



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TÍTULO:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HIDROPÓNICO  
AUTOMATIZADO PARA EL CULTIVO DE FORRAJE A BASE DE MAÍZ”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“INGENIERO ELECTRÓNICO”**

**AUTORES:**

**EITHELL ALEXANDER ESPINOZA VERGARA  
MARÍA ANGÉLICA GÓNGORA QUISHPE**

**TUTOR:**

**MSC. ORLANDO BARCIA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2024**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Eithell Alexander Espinoza Vergara con documento de identificación N° 0951397314 y María Angélica Góngora Quishpe con documento de identificación N° 0944147321 manifestamos que:

Somos los autores 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, 2 de septiembre del 2024

Atentamente,

(f) Eithell Alexander Espinoza Vergara

(f) María Angélica Góngora Quishpe

C.I: 0951397314

C.I: 0944147321

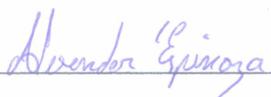
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros Eithell Alexander Espinoza Vergara con documento de identificación No. 0951397314 y María Angélica Góngora con documento de identificación No. 0944147321, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del tema: "Diseño e implementación de un prototipo hidropónico automatizado para el cultivo de forraje a base de maíz", el cual ha sido desarrollado para optar el título de: INGENIERO ELECTRÓNICO, en la Universidad Politécnica Salesiana quedando la universidad facultada para ejercer y usar los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_

(f) Eithell Alexander Espinoza Vergara

  
\_\_\_\_\_

(f) María Angélica Góngora Quishpe

C.I: 0951397314

C.I: 0944147321

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo MSc. Orlando Barcia Ayala con documento de identificación No.1309445714 docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación "Diseño e implementación de un prototipo hidropónico automatizado para el cultivo de forraje a base de maíz", realizado por Eithell Alexander Espinoza Vergara con documento de identificación N° 0951397314 y María Angélica Góngora Quishpe con documento de identificación N° 0944147321, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024



---

MSc. Orlando Barcia

C.I: 1309445714

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mis padres y hermanos por impulsarme a seguir en mi meta e inculcarme siempre buenos valores para ser un profesional de bien y enseñarme a nunca rendirme en los objetivos que me planteo a lo largo de mi vida profesional.

**María Angélica Góngora**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, cuyo amor y confianza en mí han sido la fuente de mi motivación y perseverancia. A mi esposa por su paciencia y apoyo inquebrantables. A mis amigos y colegas, por su compañerismo y por estar siempre ahí para escuchar y ofrecer palabras de aliento. Este trabajo es un reflejo de su constante apoyo y creencia en mí.

**Eithell Espinoza**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia quienes fueron un apoyo importante a lo largo de mi carrera universitaria, su confianza en mí me dio un gran impulso para continuar. A todos los profesores que me lograron transmitir sus conocimientos para ponerlos en práctica en mi vida como profesional. A mi Tutor por haberme guiado en todo este camino para culminar esta etapa en mi vida.

**María Angélica Góngora**

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera agradecer de manera especial a mi familia, cuya guía y apoyo han sido fundamentales para la realización de este trabajo de titulación. Mi gratitud también va para mis padres, por su amor incondicional y su constante apoyo a lo largo de toda mi carrera académica. Su fe en mí ha sido mi mayor motivación.

**Eithell Espinoza**

## RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN
2024	EITHELL ALEXANDER ESPINOZA VERGARA  MARÍA ANGÉLICA GÓNGORA QUISHPE	MSC.ORLANDO BARCIA	" DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HIDROPÓNICO AUTOMATIZADO PARA EL CULTIVO DE FORRAJE A BASE DE MAÍZ "

El proyecto de titulación presenta el estudio de un prototipo de forraje hidropónico, la cual consiste en un invernadero que por medio de un control de temperatura y riego monitorear en su interior la temperatura donde se observaran los datos registrados mediante la aplicación node-red, al alcanzar un rango determinado va a encender el extractor que viene equipado para regular el ambiente dentro del invernadero.

Este prototipo de sistema hidropónico consta de un sistema de riego que cuenta con un tanque dónde se almacena el agua y nutrientes que será impulsada por bombas a través de las tuberías y llegaran a los aspersores de agua, roceando solo lo necesario y se unifica toda la implementación utilizada en una interfaz que facilite el control.

Durante un periodo de 7 a 15 días, al absorber los minerales de la solución nutritiva se obtendrá el forraje que será a base de maíz para el alimento del ganado.

**Palabras Clave:** Forraje, Hidroponía, Maíz, Riego, Electroválvula

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2024	EITHELL ALEXANDER ESPINOZA VERGARA  MARÍA ANGÉLICA GÓNGORA QUISHPE	MSC ORLANDO BARCIA	"DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED HYDROPONIC PROTOTYPE FOR GROWING MAIZE-BASED FODDER CROPS."

The degree project presents the study of a hydroponic forage prototype, which consists of a greenhouse that, by means of temperature and irrigation control, monitors the temperature inside the greenhouse, where the data recorded by the node-network application is observed. When a certain range is reached, the extractor fan that is equipped to regulate the environment inside the greenhouse is turned on.

This prototype hydroponic system consists of an irrigation system that has a tank where water and nutrients are stored, which will be driven by pumps through the pipes and reach the sprinklers, spraying only what is necessary and will unify all the implementation used in an interface that facilitates control.

Over a period of 7 to 15 days, the absorption of minerals from the nutrient solution will produce corn-based fodder for livestock feed.

**Keywords:** Fodder, Hydroponics, Maize, Irrigation, Solenoid Valve

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
1. EL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Importancia y alcances .....	4
1.4. Delimitación del problema.....	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General .....	6
1.5.2. Objetivos Específicos .....	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1. Maíz.....	7
2.1.1. Composición y valor nutricional del maíz grano.....	7
2.1.2. Clasificación del maíz.....	8
2.2. Forraje .....	8
2.3. Hidroponía .....	8
2.3.1. Tipos de sistemas hidropónicos .....	9
2.3.2. Tipos de cultivo en los sistemas hidropónicos.....	10
2.4. Sistema de Riego.....	12
2.5. Invernaderos hidropónicos.....	12
2.5.1. Tipos de invernaderos.....	12
2.6. Automatización de invernaderos con sistemas hidropónicos .....	14
2.7. Aspectos importantes a conocer sobre el maíz como forraje verde hidropónico .....	14
2.8. Factores importantes del forraje verde hidropónico.....	15
2.8.1. Ventajas y Desventajas del Forraje Verde Hidropónico .....	16

Desventajas del Forraje Verde Hidropónico .....	16
2.9. Dispositivos de Control .....	17
2.9.1. Arduino Uno .....	17
2.9.2. Sensor de Temperatura y Humedad DHT22 .....	18
2.9.3. Sensor Nivel de agua (Flotador).....	19
2.9.4. Display LCD 20X4 .....	20
2.10. Aplicación APP Inventor.....	21
2.10.1. Características .....	22
2.11. Sistema de presión Constante de agua .....	22
2.11.1. Bomba de agua periférica .....	22
2.12. IOT Internet de las cosas .....	24
2.12.1. Aplicaciones IOT: .....	25
2.12.1.1. Tecnología wifi.....	26
2.12.2. Raspberry Pi .....	27
2.12.3. Node Red.....	28
2.12.3.1. Nodos de enlaces (Link nodes):.....	28
2.12.3.2. Subflujo:.....	29
3. MARCO METODOLÓGICO .....	30
3.1. Diseño .....	30
3.1.1. Diagrama de diseño de Tarjeta .....	31
3.1.2. Diseño de diagrama de control.....	32
3.2. Montaje de tablero .....	33
3.2.1. Gabinete o tablero plástica tapa transparente .....	33
3.2.2. Tarjeta o Placa .....	34
3.2.3. Breaker .....	35
3.2.4. Transformador.....	35

3.2.5.	Borneras Riel Din .....	36
3.3.	Invernadero hidropónico .....	36
3.3.5.	Montaje de estructura.....	36
3.3.6.	Electroválvula:.....	37
3.3.7.	Bandejas plásticas .....	38
3.3.8.	Aspersores.....	38
3.3.9.	Tanque.....	38
3.3.10.	Cable UTP CAT6.....	39
3.3.11.	Adaptador de tanque.....	40
3.3.12.	Tarraja para tubo.....	40
3.3.13.	Relé Schneider.....	41
3.3.14.	Bomba de agua periférica de 0.5 hp.....	42
3.3.15.	Tubería de succión.....	43
3.3.16.	Tubería de descarga .....	43
3.3.17.	Válvula Check .....	44
3.4.	Node red.....	45
3.4.1.	Flujo Node Red .....	45
3.5.	Aplicación app inventor .....	48
3.5.1.	Comunicación de la aplicación APP con dirección Ip .....	49
4.	RESULTADOS.....	50
4.1.	Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	50
4.2.	Visualización de los datos de la temperatura en el invernadero .....	52
4.2.1.	Activación y desactivación de bomba de agua relé número 1.....	52
4.2.2.	Tanque vacío y lleno - relé número 2 .....	54
4.3.	Aplicación app inventor con la Ip.....	56
4.4.	Bomba 2 presión constante de agua.....	57

4.5. Node red.....	58
5. CRONOGRAMA.....	61
6. PRESUPUESTO .....	62
7. CONCLUSIONES .....	63
8. RECOMENDACIONES .....	64
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
10. ANEXOS:.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Arduino Uno.....	18
<b>Figura 2</b>	Sensor DTH22.....	19
<b>Figura 3</b>	Sensor Nivel de agua .....	20
<b>Figura 4</b>	LCD 20X4.....	21
<b>Figura 5</b>	App Inventor .....	21
<b>Figura 6</b>	Bomba de agua periférica.....	23
<b>Figura 7</b>	Electroválvula .....	23
<b>Figura 8</b>	Nodos de enlace.....	28
<b>Figura 9</b>	Subflujo .....	29
<b>Figura 10</b>	Planta .....	31
<b>Figura 11</b>	Diagrama en Proteus.....	32
<b>Figura 12</b>	Diagrama de Control.....	33
<b>Figura 13</b>	Gabinete.....	34
<b>Figura 14</b>	Tarjeta Electrónica.....	34
<b>Figura 15</b>	Breaker y Distribuidor de carga.....	35
<b>Figura 16</b>	Transformador .....	35
<b>Figura 17</b>	Borneras.....	36
<b>Figura 18</b>	Estructura Vertical .....	37
<b>Figura 19</b>	Electroválvula .....	37
<b>Figura 20</b>	Bandejas .....	38
<b>Figura 21</b>	Aspersores .....	38
<b>Figura 22</b>	Tanque de agua.....	39

<b>Figura 23</b>	Cable UTP cat6 .....	39
<b>Figura 24</b>	Adaptador de tanque .....	40
<b>Figura 25</b>	Tarraja de 1" .....	40
<b>Figura 26</b>	Hilo a la tubería de 1" .....	41
<b>Figura 27</b>	Relé Schneider .....	41
<b>Figura 28</b>	Bomba de agua 1 .....	42
<b>Figura 29</b>	Bomba de agua 2 .....	42
<b>Figura 30</b>	Tubería de succión .....	43
<b>Figura 31</b>	Tubería de descarga.....	44
<b>Figura 32</b>	Válvula Check.....	44
<b>Figura 33</b>	Flujo Node red .....	45
<b>Figura 34</b>	VNC server .....	46
<b>Figura 35</b>	Raspberry Pi.....	46
<b>Figura 36</b>	Red Privada Hidroponía.....	47
<b>Figura 37</b>	Aplicación sistema de riego .....	47
<b>Figura 38</b>	Pantalla Principal .....	48
<b>Figura 39</b>	Pantalla de Comunicación .....	48
<b>Figura 40</b>	Botón de encendido del programa .....	49
<b>Figura 41</b>	Sensor DHT22.....	50
<b>Figura 42</b>	Set point a 28°C .....	51
<b>Figura 43</b>	Extractor Encendido .....	51
<b>Figura 44</b>	LCD 20X4.....	52
<b>Figura 45</b>	Modulo relé 1 .....	53
<b>Figura 46</b>	Bomba 1 activada.....	53
<b>Figura 47</b>	Rocío de las bandejas .....	54
<b>Figura 48</b>	Sensor nivel de agua .....	54

<b>Figura 49</b>	Modulo Relé 2 .....	55
<b>Figura 50</b>	Electroválvula activada .....	55
<b>Figura 51</b>	Encendido de la aplicación .....	56
<b>Figura 52</b>	Aplicación del sistema de riego.....	57
<b>Figura 53</b>	Presión constante en la bomba.....	57
<b>Figura 54</b>	Sistema de presión constante.....	58
<b>Figura 55</b>	Node Red con Arduino.....	59
<b>Figura 56</b>	Monitoreo con node red .....	59
<b>Figura 57</b>	Monitoreo y control del invernadero .....	60
<b>Figura 58</b>	librerías del lcd .....	74
<b>Figura 59</b>	librerías del módulo rtc.....	74
<b>Figura 60</b>	librerías dht22 .....	74
<b>Figura 61</b>	Pines del joystick .....	75
<b>Figura 62</b>	Pines del dht22 .....	75
<b>Figura 63</b>	Pines del módulo rtc .....	76
<b>Figura 64</b>	Pines del relé.....	76
<b>Figura 65</b>	Pines para sensor de agua .....	77
<b>Figura 66</b>	Definir Lcd .....	77
<b>Figura 67</b>	Configurar fecha y hora .....	78
<b>Figura 68</b>	Definir Joystick .....	78
<b>Figura 69</b>	Condición del extractor .....	78
<b>Figura 70</b>	Configurar fecha y hora tiempo real .....	79
<b>Figura 71</b>	Configurar fecha y hora tiempo real .....	79
<b>Figura 72</b>	Activar el relé.....	80
<b>Figura 73</b>	Activar el relé.....	80
<b>Figura 74</b>	Activar el relé.....	81

<b>Figura 75</b>	Activar el relé .....	81
<b>Figura 76</b>	Activar el relé .....	82
<b>Figura 77</b>	Activar el relé .....	82
<b>Figura 78</b>	Activar el relé .....	83
<b>Figura 79</b>	Activar el relé .....	83
<b>Figura 80</b>	Activar la bomba .....	83
<b>Figura 81</b>	Activar la bomba .....	84
<b>Figura 82</b>	Activar la bomba .....	84
<b>Figura 83</b>	Visualizar del menú en el Lcd .....	85
<b>Figura 84</b>	Visualizar del menú en el Lcd .....	85
<b>Figura 85</b>	Visualizar del menú en el Lcd .....	85
<b>Figura 86</b>	Visualizar del menú 2 en el Lcd .....	86
<b>Figura 87</b>	Visualizar del menú 2 en el Lcd .....	86
<b>Figura 88</b>	Visualizar el menú 3 nivel del tanque.....	86
<b>Figura 89</b>	Visualizar del menú 3 nivel del tanque.....	87
<b>Figura 90</b>	Definir de control del joystick .....	87
<b>Figura 91</b>	Definir de control del joystick .....	88
<b>Figura 92</b>	Definir de control del joystick .....	88
<b>Figura 93</b>	Definir de control del joystick .....	89
<b>Figura 94</b>	Instalación de tablero en los lojas .....	89
<b>Figura 95</b>	Instalación de bombas y bandejas en los lojas .....	90
<b>Figura 96</b>	Instalación del sistema de presión constante.....	90
<b>Figura 97</b>	Visita técnica en los lojas.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Información Nutricional del maíz por porción.....	7
<b>Tabla 2</b> Producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz artesanal.....	15
<b>Tabla 3</b> Ventajas y Desventajas del FVH.....	16
<b>Tabla 4</b> Características Técnicas del Arduino Uno.....	17
<b>Tabla 5</b> Cronograma de Actividades.....	61
<b>Tabla 6</b> Presupuesto del Proyecto.....	62

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo estudia una propuesta que busca una nueva opción para el cultivo del forraje de maíz al aplicar la técnica de la hidroponía, de tal manera que por medio de este método permite crecer el forraje de mejor calidad absorbiendo todos los nutrientes mediante una solución nutritiva y generar un ahorro importante de agua. El forraje es la hierba o pasto que sirve como alimento para el ganado.

