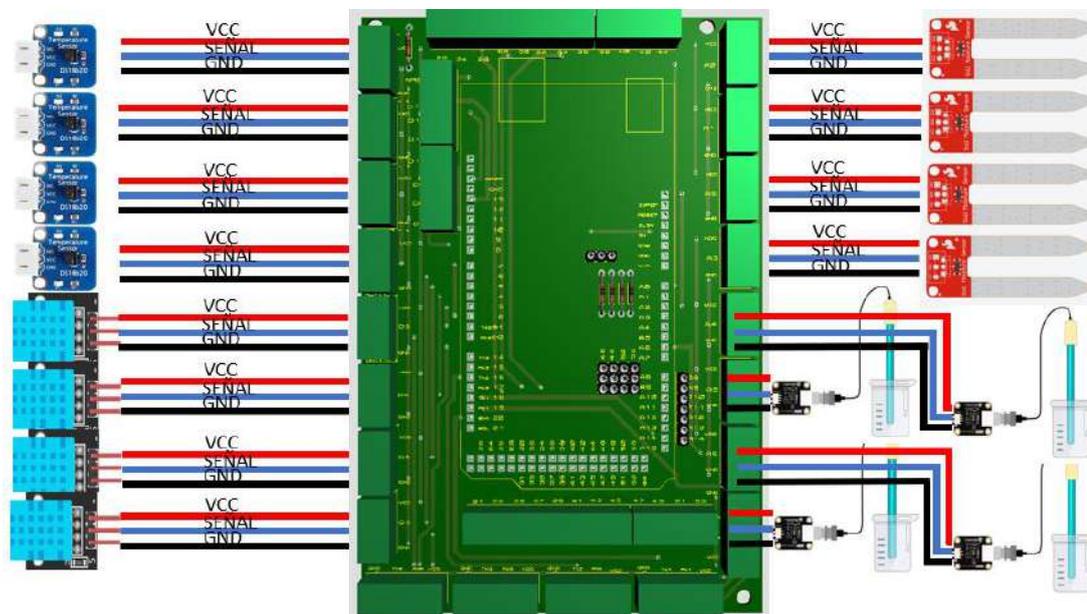


Figura 42:. Conexiones entre sensores y tarjeta

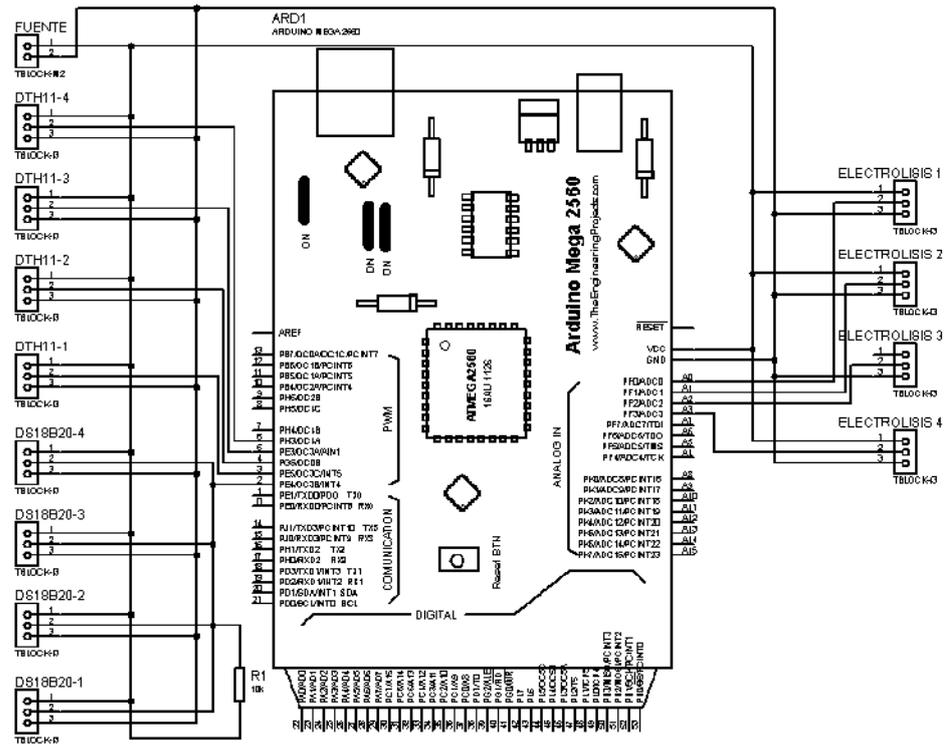


Figura 43:. Esquemático de conexiones con etapa de adquisición

Después del procesamiento de datos, se emplean motores para regular el flujo de agua, esencial para el crecimiento de las plantas. La conexión entre la tarjeta controladora y los drivers de los motores se establece de manera clara, como se ilustra en la Figura 44, que muestra el diagrama de conexiones, y en la Figura 45, que presenta el esquema de interconexión entre la placa principal y los periféricos.

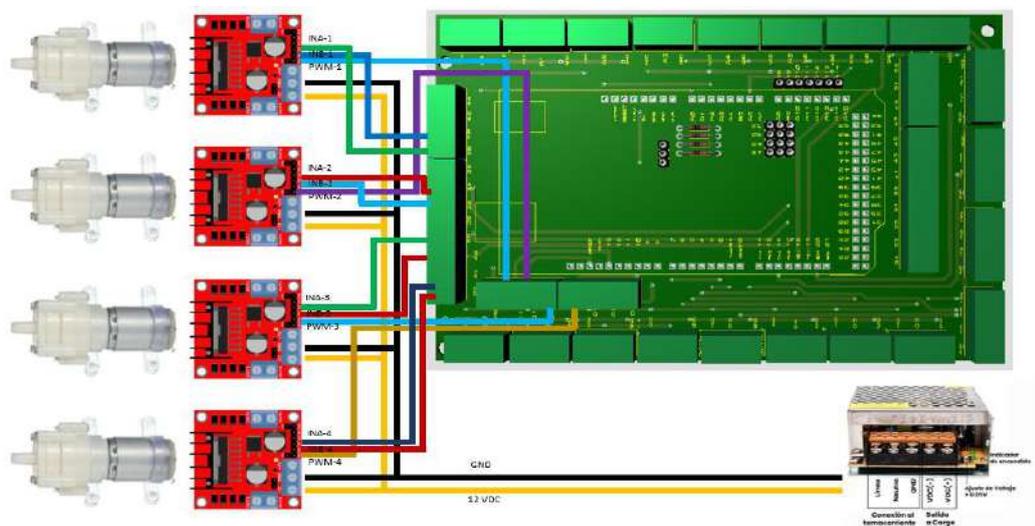


Figura 44:. Conexiones entre sensores y tarjeta con actuadores

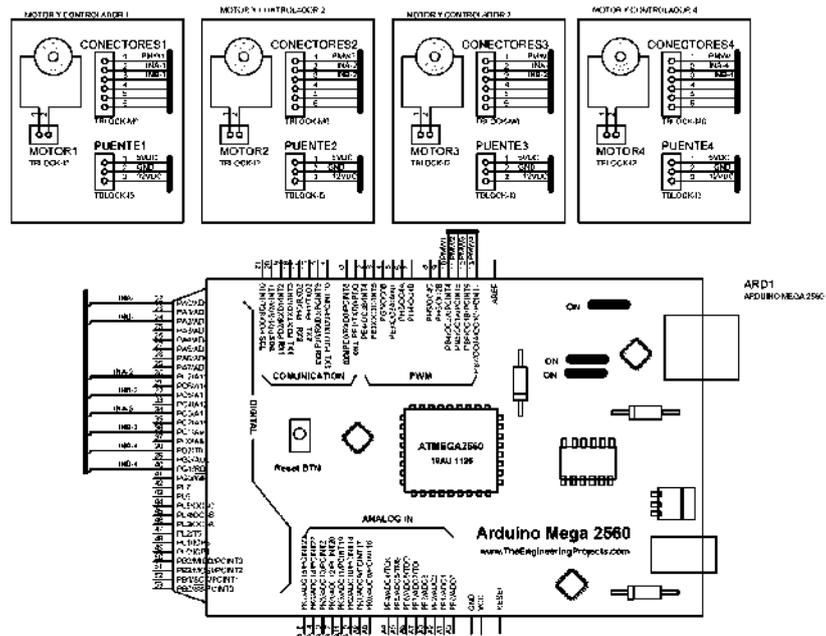


Figura 45: Esquemático entre sensores y tarjeta con actuadores

En el sistema, la activación de las bombas se lleva a cabo mediante condiciones que dependen de los valores obtenidos de los sensores de temperatura, humedad y calidad del suelo. Además, se pueden activar según un horario predefinido por el usuario, utilizando un dispositivo diseñado para proporcionar la hora exacta al microcontrolador. Este proceso se ilustra en la Figura 46, que muestra el diagrama, y en la Figura 47, que presenta el esquemático, ambos relacionados con el uso del DS1307.

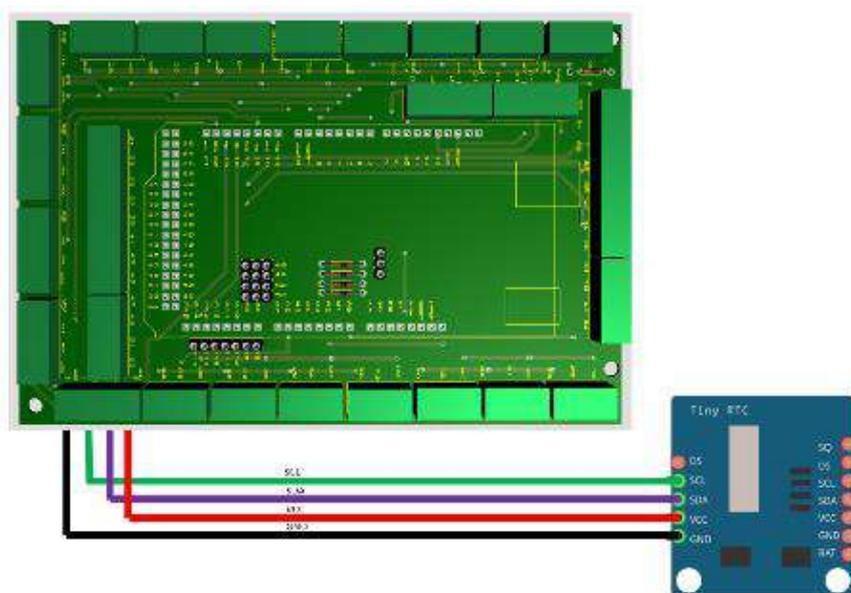


Figura 46: Diagrama entre DS1307 y tarjeta

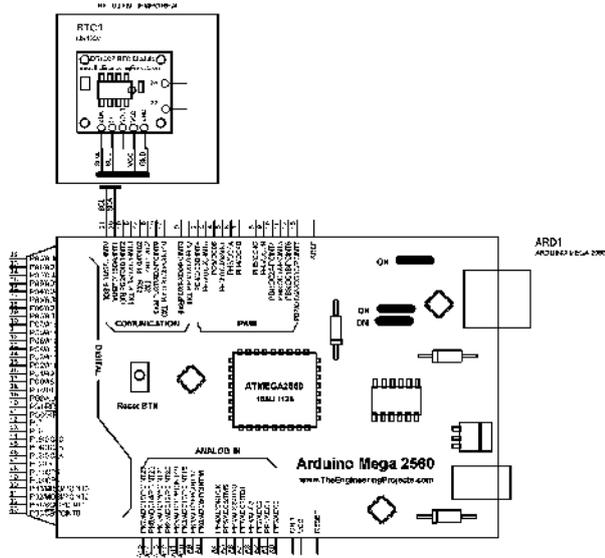


Figura 47:. Esquemático entre DS1307 y tarjeta

En la etapa de procesamiento de datos, se declara la librería de la pantalla Nextion, que enlaza los datos a un entorno visual. Este proceso se ilustra en la Figura 48.

```
#include "EasyNextionLibrary.h" // Include EasyNextionLibrary
EasyNex myNex(Serial1); // Create an object of EasyNex class
```

Figura 48:. Declaración de librería nextion

Se incluyen las bibliotecas necesarias para trabajar con los sensores DS18B20 mediante el protocolo OneWire. Se configura el objeto 'sensores' y se definen las direcciones únicas para cada sensor, como se muestra en la Figura 49.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

OneWire ourWire(2); //Se establece el pin 2 como bus OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se declara una variable u objeto para nuestro sensor

DeviceAddress address1 = {0x28, 0xB1, 0x5B, 0x56, 0xB5, 0x1, 0x3C, 0x4A}; //dirección del sensor 1
DeviceAddress address2 = {0x28, 0x9F, 0x52, 0x56, 0xB5, 0x1, 0x3C, 0x1C}; //dirección del sensor 2
DeviceAddress address3 = {0x28, 0x70, 0x66, 0x56, 0xB5, 0x1, 0x3C, 0x8A}; //dirección del sensor 3
DeviceAddress address4 = {0x28, 0x7A, 0x73, 0x56, 0xB5, 0x1, 0x3C, 0xEB}; //dirección del sensor 4
```

Figura 49:. Declaración de librerías para ds18b20

Se incluye la biblioteca DHT para trabajar con los sensores de humedad y temperatura. Se crean objetos para cada sensor DHT, especificando sus respectivos pines y tipos, como se muestra en la Figura 50.

```
#include "DHT.h"
//Pines de los sensores humedad
#define DHTSENSOR_1 3
#define DHTSENSOR_2 4
#define DHTSENSOR_3 5
#define DHTSENSOR_4 6

//TIPO DE SENSOR
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 22 (AM2302), AM2321

//INICIO DEL METODO PARA CADA SENSOR
DHT dht1(DHTSENSOR_1, DHTTYPE);
DHT dht2(DHTSENSOR_2, DHTTYPE);
DHT dht3(DHTSENSOR_3, DHTTYPE);
DHT dht4(DHTSENSOR_4, DHTTYPE);
```

Figura 50:. Declaración de librerías para dht11

Se incluye la declaración de los pines para los sensores de higrómetro o electro conductividad del suelo, como se muestra en la Figura 51.

```
//Pines de los sensores humedad-higrómetro
#define HIGROMETRO_1 A2
#define HIGROMETRO_2 A3
#define HIGROMETRO_3 A1
#define HIGROMETRO_4 A0
```

Figura 51:. Declaración para pines de higrómetro

Se declaran los pines para el control de las bombas mediante los controladores de motores L298D, como se muestra en la Figura 52.

```

//Pines de las salidas PWM
#define MOTOR_VELOCIDAD_1 10
#define MOTOR_VELOCIDAD_2 12
#define MOTOR_VELOCIDAD_3 13
#define MOTOR_VELOCIDAD_4 11

//Pines de las direccion de los motores
#define MOTOR_1_DIR_1 22
#define MOTOR_1_DIR_2 24
#define MOTOR_2_DIR_1 30
#define MOTOR_2_DIR_2 32
#define MOTOR_3_DIR_1 36
#define MOTOR_3_DIR_2 38
#define MOTOR_4_DIR_1 42
#define MOTOR_4_DIR_2 44

```

Figura 52:. Declaración de pines para controlar los motores

Para la adquisición de la hora, los minutos y los segundos, se declara la librería RTCLib y se crea el objeto para su uso, como se muestra en la Figura 53.

```

// Librería para la comunicación I2C y la RTCLib
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>

// Declaramos un RTC DS3231
RTC_DS1307 rtc;

```

Figura 53:. Declaración de librerías para reloj

En la Figura 54, se declaran las variables que contienen los datos de temperatura de los sensores DS18B20 y DHT11, así como el sensor de reloj,

sirviendo como referencias de temperatura, humedad, y los valores máximos y mínimos de electro conductividad del suelo.