La hidroponía es una técnica de cultivo de plantas sin el uso de tierra, donde las plantas crecen absorbiendo la solución nutritiva que contiene todos los minerales y nutrientes esenciales disueltos en agua. Esto ofrece varias ventajas sobre la agricultura tradicional, tales como un control más preciso de las condiciones de crecimiento, una mayor eficiencia del agua y la capacidad de cultivar donde el suelo no es adecuado.

El prototipo del sistema hidropónico que se implementó tendrá funciones que permitirán monitorear el control de la temperatura y riego en la etapa de crecimiento del forraje, el maíz es el grano que se aplicó ya que tiene los nutrientes óptimos para así obtener un forraje de calidad

Adaptar esta innovadora técnica de cultivo como es la hidroponía, desarrolla una solución a la disminución de las zonas agrícolas, producto del cambio climático, lo que permite la introducción de nuevas técnicas de cultivo.

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivo sin suelo, se realiza este proyecto para dar una alternativa al cultivo de granos de maíz sin necesidad de usar la tierra como método de sembrado para producir el forraje.

Durante las temporadas de invierno en el Ecuador las fuertes lluvias provocan eventos de riesgo como las inundaciones en varias Zonas del Ecuador tales como: Guayas, Los Ríos, Esmeralda, Manabí que son las zonas más afectadas. (SITREP, 2023). El lugar donde se implementó el proyecto está ubicado en Los Lojas cantón Daule Provincia del Guayas una de las zonas afectadas. Debido a estos eventos los ríos se desbordan y no hay el suficiente espacio para que el ganado se alimente, ya que debido a estas inundaciones las pocas áreas bajas en donde se alimentan se ven afectadas por la temporada de invierno, por eso se implementó este sistema hidropónico que producirá el alimento sin usar el suelo y en lugar alto porque al crecer el estero se inunda sola la parte baja y este no se vea afectado por las inundaciones.

Otro factor a tomar en cuenta es que en el lugar en el que se implementó el proyecto, no cuenta con el suficiente espacio, ya que hay pequeños agricultores que no tienen el terreno suficiente para que su ganado pueda alimentarse, por lo que acuden a alquilar tierras vecinas.

El uso del método tradicional para cultivar maíz demanda mucho tiempo y mayor costo de producción. Por esta razón, se ha optado por esta técnica alternativa, que permite una cosecha del cultivo más rápida y ofrece mejores resultados.

Dado a que se ha desarrollado esta innovadora técnica de cultivo como son los sistemas hidropónicos se puede monitorear la etapa de crecimiento del forraje y controlar su estado de temperatura y riego.

## **1.2. Antecedentes**

Se han desarrollado varios temas de investigación sobre el diseño y monitoreo de invernaderos hidropónicos. Los cuales son:

“Diseño de un invernadero hidropónico automático con control del pH y electro conductividad para cultivo de tomate y monitoreo en la nube”. Este proyecto presenta el diseño de un sistema de riego por goteo de un cultivo de tomate y un sistema de control automático para la preparación de la solución nutritiva mediante el método de cultivo hidropónico. Se desarrolló una interfaz gráfica de diseño en Matlab para facilitar la interacción del usuario con el sistema (Victor Santos, 2023).

“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para el control de nutrientes, PH, C.E., temperatura y flujo de agua, en hidroponía mediante el uso de sistemas embebidos, ubicado en el Departamento de Horticultura de la Facultad de Recursos Naturales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”. Presenta el diseño de un sistema de monitoreo para el control de nutrientes, pH, C.E., temperatura y flujo de agua en hidroponía mediante el uso de sistemas embebidos, por medio de la interfaz obtenida entre labview y arduino se evaluó la eficacia de este sistema en adquisición de datos en el Departamento de Horticultura, de la Facultad de Recursos Naturales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Freire, 2020).

### 1.3. Importancia y alcances

La técnica de cultivo de plantas como la hidroponía utiliza soluciones de nutrientes minerales en agua sin necesidad de tierra. Investigadores descubrieron que las plantas absorben nutrientes minerales esenciales del agua en forma de iones inorgánicos. En condiciones naturales, el suelo actúa como depósito de nutrientes, pero el suelo en sí no es necesario para el crecimiento de las plantas; casi en cualquier planta puede cultivarse hidropónicamente. Recientemente, la hidroponía se ha utilizado para mejorar las verduras y aportarles un mayor valor nutricional (Zuñiga, 2021).

- De 2013 a 2018, el valor del mercado mundial de alimentos hidropónicos creció a una tasa de crecimiento anual compuesta del 6,5%.
- Según Zuñiga (2021) existen varias razones por las cuales se adopta la hidroponía para la producción de alimentos en todo el mundo, algunas de las cuales se mencionan a continuación:
  - ✓ No se requiere suelo.
  - ✓ El agua se mantiene en el sistema y puede ser reusada, disminuyendo así el consumo de este tan importante recurso.
  - ✓ Es posible controlar los niveles de nutrientes completamente, disminuyendo de esta manera los requerimientos de los mismos.
  - ✓ No se produce contaminación por liberación de nutrientes al ambiente, esto debido al sistema controlado, y al uso no excesivo de herbicidas o pesticidas.

La agricultura es una industria muy conservadora con importantes inercias y barreras al cambio. Todavía existen enfoques tradicionales, pero los impulsores de la transformación son cada vez más convincentes. Ha habido un movimiento mundial hacia una agricultura más segura, y la agricultura sin suelo está a la vanguardia de este crecimiento (Bula, 2020).

Este tema tiene como finalidad promover a participar de este innovador método de cultivo como lo es la hidroponía y fortalecer el diseño de controles de temperatura y riego, y promover a que lo implementen en áreas de mayor producción.

#### **1.4. Delimitación del problema**

##### **1.4.1 Temporal**

El proyecto se desarrolló en los meses de abril 2024–septiembre del 2024.

##### **1.4.2 Geográfica**

El proyecto es un prototipo de un invernadero y está implementado en la parroquia Los Lojas del cantón Daule.

##### **1.4.3 Académica**

El proyecto estudia el diseño e implementación de un prototipo hidropónico automatizado para el cultivo de forraje a base de maíz y se lo realizó cumpliendo con las normas impuestas por Universidad Politécnica Salesiana basado en su grado investigativo y modelo de presentación para proyectos de titulación, donde se implementan todos los conocimientos adquiridos de materias tales como: automatización, microprocesadores, energía y medio ambiente.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un control de temperatura y riego utilizando microcontrolador para un prototipo de forraje hidropónico a base de maíz que mejore el alimento del ganado bovino.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar un sistema automático que incorpore sensores de temperatura y humedad obteniendo información precisa para activar los aspersores de agua.
- Visualizar por medio de un LCD los datos de la temperatura en el invernadero.
- Diseñar una aplicación Android para monitorear de forma remota la temperatura, humedad y nivel de agua.
- Implementar un sistema de control para obtener presión constante de agua.
- Realizar el monitoreo de los sensores mediante IOT para crear una continua comunicación del sistema.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

En esta sección se definen los conceptos necesarios para entender la propuesta del tema que se plantea y así mismo los parámetros requeridos para tener un invernadero que cumpla con las condiciones necesarias para obtener un forraje óptimo.

### 2.1. Maíz

El maíz es un cereal proveniente de las gramíneas con valor nutritivo apto para toda clase de alimentos y que ha llegado a superar al trigo como el cereal más consumido del mundo.

#### 2.1.1. Composición y valor nutricional del maíz grano

Como se muestra en la **Tabla 1** en una porción de 8 onzas de maíz corresponden a 5 g de grasa de las cuales 2 g de grasa son saturada, 0 g de grasa trans y 3 g de grasa son monoinsaturada, 9 mg de colesterol, 184 mg de sodio, 17g de carbohidratos, 2 g de fibra, 5g de azúcar y 3 g de proteína.

**Tabla 1**

*Información Nutricional del maíz por porción*

Porción nutricional del maíz	
Grasa	5g
Colesterol	9mg
Sodio	184mg
Carbohidratos	17g
Fibra	2g
Azúcar	5g
Proteína	3g

Nota. (Mayo Clinic, 2021)

### **2.1.2. Clasificación del maíz**

Cuitiño y Cardozo (2018) indican que teniendo en cuenta el color del grano, su uso final y principalmente la composición del endosperma, el maíz se clasifica en:

- Maíz duro
- Maíz dentado
- Maíz reventón
- Maíz dulce
- Maíz harinoso
- Maíz ceroso
- Maíz tunicado

Se destaca por su valor económico el maíz duro dentado y harinoso, mientras que el maíz reventón y dulce, aunque en menor medida tienen un alto valor económico agregado debido a uso como alimento animal. El maíz tiene una gran importancia a nivel mundial tanto como alimento humano y animal.

### **2.2. Forraje**

Es la hierba o pasto que se cultivan con el fin de alimentar a los animales. Este término se usa ampliamente para definir a la planta que se cultiva para alimentar al ganado.

### **2.3. Hidroponía**

Es la técnica de producción de cultivo absorbiendo agua y nutrientes a través de la solución nutritiva.

### **2.3.1. Tipos de sistemas hidropónicos**

Según Sela (2024) existen varios tipos de sistemas hidropónicos tales como:

#### **2.3.1.1. Sistema NFT (Nutrient Film Technique)**

La técnica de película de nutriente o NFT es uno de los sistemas más comunes y que consiste en una lámina o película de solución de nutrientes que circulan sobre las raíces de las plantas. La solución nutritiva es trasladada mediante una bomba desde un depósito hacia las bandejas o tubos PVC, donde interactúan con las raíces de regresar al depósito.

#### **2.3.1.2. Sistema hidropónico de mecha o pabilo**

Los sistemas hidropónicos de mecha o pabilo es una técnica de cultivo en la que las plantas obtienen la solución nutritiva a través de mechas o cordones absorbentes. Estos sistemas se caracterizan por su simplicidad y por no requerir bombas para el transporte de la solución nutritiva.

#### **2.3.1.3. Sistema hidropónico de raíz flotante**

En el sistema de raíz flotante las plantas están colocadas en una balsa que flota sobre la solución nutritiva, y tiene sueltas sus raíces sumergidas en la solución. Una bomba de aire les suministra a las raíces el oxígeno necesario para su desarrollo.

#### **2.3.1.4. Aeroponía**

En esta técnica las plantas crecen en el aire sin tocar el suelo, las raíces están suspendidas en el aire y se rocía la solución nutritiva cada cierto minuto, es una técnica muy eficiente las raíces se secan de forma rápida.

#### **2.3.1.5. Sistemas hidropónicos de flujo y reflujo**

En esta técnica las bandejas o charolas están sumergidas temporalmente con la solución nutritiva que se drena luego al depósito. El flujo se genera por medio de la bomba que está conectada a un timer que se activa varias veces.

#### **2.3.1.6. Sistema por goteo**

En este sistema por goteo el timer controla la bomba que genera la solución nutritiva gotee encima de las plantas, permite aprovechar los nutrientes de manera más eficiente y es más sencillo controlar el pH y concentración de nutrientes en el sistema sin recuperar la solución nutritiva.

### **2.3.2. Tipos de cultivo en los sistemas hidropónicos**

Según Oasis Hydro Pro (2020) dentro de estos sistemas hay distintas maneras de cultivar dependiendo de cómo se desarrolla la planta.

#### **2.3.2.1. Cultivo de Sustrato**

En esta técnica las plantas que se cultivan están en un medio de crecimiento que no requiere del suelo, colocado en un recipiente o bolsa de forma pura o mezcla lo que permite el desarrollo

y crecimiento del cultivo. Además de mantener la humedad, aireación y facilidad en la absorción de nutriente.

#### **2.3.2.2. Cultivo en macetas de Bentley**

Esta técnica de cultivo fue expuesta por el Dr. Maxwell Bentley en 1974 la diseño con el objetivo de ofrecer una alternativa más económica a los métodos tradicionales. En esta técnica de cultivo se usan las maceta o bolsas de polietileno negro grueso llenas de un sustrato especial ideal para el cultivo de tomates o pepinos.

#### **2.3.2.3. Cultivo en tubos verticales**

Estos cultivos se realizan en tubos de polietileno relleno de sustratos ligeros, que varían en longitud de 0.5 a 2 metros. Los tubos se pueden instalar verticalmente, ya sean atándola a la estructura del invernadero o utilizar soportes individuales hechos con cinta.

#### **2.3.2.4. Cultivos en barras y bolsas de cultivo**

Esta nueva técnica, originaria de Dinamarca y Suecia, se aplica para cultivar hortalizas y plantas ornamentales de alto coste comercial, como pimiento, pepino y tomate en sustratos entregan listos para usarse en bolsas de plástico.

#### **2.3.2.5. Cultivo en solución**

En esta técnica, las raíces de las plantas se ubican inmersos parcial o definitivamente en la solución con elementos nutritivos diluidos en ella. El oxígeno que le llegue a la raíz es importante para la óptima función del sistema.

## **2.4. Sistema de Riego**

El sistema de riego suministra agua al suelo o sustrato para que plantas puedan crecer, y proporcione la distribución adecuada de líquidos teniendo en cuenta los niveles adecuados de humedad. Para el sistema hidropónico para suministrar el agua necesaria se aplica los nutrientes con el sistema de riego y favorecer el crecimiento de la planta (Huaylla, 2019).

Hay diversos tipos de riego tales como:

- Riego por aspersión
- Puente móvil
- Riego por goteo

## **2.5. Invernaderos hidropónicos**

El invernadero es la estructura hecha de madera o metal, que tiene una cubierta transparente o translúcida para que ayude a la emisión de la radiación solar con la finalidad de modificar el ambiente interno y mejorar el rendimiento de los cultivos, además su diseño esta dimensionado para trabajar dentro de ellas de forma cómoda. La hidroponía en el invernadero puede lograr mayor densidad de la planta y rentabilidad (Pizarro & Contreras, 2022).

### **2.5.1. Tipos de invernaderos**

Tipos de invernaderos según distintos criterios, ya sea por su material de construcción o cobertura (López, 2020).

#### **2.5.1.1. Invernadero tipo túnel**

Se caracteriza por el aspecto y forma de su cubierta totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación debido a que suelen ser estructuras prefabricadas.

#### **2.5.1.2. Invernadero en raspa o amagado**

La altura del invernadero aumenta en el área de la cumbre en el rango de 3 y 4.2 m, y forma la llamada raspa, en la parte baja conocida como amagado, la reja de la cubierta se conecta al suelo mediante tensores de alambre y horquillas de hierro lo que facilita colocar las canaletas para drenar el agua.

#### **2.5.1.3. Invernadero tipo capilla o doble capilla**

El invernadero tipo capilla es menos común debido a los costos y complejidad de su construcción. Ofrece una mejor ventilación en comparación con otros invernaderos gracias a la cobertura que se mantienen abiertas constantemente y a la malla mosquitera que se coloca en ellas. Además, cuenta con ventilación vertical en las paredes frontales y laterales.

#### **2.5.1.4. Invernadero tipo Venlo (holandés)**

La estructura es metálica, prefabricada y cuenta con una cubierta de vidrio y se utiliza en el norte de Europa. El techo del invernadero industrial está compuesto de paneles de vidrio que se colocan sobre canales de recogida de agua y un conjunto de barras transversales.

## **2.6. Automatización de invernaderos con sistemas hidropónicos**

Según Eco Business Fund (2018) aquí se describe alguna característica de los invernaderos automatizados:

- Los invernaderos automatizados es el espacio cerrado y aislado del suelo con materiales orgánicos que hacen crecer las plantas.
- El objetivo es lograr la máxima automatización y así reducir la intervención manual y conseguir una mayor eficiencia en el uso y seguimiento de los recursos naturales.
- La estructura del invernadero se busca que sea ecológica.
- Seguimiento de los cambios en la productividad y la reducción de costo.
- Comprender los recursos principales utilizados en el cultivo.

## **2.7. Aspectos importantes a conocer sobre el maíz como forraje verde hidropónico**

- El forraje verde hidropónico (FVH) es un complemento alimenticio y nutricional que puede incluir en la dieta de cualquier tipo de ganado. Esta tecnología presenta numerosos beneficios a los productores, abarca la reducción de costos de producción y el tiempo requerido para la producción de alimentos (Vivas & Mejía, 2023).
- En el año 2020, en Ecuador se cultivaron 255.376 hectáreas de maíz duro (grano seco), obteniendo una producción total de 1.513.635 toneladas (Zambrano & Andrade, 2021).

- El forraje verde hidropónico se obtiene mediante la germinación de granos de cereales o leguminosas como en este caso lo es el maíz puestas en bandejas, este proceso dura entre 7 y 14 días absorbe los minerales de la solución nutritiva para promover el crecimiento del forraje. El grano germinado alcanza una altura promedio de 25 centímetros, los animales se alimentan tanto de la parte del área formada por el tallo y hojas verdes como los restos de semilla y raíz. Este método facilita la producción intensiva de forraje fresco (Chavarria & Castillo, 2018).

En la **Tabla 2** se observa el rendimiento de la producción de maíz como forraje verde hidropónico.

**Tabla 2**

*Producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz artesanal*

---

Rendimiento de la producción del FVH
1Lb de semilla de maíz rinde 3 Lb de FVH de maíz.
1qq de semilla de maíz rinde 300 Lb de FVH de maíz.

---

Nota. (Chavarria & Castillo, 2018).

## **2.8. Factores importantes del forraje verde hidropónico**

- La solución nutritiva es una mezcla acuosa que contiene los nutrientes esenciales necesarios para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas, Esta solución es fundamental para la nutrición de los cultivos y sustratos (INTAGRI, 2019).
- El pH mide la concentración de iones de hidrogeno (H+) en el agua. Un mayor número de H+ resulta en un PH bajo, lo que indica mayor acidez. Al contrario, una más

solución básica como la alcalina al tener menor H+ tenga su pH es más elevado. Las raíces absorben determinados iones de manera fácil a los rangos de pH (Santistevan, 2022).

### 2.8.1. Ventajas y Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

En la **Tabla 3** se muestran las ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico.

**Tabla 3**

*Ventajas y Desventajas del FVH*

Ventajas de forraje verde hidropónico	Desventajas del Forraje Verde Hidropónico
Se suministra de manera constante todos los días del año	Para los grandes productores la construcción de invernaderos les genera mayor gasto
Mejora la producción de leche, carne y fertilidad de los animales	Requiere cuidados específicos
Se produce en lugares que no cuentan con las condiciones permanentes para proveer de forraje verde	Algunas semillas pueden tener pesticidas por lo que se los debe lavar muy bien
Es económico de producir con 1.7 kilos de grano de maíz se tiene hasta 12 kilos de forraje en tan solo 8 días	Su bajo contenido de fibra.
Se utiliza para la alimentación del ganado bovino, ovinos, caprinos, cerdos, conejos.	Se requiere de una capacitación para hacer el germinado.

Nota. (Flores & Martínez, 2019).

## 2.9. Dispositivos de Control

Los controladores son dispositivos que permiten la automatización de procesos en desarrollo para mejorar el tiempo de ejecución, reducir las tasas de error y operar en entornos de riesgo sin intervención humana (Campaña & Maldonado, 2023).

### 2.9.1. Arduino Uno

Arduino es un microcontrolador de código abierto, que se puede programar, borrar y reprogramar fácilmente utiliza el lenguaje de programación c++, con múltiples entradas y salidas analógicas y digitales que permiten interactuar con diferentes tipos de sensores (Arduino.cl, s.f).

En la siguiente **Tabla 4** se muestra algunas de las características del arduino uno.

**Tabla 4**  
*Características Técnicas del Arduino Uno*

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12 V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20 V
Pines para entrada-salida digital	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3v	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)

---

SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

---

Nota: (Bolaños, 2018)

En la **Figura 1** se muestra el Arduino uno con su microcontrolador Atmega328 y sus pines de conexión.

**Figura 1**  
*Arduino Uno*

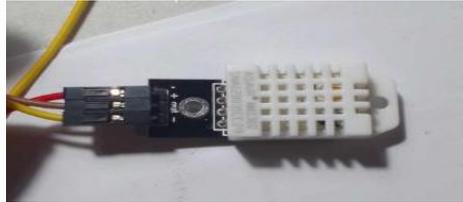


Nota. Arduino uno (Arduino.cl, s.f).

### 2.9.2. Sensor de Temperatura y Humedad DHT22

El sensor DHT22 como se muestra en la **Figura 2** permite un control preciso y fácil de la temperatura y humedad a bajo precio, incorpora un sensor capacitivo de humedad, un termistor para medir el aire ambiente y presenta datos por medio de una señal digital, no necesita utilizar la entrada analógica. Se aplica en varios ámbitos como aplicaciones de control automático de temperatura, aires acondicionados y monitoreo ambiental en agricultura (Naylamp Mechatronics, 2024).

**Figura 2**  
*Sensor DTH22*



Nota. Sensor de temperatura y humedad DHT22 (SigmaElectrónica, 2024).

### **2.9.2.1. Especificaciones Técnicas**

- Voltaje de Operación: 3v – 6v DC
- Precisión de medición de temperatura:  $<\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Rango de medición de temperatura:  $40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$
- Resolución Temperatura:  $0.1^{\circ}\text{C}$
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH
- Precisión de medición de humedad: 2% RH
- Resolución de humedad: 0.1% RH
- Tiempo de sensado: 2s
- Dimensiones: 20\*15\*8 mm
- Carcasa de plástico blanco

### **2.9.3. Sensor Nivel de agua (Flotador)**

El sensor nivel de agua que se muestra **Figura 3** permite detectar el nivel del agua y actúa como un interruptor que cambia de estado una vez que el nivel del agua toca la pieza móvil del sensor y al descender se desplaza. La precisión de las mediciones está influenciada la fuerza del acoplamiento del flujo inducido y de la fricción del sistema (Novatronic, 2019).

**Figura 3**  
*Sensor Nivel de agua*



Nota. Sensor de nivel de agua-flotador pequeño (Megatronica, 2024).

#### **2.9.3.1. Características**

- Función: Actúa como un Switch
- Dimensiones: 68 mm x 24 mm
- Voltaje de Operación: 0-100 VDC
- Corriente de Operación: 0.5 A
- Potencia máxima: 10w
- Resistencia de contacto: 100 MΩ
- Temperatura de funcionamiento: -10~60°C

#### **2.9.4. Display LCD 20X4**

El display LCD 20x4 es una pantalla alfanumérica que se utiliza ampliamente en aplicaciones de electrónica y programación debido a su facilidad de uso y su capacidad para mostrar información en texto. Por medio del LCD 20x4 En la **Figura 4** se muestra el LCD 20x4se visualiza los datos de la temperatura del invernadero (Tecnimikro, 2024).

**Figura 4**  
*LCD 20X4*

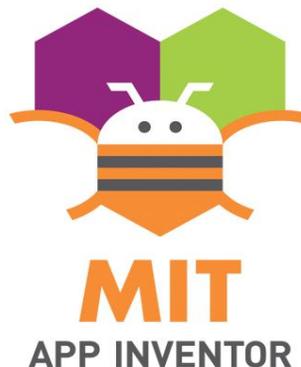


Nota. Display LCD 20X4 (Tecnikro, 2024)

## **2.10. Aplicación APP Inventor**

App Inventor que se muestra en la **Figura 5** es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles creada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Su objetivo es permitir que personas de todas las edades y niveles de experiencia puedan crear aplicaciones para dispositivos Android de manera intuitiva y accesible, facilita la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto mucho más rápidamente que los entornos de programación tradicionales (App Inventor, 2024).

**Figura 5**  
*App Inventor*



Nota. Aplicación App Inventor MIT (App Inventor MIT, 2024)

### **2.10.1. Características**

- Facilidad de uso
- Aplicaciones rápidas
- Actualizaciones en tiempo real
- Calidad del servicio de soporte y ayuda
- Plantillas por categorías

### **2.11. Sistema de presión Constante de agua**

Los sistemas de presión constante son dispositivos diseñados para asegurar la presión estable en la red de agua, sin verse afectados por las fluctuaciones en el caudal o las demandas del consumo. De esta manera, los usuarios pueden contar siempre con un suministro de agua confiable y uniforme, independientemente de las variaciones en las condiciones. Emplean tecnología avanzada para monitorear y regular automáticamente la presión del agua en la red, al aumentar la demanda de agua el sistema ajusta la velocidad para mantener la presión constante por el contrario la demanda de agua al disminuir la bomba reduce su velocidad para ahorrar energía y evitar la sobrepresión (Cindex, 2024).

#### **2.11.1. Bomba de agua periférica**

Las bombas periféricas, como se muestra en la **Figura 6** también llamadas bombas tipo turbina, de vértice o regenerativas, generan remolinos en el líquido mediante alabes que giran a altas velocidades dentro de un canal anular alrededor del impulsor. Las bombas generan una alta presión de descarga al utilizar motores de baja potencia. Son ideales para aplicaciones domésticas y para incrementar la presión en la red de agua. Pueden ser automatizadas por un kit hidroneumático o un controlador eléctrico (Homecenter, 2024).

**Figura 6**  
*Bomba de agua periférica*



Nota. Bomba de agua periférica Incco (Incco, 2024).

### 2.11.1.1. Electroválvula

La electroválvula que se muestra en la **Figura 7** es un dispositivo electromecánico que se utiliza principalmente para poder controlar la cantidad de flujo a que pasa a través de una válvula (Ricentsa, 2024).

**Figura 7**  
*Electroválvula*



Nota. Electroválvula de 24V (Ricentsa, 2024).

## **Características**

- Su construcción en PVC la hace resistente a cargas pesadas, corrosión y rayos UV, y aumenta la durabilidad de la válvula.
- Proporciona la opción de aumentar el tamaño de la tubería hacia la válvula incrementa el caudal de agua.
- Ofrece elasticidad para el uso en aplicaciones de agua potable.
- Tornillo manual externo proporcionado para la operación manual de la puesta en marcha inicial del sistema.
- Depuración interna manual a través del solenoide, permite el funcionamiento manual sin descargar agua en el exterior de la válvula.
- Filtración de malla auto limpiable.

### **2.12. IOT Internet de las cosas**

Es un concepto tecnológico que se refiere a la red de dispositivos físicos interconectados a través de internet, que están equipados con sensores, software y otros componentes que le permiten recopilar y analiza datos. Estos dispositivos que pueden incluir desde electrodomésticos hasta maquinaria industrial y equipos médicos ya que están diseñados para funcionar de manera autónoma y mejorar la eficiencia, ofrece información en tiempo real y permite acceso remoto. Convierte objetos ordinarios en inteligentes al comunicarse y responder a su entorno a través de internet (Bernal & Enrique, 2020).

### **2.12.1. Aplicaciones IOT:**

Según Burbano Choez (2022) IOT se aplican en diferentes ámbitos tales como:

- **En la domótica**

Esta categoría incluye dispositivos de control remoto: Encender y apagar electrodomésticos de forma remota para prevenir accidentes y ahorrar energía, uso de energía y agua: Monitorear el consumo de energía y agua para obtener consejos sobre cómo ahorrar costos y recursos, Obras de arte y protección de la propiedad: Monitorear el interior de los museos Estado del arte de conservación Sistema de detección de intrusiones y almacenes: Detecta aberturas y huecos de puertas y ventanas para evitar intrusiones (Burbano Choez, 2022).

- **Ambientes Inteligentes**

Esta categoría abarca varios aspectos clave de monitoreo y prevención ambiental. Incluye la alerta temprana de terremotos, que se basa en la monitorización distribuida en ubicaciones específicas para detectar actividad sísmica. También aborda la prevención de deslizamientos y avalanchas mediante la vigilancia de la humedad del suelo, la vibración y la densidad de la tierra, con el fin de identificar condiciones peligrosas en el terreno. El monitoreo del nivel de nieve permite medir la cota de nieve para evaluar en tiempo real la calidad de las pistas de esquí y garantizar la seguridad ante posibles avalanchas. Además, se ocupa de la detección de incendios forestales, realizando un seguimiento de los gases de combustión y las condiciones del incendio para definir zonas de alerta. Finalmente, se aborda la contaminación atmosférica, supervisando las emisiones de CO2 provenientes de fábricas, la contaminación generada por vehículos y otros gases tóxicos (Burbano Choez, 2022).

- **Transporte y Logística**

Esta categoría incluye detección de eventos en almacenamiento: emisiones de contenedores que almacenan productos inflamables y están cerrados con otros contenedores que contienen materiales explosivos, monitoreo de flota: monitoreo de ruta de seguimiento de carga sensible como joyas, productos farmacéuticos o materiales peligrosos, ubicación de artículos: en Búsqueda de artículos individuales en grandes superficies como almacenes o puertos, así como la calidad de las condiciones de envío: para fines de seguros, control de vibraciones, golpes, aperturas de contenedores o su mantenimiento (Burbano Choez, 2022).

- **Agricultura Inteligente**

Esta categoría incluye el abono: controlar los niveles de humedad y temperatura del heno, paja, etc. Para prevenir la contaminación por hongos y otros microorganismos, estaciones meteorológicas: estudian las condiciones climáticas en los campos para predecir cambios en el hielo, la lluvia, la sequía, la nieve, Campos de golf: Riego selectivo en zonas áridas para reducir los requerimientos de agua, Invernaderos: Controlar las condiciones del microclima para maximizar el rendimiento y la calidad de frutas y verduras, e Hidroponía: Controlar el crecimiento de las plantas cultivadas en condiciones de agua para lograr el máximo cosecha eficiente (Burbano Choez, 2022).