```
//VARIABLES DE SENSORES DS18B20
float temp1, temp2, temp3, temp4;//SENSOR 1
//VARIABLES DE SENSORES
float h1, t1, f1, hif1, hic1;//SENSOR 1
float h2, t2, f2, hif2, hic2;//SENSOR 2
float h3, t3, f3, hif3, hic3;//SENSOR 3
float h4, t4, f4, hif4, hic4;//SENSOR 4
//VARIABLES DE SENSORES
float hs1, hs2, hs3, hs4;
//VARIABLES DE ENTRADAS DIGITAL
#define selector_modos 22;
int hora, minutos, segundos;
//banderas de encendido de motores
int motorState_1 = LOW, motorState_2 = LOW, motorState_3 = LOW, motorState_4 = LOW;
//referencias para modo automatico
int ref_temperatura_1 , ref_temperatura_2, ref_temperatura_3, ref_temperatura_4;
int ref_humedad_1 , ref_humedad_2 , ref_humedad_3 , ref_humedad_4;
int ref_suelo_1 , ref_suelo_2 , ref_suelo_3 , ref_suelo_4 ;
int ref_min_1 , ref_min_2 , ref_min_3 , ref_min_4;}
```

Figura 54: Declaración de variables del proyecto

Se declaran las subclases o métodos que contienen el código de cada función específica, con el objetivo de sectorizar y organizar el código, como se muestra en la Figura 55.

```
void lectura_sensores();
void modo_automatico();
void modo_manual();
void mostrar_datos_para_publicar();
void seleccion_modos();
void tiempo();
void publicacion_esp32();
void consulta_esp32();
void publicacion_nextion();
void velocidades_motores(int a, int b, int c, int d);
```

Figura 55: Asignación de subclases

En la clase de configuración, se inician los puertos seriales, se configuran los pines como salidas o entradas, y se inician los sensores, como se muestra en la Figura 56.

```

void setup() {
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);myNex.begin(9600);//Serial 2
  Serial2.begin(9600); Serial3.begin(9600);//Serial 3
  sensors.begin();
  dht1.begin(); dht2.begin(); dht3.begin(); dht4.begin();
  pinMode(MOTOR_VELOCIDAD_1, OUTPUT); pinMode(MOTOR_VELOCIDAD_2, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_VELOCIDAD_3, OUTPUT); pinMode(MOTOR_VELOCIDAD_4, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_1_DIR_1, OUTPUT); pinMode(MOTOR_1_DIR_2, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_2_DIR_1, OUTPUT); pinMode(MOTOR_2_DIR_2, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_3_DIR_1, OUTPUT); pinMode(MOTOR_3_DIR_2, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_4_DIR_1, OUTPUT); pinMode(MOTOR_4_DIR_2, OUTPUT);
  digitalWrite(MOTOR_VELOCIDAD_1, LOW); digitalWrite(MOTOR_VELOCIDAD_2, LOW);
  digitalWrite(MOTOR_VELOCIDAD_3, LOW); digitalWrite(MOTOR_VELOCIDAD_4, LOW);
  digitalWrite(MOTOR_1_DIR_1, LOW); digitalWrite(MOTOR_1_DIR_2, LOW);
  digitalWrite(MOTOR_2_DIR_1, LOW); digitalWrite(MOTOR_2_DIR_2, LOW);
  digitalWrite(MOTOR_3_DIR_1, LOW); digitalWrite(MOTOR_3_DIR_2, LOW);
  digitalWrite(MOTOR_4_DIR_1, LOW); digitalWrite(MOTOR_4_DIR_2, LOW);
  rtc.begin();
  //rtc.adjust(DateTime(2023, 11, 29, 12,47, 0));
}

```

Figura 56: Clase principal

En el método principal, se procede a invocar a los distintos métodos siguiendo el orden de lectura, adquisición, publicación de datos, y consulta de valores del IoT, así como los valores de los modos de la pantalla, como se ilustra en la Figura 57.

```

void loop() {
  tiempo();
  lectura_sensores();
  mostrar_datos_para_publicar();
  publicacion_nextion();
  publicacion_esp32();
  consulta_esp32();
  seleccion_modos();
  delay(100);
}

```

Figura 57: Clase o lazo principal

La Figura 58 muestra el método de lectura de sensores, donde, en primer lugar, `sensors.requestTemperatures()`; envía un comando a los sensores

DS18B20 para iniciar la toma de medidas de temperatura. A continuación, se obtienen y almacenan las lecturas de temperatura de cuatro sensores DS18B20, identificados como sensor 1 a sensor 4. Además, se capturan lecturas de humedad (h1 a h4), temperatura en grados Celsius (t1 a t4) y temperatura en grados Fahrenheit (f1 a f4) de cuatro sensores DHT de humedad y temperatura. Por último, se leen las lecturas analógicas de cuatro higrómetros conectados a pines analógicos, las cuales se mapean a un rango de 0 a 100 para representar los niveles de humedad del suelo, y se almacenan en variables hs1 a hs4.

```
void lectura_sensores()
{
  sensors.requestTemperatures(); //envía el comando para obtener las temperaturas
  temp1 = sensors.getTempC(address1); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 1
  temp2 = sensors.getTempC(address2); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 2
  temp3 = sensors.getTempC(address3); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 3
  temp4 = sensors.getTempC(address4); //Se obtiene la temperatura en °C del sensor 3
  h1 = dht1.readHumidity(); t1 = dht1.readTemperature(); f1 = dht1.readTemperature(true);
  h2 = dht2.readHumidity(); t2 = dht2.readTemperature(); f2 = dht2.readTemperature(true);
  h3 = dht3.readHumidity(); t3 = dht3.readTemperature(); f3 = dht3.readTemperature(true);
  h4 = dht4.readHumidity(); t4 = dht4.readTemperature(); f4 = dht4.readTemperature(true);

  hs1 = map(analogRead(HIGROMETRO_1), 0, 1023, 100, 0);
  hs2 = map(analogRead(HIGROMETRO_2), 0, 1023, 100, 0);
  hs3 = map(analogRead(HIGROMETRO_3), 0, 1023, 100, 0);
  hs4 = map(analogRead(HIGROMETRO_4), 0, 1023, 100, 0);
}
```

Figura 58: Método de lectura de sensores de humedad, temperatura y electrolisis

El método de velocidad de los motores toma cuatro valores para configurar las salidas PWM independientes de cada motor y controlar su velocidad. Además, se configura la dirección o sentido de giro del motor, como se ilustra en la Figura 59.

```

void velocidades_motores(int a, int b, int c, int d)
{
    digitalWrite(MOTOR_1_DIR_1, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_1_DIR_2, LOW);
    digitalWrite(MOTOR_2_DIR_1, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_2_DIR_2, LOW);
    digitalWrite(MOTOR_3_DIR_1, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_3_DIR_2, LOW);
    digitalWrite(MOTOR_4_DIR_1, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_4_DIR_2, LOW);
    analogWrite(MOTOR_VELOCIDAD_1, a);
    analogWrite(MOTOR_VELOCIDAD_2, b);
    analogWrite(MOTOR_VELOCIDAD_3, c);
    analogWrite(MOTOR_VELOCIDAD_4, d);
}

```

Figura 59:. Método para control de motores

El método de selección lleva a cabo la lectura del valor actual de la pantalla, asignando el valor 0 para el modo principal, 1 para el modo manual, y 2 para el modo automático, como se ilustra en la Figura 60.

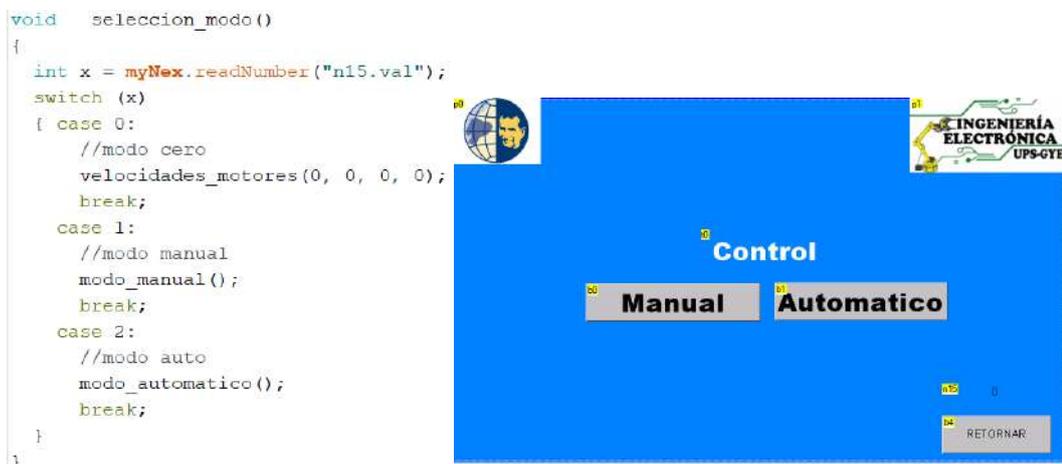


Figura 60:. Método de selección de modo y pantalla

En el método manual, se realiza otra lectura para activar las bombas de agua, mediante la declaración de valores de los pulsadores, como se muestra en la Figura 61.

```

void modo_manual() {
  int x = myNex.readNumber("n14.val");
  int v1, v2, v3, v4;
  switch (x)
  {
    case 1:
      //motor 1
      motorState_1 = !motorState_1;
      v1 = 200 * motorState_1;
      break;
    case 2:
      //motor 2
      motorState_2 = !motorState_2;
      v2 = 200 * motorState_2;
      break;
    case 8:
      //motor 3
      motorState_3 = !motorState_3;
      v3 = 200 * motorState_3;
      break;
    case 16:
      //motor 4
      motorState_4 = !motorState_4;
      v4 = 200 * motorState_4;
      break;
  }
  velocidades_motores(v1, v2, v3, v4);
}

```



Figura 61: Método de control manual y pantalla

El modo automático sigue el diagrama de flujo ilustrado en la Figura, donde, si se cumple alguna condición específica, se activa la bomba de agua del sector correspondiente. El código relacionado se muestra en la Figura 62.

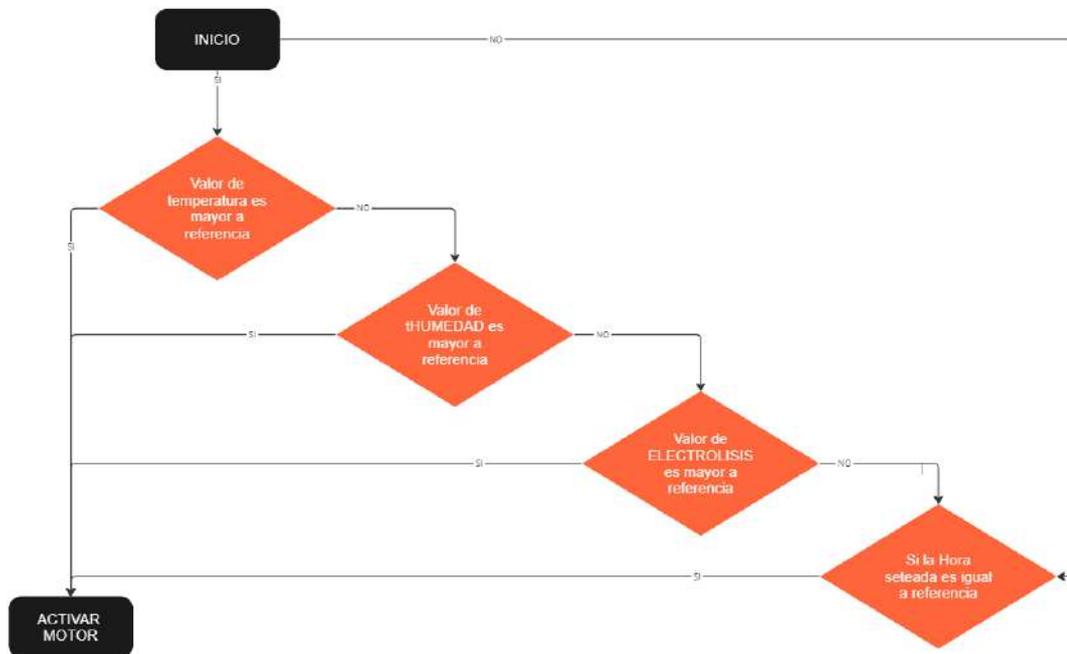


Figura 62:. Flujograma de modo automático

```

void modo_automatico()
{
  //activacion por temperatura
  int set1, set2, set3, set4;
  if ((temp1 > ref_temperatura_1) || (h1 < ref_humedad_1) || (hs1 < ref_suelo_1) || (ref_min_1 = minutos))
  { set1 = 200; }
  else { set1 = 0; }
  if ((temp2 > ref_temperatura_2) || (h2 < ref_humedad_2) || (hs2 < ref_suelo_2) || (ref_min_2 = minutos))
  { set2 = 200; }
  else { set2 = 0; }
  if ((temp3 > ref_temperatura_3) || (h3 < ref_humedad_3) || (hs3 < ref_suelo_3) || (ref_min_3 = minutos))
  { set3 = 200; }
  else { set3 = 0; }
  if ((temp4 > ref_temperatura_4) || (h4 < ref_humedad_4) || (hs4 < ref_suelo_4) || (ref_min_4 = minutos))
  { set4 = 200; }
  else { set4 = 0; }
  velocidades_motores(set1, set2, set3, set4);
}
  
```

Figura 63:. Método de modo automático

Después de completar los procesos, es necesario enviar una trama de datos al encargado de publicar en la plataforma UBIDOTS, utilizando comunicación serial. Los valores de los sensores y otros periféricos se envían como se ilustra en la Figura 64.

```

void publicacion_esp32() {
  //TEMPERATURA sonda 1
  Serial2.print("S1:"); Serial2.print(temp1); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA sonda 2
  Serial2.print("S2:"); Serial2.print(temp2); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA sonda 3
  Serial2.print("S3:"); Serial2.print(temp3); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA sonda 4
  Serial2.print("S4:"); Serial2.print(temp4); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD DHT11 SENSOR 1
  Serial2.print("S5:"); Serial2.print(h1); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA DHT11 SENSOR 1
  Serial2.print("S6:"); Serial2.print(t1); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD DHT11 SENSOR 2
  Serial2.print("S7:"); Serial2.print(h2); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA DHT11 SENSOR 2
  Serial2.print("S8:"); Serial2.print(t2); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD DHT11 SENSOR 3
  Serial2.print("S9:"); Serial2.print(h3); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA DHT11 SENSOR 3
  Serial2.print("S10:"); Serial2.print(t3); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD DHT11 SENSOR 4
  Serial2.print("S11:"); Serial2.print(h4); Serial2.print(",");
  //TEMPERATURA DHT11 SENSOR 4
  Serial2.print("S12:"); Serial2.print(t4); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD SUELO S1
  Serial2.print("S13:"); Serial2.print(hs1); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD SUELO S2
  Serial2.print("S14:"); Serial2.print(hs2); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD SUELO S3
  Serial2.print("S15:"); Serial2.print(hs3); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD SUELO S4
  Serial2.print("S16:"); Serial2.print(hs4); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD hora
  Serial2.print("S17:"); Serial2.print(hora); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD minutos
  Serial2.print("S18:"); Serial2.print(minutos); Serial2.print(",");
  //HUMEDAD segundos
  Serial2.print("S19:"); Serial2.println(segundos);
}

```

Figura 64: Trama de datos a enviar para el enlace iot

3.6.2. Creación de entorno en Ubidots y enlace con ESP32

Esta sección detalla cómo crear el entorno y establecer el enlace con el invernadero usando un dispositivo basado en ESP32 para publicar y recibir datos en tiempo real.

Se accede al dominio de Ubidots en 'https://stem.ubidots.com/accounts/signin/' para introducir las credenciales del usuario, como se ilustra en la Figura 65.

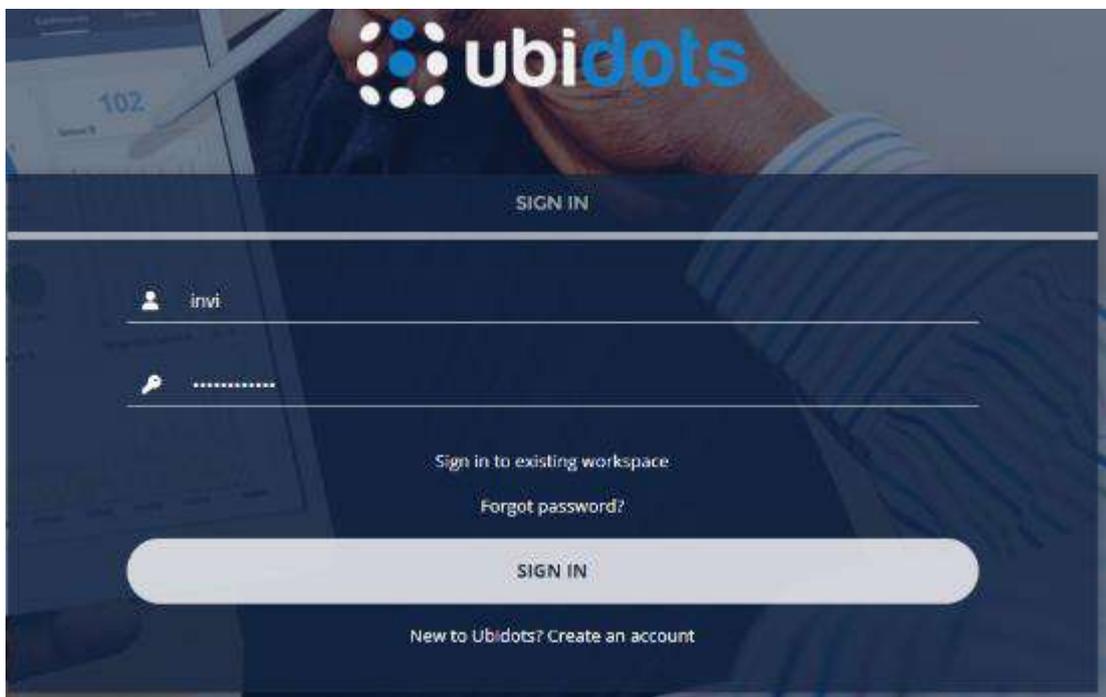


Figura 65: Identificar mediante credenciales

La configuración de dispositivos en Ubidots se realiza dentro del espacio de trabajo recién creado, funcionando como el centro neurálgico para la gestión y visualización de datos de los dispositivos conectados. Al acceder al panel de control, se selecciona la opción 'Add Device' o 'Agregar Dispositivo', dando inicio al proceso de registro de un nuevo dispositivo en la plataforma, tal como se ilustra en la Figura 66.

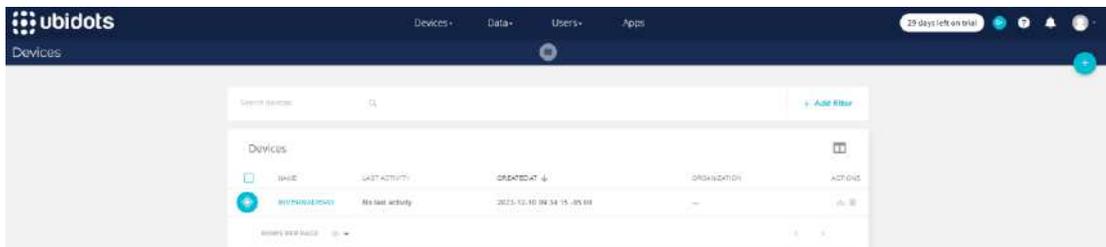


Figura 66:. Creación de dispositivo

Para almacenar los datos en la plataforma, se crean dentro del dispositivo las variables correspondientes a los valores de temperatura de los sensores DS18B20, tal como se ilustra en la Figura 67.

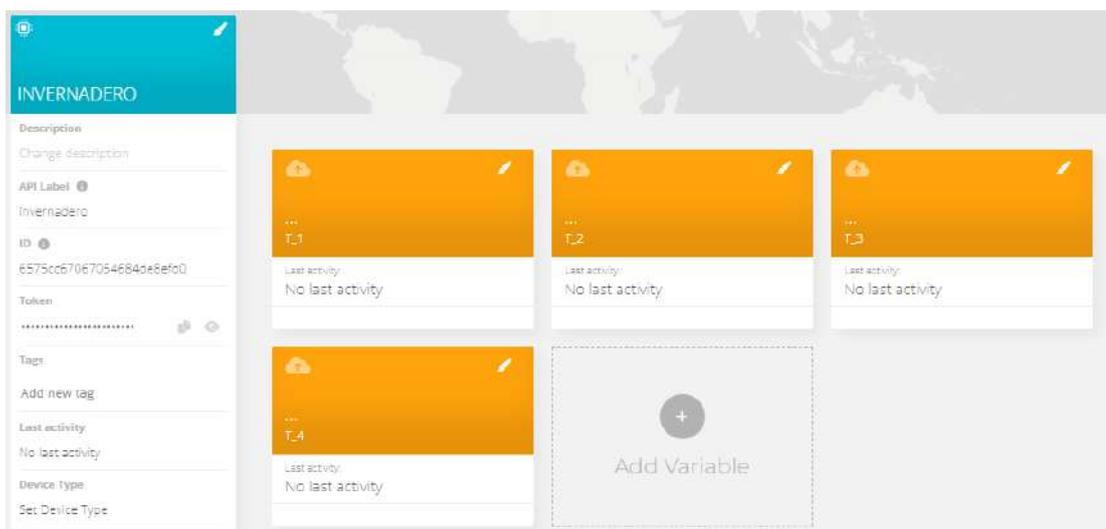


Figura 67:. Creación de variables para temperatura

Para los valores de humedad ambiental capturados por cada sensor, se crea dentro del dispositivo un espacio de memoria destinado al almacenamiento de estos valores, como se ilustra en la Figura 68.

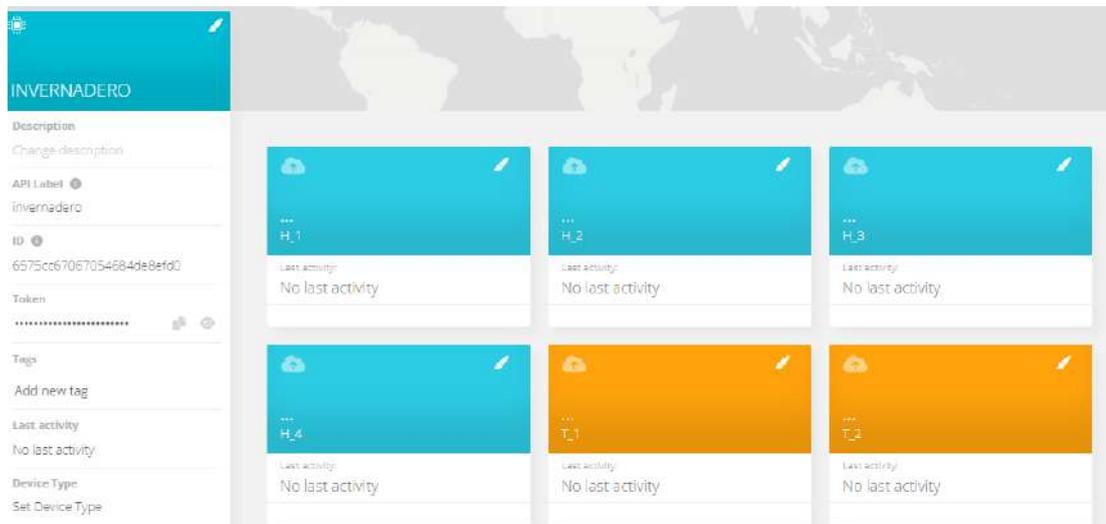


Figura 68:. Creación de variables para humedad

En la Figura 69, se muestra la creación de las variables para los sensores de electro conductividad del suelo del invernadero dentro del dispositivo.

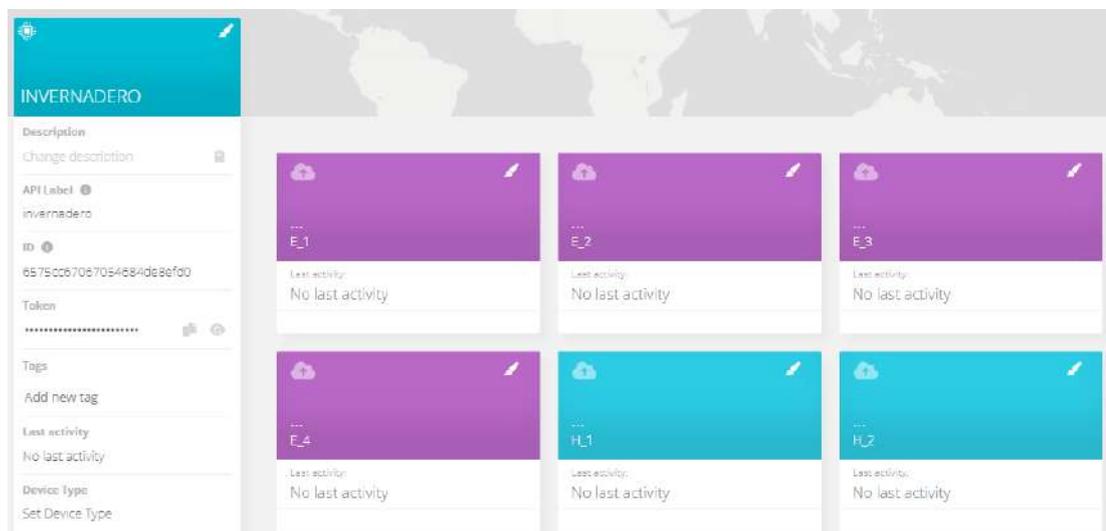


Figura 69:. Creación de variables para electrolisis

Al final se crean las variables para los botones en el modo manual y las variables del reloj como se detalla en la Figura 70.

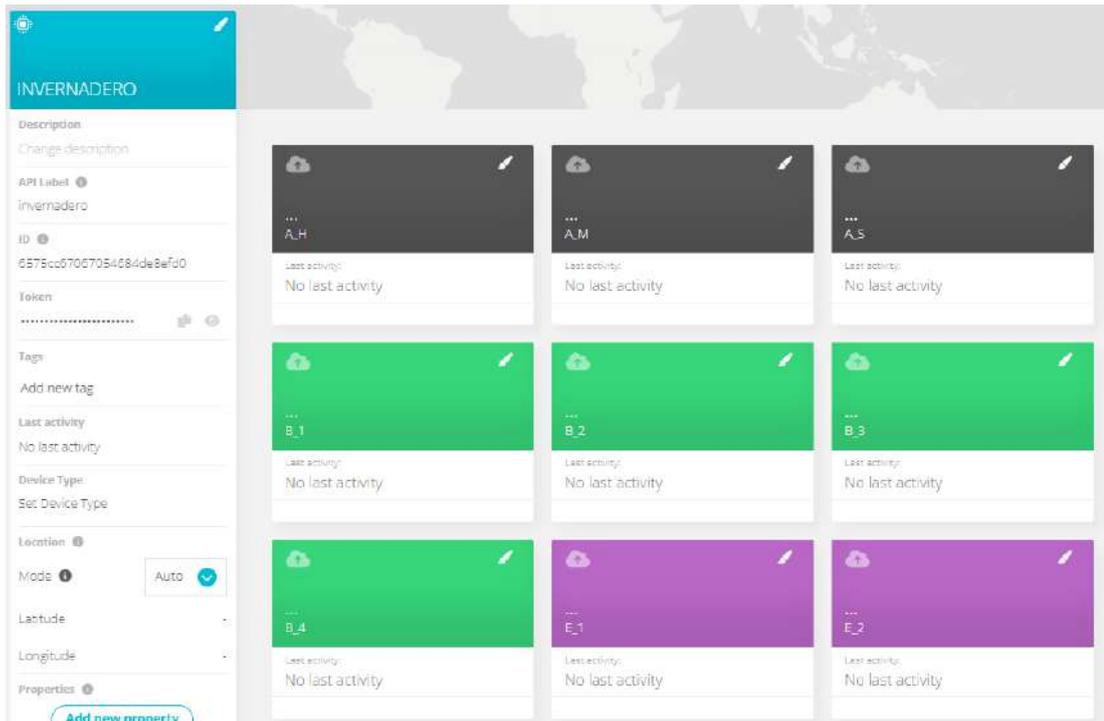


Figura 70: Creación de variables para botoneras

Después de finalizar la configuración del dispositivo, se procede a establecer un entorno de trabajo o pizarra. En este entorno, se visualizan las variables mediante iconos que representan diferentes tipos de variables, como se muestra en detalle en la Figura 71.

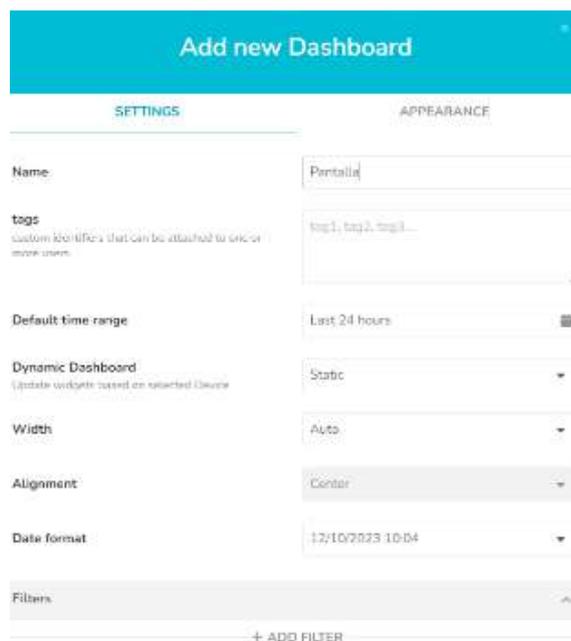


Figura 71: Creación del espacio de trabajo

Mediante el icono widget, se agregan todos los íconos numéricos para las variables de electrolisis, humedad y temperatura de los diferentes sensores, tal como se muestra en la Figura72.

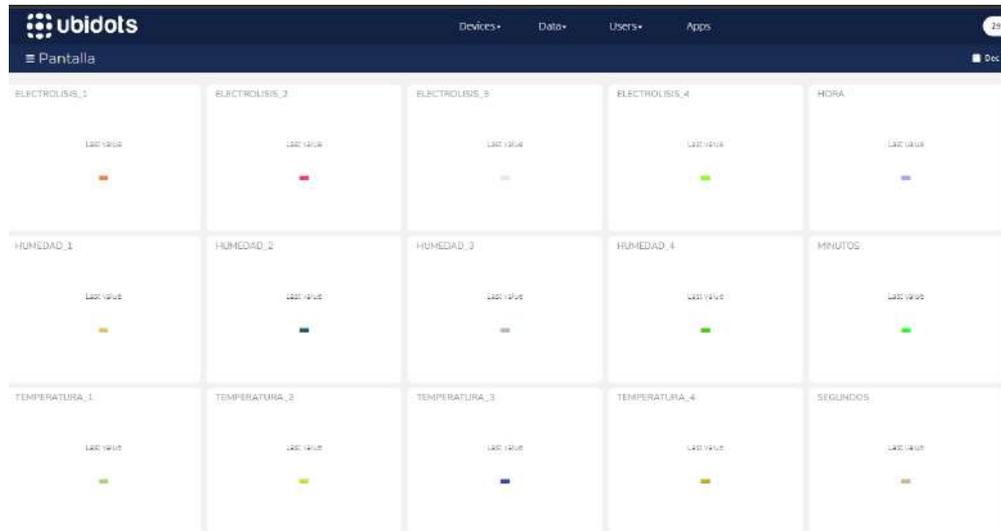


Figura 72: Creación de variables de supervisión en el espacio de trabajo

Para el control de las bombas, se crea un widget de control y se vincula a las variables b_1, b_2, b_3 y b_4 para el control manual, como se muestra en la Figura 73.



Figura 73: Creación de variables de control en el espacio de trabajo

La librería que se muestra en la Figura 74 se utiliza para establecer una conexión con Ubidots a través del protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), mientras que HardwareSerial.h se emplea para facilitar la comunicación con el dispositivo embebido mediante el puerto serie hardware.

```
#include "UbidotsEsp32Mqtt.h"
#include <HardwareSerial.h>
HardwareSerial mySerial(2);
```

Figura 74.: Declaración de librerías esp32 Ubidots

Después, como se muestra en la Figura 75, se establecen varias constantes necesarias para el funcionamiento del código. Estas incluyen el token de autenticación de Ubidots, las credenciales de la red Wi-Fi, las etiquetas correspondientes a los dispositivos y variables en Ubidots, la frecuencia con la que son publicadas los datos y un conjunto de sensores.