#### **2.12.1.1. Tecnología wifi**

Wifi se considera a cualquier dispositivo inalámbrico que utiliza los estándares IEEE 802. 11; en esencia es una tecnología de transmisión de datos sin cable que cumple con las normas establecidas por el IEEE. La principal ventaja de Wifi en comparación con opciones de menor consumo es su compatibilidad nativa con red IP, lo cual resulta fundamental para las redes IoT.

Además, la amplia implementación de esta tecnología en redes LAN permite el acceso a herramientas más avanzadas y facilita una integración más sencilla (Mora et al.,2021).

### **2.12.2. Raspberry Pi**

Es una computadora con tamaño sólido, que se conecta a un monitor o televisor y utilizarlo con un mouse y un teclado estándar. Este pequeño dispositivo que ejecuta Linux para permitirle a personas de todas las edades explorar la informática y aprender lenguajes de programación (Raspberry, 2024).

#### **2.12.2.1. Modelo A y Modelo B**

Raspberry se creó en febrero del 2012 por Raspberry Pi Foundation, Se lanzó 2 modelos el Modelo A y Modelo B al poco tiempo de su lanzamiento ya hubo una comunidad que la adquirieron para experimentar en nuevos proyectos. El reconocimiento fue gracias a su bajo costo, versatilidad y facilidad de modificar diferentes proyectos y trabajar con el sistema operativo Linux (Raspberry, 2024).

#### **2.12.2.2. Aplicaciones**

Según Yañez del Pino (2020) algunas de las aplicaciones del Raspberry Pi son:

- Navegar en la red para eso se debe instalar el sistema Office y aplicarlo en el ordenador.
- Convertir Raspberry Pi en un servidor privado en la nube (VPN) donde se guardan los archivos y evitar pérdidas.

- Convertir un televisor, en un Smart TV al descargar softwares como el OSMC la cual permite usar el centro multimedia de forma sencilla y sin configuración en el dispositivo.
- Las señales digitales de entradas y salidas que permite conectar dispositivos como leds o motores gracias a los pines que contiene.

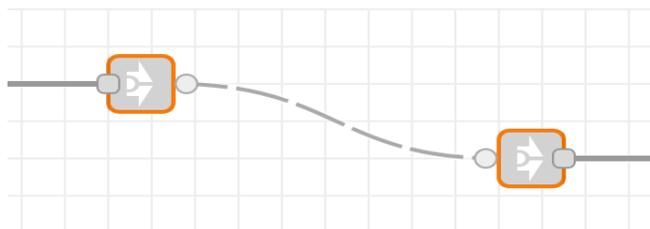
### 2.12.3. Node Red

Node-RED es una herramienta poderosa y versátil que simplifica el proceso de conectar dispositivos y servicios en línea, permitiendo a los desarrolladores crear aplicaciones y automatizaciones de manera rápida y eficiente. El editor de flujo basado en navegador es una característica central que facilita enormemente la creación y configuración de flujos de datos y automatizaciones (OpenJS , Node Red, 2024).

#### 2.12.3.1. Nodos de enlaces (Link nodes):

Los nodos de enlace de la **Figura 8** es una herramienta que facilita la conexión entre diferentes flujos dentro del editor, permite que el flujo se comuniquen con otro, lo cual es útil para dividir un flujo en partes más pequeñas (Node Red Flujo, 2024).

**Figura 8**  
*Nodos de enlace*

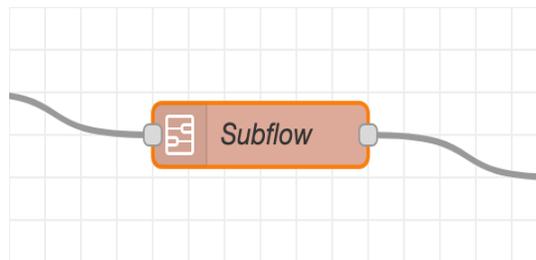


Nota. Nodos de enlace en node red (Node Red Flujo, 2024).

### 2.12.3.2. Subflujo:

El subflujo como se muestra en la **Figura 9** es el conjunto de nodos agrupados en un único nodo en el espacio de trabajo de Node-RED. Su principal utilidad es simplificar la visualización de flujos complejos o empaquetar un grupo de nodos en un componente reutilizable que puede ser empleado en múltiples lugares. Una vez creado, el subflujo se añade al bloque de nodos disponibles. Posteriormente, se pueden insertar instancias individuales del subflujo en el espacio de trabajo, de manera similar a cualquier otro nodo (NodeRed, 2024).

**Figura 9**  
*Subflujo*



Nota. Subflujos en node-red (Node Red Flujo, 2024).

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente proyecto se utiliza la técnica de la hidroponía como método de cultivo sin necesidad de tierra ya que esta es sustituida por las soluciones nutritivas. El proceso de desarrollo del grano de maíz el cual se eligió por su gran aporte nutricional a los animales, y que por medio de esta técnica que consiste en cultivar el grano en bandejas que rocía agua cada cierto tiempo sobre ellas y asimila los minerales de la solución nutritiva da como resultado el forraje verde hidropónico.

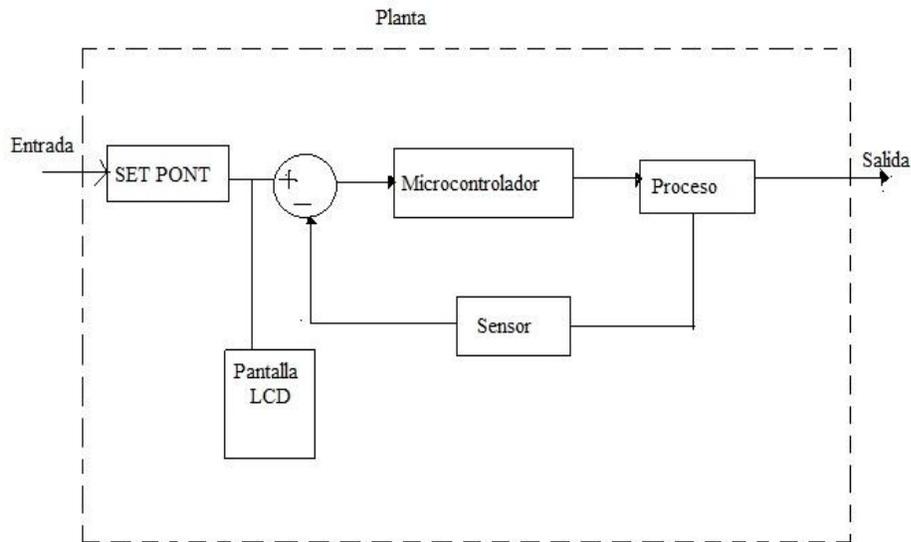
Se realiza el prototipo de un invernadero hidropónico, por medio de esta técnica de cultivo para controlar y monitorear el estado de la temperatura, humedad, nivel de agua y estado de la electroválvula en el área donde está ubicada mediante la aplicación Node red que es una herramienta de programación en la que se crea aplicaciones de IoT para procesar, compartir y recopilar datos a través de internet y así supervisar el proceso de cultivo del forraje de maíz. La estructura del invernadero esta de forma vertical para optimizar el espacio y está diseñada con tuberías de PVC, también cuenta con un sistema de presión constante que optimiza el flujo de agua y evita las fugas.

Posterior a esta observación se da inicio al proceso de desarrollo del prototipo:

#### 3.1. Diseño

Se diseña el diagrama que se muestra en la **Figura 10** para un mejor análisis del sistema, en la que ingresa el valor de la entrada del set point en el microcontrolador y envía una señal para activar el proceso correspondiente. Simultáneamente, el sensor se activa y transmite los datos de temperatura y humedad del invernadero, los cuales se muestran en la pantalla LCD. Al alcanzar la temperatura los 28 grados centígrados, se enciende el extractor para eliminar el exceso de calor.

**Figura 10**  
*Planta*



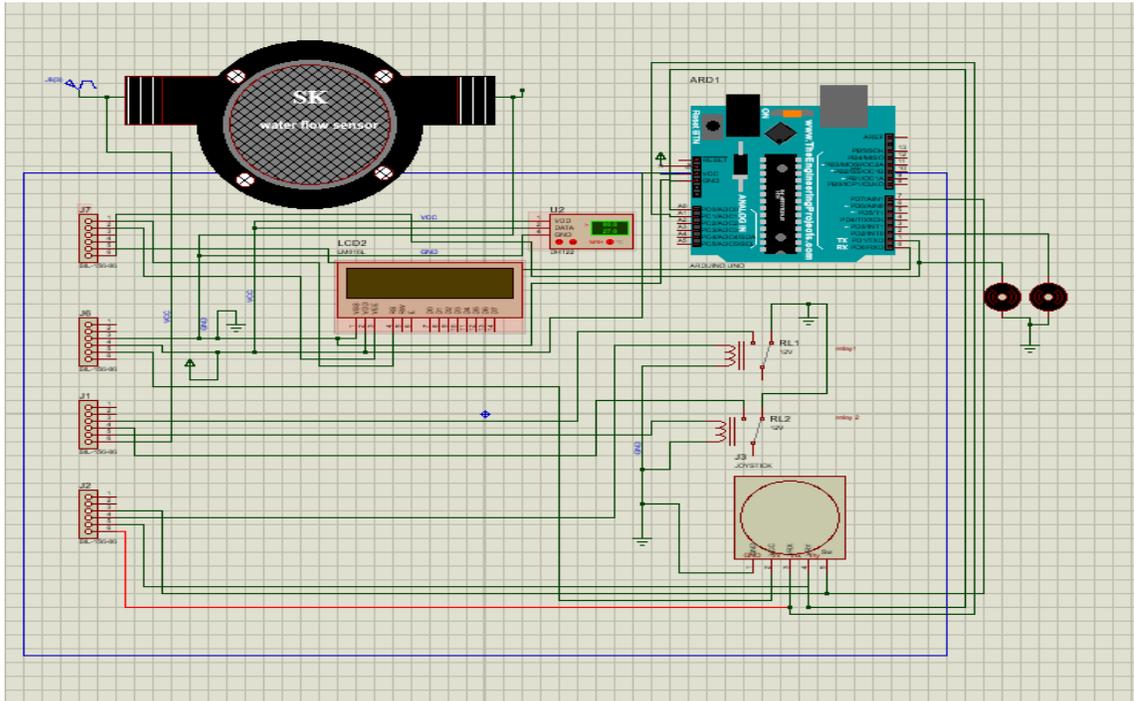
Nota. El gráfico muestra el proceso y la señal que envía el microcontrolador al ingresar el valor de la entrada en el set point.

### 3.1.1. Diagrama de diseño de Tarjeta

En la **Figura 11** se realizó el diagrama en el programa Proteus donde se encuentran las borneras la cual está conectada a los diferentes equipos, tales como: Los relés térmicos que activa a la bomba 1 y el siguiente a la bomba 2 y las dos se activan simultáneamente, adicional está el sensor de humedad DHT22 , la cual censa el exceso del calor en el espacio utilizado y también está el tanque que tendrá un sensor de nivel de agua que manda la señal que indica si el tanque está lleno o vacío como una forma de controlar por el usuario, todo esta acción como resultado realiza el Arduino programable, que contiene cada acción de cada uno de los equipos utilizados dentro de la placa. Por lo cual está también envía una señal a las electroválvulas que da el paso al líquido o fluido por la manguera hacia los aspersores teniendo en cuenta el tiempo

de encendido en el que trabaja y a sí mismo el tiempo de apagado. Este sistema está hecho para que el usuario tenga facilidad de trabajo.

**Figura 11**  
*Diagrama en Proteus*

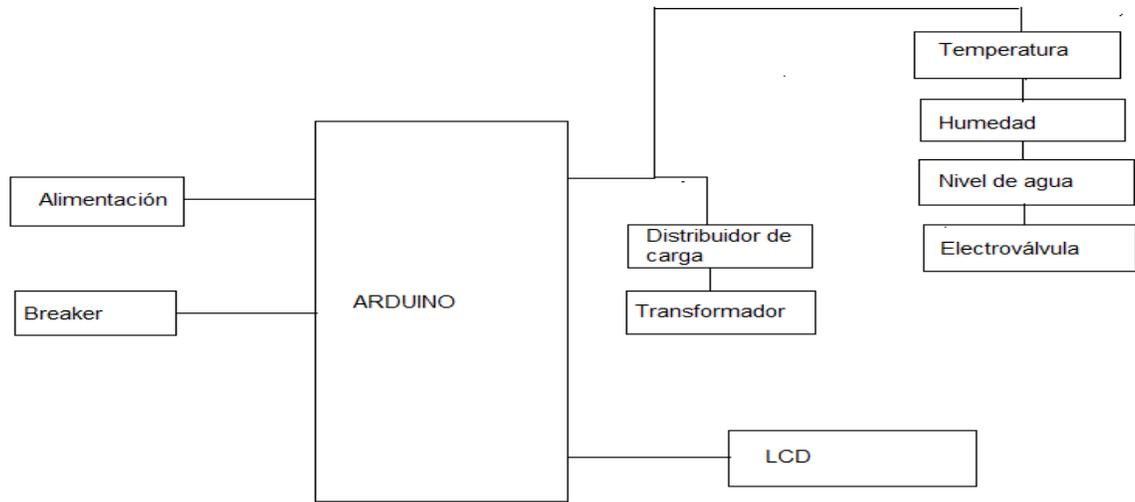


Nota. La figura muestra el diseño y conexiones de la tarjeta la cual es la encargada de mandar la señal para activar todo el proceso del sistema.

### 3.1.2. Diseño de diagrama de control

En la **Figura 12** se alimenta la tarjeta la cual da una señal al activarse a los sensores nivel humedad, temperatura, nivel de agua y electroválvula y los datos obtenidos se podrá visualizar en el LCD, esto ayuda a mantener una temperatura óptima para crecimiento del maíz. El distribuidor de carga alimenta al transformador para que energice todo el sistema y el breaker servirá como protección de la misma.

**Figura 12**  
*Diagrama de Control*



Nota. El gráfico muestra el control del proceso del sistema al recibir la señal de la tarjeta.

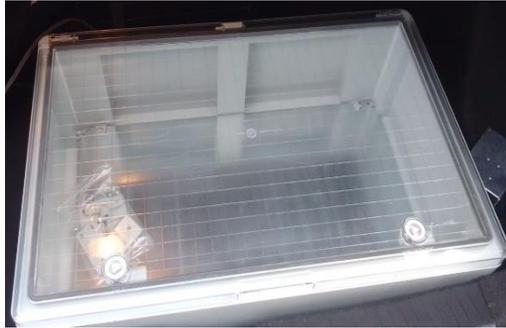
### 3.2. MONTAJE DE TABLERO

En esta unidad se da inicio al proceso de montaje del tablero.

#### 3.2.1. Gabinete o tablero plástica tapa transparente

Se utilizó el gabinete que se muestra en la **Figura 13** para proteger y visualizar los componentes utilizados, y asegurar que estén resguardados y sean fáciles, accesibles para su monitoreo y uso.