```
const char *UBIDOTS_TOKEN = "BBUS-XJSkVn8s2yhSfVwKukdaiHFoLtw94M";
const char *WIFI_SSID = "INVERNADERO_TESIS"; // Put
const char *WIFI_PASS = "electronica"; // Put here }
const char *PUBLISH_DEVICE_LABEL = "INVERNADERO"; // Put here }
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_1 = "A_H";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_2 = "A_M";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_3 = "A_S";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_4 = "B_1";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_5 = "B_2";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_6 = "B_3";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_7 = "B_4";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_8 = "E_1";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_9 = "E_2";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_10 = "E_3";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_11 = "E_4";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_12 = "H_1";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_13 = "H_2";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_14 = "H_3";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_15 = "H_4";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_16 = "T_1";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_17 = "T_2";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_18 = "T_3";
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_19 = "T_4";
```

Figura 75.: Declaración de variables para Ubidots

Cada vez que se recibe un mensaje a través de MQTT desde Ubidots, se activa esta función de devolución de llamada (callback), como se muestra en la Figura 76, ya que esta función examina el mensaje para extraer la etiqueta y el valor, y en base a estos datos recibidos, ejecuta acciones correspondientes.

```
void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
    String mensaje = "Message arrived [";
    mensaje += topic;
    mensaje += "] ";
    for (int i = 0; i < length; i++) {
        mensaje += (char)payload[i];
    }
    mensaje += "\n";
    int etiqueta = obtenerEtiqueta(mensaje).toInt();
    int valor = obtenerValor(mensaje).toInt();
    // Serial.println("Etiqueta: "); Serial.println(etiqueta);
    // Serial.println(valor);
    switch (etiqueta) {
        case 1:
            if (valor == 0.0) { mySerial.println("A"); }
            else { mySerial.println("a"); } break;
        case 2:
            if (valor == 0.0) { mySerial.println("B"); }
            else { mySerial.println("b"); } break;
        case 3:
            if (valor == 0.0) { mySerial.println("C"); }
            else { mySerial.println("c"); } break;
        case 4:
            if (valor == 0.0) { mySerial.println("D"); }
            else { mySerial.println("d"); } break;
    }
}
```

Figura 76: Programa en esp32 – método callback

En el proceso de configuración inicial, se activa la comunicación a través del puerto serie, se configura y conecta el Wi-Fi, y se realiza la conexión con la plataforma Ubidots. Posteriormente, el sistema se registra para recibir actualizaciones recientes sobre las variables específicas que fueron definidas con anterioridad, como se ilustra en la Figura 77.

```

void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  mySerial.begin(9600);
  // ubidots.setDebug(true); // uncomment this to make debug messages available
  ubidots.connectToWifi(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  ubidots.setCallback(callback);
  ubidots.setup();
  ubidots.reconnect();
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_1);
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_2);
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_3);
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_4);

  timer = millis();
}

```

Figura 77: Programa en esp32 – método de configuración

En la Figura 78 se muestra el método principal el cual se envía los datos a Ubidots con su respectiva etiqueta para visualizarse en la nube.

```

void principal()
{
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if (!ubidots.connected())
  {
    ubidots.reconnect();
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_1);
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_2);
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_3);
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL, SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_4);
  }
  if (abs(static_cast<long>(millis() - timer)) > PUBLISH_FREQUENCY) // triggers the
  {
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_1, sensores[0]); // Variable hora
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_2, sensores[1]); // Variable minuto
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_3, sensores[2]); // Variable segundo
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_4, sensores[3]); // Variable MOTOR 1
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_5, sensores[4]); // Variable MOTOR 2
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);

    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_6, sensores[5]); // Variable MOTOR 3
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_7, sensores[6]); // Variable MOTOR 4
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_8, sensores[7]); // Variable SUELO 1
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_9, sensores[8]); // Variable SUELO 2
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_10, sensores[9]); // Variable SUELO 3
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);

    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_11, sensores[10]); // Variable SUELO 4
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_12, sensores[11]); // Variable HUMEDAD 1
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_13, sensores[12]); // Variable HUMEDAD 2
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_14, sensores[13]); // Variable HUMEDAD 3
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_15, sensores[14]); // Variable HUMEDAD 4
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);

    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_16, sensores[15]); // Variable TEMPERATURA 1
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_17, sensores[16]); // Variable TEMPERATURA 2
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_18, sensores[17]); // Variable TEMPERATURA 3
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_19, sensores[18]); // Variable TEMPERATURA 4
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);
    timer = millis();
  }
}
ubidots.loop();

```

Figura 78: Envío de datos a Ubidots

3.6.3. Configuración de pantalla Nextion

Para la aplicación es necesario crear paginas las cuales se almacenan en los paneles visuales en la Nextion como se muestra en la Figura 79.

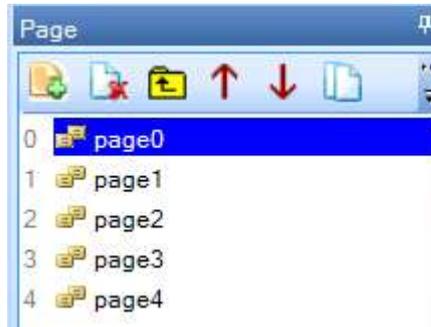


Figura 79: Creación de páginas en pantalla

En el primer panel, se crea la portada y dos botones. Estos botones tienen como acción desplazar a la página con los datos de los autores, así como desplazarse a la página donde se selecciona el modo manual o automático, como se muestra en la Figura 80.



Figura 80: Página principal



Figura 81: Función al presionar el botón 1



Figura 82: Función al presionar el botón 2

En la página de selección de modo, se crean dos botones para ir a las páginas de modo manual y automático. Al seleccionar el modo manual, la variable valor1 toma el valor de 1, como se muestra en la Figura, actuando como una bandera para conocer la posición actual de la pantalla. Del mismo modo, al seleccionar el modo automático, dicha variable valor1 adquiere el valor de 2, según se detalla en la Figura 83.

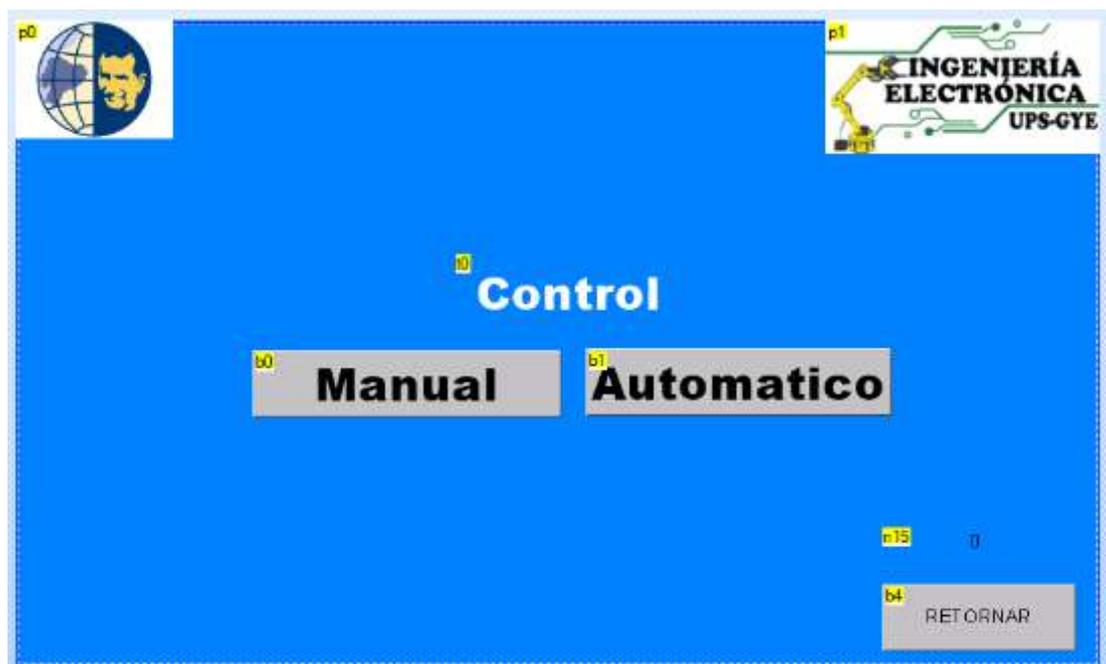


Figura 83: Página de selección de modo



Figura 84.: Función al presionar el botón manual



Figura 85.: Función al presionar el botón automático

Para la supervisión, se emplean cuadrados de texto con formato numérico donde cada valor es declarado desde el microcontrolador de manera serial siguiendo el formato n.val. La pantalla del modo manual se muestra en la Figura 86, donde se agregan 4 botones para encender de manera independiente las bombas de agua de cada sector.



Figura 86.: Página en modo manual

En el modo automático se crea las condicionales de texto para cada variable a manera de supervisión como se muestra en la Figura 87.



Figura 87:. Página en modo automático

RESULTADOS

Para la sección de resultados se tiene en cuenta el Anexo B que detalla el muestreo de los valores de temperatura, humedad y electrólisis del sistema del huerto urbano durante las 10 semanas de maduración de las hortalizas.



Figura 88:. Prototipo de huerto urbano

En la Figura 89 se detallan las secciones donde están las hortalizas que, mediante el control automático, se logra una gestión más eficiente del agua, los nutrientes y la energía, reduciendo el consumo y los costos operativos durante la semana 0.



Figura 89:. Sección de hortalizas en el proyecto

Diferentes tipos de hortalizas, incluyendo variedades como el tomate y el pimiento, son cuidadosamente seleccionadas para el cultivo. Estas se ubican estratégicamente en distintos sectores del espacio de cultivo, siguiendo el esquema y la distribución detallada que se presenta en la Figura 90. En esta fase, tanto los tomates como los pimientos se encuentran en su etapa inicial de crecimiento, lo que implica una atención particular en cuanto a sus necesidades de luz, agua y nutrientes para asegurar un desarrollo óptimo desde el comienzo en la semana 1.



Figura 90: Sección de sembrío de tomate y pimiento

Durante la fase de maduración de las hortalizas en las semanas 2 a la 10, es crucial llevar a cabo mantenimientos preventivos. Esto implica inspeccionar meticulosamente el estado de las tuberías que suministran agua, para asegurar su funcionamiento óptimo y prevenir cualquier fallo. Además, se realiza una revisión visual detallada del estado de las plantas, observando signos de salud o posibles problemas, tal como se ilustra en la Figura 91.



Figura 91:. Mantenimiento preventivo e inspección visual del prototipo

Durante la tercera a sexta semana, como se ilustra en las Figuras 92 y 93, se aprecia el desarrollo de las hortalizas. Este crecimiento es respaldado por la supervisión realizada a través de Ubidots, cuyos detalles específicos y análisis de datos se encuentran en la Figura 94.



Figura 92:. Prototipo tercera semana



Figura 93:. Prototipo sexta semana

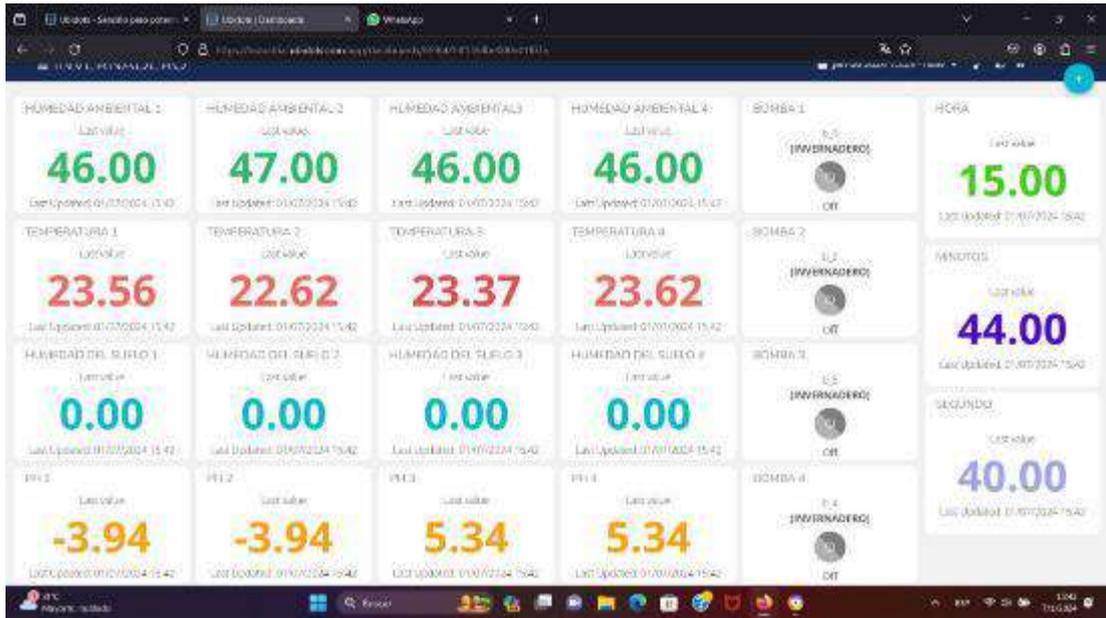


Figura 94.: Supervisión del huerto

En la representación visual proporcionada por la Figura 95, se destaca el notable crecimiento y desarrollo observado en el huerto durante la séptima semana. En esta etapa crucial, los helechos, meticulosamente cuidados y monitoreados, empiezan a mostrar signos evidentes de producción de hortalizas.



Figura 95: Prototipo séptima semana

Este hito marca un punto significativo en el ciclo de cultivo, reflejando el éxito de las prácticas agrícolas implementadas y la efectividad de las estrategias de cuidado y mantenimiento aplicadas en el huerto. La Figura 96 captura la vitalidad y el vigor de las plantas, subrayando el resultado positivo de las semanas de atención y supervisión detallada.



Figura 96: Prototipo octava semana

En las Figuras 97, 98, 99 y 100 se detalla la décima semana de producción, donde ya se pueden apreciar las hortalizas completamente desarrolladas y listas para ser cosechadas. Este momento marca la culminación de un ciclo de cultivo exitoso y el inicio de una nueva fase, donde se prepara para introducir y cultivar otras variedades de plantas. Este ciclo continuo asegura un aprovechamiento eficiente del espacio y recursos del huerto, permitiendo una producción sostenida y diversificada.



Figura 95:. Prototipo décima semana en sector 1



Figura 96:. Prototipo décima semana en sector 2



Figura 97:. Prototipo décima semana en sector 3



Figura 98: Prototipo décima semana en sector 4

CONCLUSIONES