**Figura 13**  
*Gabinete*

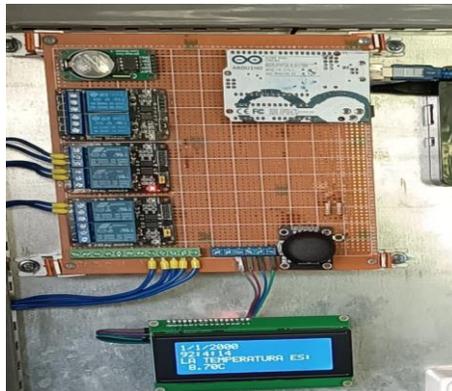


Nota. Gabinete plástico con puerta transparente (Electro Industrial, 2024)

### 3.2.2. Tarjeta o Placa

El conjunto de todos los componentes dentro de la tarjeta que se muestra **Figura 14** junto con el microcontrolador es el encargado de enviar las señales necesarias para gestionar el proceso. Así como el control de la bombas, electroválvula y aspersores.

**Figura 14**  
*Tarjeta Electrónica*



Nota. Tarjeta electrónica donde están ubicados todos los componentes junto con el microcontrolador el cual gestionara todo el proceso del sistema

### 3.2.3. Breaker

Se utiliza un breaker de 2 polos que se muestra **Figura 15** que energiza y sirve como protección del transformador y del distribuidor de carga.

**Figura 15**  
*Breaker y Distribuidor de carga*



Nota. Breaker de 2 polos (Bricoeilige, 2024) y Distribuidor de Carga (Ingelcom, 2024).

### 3.2.4. Transformador

Se utiliza un transformador de 2 amperios que se muestra en la **Figura 16** que alimenta al circuito del tablero.

**Figura 16**  
*Transformador*

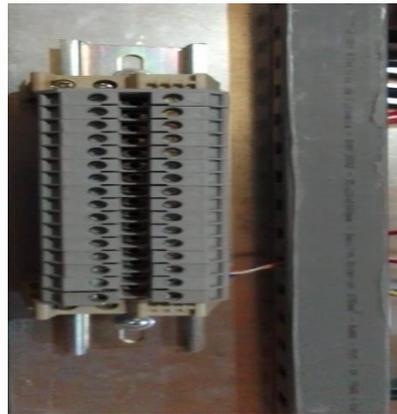


Nota. Transformador de 2 amperios (Maxitec, 2024)

### 3.2.5. Borneras Riel Din

La distribución de las conexiones internas del tablero se realiza a través de borneras que se muestra en la **Figura 17**. El transformador de 2 amperios se alimentará mediante estas borneras para asegurar una correcta distribución de energía en el sistema.

**Figura 17**  
*Borneras*



Nota. Borneras para riel din (Inselec, 2024)

## 3.3. INVERNADERO HIDROPÓNICO

En esta sección se da inicio al montaje del invernadero.

### 3.3.5. Montaje de estructura

La estructura será de forma vertical como se muestra en la **Figura 18** para optimizar el espacio y está diseñada con tuberías de PVC para evitar el óxido y contaminación del forraje.

**Figura 18**  
*Estructura Vertical*

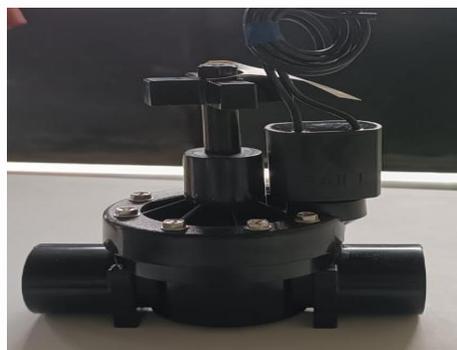


Nota. Estructura realizada con tubos pvc (Promart, 2024)

### **3.3.6. Electroválvula:**

La función de esta electroválvula que se muestra **Figura 19** es dependiendo si se encuentran energizadas o no, dejan pasar el fluido o lo retienen. teniendo en cuenta el funcionamiento de la electroválvula, se tomó la decisión de usar una electroválvula normalmente cerrada, es decir que normalmente no hay flujo de líquido hacía las plantas, ya que solo riegan las plantas de ser necesario.

**Figura 19**  
*Electroválvula*



Nota: La electroválvula deja pasar o retiene el fluido de agua (Ricentsa, 2024)

### 3.3.7. Bandejas plásticas

Las bandejas que se muestran en la **Figura 20** servirán como recipiente en donde se producirá el forraje a base de maíz.

**Figura 20**  
*Bandejas*



Nota. Bandejas plásticas beige (Friocid, 2024).

### 3.3.8. Aspersores

Los aspersores de la que se muestran en la **Figura 21** rosearán el área donde está el grano de maíz y ayudara al crecimiento del forraje

**Figura 21**  
*Aspersores*



Nota. Aspersores tipo manguera para rociar el grano (Promart, 2024).

### 3.3.9. Tanque

El tanque que se muestra en la **Figura 22** es el recipiente donde el agua se almacena y dentro de esta el sensor de nivel de agua (boya) y la electroválvula que está instalada en la parte externa del tanque la cual controla el flujo del agua.

**Figura 22**  
*Tanque de agua*



Nota. Tanque de almacenamiento de agua (Grupo Los Hidros, 2024).

### 3.3.10. Cable UTP CAT6

El cable UTP Categoría 6 (también conocido como Cat6) que se muestra en la **Figura 23** este cable de par trenzado no blindado tiene una velocidad de transmisión de hasta 1000 Mbps y una frecuencia de hasta 250 MHz, el cable está conectado con los sensores (Centelsa, s.f).

**Figura 23**  
*Cable UTP cat6*



Nota. Cable UTP cat6 (Promart, 2024).

### 3.3.11. Adaptador de tanque

Se muestra la instalación del adaptador de tanque 1" en la **Figura 24** por donde van conectadas las bombas de agua.

**Figura 24**  
*Adaptador de tanque*



Nota. Adaptador para tanque (Promart, 2024).

### 3.3.12. Tarraja para tubo

La tarraja para tubo como se muestra en la **Figura 25** es una herramienta que se utiliza para cortar y roscar tubos metálicos.

**Figura 25**  
*Tarraja de 1"*



Nota. Tarraja de 1" (Promart, 2024).

Se usa la tarraja de 1" que se muestra en la **Figura 26** y se hace hilo al tubo para la instalación del sistema de tubería.

**Figura 26**  
*Hilo a la tubería de 1"*



Nota. Hilo de 1" (Promart, 2024).

### 3.3.13. Relé Schneider

El relé de la **Figura 27** protege los equipos eléctricos contra sobrecargas, cortocircuitos y otras anomalías eléctricas dentro del tablero.

**Figura 27**  
*Relé Schneider*



Nota. Relé Schneider 120 vac (Schneider Electric, 2024).

### 3.3.14. Bomba de agua periférica de 0.5 hp

Se usaron 2 bombas, la bomba 1 que se muestra en la **Figura 28** para suministrar y distribuir el agua para el invernadero y la bomba 2 que se presenta en la **Figura 29** para la presión constante de agua al detectar desperdicio de agua, tienen una variedad de aplicaciones, como en sistemas de riego que lo es en este caso, abastecimiento de agua en viviendas, o en procesos industriales que requieren el movimiento de líquidos.

**Figura 28**  
*Bomba de agua 1*



Nota. Bomba de agua 1 (Ingco, 2024).

**Figura 29**  
*Bomba de agua 2*



Nota. Bomba de agua 2 (Ingco, 2024).

### 3.3.15. Tubería de succión

La tubería de succión que se muestra en la **Figura 30** controla el flujo de fluido hacia la bomba, está ubicada entre la bomba y la fuente de fluido (tanque) regula la presión de succión y evita la entrada de aire en el sistema y sobrepresión en la bomba.

**Figura 30**  
*Tubería de succión*



Nota. El sistema de tubería de succión se encarga de controlar el flujo de fluido hasta llegar a la bomba.

### 3.3.16. Tubería de descarga

La tubería de descarga que se muestra en la **Figura 31** controla el flujo de fluido desde la bomba hacia el sistema, está ubicada entre la bomba y el sistema de distribución (tuberías, válvulas, etc.), regula la presión de descarga y evita el retroceso de fluido hacia la bomba y pérdida de presión en el sistema.

**Figura 31**  
*Tubería de descarga*



Nota. El sistema de tubería de descarga se encarga de controlar el flujo hasta la bomba y el sistema de distribución regulando la presión.

### 3.3.17. Válvula Check

La válvula Check de la **Figura 32** permite el flujo de fluido en una sola dirección y evita el flujo inverso. Se usa en las tuberías para evitar el retroceso del fluido y mantener la presión en el sistema.

**Figura 32**  
*Válvula Check*



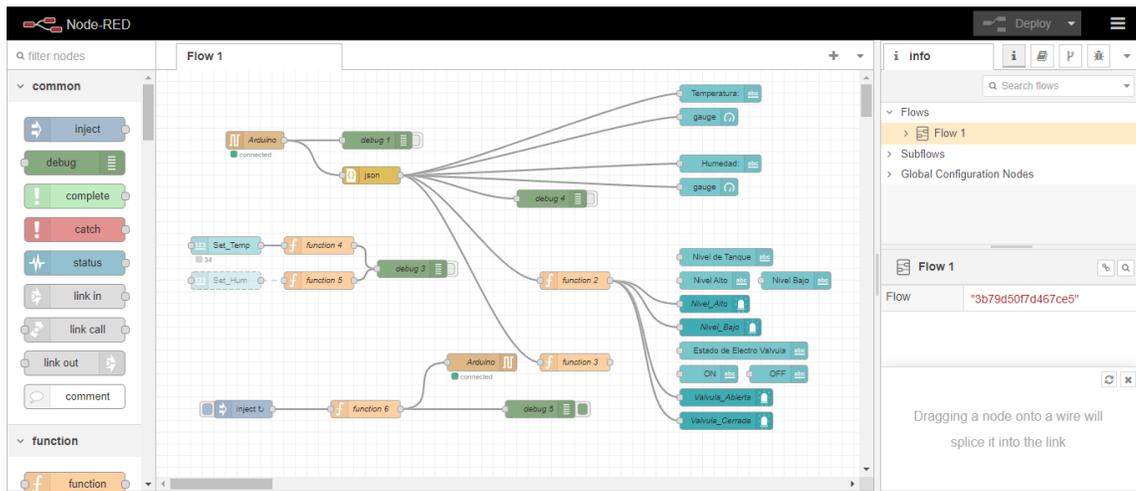
Nota. Válvula Check (Riego Ecuador, 2024).

### 3.4. NODE RED

#### 3.4.1. Flujo Node Red

Un flujo se representa en la **Figura 33** como una pestaña dentro del espacio de trabajo del editor y es la principal forma de organizar y gestionar los nodos. El Arduino se conecta al LCD para mostrar la temperatura ambiente. Además, se enlaza con el bloque JSON que monitorea la temperatura, la humedad, el nivel del tanque y el estado de la electroválvula. A partir de estos datos, se ajusta el set point según el valor ingresado, y los resultados de los cambios obtenidos se visualiza en la aplicación.

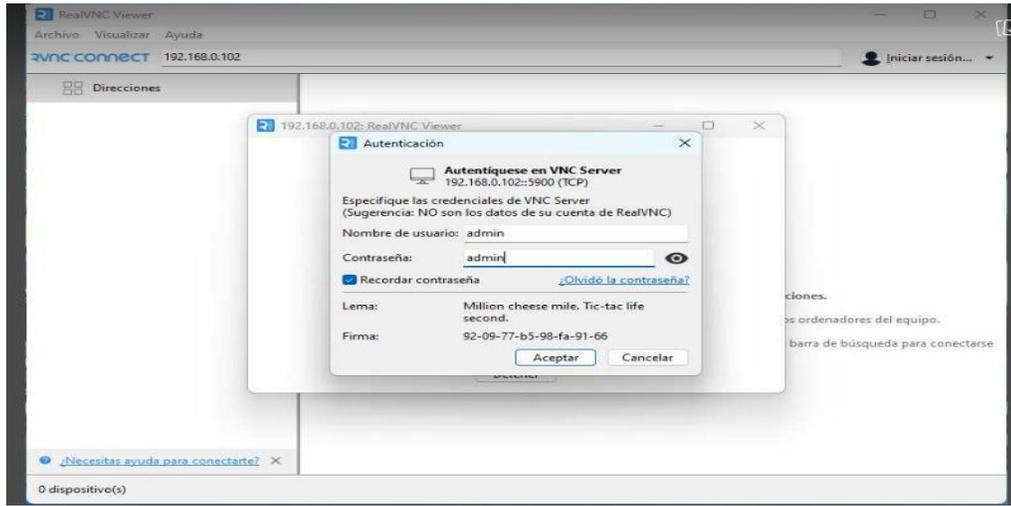
**Figura 33**  
*Flujo Node red*



Nota. La figura muestra el diseño del flujo del proceso que realiza el sistema.

El VNC Server que se muestra en la **Figura 34** permitió la programación de Node-RED en la Raspberry Pi. A través de esta herramienta, puedes acceder de forma remota al entorno de la Raspberry Pi y programar Node-RED desde el dispositivo, facilita la gestión y desarrollo de los flujos.

**Figura 34**  
VNC server



Nota. Configuración del VNC server para la comunicación de Node Red en el Raspberry.

El Raspberry que se muestra en la **Figura 35** carga la aplicación de node red que envía la señal a al router, y se establece la red privada (hidroponía) en la cual se ingresa la clave que permite acceder de manera remota a lo que suceda en tiempo real en el invernadero y por medio de la dirección IP `http://192.168.0.102:1880/` poder ver su funcionamiento y si está en la temperatura correcta.

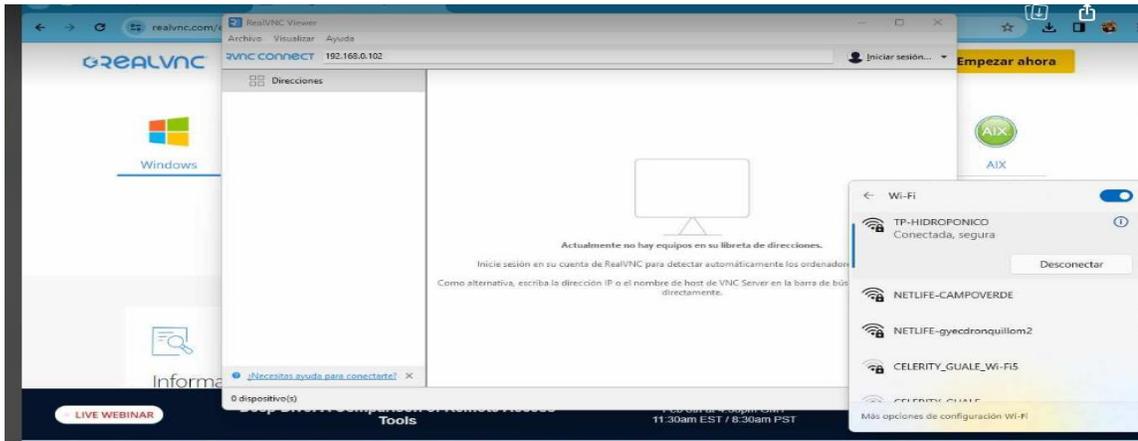
**Figura 35**  
Raspberry Pi



Nota. (Raspberry Pi, 2024).

En la **Figura 36** se puede observar la conexión a la red privada TP-HIDROPONICO mediante de la configuración del router.

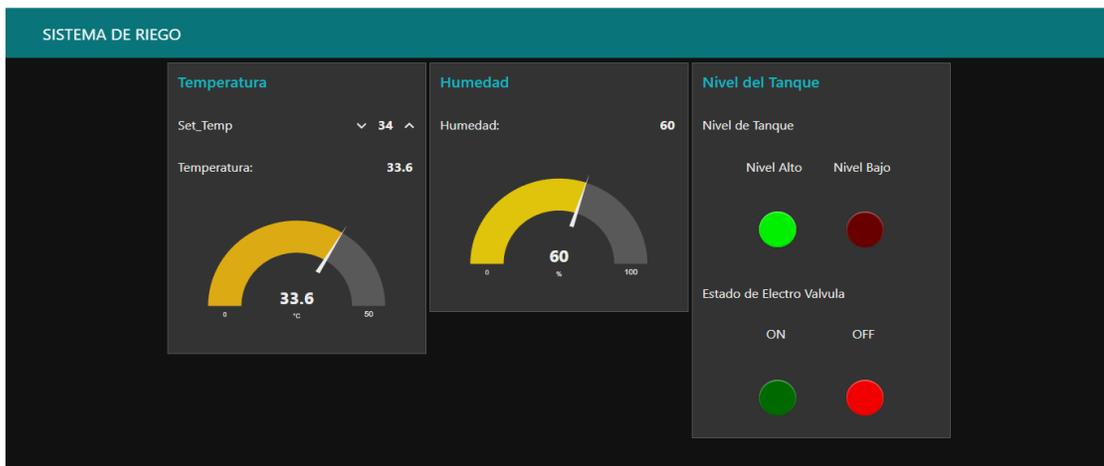
**Figura 36**  
*Red Privada Hidroponía*



Nota. Ingreso a la red TP-HIDROPONICO.

En la **Figura 37** se muestra el dashboard del sistema de riego realizada en NODE-RED

**Figura 37**  
*Aplicación sistema de riego*



Nota. En la figura se muestra el estado de la temperatura, humedad, nivel de tanque y estado de la electroválvula.

### 3.5. APLICACIÓN APP INVENTOR

Por medio de la aplicación app inventor se accede por la dirección IP al sistema de riego. En la pantalla principal de la **Figura 38** se visualiza la portada y la pantalla de comunicación en la **Figura 39** con el formato hecho por la app de diseño canva.

**Figura 38**  
*Pantalla Principal*



Nota. Se muestra la pantalla principal con los datos del proyecto por medio de la aplicación app inventor.

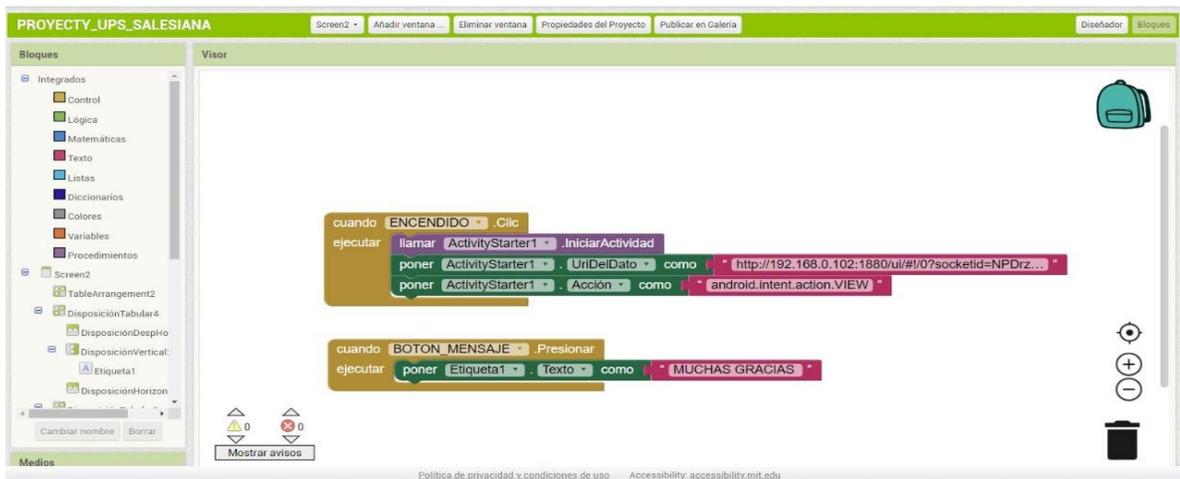
**Figura 39**  
*Pantalla de Comunicación*



### 3.5.1. Comunicación de la aplicación APP con dirección Ip

En la **Figura 40** se muestra que al ejecutar el botón de encendido, se vincula con la dirección ip <http://192.168.0.102:1880/> land privada que se creó en Node-Red.

**Figura 40**  
*Botón de encendido del programa*



Nota. En la figura se muestra el ingreso de la dirección ip <http://192.168.0.102:1880/>.

## 4. RESULTADOS

Para esta sección se detallan los datos del proceso y lo que se va a visualizar del prototipo de invernadero hidropónico.

### 4.1. Sensor de temperatura y humedad DHT22

El sensor DHT22 que se muestra **Figura 41** censa la temperatura del ambiente y si en el sistema hay un set point de 28 grados centígrados en el invernadero manda activar un extractor de aire para que bote el calor dentro del invernadero.

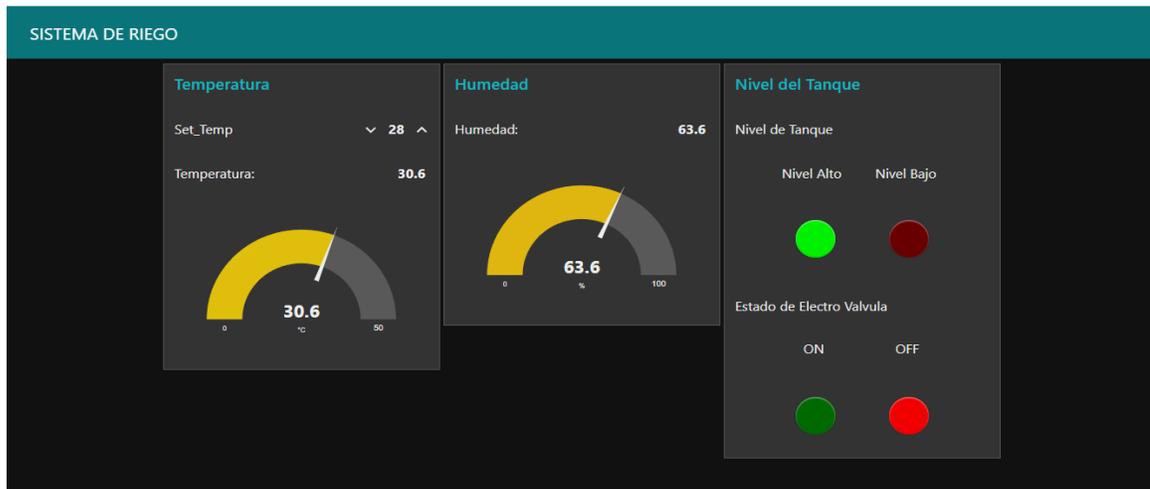
**Figura 41**  
*Sensor DHT22*



Nota. El sensor DHT22 censa la temperatura ambiente del invernadero (SigmaElectrónica, 2024)

En la **Figura 42** se observa cuando el set point está a 28 grados centígrados, detecta el nivel de tanque alto y activa el extractor de aire.

**Figura 42**  
*Set point a 28°C*



Nota. Al estar el set point a 28°C enciende el extractor.

En la **Figura 43** se muestra el extractor de aire activado disipando el calor del invernadero.

**Figura 43**  
*Extractor Encendido*

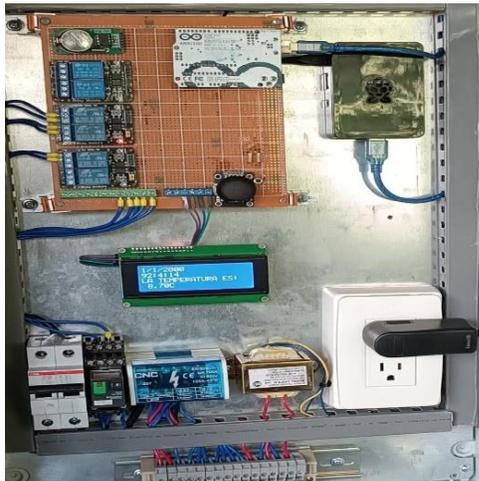


Nota. Extractor de aire (Genuine, 2024).

## 4.2. Visualización de los datos de la temperatura en el invernadero

Mediante el LCD 20x4 de la **Figura 44** se visualiza los datos que censa el sensor de temperatura y humedad DHT22 y así monitorear la temperatura ambiente que hay dentro del invernadero.

**Figura 44**  
*LCD 20X4*



Nota. Datos mostrados en el LCD.

### 4.2.1. Activación y desactivación de bomba de agua relé número 1

#### Bomba 1

Módulo de relé número 1 que se muestra en la **Figura 45**, todo el módulo se activa al mismo tiempo cada 3 minutos y tendrá 1 minuto de trabajo rocía el agua en la cual activa la bomba1 y la electroválvula para permitir el paso del agua en ese minuto a los aspersores y llegue el agua a las bandejas y la acción se repite cada 3 minutos de acuerdo a como esta en la programación o el tiempo que se requiera.

**Figura 45**  
*Modulo relé 1*



Nota. El módulo relé 1 se activa descansa 3 minutos, trabaja 1 minuto y rocía agua.

En la **Figura 46** observa la activación de la bomba y la electroválvula durante el un minuto de rocío de los aspersores.

**Figura 46**  
*Bomba 1 activada*



Nota. Al activarse el módulo de relé 1 también lo hace la bomba 1 y la electroválvula para permitir el flujo de agua en el minuto de trabajo establecido.

En la **Figura 47** se muestra el rocío de agua hacia las bandejas por medio de los aspersores .

**Figura 47**  
*Rocío de las bandejas*



Nota. Rocío a las bandejas por 1 minuto

#### 4.2.2. Tanque vacío y lleno - relé número 2

El sensor de nivel de agua (flotador) que se muestra en la **Figura 48** marca que el tanque este vacío, el módulo de relé número 2 activa el relé número 4 que enciende la electroválvula que permite llenar el tanque si se encuentra vacío y de esta misma forma si el sensor detecta que el nivel del tanque está lleno manda a desactivar la electroválvula y evita el desperdicio de agua.

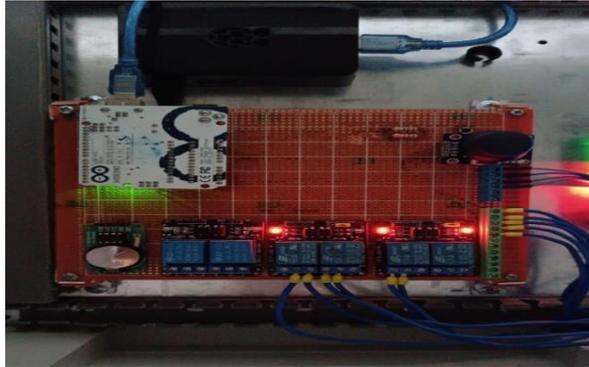
**Figura 48**  
*Sensor nivel de agua*



Nota. El sensor de nivel de agua detecta el tanque está vacío o lleno.

En la **Figura 49** se muestra la activación del relé 4 del módulo relé 2 encendiendo la electroválvula para que permita el paso del agua si se encuentra vacío.

**Figura 49**  
*Modulo Relé 2*



Nota. Activación relé 4 del módulo relé 2 al detectar el tanque vacío.

En la **Figura 50** se muestra el llenado del tanque cuando la electroválvula se activa permitiendo el paso de agua.

**Figura 50**  
*Electroválvula activada*



Nota. Activacion de la electroválvula para permitir el paso de agua.

### 4.3. Aplicación app inventor con la Ip

Por medio de la aplicación App Inventor que se muestra en la **Figura 51** se monitorea de forma remota el estado de la temperatura y humedad, el nivel de agua y estado de la electroválvula. Al presionar el botón de encendido ejecuta la acción y por medio de la Ip <http://192.168.0.102:1880/> que se ingresó dirige a la página del sistema de riego creada con node red.

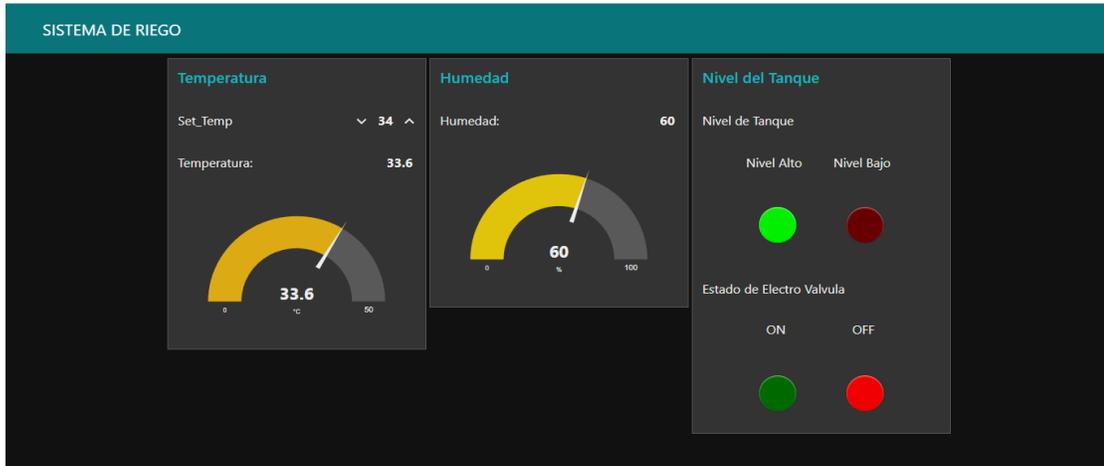
**Figura 51**  
*Encendido de la aplicación*



Nota. En la figura se muestra la activación del botón de encendido y el ingreso de la IP.

En la **Figura 52** se muestra el dashboard del sistema de riego por medio de la IP ingresada en la aplicación App Inventor.

**Figura 52**  
*Aplicación del sistema de riego*



Nota. Sistema de riego en Node Red

#### 4.4. Bomba 2 presión constante de agua

En la **Figura 53** se muestra, cuando el presostato censa que en la cañería de agua tenga una presión baja de agua manda activar automáticamente la segunda bomba y nivela la presión que se necesite en la cañería para que los aspersores funcionen de forma correcta.

**Figura 53**  
*Presión constante en la bomba*



Nota. Presión contante por medio del presostato que censa la presión del agua al estar baja.

En la **Figura 54** se observa la activación del sistema de presión constante con la bomba 1 y 2 para nivelar la presión del agua.

**Figura 54**  
*Sistema de presión constante*



Nota. Nivelación de la presión del agua.

#### 4.5. Node red

Pasos para realizar la conexión de Node Red con Arduino:

- Se conecta el módulo de red a la placa Arduino.
- Se conecta el cable de red (RJ45) al módulo de red y al router.
- Se configura la conexión WiFi en el módulo de red.
- Se incluye la biblioteca correspondiente al código Arduino.
- Se utiliza las funciones de la biblioteca para conectar el nodo de red a la red.
- Se envía y recibe datos a través de la red.

En la **Figura 55** se observa la conexión de Node Red con Arduino.