- La adopción de microcontroladores, en sinergia con sensores y software especializado, transforma radicalmente el monitoreo y administración de huertos urbanos al facilitar una supervisión detallada y en tiempo real. Esta integración tecnológica permite una gestión más precisa y efectiva de los sistemas agrícolas urbanos, asegurando un desarrollo óptimo de los cultivos.
- Los sistemas basados en microcontroladores exhiben una eficiencia sobresaliente en la gestión de recursos críticos como el agua y la energía. A través del análisis de datos en tiempo real, estos sistemas ajustan el consumo de recursos de forma inteligente, lo que resulta en una agricultura más sostenible y económicamente viable, reduciendo así el impacto ambiental asociado a la producción de alimentos.
- La implementación de interfaces HMI intuitivas y amigables con el usuario hace que la tecnología avanzada en agricultura sea accesible a una amplia gama de usuarios. Esta accesibilidad fomenta la inclusión de individuos con diversos niveles de habilidad técnica, promoviendo una adopción más amplia de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes en el ámbito urbano.
- La continua innovación en la tecnología de microcontroladores y sensores se perfila como un catalizador para futuros avances en la automatización y eficiencia de los huertos urbanos. Estas mejoras tecnológicas prometen no solo optimizar aún más la gestión de recursos, sino también mejorar la calidad y la productividad de los cultivos en entornos urbanos.
- La potencial integración de estos sistemas con tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT), abre la puerta a la creación de huertos urbanos inteligentes y conectados. Estas innovaciones anticipan la posibilidad de sistemas agrícolas que pueden adaptarse proactivamente a condiciones ambientales cambiantes, mejorando la sostenibilidad y la eficacia de la agricultura urbana frente a los retos globales de seguridad alimentaria y cambio climático.

RECOMENDACIONES

- La adopción de un diseño modular en el sistema ofrece la flexibilidad necesaria para adaptarse a variados tamaños y configuraciones de invernaderos urbanos. Esta modularidad facilita tanto la expansión como la modificación del sistema, lo cual permite a los usuarios personalizarlo según las necesidades específicas de su proyecto, además asegura así su aplicabilidad y eficacia en una amplia gama de entornos agrícolas urbanos.
- Es crucial realizar pruebas exhaustivas del sistema bajo diversas condiciones ambientales y operativas para verificar su fiabilidad y precisión en la monitorización y control de los invernaderos. Estas pruebas ayudan a identificar y solventar posibles fallos antes de su implementación a gran escala, además garantiza un rendimiento óptimo y la satisfacción de los usuarios finales.
- La implementación de un sistema de retroalimentación dentro del prototipo es esencial para la detección y corrección oportuna de cualquier problema o ineficiencia. Esta retroalimentación permite ajustes continuos, mejoras en el sistema y asegura que el invernadero opere de manera eficiente y efectiva, maximizando así los beneficios para los cultivadores.
- Explorar la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) o el aprendizaje automático (machine learning) puede ofrecer oportunidades significativas para optimizar el control y la supervisión de los invernaderos. La aplicación de estas tecnologías podría permitir una gestión más precisa y automatizada de los recursos, así como una adaptación dinámica a las condiciones cambiantes del entorno, mejora de la productividad y la sostenibilidad de los invernaderos urbanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña Melo, E. &. (2022). *Desarrollo de un sistema inteligente para el riego, usando el microcontrolador ESP8266 para automatizar el uso del agua en los cultivos de tipo tubérculo.*
- Agudelo Cristancho, N. G. (2021). *Sistema de interoperabilidad para tecnologías celulares e inalámbricas establecidas en los estándares IEEE 802.15. 1, IEEE 802.15. 4, IEEE 802.11.*
- Altieri, M. (2009). *El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos.* . Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones, 77, 69-90.
- Angulo Montenegro, K. L. (2023). *Ecosistema de internet de las cosas orientado a la adquisición automática de datos ambientales y de calidad* . Doctoral dissertation, PUCESE-Escuela de Ingeniería en Tecnologías de la Información.
- Arcentales Cadmilema, J. S. (2021). *Monitoreo y control de presión, proximidad, lluvia e iluminación, de un vehículo eléctrico, mediante el uso de sensores y actuadores.*
- Belmonte Ríos, T. (2022). *iseño de una aplicación para la gestión de una estación meteorológica mediante protocolo de transporte de telemetría por mensaje de colas (MQTT) sobre modulo de radio frecuencia ESP32.*
- Bohórquez Vergara, C. A. (2019). *Diseño y construcción de un anemómetro para estudios de viabilidad de implementación de generadores eólicos en lugares remotos.*
- Burgoa Callisaya, R. S. (2019). *Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo, mediante el microcontrolador ESP32 por medio de red inalámbrica Wifi y la plataforma BLYNK, en la plaza triangular de la ciudad de La Paz.*
- Canales, A. R. (2010). *Fundamentos de control y programación del riego.* Automatización y telecontrol de sistemas de riego, 179.
- Carrasco, G. E. (2023). *Acondicionamiento de señales para la compatibilidad de las celdas de carga en los Microcontroladores PIC.*
- Carreño, N. E. (2021). *La agroecología y la ecoagricultura, estrategias sustentables en los sistemas de producción campesina.* Cuadernos de Desarrollo Rural, 18, 1-21.
- Casa Toctaguano, J. J. (2023). *Implementación de un sistema de monitoreo de PH aplicado a un invernadero de la zona alta sector Salache* . Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Castillo Amado, E. R. (2023). *Diseño, simulación e implementación de control PI del nivel en un tanque de agua osmonizada para el tratamiento de hemodiálisis.*
- Chacón González, A. F. (2022). *Estrategias de búsqueda y análisis de nuevas tecnologías con aplicaciones a la Agricultura de Precisión.*
- Cossio Cisneros, O. A. (2020). *Vulnerabilidades de ciberseguridad en sistemas de control industrial y accesibilidad a través de redes públicas.*
- Coyago Calle, C. R. (2023). *Automatización de un invernadero semi hidropónico.*
- FERERES CASTIEL, E. L. (2019). *Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola. 2ª edic.* Corregida. Ediciones Mundi-Prensa.
- Fierro Lora, J. E. (2022). *DISEÑO DE UN PLC BASADO EN UN MICROCONTROLADOR ARM CORTEX-M4 PARA SU APLICACIÓN ES UNA MÁQUINA DESTERRONADORA-CERNIDORA.*
- FIGUEROA NACIMBA, L. D. (2019). *APLICACIÓN DE UN SISTEMA CON MICROPROCESADORES PARA POTENCIAR LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE SISTEMAS DIGITALES EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES* . Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM.
- Flores Rojas, R. O. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de campos de cultivos agrícolas-Localidad Chulluncayani.*

- Fontal, B. S. (2005). *El espectro electromagnético y sus aplicaciones*. Escuela de la Ingeniería, 1, 24.
- Gaitán García, C. A. (2017). *iseño de un sistema robótico móvil aéreo no tripulado equipado con sensores de percepción remota para estimar descriptores de un cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca*. Master's thesis, Universidad Autónoma de Occidente.
- Garza Franco, F. D. (2022). *Fabricación de sensores de CO2 para medir la calidad de aire basados en nanomateriales de óxido de estaño y modificados con Pb, Ba y C3N4*.
- González Rodríguez, A. M. (2014). *APLICACIÓN DE CONFIGURACIÓN WEB PARA CONVERSORES DE PROTOCOLOS*.
- Gordillo Gordillo, C. A. (2021). *Red de sensores inalámbricos bajo protocolo lora y gestión de procesos para la analítica de datos mediante meta sistema operativo para monitoreo ambiental en invernaderos*.
- HACH. (2023). *Sensor de conductividad inductivo digital 3705 sc, estilo sanitario, cuerpo de PP*. Obtenido de <https://latam.hach.com/sensor-de-conductividad-inductivo-digital-3705-sc-estilo-sanitario-cuerpo-de-pp/product?id=54617386916>
- Herrera Gonzalez, J. S. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo de invernadero urbano automatizado de tres metros cúbicos que permita controlar la humedad relativa por medio de microcontroladores para generar una producción constante de alimentos orgánicos*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19299>.
- Jiménez Gómez, G. (2023). *Sistema IoT de monitorización y automatización en agricultura protegida*.
- Kumar, V. &. (2019). *emperature sensors: types, principles, and applications*. In *Advanced sensors for safety and security* (pp. 35-62). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-99680-0_3.
- Lagla Chicaiza, J. R. (2009). *Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico de control de temperatura y humedad para las prácticas de laboratorio de instrumentación de la carrera de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- Lambayeque. (2018). *MINAGRI APLICA SENSORES REMOTOS PARA MEDIR CALIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS*. Obtenido de <https://www.inia.gob.pe/2018-nota-156/>
- LOPEZ VERA, J. C. (2023). *MPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE PRUEBA DOMÓTICA CON MICROCONTROLADOR AVR PARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA*.
- Merino Ricaurte, F. J. (2020). *Análisis y diseño de un sistema de seguridad distribuido para la plataforma de terapias médicas temonet fase II*. Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones.
- Moreno Chuqui, W. R. (2023). *mplementación de un sistema domótico de seguridad y control mediante IOT aplicado a un laboratorio* (.).
- Muñoz Alcázar, J. (2019). *Aplicación del concepto de Gemelo Digital a un SCADA Industrial*. Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València.
- Muriel, S. C. (2022). *Mapeo de posibles instrumentos de tecnologías de información y comunicaciones para la producción de quinua del Altiplano Boliviano*.
- Ojeda, W. S. (2012). *Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático. Adaptación al cambio climático: efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*, 4.
- Pérez Herreros, D. G. (2014). *Técnicas de monitorización del patrimonio construido: desarrollo y aplicación*.
- Piñeiro Pearson, M. E. (2022). *dopción de martech en el sector corporativo: tesis sobre barreras de adopción y propuestas sobre cómo elegir plataformas en la nube, para eficientizar la operación en el sector corporativo argentino*.

- Pruneda, R. E. (2023). *Competencias digitales para el profesorado universitario* . Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha.
- Rodríguez Gutiérrez, D. A. (2020). *Diseño de ingeniería de un sensor optoquímico orientado a zonas rurales de Colombia para la cuantificación de la concentración de electrolitos séricos sodio y potasio*.
- Román Raya, J. (2023). *Fotodiodos y fotorresistencias como dosímetros en radioterapia*.
- Serrano Galiana, P. (2015). *Estudio de las relaciones entre conductividades eléctricas durante un cultivo en maceta de Osteospermum*.
- SEVENSENSOR. (2022). *Sensores De Velocidad De Viento De SEVEN*. Obtenido de <https://www.sevensensor.com/es/productos/sensores-de-velocidad-del-viento>
- Solana Capilla, M. (2014). *Comparación de técnicas geofísicas para determinación de contaminación de suelos agrícolas*.
- Torres Flores, R. (2012). *Evaluación ambiental de la influencia de las condiciones climáticas en 3 densidades de siembra del (cucumis sativus L.)“Pepinillo” fundo Miraflores–San Martín*.
- Utrilla, F. M. (2020). *SISTEMA DE GESTIÓN DE RIEGO BASADO EN TECNOLOGÍA DE CÓDIGO ABIERTO*.
- Yalle Arce, R. D. (2021). *Automatización y telecontrol del sistema de riego para las áreas verdes del templo Santos de los Últimos Días-Arequipa*.

ANEXOS

A. – Planos

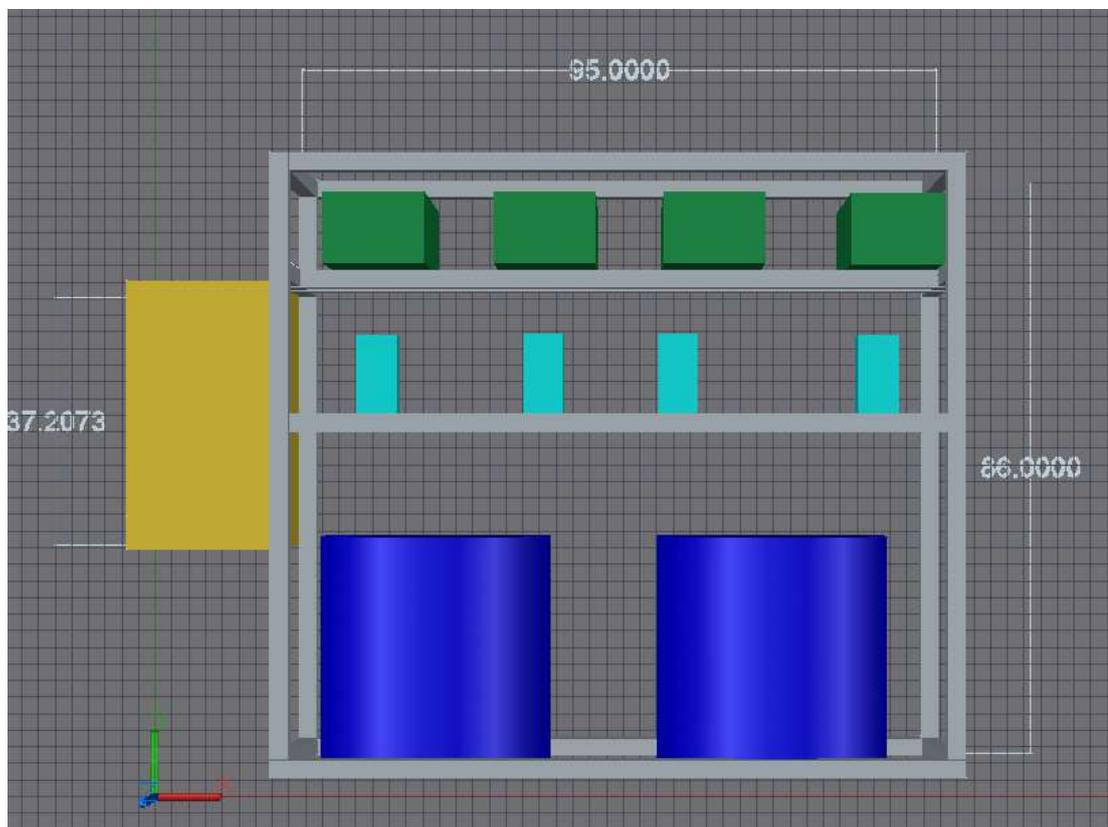


Figura 99: Dimensiones

B. – Código para lectura de direcciones para ds18b20