**Figura 55**  
*Node Red con Arduino*



Nota. Vínculo Node Red con Arduino.

En la **Figura 56** que se muestra, la aplicación funciona en conjunto con la caja principal o tablero ya que contiene el Arduino que va conectado al Raspberry Pi y a su vez se comunica con la red por medio del router y lo transmite a la computadora o celular en la que este ingresada la red privada llamada Hidroponía con la dirección Ip: <http://192.168.0.102:1880/>.

**Figura 56**  
*Monitoreo con node red*



Nota. Monitoreo del sistema de riego en tiempo real del invernadero.

En la **Figura 57** se muestra el monitoreo y control del invernadero por medio la aplicación Node-Red.

**Figura 57**  
*Monitoreo y control del invernadero*



Nota. Monitoreo del invernadero por Node-Red

## 5. CRONOGRAMA

En la siguiente **Tabla 5** se muestra las actividades realizadas en el presente proyecto.

**Tabla 5**  
*Cronograma de Actividades*

Actividad	Semanas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Compra de materiales													
Diseño del sistema con los sensores de temperatura y humedad													
Programación del LC para la visualizar los datos de la temperatura													
Diseño de Aplicación Android app inventor													
sistema de presión constante con el presostato y manómetro													
Monitoreo de los sensores por medio de node red													
Montaje de invernadero													

## 6. PRESUPUESTO

En la siguiente **Tabla 6** se muestra el presupuesto de la realización del presente proyecto.

**Tabla 6**  
*Presupuesto del Proyecto*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo final
Arduino Uno	1	\$25,00	\$25,00
Caja plástica	1	\$84,00	\$84,00
Pantalla LCD 20x4	1	\$12,00	\$12,00
Raspberry	1	\$35,00	\$35,00
Bomba de 0.5 hp	2	\$40,00	\$80,00
Extractor	1	\$35,00	\$35,00
Pin conector hembra y macho	20	\$1	\$20,00
Transformador de 2 amperios	1	\$3,50	\$3,50
Baquelita perforada	1	\$4,00	\$4,00
Módulo relé dobles	3	\$6,00	\$18,00
Sensor de temperatura y humedad dht22	1	\$7,00	\$7,00
Pines Jumper	20	\$0,50	\$10,00
Electrovalvula 1"	1	36,00	36,00
Aspersores	1	\$17,00	\$17,00
Bomba Sumergible (boya)	1	\$3.50	\$3.50
Modulo Joystick	1	\$3,00	\$3,00
Infraestructura	1	\$200,00	\$200,00
<b>Total</b>			<b>\$589,50</b>

## 7. CONCLUSIONES

- En los resultados obtenidos se demostró que por medio del sensor de temperatura y humedad al detectar el alcance a 28 grados que se visualiza en el LCD se activa el extractor y expulsa el calor del invernadero.
- Se demostró que por medio de la aplicación Node- Red se realizó un monitoreo y control del invernadero a mayor alcance.
- Se demostró que por medio de la aplicación Android App Inventor se accedió al sistema de riego de node red por medio de la IP.
- Se demostró que al detectar una fuga de agua el sistema de presión constante activa la bomba 2 y nivela la presión del agua.
- Los resultados del proyecto mostraron que este tipo de invernaderos hidropónicos es una gran propuesta para el sector agrícola ya que permite un mejor rendimiento y alcance a los productores de poder generar alimento para el ganado bovino de mejor calidad.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda definir las dimensiones de la estructura del invernadero para asegurar que sea adecuado para el entorno.
- Se recomienda utilizar un extractor para disipar el calor del invernadero.
- Se recomienda comprobar la potencia de las bombas para usar la adecuada para este tipo de invernaderos hidropónicos.
- Se recomienda investigar sobre la aplicación Node- Red y sus beneficios para este tipo de sistemas.
- Se recomienda utilizar un breaker para la protección de los componentes.
- Se recomienda hacer un estudio previo sobre el uso de los sistemas hidropónicos.
- Se recomienda revisar los pines de conexión de los sensores de temperatura y humedad.
- Se recomienda utilizar la aplicación node red para el monitoreo de los sensores.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

App Inventor MIT. (2024). App Inventor Beginner Tutorials. Obtenido de App Inventor: <https://appinventor.mit.edu/explore/ai2/beginner-videos>

App Inventor, M. (2024). APP INVENTOR, 2024, SOBRE NOSOTROS. MIT APP INVENTOR. Obtenido de STUDOCU: <https://appinventor.mit.edu/about-us>

Arduino.cl. (s.f). Arduino Uno. ARDUINO.cl. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-uno/>

Barreiro, & Martinez. (2024). Diseño e implementación de un módulo interactivo IOT usando dispositivos LOW-COST y servicios Web. Obtenido de dspace.ups : <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27935>

Bernal, C., & Enrique, Y. (2020). Internet of Things (IoT) DISEÑO DE UNA RED DE IoT PARA EL HOGAR, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Telecomunicaciones, Bogotá. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/59fecde5-c9ea-4497-96a4-2ecc0e668ee2>

Bolaños, D. (2018). Características técnicas del ARDUINO UNO. Obtenido de <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/CaracteristicasArduino.pdf>

Bricoelige. (2024). Interruptor 2 Módulos Magnetotérmico ABB 6A 2 Polos. Obtenido de Bricoelige: <https://bricoelige.com/interruptor-2-modulos-magnetotermico-abb-6a-2-polos-sh202-c6>

Bula, A. (2020). IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA EN EL DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO. Observatorio Económico Social UNR. Obtenido de <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socio-economico.pdf>

Burbano Choez, E. X. (2022). Análisis de mecanismos de seguridades en redes inalámbricas mediante IoT, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Repositorio Digital Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/20160>

Campaña, D., & Maldonado, C. (2023). Automatización de un sistema de riego y climatización para una granja hidropónica de mediana escala de la empresa “Aeroponía del Valle” ,. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36127/1/ESPE-T-052708.pdf>

Centelsa, D. (s.f). CABLE PARA DATOS UTP CATEGORÍA 6. CENTELSA DATASHEET. Obtenido de [https://centelsa.com/productos\\_centelsa/productos\\_colombia/CABLES\\_PARA\\_TELECOMUNICACIONES/CABLES\\_PARA\\_TELECOMUNICACIONES\\_CABLE\\_PARA\\_DATOS\\_UTP\\_CATEGORIA\\_6.pdf](https://centelsa.com/productos_centelsa/productos_colombia/CABLES_PARA_TELECOMUNICACIONES/CABLES_PARA_TELECOMUNICACIONES_CABLE_PARA_DATOS_UTP_CATEGORIA_6.pdf)

Chavarria, T., & Castillo, C. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja, 2018, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. CUR Jinotega. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, UNAN LEON. Obtenido de <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCLI/article/view/219>

Cifuentes, & Kukan. (2020). Diseño e implementación para un servidor IOT de bajo costo utilizando STM 32 para el monitoreo de consumo eléctrico residencial. Obtenido de dspace.ups: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19485>

Cindex. (2024). Guía completa sobre los de sistemas de presión constante. Obtenido de CINDEX: <https://www.cindex.com.mx/?s=Gu%C3%ADa+completa+sobre+los+de+sistemas+de+presi%C3%B3n+constante>

Cuitiño, & Cardozo. (2018). MAÍZ: clasificación y usos potenciales. Revista INIA. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11262/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.32-35.pdf>

Eco Business Fund. (2018). Invernaderos automatizados con sistema hidropónicos. Eco Business Fund. Obtenido de [https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user\\_upload/Sustainability\\_Academy/Recursos/Ficha\\_Lista\\_Verde\\_Invernaderos\\_con\\_sistemas\\_hidroponicos.pdf](https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Ficha_Lista_Verde_Invernaderos_con_sistemas_hidroponicos.pdf)

Electro Industrial. (2024). Gabinete Plástico con Puerta Transparente. Obtenido de Electro Industrial Vinuesa: <https://www.eivinuesa.com.ec/automatizacion-y-control/gabinetes-de-plastico/gabinete-plastico-con-puerta-transparente.html>

Flores, J. L., & Martínez, J. E. (2019). Evaluación nutritiva de forraje verde hidropónico de Zea mays, con soluciones de purín y urea, UCATSE, 2019. Universidad Católica del Trópico Seco "Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda". Obtenido de <http://repositorio.unflep.edu.ni/64/>

Freire, P. (2020). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para el control de nutrientes, PH, C.E., temperatura y flujo de agua, en hidroponía mediante el uso de sistemas embebidos, ubicado en el departamento de horticultura, 2020, ESPOCH. DSpace ESPOCH. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14529>

Friocid. (2024). Bandeja Plástica Beige. Obtenido de Friocid: <https://friocid.cl/productos/bandeja-plastica-beige-43-8-x-34-5-cm/>

Genuine. (2024). Extractor de Aire con Aspas. Obtenido de Almacenes Boyaca: <https://www.boyaca.com/bano/extractores-de-aire/extractor-de-aire-con-aspas-genuine-50780>

Grupo Los Hidros. (2024). Tanques de almacenamiento. Obtenido de Grupo los hidros CD: <https://grupoloshidroscd.ec/tanques/>

Homecenter. (2024). Conozca los tipos de bombas de agua y sus funciones. Obtenido de Homecenter: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/content/potencia-para-sistemas-hidraulicos-con-bombas-perifericas/>

Huaylla, L. (2019). SISTEMAS DE RIEGO TECNIFICADO. Instituto de Capacitación del Oriente (ICO). Obtenido de [https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla\\_Riego\\_Tecnificado\\_GAP\\_web.pdf](https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla_Riego_Tecnificado_GAP_web.pdf)

Ingco. (2024). BOMBA DE AGUA PERIFÉRICA 1/2 HP INGCO. Obtenido de Ingco Distribuidor: <https://www.ingcodistribuidor.com/product-page/bomba-de-agua-perif%C3%A9rica-1-2-hp-ingco-uvpm3708>

Ingelcom. (2024). Repartidores de carga LEGRAND. Obtenido de Eléctrico Industrial Gonzaga Rodriguez: <https://www.ingelcom.com.ec/shop/repartidor-4-polos-125a-legrand-04888-ingelcom-12377#attr=>

Inselec. (2024). Borne para riel. Obtenido de Inselec: <https://inselec.com.ec/producto/borne-para-riel/>

INTAGRI. (2019). La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Intagri. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

López, J. (2020). TIPOS DE INVERNADEROS. Obtenido de Drco-Mag: <https://drco-mag.yolasite.com/resources/MATERIALESytiposdeINVERNADEROS.pdf>

Maxitec. (2024). Transformador de 24 Vca. Obtenido de Maxitec: <https://www.maxitec.com.ec/steren-transformador-de-24-vca-2-amperes-con-tap-central-tr24-2a/p>

Mayo Clinic. (2021). Corn: A versatile, nutritious choice. Obtenido de Mayo clinic health system: <https://www.mayoclinichealthsystem.org/hometown-health/speaking-of-health/corn-a-versatile-nutrition-choice#:~:text=Nutrition%20information%20per%20serving%3A%20119,g%20sugar%3B%203%20g%20protein>

Megatronica. (2024). Sensor Nivel Agua Mini, flotador pequeño vertical. Obtenido de Megatronica: <https://megatronica.cc/producto/sensor-nivel-agua-mini-flotador-pequeno-vertical/>

Mora, A., Macías, R., Rodruíguez, J., & Sacón, H. (2021). Estudio de la tecnología de comunicación inalámbrica en el estándar IEEE 802.11ax orientada al despliegue en Ecuador

para el desarrollo del internet de las cosas. Revista científica dominio de las ciencias. Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2447>

Naylamp Mechatronics. (2024). Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22. Obtenido de [naylampmechatronics: https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html](https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html)

Node Red Flujo. (2024). Estructura de flujo. Obtenido de Node Red Estructura de Flujo: <https://nodered.org/docs/developing-flows/flow-structure>

NodeRed. (2024). Subflow. Node Red. Obtenido de <https://nodered.org/docs/user-guide/editor/workspace/subflows>

Novatronic. (2019). Sensor de control de nivel / flotador. Obtenido de Novatronic: <https://novatronic.com/index.php/product/sensor-de-control-de-nivel-flotador-pequeno/>

Oasis Hydro Pro. (2020). Manual de Hidroponía. Oasis Grower Solutions Mexico. Obtenido de <https://oasisgrowersolutions.com.mx/3d-flip-book/2255/>

OpenJS , Node Red. (20 de junio de 2024). Node Red. Obtenido de OpenJS Foundation & Contributors, Node Red: <https://nodered.org>.

Pizarro, J., & Contreras, A. I. (2022). Invernaderos en hidroponía, funcionalidad y diseño. INIA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/8dcc0d2c-10cc-4d2f-9696-670fcea266f6/content>

Ponce, & Jordan. (2023). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo nutricional inteligente mediante servicio IoT de cultivo de maíz con protocolo de comunicación LoRaWAN. Obtenido de dspace.ups: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24859>

Promart. (2024). Adaptador para Tanque Roscable. Obtenido de Promart: <https://www.promart.ec/adaptador-tanque-roscable-34-plastigama/p>

Promart. (2024). Cable de Red Utp Cat 6. Obtenido de Promart: <https://www.promart.pe/cable-de-red-utp-cat-6-nuevo-sellado-testeado-rj45-10-metros-100019358/p>

Promart. (2024). Manguera Force. Obtenido de Promart: <https://www.promart.pe/manguera-force-gris-verde-20-metros-nozzle-box-fit/p>

Promart. (2024). Tarraja para Tubo PVC. Obtenido de Promart: <https://www.promart.ec/tarra-pvc-3ds-12-34-1-yetka/p>

Promart. (2024). Tubo PVC. Obtenido de Promart: <https://www.promart.ec/tubo-pvc-sch-40-1-2-6m-rival/p>

Raspberry Pi. (2024). Raspberry Pi 4. Obtenido de Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>

Raspberry, P. (2024). Raspberry Pi. Obtenido de <https://www.raspberrypi.com/about/>

Ricentsa. (2024). ELECTROVALVULA DE 1" PRO100 24V.AC. Ricentsa Centro de Riego S.A. Obtenido de Ricentsa Centro de Riego S.A.: <https://centroderiego.com/electrovalvula-de-1-pro100-24v-ac-sin-control-de-flujo/18185>

Riego Ecuador. (2024). Válvula check bronce horizontal 1/2". Obtenido de Riego Ecuador:  
<https://riegoecuador.com/index.php/productos/valvula-check-bronce-horizontal>

Santistevan, C. T. (2022). Estudio y diseño de un sistema hidropónico automatizado para el cultivo de lechuga a través de un Logo Siemens, UNIVERSIDAD ESTATAL. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8260>

Schneider Electric. (2024). Rele miniatura con led - 120 V AC. Obtenido de Schneider electric:  
<https://www.se.com/cl/es/product/RXM2AB2F7/rele-miniatura-con-led-120-v-ac-12-a-2-c-o/>

Sela, G. (2024). Sistemas hidropónicos. Obtenido de Cropaia:  
<https://cropaia.com/es/blog/sistemas-hidroponicos/>

SigmaElectrónica. (2024). DHT22. Obtenido de SigmaElectrónica:  
<https://www.sigmaelectronica.net/producto/dht22/>

SITREP. (2023). SITREP Época Lluviosa. Obtenido de Secretaría Nacional de Gestion de Riesgo: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/SITREP-Nro.-102-Epoca-Lluviosa-01012023-al-18-06-2023.pdf>