```
#include <OneWire.h>

OneWire ourWire(2);           //Se establece el pin 2 como bus OneWire

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
  byte addr[8];
  Serial.println("Obteniendo direcciones:");
  while (ourWire.search(addr))
  {
    Serial.print("Address = ");
    for( int i = 0; i < 8; i++) {
      Serial.print(" 0x");
      Serial.print(addr[i], HEX);
    }
    Serial.println();
  }

  Serial.println();
  ourWire.reset_search();
  delay(2000);
}

//Address = 0x28 0x70 0x66 0x56 0xB5 0x1 0x3C 0x8A
//Address = 0x28 0x7A 0x73 0x56 0xB5 0x1 0x3C 0xEB
//Address = 0x28 0xB1 0x5B 0x56 0xB5 0x1 0x3C 0x4A
//Address = 0x28 0x9F 0x52 0x56 0xB 5 0x1 0x3C 0x1C
```

C. –Datos del Huerto urbano

Temperatura (°C)	Humedad (%)	ELECTROLISIS
29	67	57,5
22	60	71
19	55	51,5
28	58	72,5
20	64	63,5
23	54	63,5
25	61	72
24	64	56
20	59	73
19	51	61
24	63	54,5
18	51	52,5
21	65	56
24	56	75
20	65	70,5
18	54	61
29	55	57
20	51	56
21	51	54,5
23	61	61,5
22	55	54,5
22	50	71,5
19	53	71
28	62	63
21	59	64,5
27	55	64,5

18	55	55
25	69	62,5
20	67	66,5
26	53	61,5
19	60	54,5
19	54	54,5
25	55	56,5
28	58	60
24	51	53
18	51	56
19	52	65,5
18	53	55
26	69	70
24	52	58,5
19	52	63
22	54	53,5
21	68	69,5
20	50	63
22	62	54
23	50	67,5
25	67	59
22	52	61,5
20	65	70,5
28	64	64
28	60	67,5
23	52	54
20	58	71,5
24	50	56
22	56	73
23	52	73
29	53	73
27	51	61,5
21	59	72,5
25	69	60
21	66	67,5

26	69	54,5
26	52	52
29	68	57,5
27	67	67
23	57	61
25	56	54
24	52	59
29	67	62,5
22	65	51
29	59	50,5
18	65	60
20	58	63
23	51	52
19	62	50,5
28	63	64,5
20	62	67
21	66	71,5
18	54	50,5
28	65	65
24	51	50
20	59	64
24	54	67,5
27	67	51
28	52	74,5
25	66	66
21	53	73
26	65	69,5
19	67	74
24	57	69
20	61	73
29	51	66
18	56	65,5
24	65	62
26	55	69
27	54	50

25	55	53,5
21	69	69
19	57	73,5
20	65	52,5
28	69	63,5
28	60	67,5
26	54	72
25	60	67
25	65	52,5
19	53	65
20	65	62,5
20	69	64
24	56	67,5
27	66	74
28	69	62
18	66	73,5
27	63	56,5
21	65	54,5
26	61	59
21	63	58,5
22	62	65,5
18	66	57,5
20	67	70,5
20	62	55,5
21	66	55,5
26	69	51
22	56	55
21	62	59
18	51	64
27	62	64,5
18	67	58
26	52	66
19	52	55,5
20	66	66
25	67	67

20	68	70
19	67	50
21	65	51,5
18	50	57,5
18	65	60
23	64	50
20	68	53
19	53	72
19	61	54,5
27	52	61,5
20	60	58,5
25	60	62,5
29	52	56,5
27	61	62,5
29	55	70,5
21	61	51
23	58	64
28	57	63,5
28	56	72,5
21	64	66,5
27	53	73
22	69	57,5
22	55	59
25	57	60,5
22	68	65,5
21	65	68,5
26	68	50,5
22	68	56,5
27	64	74
26	64	68,5
23	62	74
19	55	66,5
28	67	65
23	52	57
25	66	64

23	60	62,5
23	53	62,5
24	55	65
24	64	68,5
26	54	51,5
18	68	73
26	52	72,5
26	56	62,5
23	69	55,5
27	65	50,5
28	50	64
29	68	70
18	54	50
24	55	67
29	55	68,5
25	64	53
25	64	51
19	52	75
29	64	57
23	61	54,5
20	68	69,5
18	52	52,5
28	68	54,5
29	68	65
26	51	74,5
18	58	58,5
18	50	56,5
24	54	51
26	58	59
19	66	69,5
29	68	57,5
21	67	57,5
20	65	69
27	57	64
27	66	69

19	58	62,5
29	52	54
24	64	63,5
28	69	65
21	60	74,5
24	54	73
27	62	58
20	52	72
21	53	60,5
23	69	57
23	59	67
21	56	60
29	67	64,5
28	59	63,5
27	67	62
26	65	56,5
22	66	59
19	50	58
24	61	64,5
21	54	58,5
19	66	73,5
24	68	63
19	65	68
23	59	72,5
19	62	50
22	67	63
20	64	74
23	61	72,5
27	58	63
24	66	59,5
21	55	62
29	65	52,5
19	64	70
27	56	75
25	65	74

26	59	60,5
19	66	73,5
28	50	66
26	57	57
23	54	70
21	52	50,5
20	61	67
23	67	71
23	66	69
24	64	71,5
28	69	51
18	62	54
19	52	59
19	52	59,5
28	53	51,5
23	56	66
27	67	73
26	58	52
29	56	69
26	61	71
25	67	65,5
20	63	51,5
25	50	74
21	50	73
26	55	57
27	67	70
27	56	60,5
28	58	74,5
25	68	71,5
22	54	72
28	68	50,5
19	51	71,5
27	59	67,5
21	56	70
26	65	72,5

24	63	51,5
24	66	55
26	60	58,5
28	61	74,5
26	53	69,5
28	63	74,5
18	54	69,5
29	68	70
29	68	54
23	68	67
22	51	64,5
23	67	67
26	56	68
19	65	75
19	59	56
25	62	67,5
27	51	56,5
29	63	73
20	68	53
18	63	62
18	64	60
28	54	62
22	50	61
27	63	68,5
25	69	61,5
21	67	61
27	56	68,5
24	57	53
21	68	65
20	55	67
28	66	59
27	52	69
29	53	55
24	55	56,5
29	54	61,5

19	52	64
29	63	61
28	52	63
19	53	63,5
29	57	51,5
19	63	63
25	64	64
18	57	54
22	62	57
22	51	60
24	67	65
24	51	70,5
22	68	68,5
27	62	56
25	59	51
27	53	54
22	62	54
25	64	74,5
24	69	55
18	57	53
22	56	68,5
28	51	52
29	52	72
20	51	56,5
23	64	72
21	69	65
18	60	58,5
23	69	67,5
22	66	63,5
21	55	67
27	51	53,5
23	50	69
27	52	64
29	63	62
23	60	60,5

26	56	55,5
27	68	55,5
26	64	69,5
27	58	68
23	58	56
27	56	55
20	63	65,5
21	54	63,5
26	62	54,5
26	55	59,5
25	51	62
29	55	68,5
28	62	65
29	57	61
24	54	68,5
29	66	63
21	50	66,5
25	62	70
26	55	72
24	62	56,5
23	61	74,5
27	65	60,5
28	68	66
22	64	72
26	58	55
18	53	74
29	52	57
26	65	67,5
23	54	63,5
28	55	52
24	56	71
27	55	71,5
28	66	63,5
20	66	62,5
25	69	71,5

19	59	51,5
25	53	62,5
20	68	58,5
25	55	57,5
26	57	59
27	67	64
20	62	63,5
24	69	74,5
24	53	72
22	60	61
20	59	55,5
29	58	56,5
26	68	68
29	50	66,5
26	51	50,5
24	63	67,5
28	58	61,5
19	50	73
23	53	61
26	59	53,5
26	53	64,5
21	68	53,5
19	59	54,5
26	54	67,5
25	50	73
25	61	58,5
20	51	69
21	54	66,5
27	67	63,5
28	60	66,5
21	58	54,5
25	55	66,5
19	59	53
20	58	53,5
27	62	51,5

18	66	53
29	67	50
29	53	53,5
20	52	56,5
24	68	65,5
25	55	53
25	59	72
24	58	74
22	61	59
29	60	61
26	69	66
21	61	68
28	65	51
20	65	70
25	52	65,5
19	68	74,5
24	53	61
21	52	53,5
27	57	67,5
26	61	66
26	54	53
20	63	53
21	63	67
21	61	72,5
23	51	60
25	65	58,5
27	67	52
22	58	54,5
22	50	56,5
22	69	51,5
27	66	60,5
20	67	58
28	64	74
21	52	63,5
29	51	74,5

28	69	56
29	50	65,5
19	61	56
18	66	53
25	53	55,5
22	60	68,5
22	66	66,5
22	64	63
22	65	74
23	69	66
21	57	54
22	64	66
27	60	65,5
18	52	75
28	69	61,5
26	62	57
23	51	62,5
28	62	54,5
24	51	55,5
26	54	51,5
28	57	53
28	61	52,5
22	55	72,5
26	55	70
27	64	53,5
27	60	55,5
19	65	71,5
28	64	50,5
28	54	53,5
21	53	61,5
22	56	66,5
29	56	63
23	60	72,5
27	55	57
18	57	56,5

21	57	69,5
27	64	73,5
29	67	71
28	65	61
29	56	68
29	69	51,5
21	52	66,5
25	63	60,5
23	65	60
20	68	60,5
18	63	59,5
29	53	63,5
19	68	60
23	52	58,5
28	65	73
20	59	71
28	67	70,5
21	56	60,5
26	62	71,5
28	56	73
27	67	58
20	50	55,5
22	65	54,5
24	64	56
27	67	62,5
24	59	58
22	61	62
29	62	65,5
24	68	73,5
21	52	55,5
21	53	52
21	59	57,5
28	65	74
21	69	72
20	60	57,5

21	57	57,5
19	54	53
26	68	54
20	50	65,5
24	56	58
18	51	73,5
20	67	71,5
26	56	64,5
18	61	68,5
25	56	57,5
26	65	62,5
21	50	66
22	60	69
19	59	73
29	53	56,5
27	68	68
19	51	62
27	68	64,5
25	59	53,5
24	54	55,5
20	69	67,5
18	65	51,5
19	68	72
26	63	52,5
20	52	66,5
24	57	72
23	52	53
27	65	65,5
19	55	69
28	51	71
28	57	52,5
23	63	67,5
18	60	65
25	66	53,5
28	64	52,5

27	53	66,5
20	50	62
22	51	65
19	65	72
21	55	72
22	64	64
28	56	67,5
29	59	50,5
27	52	57,5
18	66	53,5
27	57	72
24	63	71,5
26	61	58,5
21	67	53
19	60	53,5
22	57	74,5
28	69	52,5
20	56	52
21	57	58
27	61	65,5
20	66	63
19	64	70,5
19	65	58
22	52	69,5
18	68	61
26	63	71,5
24	60	57
22	64	71,5
22	59	54,5
26	67	58,5
20	56	60
25	54	62
22	50	57,5
21	69	65,5
23	65	61,5

28	67	69
28	61	69,5
26	63	58,5
22	51	70
18	66	68,5
28	68	51,5
22	60	75
19	54	62,5
21	60	70
28	59	64
26	67	61,5
21	54	66
24	55	53,5
27	60	68,5
29	66	62
25	57	73,5
26	64	70,5
25	62	54,5
29	63	67,5
27	53	52
28	54	73,5
22	53	58,5
21	56	70,5
24	66	70,5
21	53	61
18	68	63
29	62	64
18	64	69,5
19	57	60
18	69	55
29	66	60
28	61	61
19	52	61,5
22	64	63
21	57	60,5

20	54	72,5
19	69	56
24	64	55,5
24	55	61,5
27	61	58,5
29	52	52,5
21	55	55
25	63	73,5
27	58	62,5
23	54	55
22	69	62
18	60	68,5
20	60	75
25	67	61,5
25	63	73
18	57	72,5
25	55	66,5
25	53	74
23	52	61
23	62	52,5
20	66	70
21	60	59,5
19	61	54
19	62	62,5
26	63	74,5
24	60	67
25	60	62
19	56	53
25	50	60,5
25	53	71
22	52	59,5
23	51	52,5
28	53	58
20	67	59
26	64	64

28	68	64
29	54	72,5
24	69	58
25	68	69,5
25	64	58
20	64	56,5
23	51	54,5
29	61	60,5
25	57	67,5
21	52	67,5
20	67	75
19	61	50,5
20	64	58,5
18	56	55
24	52	52,5
27	54	60,5
19	68	58
20	67	61,5
24	69	62,5
29	50	58
22	54	57
18	51	52
27	67	53
26	52	63,5
28	63	55
29	53	55,5
28	69	50,5
23	53	54
25	51	67
22	56	56
23	64	58,5
23	63	59,5
29	62	61,5
18	61	63,5
21	52	57

28	65	72
29	55	61,5
29	63	68,5
20	67	68,5
18	55	66
21	59	56,5
26	60	74,5
28	54	55,5
18	50	52
22	51	64
20	69	64,5
28	57	55
23	67	62
25	55	50,5
19	57	63
21	62	73,5
21	65	68,5
18	56	69,5
24	53	64
20	50	57,5
18	68	56,5
29	61	69
25	53	53,5
19	65	50
27	61	71
26	66	52,5
22	55	55,5
27	61	70,5
26	66	58,5
23	61	74
27	59	73
29	65	70,5
26	62	58
25	56	53
23	52	56

18	59	74,5
22	52	58
22	50	50,5
20	58	62
22	61	63
25	69	61
25	53	51
28	61	53
22	68	55
22	64	67,5
26	53	62
23	51	65,5
20	68	64
23	53	60,5
23	56	54,5
18	50	63,5
19	67	71,5
18	67	64,5
26	54	65
20	57	68,5
29	61	53
29	51	52
28	63	70,5
24	63	69
26	67	70,5
29	68	56
28	52	53
29	62	60
25	63	75
26	55	64
22	69	55,5
28	54	69
22	52	71
18	63	54,5
20	58	51

29	67	71
26	52	55
22	54	69,5
19	64	61,5
28	50	64
23	60	51
22	59	74
22	65	67,5
21	66	71
25	68	51
20	65	52,5
28	52	65,5
20	68	67
22	54	64
25	61	61
20	67	71,5
20	60	61,5
18	53	70
18	66	64
19	61	57
18	69	63,5
26	57	66
22	66	50,5
21	51	71,5
29	65	57,5
19	58	53
25	59	70
20	65	66,5
23	51	54
18	54	69,5
26	54	54
28	62	55
29	62	66
24	60	73
29	61	53

19	58	51,5
26	51	71
28	56	69
20	53	55,5
25	60	63,5
23	51	73
29	56	65,5
24	54	70,5
19	58	59,5
28	60	73
29	68	60,5
26	63	67,5
27	64	50,5
19	65	63,5
25	51	63
26	58	67,5
24	51	74
23	60	51,5
29	68	55,5
19	65	50,5
24	55	74,5
19	59	51
21	68	66
19	51	50,5
19	55	72,5
19	64	71,5
27	68	58,5
18	62	56,5
22	50	63,5
26	60	62
22	57	71
29	58	71,5
24	59	54
20	64	61
25	53	57

19	61	53
21	67	61,5
29	59	51
20	62	56,5
22	57	63,5
22	67	53,5
18	69	67,5
29	62	65
29	64	68,5
22	50	71
19	62	50,5
20	50	53
25	59	67,5
24	55	72
23	63	68,5
29	52	73
29	64	68
22	53	55,5
18	66	63
29	59	74
27	69	53,5
27	69	60,5
28	54	54,5
27	68	59
21	53	67,5
28	63	55
28	58	66
29	64	57
19	57	60
25	50	69
26	52	68
28	69	69,5
24	57	52
22	69	51
20	56	72,5

29	57	53
24	50	59
26	64	73,5
25	66	63
28	53	56,5
25	63	68,5
19	60	72
21	69	58
24	57	52
29	64	74,5
21	60	52
25	68	64
20	53	72
19	62	64
21	61	54
22	56	53
20	52	74,5
28	56	55
18	54	51
22	58	60,5
28	61	71
20	59	57
21	60	70
25	61	74,5
27	65	56
27	50	56,5
21	68	51,5
29	59	74,5
29	69	62,5
21	54	58,5
28	62	61,5
19	59	57,5
19	66	57
23	59	66,5
29	69	52

19	63	72
23	69	71,5
23	69	70,5
18	57	74,5
21	51	73
26	66	52
24	53	70
27	56	54,5
19	51	67
29	64	54
28	67	54,5
21	50	69
28	58	52
21	64	61
29	52	73
21	53	63
22	61	55
21	59	51
20	57	59
24	65	75
22	59	70,5
19	64	72,5
28	61	58,5
21	64	64
22	56	63
18	62	60,5
27	58	52
21	59	65,5
23	59	53,5
29	61	56
19	65	66
22	53	63
23	53	63
18	66	57
24	60	69,5

20	59	53,5
21	63	58
19	57	63,5
21	64	59
19	65	62
25	66	56,5
27	62	69,5
28	56	53
25	51	51,5
28	67	53
25	53	57,5
28	65	50,5
23	68	73
26	51	75
21	59	51,5
18	68	62
21	60	69,5
26	63	65
22	58	69,5
24	59	58
29	57	65,5
28	51	66,5
23	63	65
29	63	51
20	51	62
29	53	62
20	51	57,5
21	59	51,5
29	60	68
26	58	55
22	64	70,5
27	62	61,5
23	65	54,5
28	56	70
22	66	60

21	58	70,5
23	59	68
19	55	71,5
18	50	59
19	56	53
21	54	56,5
26	68	63,5
21	50	54,5
22	51	52
19	62	50,5
26	66	70
29	69	74
20	50	55,5
28	56	61
22	68	72,5
29	53	56
19	59	59,5
29	58	57
23	54	62
21	67	66,5
25	56	51
23	50	53,5
27	66	57
18	64	68,5
18	60	73
18	66	53,5
25	55	70
19	53	52,5
20	63	70,5
27	62	59
24	66	74
21	69	71,5
21	55	64
23	64	73
19	55	52,5

28	53	73
26	66	53
29	50	52
23	61	67,5
29	69	51
23	58	64
28	63	50
21	61	54
23	64	60
29	66	65,5
21	68	64,5
29	68	52,5
22	60	62,5
28	61	70,5
18	54	54
24	61	73
23	62	51,5
29	64	70
18	60	66,5
21	52	74
27	53	60,5
26	64	59
21	53	69,5
28	54	50,5
21	66	67,5
20	50	74,5
29	51	69,5
21	65	74
22	57	53
26	63	64,5
20	59	70,5
20	50	59,5
19	68	58
25	68	62
26	64	69,5

26	66	74,5
26	64	59
19	63	58
23	54	50
27	63	63,5
29	65	67
29	65	54
26	62	75
27	54	63,5
19	61	73
18	63	55,5
20	61	59
18	65	59,5
25	65	59,5
29	64	50,5
27	60	53,5
29	60	71
22	56	66
28	66	62,5
28	50	61
27	64	51,5
24	68	60
29	64	57,5
22	63	66,5
29	64	70,5
22	57	58,5
29	65	64,5
23	55	68
23	64	62,5
26	63	62,5
28	69	50,5
27	54	67,5
19	68	51,5
29	65	75
21	57	65

28	56	71
19	56	64
22	55	70,5
27	59	51,5
23	63	56,5
24	59	74
22	58	63
24	56	56,5
27	51	57,5
27	61	67,5
26	51	72,5
26	60	60,5
28	56	62
19	53	69,5
23	64	69
18	66	53,5
22	68	51,5
29	67	56,5
28	58	53
20	68	69
27	51	50,5
28	67	73
19	63	58,5
28	69	50,5
20	51	54
28	67	73
19	68	53
29	55	64
28	65	51
27	59	51,5
25	66	56
25	69	69
22	69	64
18	64	73
19	59	54

28	67	63,5
24	51	52,5
23	55	55
22	60	69,5
20	53	64,5
21	52	60
27	68	59,5
25	52	67,5
27	60	73,5
18	64	65,5
28	59	61,5
20	64	61
22	62	50
27	57	72
18	50	52
19	51	56,5
23	61	73
21	55	64
19	57	73
22	55	54,5
25	53	52
19	53	60
24	55	65
28	57	65
23	64	57
29	55	61,5
22	68	68,5
22	60	65
18	51	61,5
23	65	53,5
20	50	63
26	65	71,5
20	57	68,5
25	51	74,5
27	69	63,5

27	67	73
27	68	70
18	66	68
21	62	70,5
28	51	54,5
23	69	56,5
22	62	57,5
19	66	71,5
28	55	74,5
24	61	72,5
23	66	68
24	67	54,5
28	55	72
26	56	64,5
24	54	71,5
22	65	56
29	50	72,5
18	58	55,5
21	59	61
21	67	55,5
18	67	52
28	68	74,5
20	59	72,5
25	52	67,5
21	62	63,5
22	58	67,5
23	67	60
22	53	65
27	59	65
20	63	51,5
23	61	64,5
23	66	55,5
19	69	50,5
20	66	66,5
22	65	75

20	55	60,5
23	62	74
26	64	62
26	59	74,5
23	60	63,5
23	59	53
20	53	62
29	60	51
21	56	55
26	56	62,5
20	63	64
20	66	59
25	54	60
18	57	53
25	66	60
23	68	65
21	57	58,5
29	62	61,5
23	60	68,5
22	63	64,5
24	56	66,5
18	58	53,5
22	62	71,5
20	50	66,5
23	66	64,5
24	53	65
29	62	55
24	58	73,5
19	69	66
19	58	74,5
23	61	65,5
29	69	65,5
20	61	58,5
21	65	72,5
25	65	69,5

18	61	50,5
23	62	69,5
25	66	69,5
25	52	63,5
28	62	55,5
19	57	53
26	63	66,5
18	56	59
27	63	68,5
21	64	61,5
25	54	66,5
24	54	60,5
25	56	55
25	65	63
22	65	66,5
25	65	69,5
18	51	60
27	55	73,5
27	51	67
22	62	67,5
20	54	62,5
25	65	73,5
24	66	57
20	65	52,5
27	56	58,5
27	56	56,5
21	63	65,5
29	66	69,5
29	68	69,5
21	51	56,5
21	54	59
20	57	60
27	65	62
26	60	57,5
24	57	50

26	64	65
27	64	71,5
19	53	54
29	59	69,5
21	55	72
22	55	53
27	60	74,5
25	52	63,5
27	64	70,5
24	51	51
19	64	52,5
26	65	50
20	66	58,5
23	68	54
18	58	58,5
18	54	70,5
23	61	66
28	55	64,5
27	57	59,5
21	57	55
27	63	74
23	56	59,5
21	58	74,5
18	55	66
23	55	55,5
18	57	70
27	51	51
27	58	51,5
26	51	53
26	68	50
18	67	74
27	64	52
27	51	69
26	67	63,5
19	63	57

25	68	64,5
23	59	60,5
27	61	66
26	62	56
21	69	65,5
28	62	69
22	61	52,5
19	51	57
27	55	72,5
26	66	51
20	54	74
20	53	65
24	67	52,5
26	54	69
21	57	52,5
25	51	64,5
21	56	58,5
24	69	71
21	56	62
23	60	74
25	53	71,5
29	51	70
26	62	67,5
28	64	70,5
20	61	52,5
24	68	60
24	61	58,5
25	55	68,5
20	55	50,5
22	58	60
20	58	53,5
28	57	67,5
25	54	51,5
22	61	63
27	66	58,5

19	55	72,5
18	54	65
27	66	68
23	56	74,5
23	66	54
24	69	61
18	69	55,5
18	64	73,5
24	57	56
19	68	60
25	54	60
23	62	59
20	50	68
26	56	65
20	64	65
29	52	73,5
19	66	61,5
19	51	66,5
26	53	68
21	51	71
21	58	66
20	60	56,5
27	58	65,5
25	58	72,5
20	68	56
21	56	65,5
24	65	65,5
19	52	68
28	60	51
26	62	67
22	59	63,5
28	56	58,5
26	57	65,5
24	61	63,5
18	65	71

19	56	54
25	62	53
19	68	70,5
20	50	63
20	54	71,5
29	55	73
23	54	72
19	58	72,5
18	61	66
24	51	69,5
29	61	66
19	60	55
20	67	53
22	61	57,5
21	69	70,5
21	57	72
18	55	59,5
21	56	67,5
18	57	56,5
28	68	64,5
26	68	56,5
26	60	72,5
26	51	57
26	59	57
21	69	62
22	51	65,5
26	60	66
27	69	71,5
25	50	51,5
27	55	71,5
22	62	64,5
28	54	71
20	59	70
29	58	65,5
21	50	60

26	60	73
22	64	64,5
28	50	57,5
23	67	59,5
24	53	66,5
22	67	52
22	65	70,5
21	55	67
22	58	70,5
18	66	52,5
20	60	52,5
18	51	62,5
26	53	65,5
26	55	66
24	59	58,5
28	53	54,5
19	53	71
23	59	61
20	67	57
24	65	72
24	52	68
27	56	67,5
28	55	68
23	69	66,5
24	60	68,5
29	59	56
23	52	53
19	56	69,5
18	53	55,5
26	69	64
23	55	53
26	69	70
24	62	54
26	53	71,5
25	54	57

29	52	58
25	66	66
21	53	68,5
28	51	62,5
21	62	74
24	52	73,5
20	59	65
22	54	63,5
29	65	52,5
26	55	53,5
24	60	61
28	66	54
28	54	61
21	58	75
27	62	72
18	68	62,5
25	58	70,5
23	57	69
26	53	56,5
23	53	64,5
23	51	58
21	59	56
18	58	71
18	57	70,5
22	64	66,5
18	69	65
19	54	55
24	51	63,5
18	58	70,5
24	53	63,5
29	64	67
29	62	68,5
20	54	65
21	50	53,5
25	58	68,5

29	61	56
22	60	57,5
23	62	72
19	59	54
28	52	70,5
29	56	72,5
22	54	59,5
24	50	62
21	66	54
26	58	67
29	50	60,5
18	55	67,5
19	57	51,5
27	65	61
25	53	67
21	56	73
23	60	59,5
19	61	61,5
24	66	61,5
22	69	63
22	59	59,5
22	51	66
25	51	58,5
19	64	64
20	57	72,5
24	54	62
24	58	52
27	51	58,5
22	52	70,5
24	55	62,5
24	61	65
29	52	55
27	63	61,5
23	57	57,5
24	59	73

22	51	53
21	50	60
21	59	73,5
27	65	66,5
29	51	52,5
25	66	67,5
22	52	62,5
24	69	50
21	65	74,5
21	58	60,5
29	53	61,5
24	64	60
25	58	73
18	66	71,5
28	54	50,5
18	56	50
21	51	54
26	66	59
22	69	54
27	57	72,5
26	67	68
25	57	51
19	59	70,5
23	58	74,5
29	53	54
28	50	71
28	60	57,5
29	67	61,5
22	51	57
29	57	55,5
22	60	60,5
24	62	63
23	67	68
19	60	56
27	54	68,5

19	61	71
24	65	74,5
29	55	70,5
18	66	74
20	66	69,5
21	63	69,5
25	56	52,5
20	60	52
27	63	55,5
19	51	58
27	52	54
26	54	65
19	64	52,5
21	53	58,5
24	56	60
24	58	51
20	55	63
21	53	63
23	67	67,5
24	59	67
22	69	73,5
22	65	51,5
20	68	64,5
28	53	74
19	50	59,5
24	52	60,5
28	63	63
23	65	68
29	56	72,5
27	50	59,5
24	50	53,5
20	60	54,5
24	59	61
26	64	67
24	60	56,5

21	60	69,5
23	64	74,5
18	52	52
18	65	63,5
23	53	60
25	58	68
22	64	60
23	60	60,5
18	55	72,5
19	65	66,5
20	65	61,5
25	65	55
20	55	71
23	58	59
27	57	51
25	61	53,5
29	58	54
18	67	51
18	63	55
24	58	64
22	64	67,5
21	55	51,5
29	67	56,5
21	62	67
19	64	66,5
19	63	51
25	60	63,5
23	59	74,5
25	52	68
20	67	59
21	56	50
19	65	52
21	61	61,5
29	50	58,5
29	68	65

25	69	68,5
24	54	54,5
22	66	54,5
19	55	69
28	56	66
18	52	55,5
23	56	64,5
27	69	58,5
21	66	65
29	53	67,5
21	54	69,5
23	59	73,5
23	53	54,5
19	65	74
29	61	51,5
21	58	61,5
22	56	71,5
21	64	54
27	59	57,5
24	57	62,5
22	59	53,5
28	65	73
24	53	74,5
25	62	72,5
19	65	53
28	62	68
21	63	66
26	61	62,5
20	58	62,5
20	60	55,5
26	68	73
29	52	74
18	59	63
18	60	58,5
23	52	67,5

21	69	72,5
28	67	61
18	56	52,5
29	57	72,5
20	55	57
28	50	73
28	62	55,5
24	58	61,5
27	55	59
26	59	52
23	57	72,5
19	55	68
29	67	61,5
27	67	55
19	57	70
19	61	60,5
26	62	67,5
27	63	65
18	69	58
21	52	54
29	59	67
23	52	56,5
28	54	54
24	59	63
23	54	73
21	63	73,5
20	59	56
21	62	53
24	60	55,5
20	54	58,5
23	66	65,5
18	58	63,5
25	51	72
21	66	60,5
19	52	58,5

23	58	57
19	51	60
21	62	59,5
23	53	54,5
24	55	70,5
23	69	74
28	69	71
24	61	70
19	63	62,5
20	50	54,5
18	53	61
26	54	57,5
24	57	53,5
21	63	58,5
28	50	64
21	67	72
23	66	74,5
18	56	65,5
24	62	71,5
29	69	55
21	64	69,5
22	57	60,5
25	62	57,5
18	60	55,5
18	64	56
25	51	50,5
18	67	66,5
18	62	63,5
25	50	62
18	67	71,5
24	54	58,5
22	50	52
28	67	59
21	51	68,5
21	56	53

21	62	58,5
29	61	70
24	62	74,5
26	61	63
29	58	56
20	67	50,5
18	59	51,5
21	63	54,5
27	53	70
27	61	63
21	53	72,5
29	56	58
29	57	59
25	65	53,5
22	54	55
21	62	73
21	56	73
22	68	75
28	56	57,5
25	55	54,5
26	67	56,5
19	52	66,5
23	66	55
22	58	52,5
29	61	60,5
24	66	58
28	61	51,5
18	54	61,5
18	67	55,5
26	67	68
22	62	63,5
22	55	59
22	67	52
18	65	57
21	53	72,5

18	58	66
19	58	73,5
29	68	52,5
24	67	56,5
23	66	69,5
22	52	66
28	53	69
18	50	65,5
26	55	56,5
27	68	65
21	68	67,5
23	64	58
23	51	58,5
24	60	61,5
26	63	53
24	52	70
19	65	66
19	60	64
20	68	51,5
21	51	67
25	62	65,5
25	65	57
27	50	66,5
22	59	54
21	65	58,5
29	63	50,5
19	61	66,5
23	59	64
19	59	52
26	54	73
23	65	64,5
19	61	61,5
23	59	74,5
27	69	51
26	55	54,5

23	64	52,5
19	55	74,5
28	52	54
28	56	69
24	65	50,5
20	68	62
20	59	61,5
19	67	54,5
24	58	53,5
20	58	51
28	60	59
29	58	52
27	66	54,5
18	57	74,5
29	62	60
23	66	73,5
25	63	61,5
18	62	67,5
28	67	52
28	68	74,5
21	69	59,5
19	67	52,5
20	61	51
20	60	59,5
20	58	68
28	57	71
25	64	68
27	57	56
27	53	68,5
20	51	69,5
26	69	54
22	61	71,5
26	65	57
29	56	64,5
26	51	59,5

21	69	58,5
20	52	58
27	51	62,5
20	56	64,5
22	66	61,5
22	53	73
18	69	54,5
23	55	57
21	52	58
24	54	57
26	50	67,5
25	64	67
20	61	67,5
23	52	71
22	60	65
21	69	54,5
22	66	64
22	68	59
20	65	62
24	61	65,5
27	60	62,5
18	61	54,5
24	65	72
29	51	60,5
18	65	61
23	55	74
28	63	75
19	66	67,5
20	51	69
18	63	50
21	57	69
23	56	53,5
29	54	55,5
25	61	53,5
27	56	53

28	66	62
24	58	70
19	67	74
20	50	55,5
26	56	70,5
23	64	74
23	64	64
20	65	57
25	65	62,5
22	66	61,5
24	51	63,5
25	65	59,5
24	67	51
21	57	70
26	67	62,5
21	61	67
25	54	58
23	67	71
24	53	63
23	68	52,5
24	66	63,5
20	53	71,5
19	52	58,5
26	56	51
19	56	66,5
24	51	73,5
22	67	71,5
22	52	58
22	57	72
18	55	71,5
21	66	56
20	66	54
23	63	69,5
23	64	73,5
25	53	64

23	52	57,5
28	57	65
28	57	74
28	55	52,5
23	60	61,5
28	68	70,5
20	69	54,5
29	57	71
26	64	55
20	59	64,5
22	57	62,5
25	50	73,5
20	66	71,5
22	58	73
26	63	69
26	52	55,5
25	53	73
20	69	68,5
23	54	58
26	57	72,5
28	61	68
20	56	63,5
20	66	72
25	58	53,5
28	60	51,5
25	58	56
25	51	53
21	53	55
22	62	56
19	67	58,5
26	57	61,5
21	65	51,5
22	54	54
22	61	67
19	51	55

26	64	53
26	50	54
27	53	74
18	51	64,5
28	52	68
19	56	63
26	61	53
23	67	64,5
29	50	55
27	65	58
25	60	56
25	64	65,5
21	60	54
26	54	71,5
27	53	68,5
26	62	74
18	61	55
24	58	62,5
23	53	74,5
24	59	69,5
22	50	56
20	57	54
21	66	55
27	61	65
19	55	63,5
19	62	71,5
24	69	54,5
29	60	58,5
24	52	62
20	52	56,5
27	52	51,5
25	69	59
29	66	71,5
22	56	57
28	53	69

27	59	72,5
20	60	62,5
27	61	68,5
25	61	51,5
18	69	63
21	52	59
21	56	63
20	54	72
23	59	54
26	66	52
18	67	68,5
18	51	66
21	66	72,5
26	63	59
24	55	57,5
19	61	61,5
19	62	65
24	56	55,5
28	67	72,5
23	66	57
29	62	50,5
24	60	72
22	69	61
19	56	60,5
25	50	59
26	51	54
25	58	53,5
20	57	73
19	68	50,5
27	50	58
26	63	51
19	63	52
20	66	55,5
23	68	64
22	62	60

26	65	74
20	68	55
28	58	68
26	66	58
22	52	53,5
25	62	54,5
21	66	55,5
22	56	73
20	55	52,5
28	67	54
26	59	57,5
23	69	55,5
22	50	62,5
28	64	63
28	53	52,5
25	52	67,5
25	59	68
19	61	61
23	50	59
19	69	59
24	65	61,5
23	60	55
18	61	51,5
28	58	53,5
18	64	73
29	59	55
28	69	58
21	53	51,5
28	60	62,5
23	59	72
20	56	68,5
25	54	67,5
27	56	74,5
19	58	73,5
25	60	69,5

23	63	67,5
24	51	73
28	60	54
26	65	54
20	52	59
20	62	71,5
24	57	68
29	69	70,5
19	67	54
28	53	60
21	65	70
28	57	54
19	69	51,5
20	58	56,5
29	52	58,5
25	63	55
27	65	51
22	57	64,5
18	59	56
27	66	62,5
20	54	70,5
19	50	62
22	64	58
26	67	72
20	58	56
22	69	68,5
21	51	65
26	60	58
23	67	69
18	67	70,5
29	62	74,5
19	54	66,5
26	50	52
25	64	53
29	53	60,5

26	65	64,5
27	52	69
23	53	64
23	64	58
19	59	73
28	68	58,5
28	62	66,5
24	68	66
21	59	57,5
25	59	70,5
25	68	52
18	56	67,5
29	67	71
18	51	65,5
20	55	50
25	69	68,5
19	56	69
19	51	50,5
26	54	52,5
29	61	51
26	62	73
29	59	73,5
19	68	65
18	67	64,5
20	54	62
20	63	55
23	57	65
27	68	69
27	67	74
18	60	66,5
23	55	67,5
29	55	52,5
28	61	52
25	60	51,5
26	62	67,5

21	51	53,5
24	62	68
29	52	64,5
25	68	57,5
25	57	59,5
26	53	55
22	67	63,5
18	58	59
18	59	61,5
21	64	55,5
27	53	57
22	57	61
24	69	62
19	53	55
22	67	53
24	67	58
27	64	56
25	56	62
24	66	53,5
18	68	58
26	66	74,5
18	59	60,5
21	53	70,5
25	57	58
21	61	72,5
27	61	68
21	51	62
22	61	58
18	50	58,5
22	59	70
28	69	68,5
20	51	71,5
24	62	57,5
27	56	68,5
27	63	67,5

22	69	69,5
19	66	68
29	60	61,5
20	59	52,5
20	54	65
22	57	66
22	67	70
19	55	58,5
28	55	69
29	68	51,5
24	58	64
22	65	71
19	69	68,5
20	64	64
18	68	61
24	61	67,5
28	60	65,5
18	51	68
23	67	55
21	56	73
23	69	55
20	56	71,5
23	55	68,5
24	56	58,5
27	51	73
26	52	58,5
22	68	61,5
29	53	56
24	54	54
26	57	53
28	56	72
29	67	68,5
26	59	68
21	52	68,5
23	59	51

27	68	50,5
23	59	70
24	51	64,5
22	56	51
18	52	73
27	62	50
18	60	73
18	64	59
21	54	67
25	59	62
22	51	57,5
21	51	65,5
24	57	67,5
25	67	63
18	57	70,5
21	51	64,5
22	64	67
27	67	61
19	51	69,5
28	64	57
28	69	57
22	68	52,5
20	69	66,5
23	58	67
19	58	62,5
22	52	59
28	59	51
20	60	63
18	62	53,5
20	61	61,5
26	64	66
25	57	64
28	56	56
22	64	69,5
28	59	58

27	61	57
21	69	72,5
29	60	63,5
26	61	57
19	62	64,5
20	65	57,5
18	61	54,5
29	58	50
26	65	57,5
27	66	51
23	50	51
29	50	74,5
29	65	55,5
18	61	67
18	68	59
21	53	51,5
28	51	59,5
29	69	55
25	63	70,5
27	63	68,5
22	60	64
26	67	66,5
23	61	74,5
21	51	51,5
28	62	53,5
22	52	59,5
20	65	69,5
18	56	63,5
23	65	55
27	69	59,5
28	64	57
19	56	66,5
26	62	62
23	65	66
20	69	61

18	61	64,5
24	60	62
19	67	57
18	60	70,5
22	58	53,5
28	53	75
29	69	72,5
24	65	60
20	60	61,5
27	58	59
27	55	62
23	67	56,5
28	57	61
21	53	70
19	54	74
23	67	58,5
27	64	72,5
25	61	66,5
28	60	66,5
18	61	74,5
26	64	68,5
27	60	57,5
28	53	72,5
26	64	71
22	64	66,5
26	65	75
21	53	50,5
18	55	59,5
28	51	66,5
24	61	72
18	55	66
22	67	62,5
18	59	62
27	66	73,5
20	66	56,5

24	68	58
25	59	53
23	51	69
19	64	74,5
24	53	51
21	69	66
20	53	68,5
19	53	56,5
28	68	59,5
20	56	74,5
24	60	66
27	56	53
19	60	62
23	53	69
23	51	70
29	65	62,5
25	59	52,5
18	62	53,5
20	64	60,5
23	68	54
22	59	55
18	57	68
18	57	60,5
20	50	55
19	59	61
23	51	73
21	53	59
21	59	62
21	51	54,5
19	58	65
25	65	57
29	63	63,5
18	60	74,5
24	61	67,5
28	55	70,5

22	51	54,5
21	60	62
28	59	62
29	59	62,5
21	56	54
22	61	66,5
18	57	71
27	56	60,5
26	52	60,5
28	68	61
28	63	50,5
24	51	64,5
29	56	54
26	61	57
24	63	62,5
24	62	71,5
23	61	71
20	62	57
24	51	56,5
25	67	59,5
26	61	75
20	60	63
27	52	62
19	50	54,5
23	55	51
28	56	61,5
19	52	66,5
23	66	74
25	60	65
18	67	68
27	67	50,5
27	68	52
28	54	74,5
22	63	66,5
25	53	66

22	64	69
18	52	61,5
28	69	66,5
18	52	69,5
27	63	58,5
27	53	57,5
18	52	58
18	52	60
26	62	58,5
22	63	74
23	56	62
27	69	68,5
21	51	61,5
21	68	71,5
24	52	54
27	64	59,5
18	65	58,5
22	56	63
21	65	56
22	66	52
23	63	51,5
22	66	52
21	51	56,5
23	64	69
28	69	57
18	62	56
25	54	67
24	58	59,5
29	58	69
21	69	69,5
25	66	61
18	63	51,5
29	50	50,5
20	65	73,5
23	65	55

26	51	51
20	52	65,5
28	55	62,5
19	63	52
26	67	62
18	55	53
28	55	62,5
21	65	71
21	65	55,5
21	65	53
18	60	55
27	50	51
18	56	50,5
25	56	69,5
18	56	56,5
21	50	67,5
22	60	53,5
26	56	67
20	56	58
27	52	53
21	65	50,5
28	53	71,5
23	50	63,5
20	60	70,5
23	63	54,5
20	62	74,5
22	65	50,5
23	52	65,5
29	58	57
27	62	63,5
24	50	65
23	51	70
25	57	71
23	55	55
29	64	65,5

26	66	57
22	52	71,5
24	67	68,5
25	66	72
19	67	65,5
20	57	70
21	66	75
22	50	62,5
18	57	60,5
24	60	59,5
25	51	60
29	51	53
20	63	66,5
21	61	62
22	54	71
18	65	61,5
19	61	59
19	61	66,5
20	52	53,5
24	58	63
26	66	71,5
29	68	58,5
28	58	70,5
18	51	55
23	58	73
26	67	69,5
24	61	64
18	64	52,5
19	64	62,5
24	69	73,5
28	64	54,5
20	52	51
22	56	73
19	67	53
21	67	60,5

20	69	69,5
23	58	65
26	52	51,5
26	50	71
26	59	65,5
28	55	61
18	66	59,5
21	54	72,5
20	56	56,5
28	51	62,5
28	55	74,5
27	52	74,5
23	56	72
20	60	63
29	62	57,5
28	67	64,5
25	55	53
26	54	56,5
24	50	60,5
23	56	60
19	54	66
24	52	53,5
22	63	65,5
24	62	63,5
24	55	58,5
19	57	64
27	60	73
27	53	72
22	57	56,5
25	57	56,5
26	55	53
25	57	67
29	60	69,5
27	57	54
25	69	57,5

18	61	53
22	53	61,5
26	51	68,5
24	69	70
27	54	61,5
26	69	59
19	56	53,5
23	65	71
29	63	56
26	66	59
29	64	64
22	53	70
27	65	68
18	58	73
26	51	61
22	65	75
21	66	67
21	61	56,5
21	64	71,5
23	57	70
24	65	51
23	63	68
26	64	58,5
21	52	72,5
22	50	71,5
23	52	60
22	68	56
18	55	59,5
26	67	65,5
23	67	69
26	56	64
29	62	67,5
29	69	71,5
29	58	53,5
26	64	51

22	59	72
21	60	58,5
20	55	74
22	59	50,5
20	67	59
18	65	55,5
24	59	70
28	67	67
20	64	61
27	58	60,5
26	68	63,5
26	53	68,5
26	57	69,5
20	53	59
25	68	55
23	51	63,5
24	51	64
29	58	51,5
28	61	54
27	64	55,5
19	60	70
29	56	54
27	65	53,5
23	55	58,5
21	52	56
28	68	69
22	50	59,5
27	52	62,5
18	55	68
20	68	61,5
27	53	72,5
19	55	73
22	63	65,5
28	55	67,5
29	50	64,5

26	53	51
25	66	66,5
25	56	53
25	53	55,5
26	67	63,5
23	53	58
27	56	57
23	54	73
20	67	57,5
20	53	63,5
27	62	60
23	55	73
29	56	59,5
24	68	64,5
25	66	61
22	61	58,5
21	56	71
18	64	52
21	64	67,5
20	58	60,5
21	69	55,5
25	69	64,5
20	63	64
24	69	52,5
20	60	69
19	57	52
24	68	67
28	59	72,5
23	63	58
25	57	74
19	69	62,5
18	52	65
18	56	50,5
24	66	54,5
27	52	72

22	64	56,5
21	65	69,5
23	69	66
29	57	59,5
18	62	52
26	64	68,5
27	58	50
21	68	53
29	50	63,5
29	68	64,5
24	66	60
18	59	74
28	63	66,5
21	57	71,5
25	69	75
25	55	56
19	51	68,5
20	57	69
21	50	63,5
22	59	67
20	62	58
18	65	57
18	54	75
26	60	63
24	67	53,5
28	58	71
24	52	62
22	62	63
27	62	69,5
29	50	50
21	58	56,5
29	57	58
21	60	73
23	57	51,5
19	63	64,5

26	66	73
28	65	70
28	62	58,5
27	60	60,5
29	62	60
26	52	55,5
20	67	53,5
22	68	73,5
18	68	62
27	50	53
19	54	55
21	55	58
25	56	56,5
28	69	61
26	57	72
20	67	73
19	51	66,5
19	50	58
26	52	73,5
28	65	54,5
20	64	56
27	60	60
27	52	55
23	65	65,5
19	62	59
28	52	55
24	58	72
23	50	67,5
27	66	56,5
26	50	73,5
19	62	58,5
18	51	50
20	53	74
20	55	67,5
19	59	52

22	50	72
26	53	73,5
26	61	70
24	52	50,5
28	67	65
28	66	55,5
26	64	63
23	53	56,5
27	62	75
18	59	60,5
25	64	51,5
26	50	58
20	66	69,5
19	66	73
24	67	61
18	69	65,5
22	64	62
28	56	63
27	66	60
28	55	58,5
20	55	59
22	66	58,5
28	51	72
24	69	74
21	54	73
27	63	66
26	68	54,5
18	66	52
19	60	60,5
28	69	72,5
26	63	71
24	50	72
21	55	61,5
19	52	68
23	67	59

27	57	69,5
24	65	57
19	58	70,5
20	58	73
20	67	65
22	67	71
24	64	74,5
18	55	63,5
29	67	75
18	57	70
20	54	65
20	51	59,5
22	64	70,5
21	60	54
19	64	63,5
25	64	55
26	62	53,5
22	62	51,5
18	52	57,5
21	60	70
27	65	56
23	59	69
25	61	65,5
29	66	58
20	67	67
28	55	51,5
29	53	51,5
21	53	71
27	50	63
19	58	63,5
28	61	74
25	67	57
21	69	64
19	60	72
25	63	54

23	55	53,5
27	68	59
24	51	53
21	56	51
24	63	66
26	53	75
18	57	69
26	64	63,5
18	58	68
29	61	53
29	58	52
27	67	63
19	69	62,5
26	69	68
23	51	70
21	58	66
25	67	68,5
26	66	52
25	50	73,5
19	55	55
24	65	69,5
27	58	64
20	60	53
20	50	56
20	54	72
20	59	70
22	51	52
23	68	51
22	62	73,5
21	61	59,5
19	50	62
26	65	55
26	58	67
25	65	69,5
27	51	67,5

19	55	72,5
19	68	71,5
21	52	55,5
21	63	72
26	54	62,5
27	59	69
18	67	53,5
19	57	64
23	58	63
20	59	52,5
22	52	69,5
23	66	51,5
27	52	57,5
28	51	51
24	62	57,5
18	51	57
27	59	72,5
24	56	55
20	65	66,5
24	63	56,5
29	60	60
24	56	51
26	56	55,5
23	54	53,5
23	60	52,5
29	66	57
21	56	67
27	52	60
27	68	59
29	58	73,5
22	53	61
21	54	70
22	52	73,5
29	64	63
24	65	66

20	61	56,5
27	51	53
20	55	63,5
20	52	51,5
27	66	50
21	57	69,5
19	60	62,5
23	62	72,5
23	53	74,5
20	50	53,5
28	55	70,5
20	66	73
19	54	60,5
28	53	55,5
28	52	67,5
26	65	53,5
20	60	61
20	69	57,5
25	61	66
24	56	68,5
22	62	74
29	59	65,5
29	59	62
28	51	50,5
29	52	70
23	64	70
25	59	62,5
26	62	53,5
21	63	69
22	58	58
26	67	50,5
26	61	52,5
22	63	53,5
28	68	71
29	51	62,5

21	59	62,5
27	64	57,5
22	59	61,5
18	50	53
25	69	72,5
29	57	52
24	62	68,5
21	54	59
25	52	71,5
24	62	68
21	59	50,5
25	51	62
21	63	72,5
25	55	73
22	50	67
24	54	66
25	57	59,5
18	56	57,5
26	50	58
29	62	52
18	59	63
23	67	73,5
23	65	51
20	59	54
27	54	72
26	57	65
22	56	51
25	65	59,5
27	67	65
29	62	72,5
19	60	63,5
24	51	65
19	51	64,5
26	55	52,5
24	50	55

24	53	62
28	62	52,5
27	69	67,5
27	69	64,5
26	53	51,5
29	59	54,5
26	51	60
22	65	65,5
23	55	71
27	65	64
25	68	60,5
23	56	55,5
18	58	62,5
19	51	69
25	50	58
18	66	67,5
21	66	71
21	67	61
24	64	62,5
25	63	66,5
20	52	58
27	68	53
21	62	55,5
19	59	74,5
29	69	51
29	61	61
18	50	60,5
25	66	68,5
18	59	69
25	53	56,5
27	65	57
26	62	64,5
24	66	58,5
20	67	58
26	50	59

27	51	68
23	53	51
21	56	63
21	62	72,5
20	67	66,5
22	50	64,5
28	52	55
20	57	70
22	64	70,5
18	63	70,5
23	62	68,5
22	68	56,5
25	68	68
26	68	68,5
24	53	50,5
26	65	57
27	62	74,5
25	59	60,5
29	67	71,5
21	59	62
28	69	71
25	56	52,5
27	54	58
29	54	62,5
26	65	67,5
21	52	67,5
23	50	74
26	62	74
18	67	63
25	59	66
29	54	62,5
19	57	69
18	58	54,5
25	59	65
24	68	70

19	61	53,5
20	50	62,5
20	59	75
21	63	50
28	61	54
19	57	59
24	57	51
24	61	66
20	50	52
24	64	72,5
28	64	68
26	54	50,5
21	55	64
26	50	58
18	63	60,5
23	58	73
21	55	57
22	64	51
29	52	71
25	51	75
19	59	53,5
26	60	67,5
19	50	53
20	50	68,5
24	67	66,5
26	50	68,5
18	62	60,5
24	68	57
18	56	68
22	57	53,5
27	53	71,5
19	61	60
25	61	52,5
25	57	71,5
25	54	70,5

26	68	69,5
23	64	62
25	65	72,5
23	69	62,5
20	56	55
18	60	72,5
20	50	64
20	68	53
28	66	51
27	61	60,5
29	65	60
26	50	62,5
23	54	65
29	50	63
20	55	54,5
26	66	73
21	54	65
18	68	64
21	53	65,5
25	60	54
18	57	54,5
19	64	58,5
29	56	62,5
21	50	59,5
28	69	51,5
26	53	53,5
29	68	73,5
23	67	71,5
29	53	73,5
27	54	73
24	69	69,5
19	56	59,5
20	51	65
20	68	64,5
29	56	68

23	50	66
19	66	58
27	66	61,5
28	58	65,5
25	69	69
27	56	65
21	67	70,5
24	57	62,5
23	53	71,5
19	54	62,5
27	58	61,5
23	58	58
19	61	67
22	69	68,5
22	63	55
18	69	50,5
25	63	70
24	56	62,5
25	65	54
20	56	73,5
25	60	55,5
25	67	60,5
21	59	74,5
19	57	54,5
23	64	73
25	60	70,5
20	60	69
28	64	67,5
28	64	72,5
21	53	62
25	56	74
28	65	64,5
25	53	57
26	66	67
25	50	72,5

27	62	62
22	57	57,5
26	54	61,5
26	67	72,5
21	69	59
20	55	63
22	56	70,5
20	59	70,5
24	59	52

Tabla 1 :Tabla de resultados