Tecmikro. (2024). Pantalla LCD 20x4 - Display LCD 20x4. Obtenido de <https://tecmikro.com/led-lcd/182-pantalla-lcd-20x4.html#:~:text=La%20pantalla%20LCD%2020x4%20alfanum%C3%A9rica,cuales%20no%20emiten%20luz%20directamente.>

Victor Santos, D. T. (2023). Diseño de un invernadero hidropónico automático con control del pH y electro conductividad para cultivo de tomate y monitoreo en la nube, 2023, Universidad

Politécnica Salesiana. DSpace ups. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25254>

Vivas, J., & Mejía, W. (2023). Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde Hidropónico en invernadero no convencional. La Universidad Nacional Agraria (UNA). Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4576>

Yañez del Pino, C. (2020). Qué es Raspberry-pi y para que se utiliza. Obtenido de SeoExperto: <https://www.expertoseo.com/que-es/raspberry-pi/#:~:text=Es%20una%20herramienta%20%C3%BAtil%20para,posible%20navegar%20por%20la%20red.>

Zambrano, C., & Andrade, S. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. Repositorio digital Scielo. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202021000400143&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000400143&lang=es)

Zuñiga, J. (2021). Los beneficios de cultivar en Hidroponía. Nxtagro. Obtenido de <https://nxtagro.io/los-beneficios-de-cultivar-en-hidroponia/>

## 10. ANEXOS:

### CÓDIGO

Se define las librerías del lcd

**Figura 58**  
*librerías del lcd*

```
2  #include <Wire.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Se define las librerías para el módulo rtc

**Figura 59**  
*librerías del módulo rtc*

```
5  #include<ThreeWire.h>
6  #include<RtcDS1302.h>
```

Se define la librería del dht22

**Figura 60**  
*librerías dht22*

```
8  #include "DHT.h"
```

Se define los pines para el joystick

- Señal analógica 1 de joystick (A1)
- Señal analógica 2 de joystick (A0)
- Switch de joystick (7)

**Figura 61**  
*Pines del joystick*

```
10 #define xPin A1
11 #define yPin A0
12 #define kPin 7
```

Se define los pines para el dht22

**Figura 62**  
*Pines del dht22*

```
14 #define DHTPIN 8 |
15 #define DHTTYPE DHT22
16 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

Se define los pines para el módulo rtc

- CLK/SCLK --> 5
- DAT/IO --> 4
- RST/CE --> 2

**Figura 63**  
*Pines del módulo rtc*

```
18 ThreeWire myWire(4,5,2);  
19 RtcDS1302<ThreeWire> Rtc(myWire):
```

Se define los pines para los relés a utilizar

- Se enciende el ventilador (3) luego;
- La bomba para llenar agua del tanque (10)
- Riego de las plantas (11)
- Riego de plantas (12)

**Figura 64**  
*Pines del relé*

```
21 int b = 3; /  
22 int o = 10; /  
23 int r = 11; /  
24 int v = 12; /
```

Se define el pin para el sensor de nivel de agua y se define las variables varias a utilizar en el código.

**Figura 65**  
*Pines para sensor de agua*

```
26 int s= 13;
27 int tCount1;
28 bool refresh;
29 int joyRead;
30 int joyPos;
31 int lastJoyPos;
32 long lastDebounceTime = 0;
33 long debounceDelay = 70;
34 bool PQCP;
35 bool editMode;
36 int mNivel1;
37 int mNivel2;
38 byte n[19];
39 int lastN;
40 int lcdX;
41 bool exit;
```

Luego se define el tipo de Lcd a utilizar y se configura la fecha y hora.

**Figura 66**  
*Definir Lcd*

```
44 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
45 void setup() {
46     pinMode(xPin, INPUT);
47     pinMode(yPin, INPUT);
48     pinMode(kPin, INPUT_PULLUP);
49     pinMode(b,OUTPUT);
50     pinMode(r,OUTPUT);
51     pinMode(o,OUTPUT);
52     pinMode(v,OUTPUT);
53     pinMode(s,INPUT);
54     lcd.begin();
55     lcd.backlight();
56     dht.begin();
57     Serial.begin(57600);
58     Serial.print("CONFIGURACIÓN INICIAL ");
59     Serial.print(__DATE__);
60     Serial.println(__TIME__);
61     Rtc.Begin();// SE INICIALIZA RTC
```

**Figura 67**  
*Configurar fecha y hora*

```
61     Rtc.Begin();// SE INICIALIZA RTC
62     RtcDateTime compiled = RtcDateTime(__DATE__, __TIME__);
63     printDateTime(compiled); //SE IMPRIME FECHA Y HORA
64     Serial.println();
65 }
66 void loop() {
67     //SE OBTENIE FECHA Y HORA ACTUAL Y SE ACTUALIZA
68     RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
69     printDateTime(now);
70     Serial.println();
71     if(!now.IsValid()){
72         Serial.println("ERROR EN FECHA Y HORA");
73     }
```

**Figura 68**  
*Definir Joystick*

```
74     controlJoystick();
75     menu();
76     float h = dht.readHumidity();
77     float t = dht.readTemperature();
78     float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
79     int estadoarriba = digitalRead(s);
80     if(h != -1 && t != -1) {
81     }
82 }
```

Luego se ejecuta la condición para encender el extractor y configurar la fecha y hora en tiempo real para que se visualice en el Lcd.

**Figura 69**  
*Condición del extractor*

```
84     if( t > 28 ) {
85         digitalWrite(b,LOW);
86     }
87     else{
88         digitalWrite(b,HIGH);
89     }
90 }
```

**Figura 70**

*Configurar fecha y hora tiempo real*

```
92  #define countof(a) (sizeof(a) / sizeof(a[0]))
93  void printDateTime(const RtcDateTime& dt){
94      char datestring[20];
95      snprintf_P(datestring,
96                countof(datestring),
97                PSTR("%02u/%02u/%04u %02u:%02u:%02u"),
98                dt.Month(),
99                dt.Day(),
100             dt.Year(),
101             dt.Hour(),
102             dt.Minute(),
103             dt.Second());
```

**Figura 71**

*Configurar fecha y hora tiempo real*

```
105  lcd.setCursor(0,0);
106  lcd.print(dt.Month());
107  lcd.print("/");
108  lcd.print(dt.Day());
109  lcd.print("/");
110  lcd.print(dt.Year());
111  lcd.setCursor(0,14);
112  lcd.print(" ");
113  lcd.setCursor(0,1);
114  lcd.print(dt.Hour());
115  lcd.print(":");
116  lcd.print(dt.Minute());
117  lcd.print(":");
118  lcd.print(dt.Second());
119  Serial.print(datestring);
```

Posterior a eso se activa el relé de riego según el tiempo

**Figura 72**  
*Activar el relé*

```
121     if(dt.Minute()==03){
122         digitalWrite(r,0x0);
123         digitalWrite(v,0x0);
124     }
125     else if(dt.Minute()==04){
126         digitalWrite(r,0x1);
127         digitalWrite(v,0x1);
128     }
129     if(dt.Minute()==07){
130         digitalWrite(r,0x0);
131         digitalWrite(v,0x0);
132     }
133     else if(dt.Minute()==8){
134         digitalWrite(r,0x1);
135         digitalWrite(v,0x1);
136     }
```

**Figura 73**  
*Activar el relé*

```
137     if(dt.Minute()==011){
138         digitalWrite(r,0x0);
139         digitalWrite(v,0x0);
140     }
141     else if(dt.Minute()==012){
142         digitalWrite(r,0x1);
143         digitalWrite(v,0x1);
144     }
145     if(dt.Minute()==015){
146         digitalWrite(r,0x0);
147         digitalWrite(v,0x0);
148     }
149     else if(dt.Minute()==16){
150         digitalWrite(r,0x1);
151         digitalWrite(v,0x1);
152     }
```

**Figura 74**  
*Activar el relé*

```
153  < if(dt.Minute()==19){
154      digitalWrite(r,0x0);
155      digitalWrite(v,0x0);
156  < }
157  < else if(dt.Minute()==20){
158      digitalWrite(r,0x1);
159      digitalWrite(v,0x1);
160  < }
161  < if(dt.Minute()==23){
162      digitalWrite(r,0x0);
163      digitalWrite(v,0x0);
164  < }
165  < else if(dt.Minute()==24){
166      digitalWrite(r,0x1);
167      digitalWrite(v,0x1);
168  < }
```

**Figura 75**  
*Activar el relé*

```
169  < if(dt.Minute()==27){
170      digitalWrite(r,0x0);
171      digitalWrite(v,0x0);
172  < }
173  < else if(dt.Minute()==28){
174      digitalWrite(r,0x1);
175      digitalWrite(v,0x1);
176  < }
177  < if(dt.Minute()==31){
178      digitalWrite(r,0x0);
179      digitalWrite(v,0x0);
180  < }
181  < else if(dt.Minute()==32){
182      digitalWrite(r,0x1);
183      digitalWrite(v,0x1);
184  < }
```

**Figura 76**  
*Activar el relé*

```
185     if(dt.Minute()==35){
186         digitalWrite(r,0x0);
187         digitalWrite(v,0x0);
188     }
189     else if(dt.Minute()==36){
190         digitalWrite(r,0x1);
191         digitalWrite(v,0x1);
192     }
193     if(dt.Minute()==39){
194         digitalWrite(r,0x0);
195         digitalWrite(v,0x0);
196     }
197     else if(dt.Minute()==40){
198         digitalWrite(r,0x1);
199         digitalWrite(v,0x1);
200     }
```

**Figura 77**  
*Activar el relé*

```
201     if(dt.Minute()==43){
202         digitalWrite(r,0x0);
203         digitalWrite(v,0x0);
204     }
205     else if(dt.Minute()==44){
206         digitalWrite(r,0x1);
207         digitalWrite(v,0x1);
208     }
209     if(dt.Minute()==47){
210         digitalWrite(r,0x0);
211         digitalWrite(v,0x0);
212     }
213     else if(dt.Minute()==48){
214         digitalWrite(r,0x1);
215         digitalWrite(v,0x1);
216     }
```

**Figura 78**  
*Activar el relé*

```
217     if(dt.Minute()==51){
218         digitalWrite(r,0x0);
219         digitalWrite(v,0x0);
220     }
221     else if(dt.Minute()==52){
222         digitalWrite(r,0x1);
223         digitalWrite(v,0x1);
224     }
225     if(dt.Minute()==55){
226         digitalWrite(r,0x0);
227         digitalWrite(v,0x0);
228     }
229     else if(dt.Minute()==56){
230         digitalWrite(r,0x1);
231         digitalWrite(v,0x1);
232     }
```

**Figura 79**  
*Activar el relé*

```
233     if(dt.Minute()==59){
234         digitalWrite(r,0x0);
235         digitalWrite(v,0x0);
236     }
237     else if(dt.Minute()==00){
238         digitalWrite(r,0x1);
239         digitalWrite(v,0x1);
240     }
241     int estadoarriba = digitalRead(s);
```

Se activará la bomba de llenado del tanque al estar vacío

**Figura 80**  
*Activar la bomba*

```
243     if (estadoarriba == 1){ // nivel del agua
244         digitalWrite(o,0x1);
245     }
246     else{
247         digitalWrite(o,0x0);
248     }
249 }
```

**Figura 81**  
*Activar la bomba*

```
253 void menu(){
254     switch (mNivel1){
255     case 0:
256         menu0();
257         break;
258     case 1:
259         if(mNivel2==1){menu11();
260             // }else if (mNivel2==2){menu12();
261             // }else if (mNivel2==3){menu13();
262         }
263         else{menu1();}
264         break;
265     case 2:
266         if(mNivel2==1){menu21();
```

**Figura 82**  
*Activar la bomba*

```
263         else{menu1();}
264     break;
265     case 2:
266         if(mNivel2==1){menu21();
267             //}else if (mNivel2==2){menu22();
268             // }else if (mNivel2==3){menu23();
269         }
270         else{menu2();}
271     break;
272     case 3:
273         if(mNivel2==1){menu31();
274         }
275         else
276             {menu3();} //
277     break;
278 }//switch
279 }
```

En la pantalla Lcd se podrá visualizar en el menú 1 la temperatura en Celsius, en el menú 2 se visualiza la humedad en porcentaje y en el menú 3 se visualiza en nivel del tanque.

### Figura 83

Visualizar del menú en el Lcd

```
280 //-----
281 // Pantalla de inicio
282 //-----
283 void menu0(){
284   if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
285   lcd.setCursor(0,2);
286   lcd.print("BIENVENIDO!!!");
287   lcd.setCursor(0,3);
288   lcd.print("SISTEMA DE RIEGO");
289 }
```

### Figura 84

Visualizar del menú en el Lcd

```
293 void menu1(){
294   if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
295   lcd.setCursor(0,2);
296   lcd.print("TEMPERATURA");
297
298   while(editMode){
299     controlJoystick();
300     lcd.setCursor(lcdX,1);
301     if(n[lcdX]!=lastN){
302       lcd.print(n[lcdX]);
303       lastN=n[lcdX];
304     }
305   }
306 }
```

### Figura 85

Visualizar del menú en el Lcd

```
310 void menu11(){
311   if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
312   float t = dht.readTemperature();
313   lcd.setCursor(0,2);
314   lcd.print("LA TEMPERATURA ES: ");
315   lcd.setCursor(0,3);
316   lcd.print(t);
317   lcd.print("C");
318 }
```

**Figura 86**

*Visualizar del menú 2 en el Lcd*

```
319 //-----
320 // Menu 2 - HUMEDAD
321 //-----
322 void menu2(){
323     if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
324     lcd.setCursor(0,2);
325     lcd.print("HUMEDAD");
326 }
```

**Figura 87**

*Visualizar del menú 2 en el Lcd*

```
330 void menu21(){
331     if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
332     float h = dht.readHumidity();
333     lcd.setCursor(0,2);
334     lcd.print("LA HUMEDAD ES: ");
335     lcd.setCursor(0,3);
336     lcd.print(h);
337     lcd.print("%");
338 }
```

**Figura 88**

*Visualizar el menú 3 nivel del tanque*

```
339 //-----
340 // Menu 3 - NIVEL DEL TANQUE
341 //-----
342 void menu3(){
343     if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
344     lcd.setCursor(0,2);
345     lcd.print("NIVEL TANQUE");
346
347 }
```

**Figura 89**

*Visualizar del menú 3 nivel del tanque*

```
351 void menu31(){
352     if (refresh){lcd.clear();refresh=0;}
353     int estadoarriba = digitalRead(s);
354     if (estadoarriba == 1){ // nivel del agua
355         digitalWrite(o,0x1);
356         lcd.setCursor(0,2);
357         lcd.print("EL NIVEL ES: ");
358         lcd.setCursor(0,3);
359         lcd.print("LLENO");
360     }
361     else{
362         digitalWrite(o,0x0);
363         lcd.setCursor(0,2);
364         lcd.print("EL NIVEL ES: ");
365         lcd.setCursor(0,3);
366         lcd.print("BAJO");
367     }
368 }
```

Luego se declara el control de nuestro modulo joystick para el desplazamiento entre menús

**Figura 90**

*Definir de control del joystick*

```
374 void controlJoystick(){
375     leeJoystick();
376     if(PQCP) {
377         PQCP=0;
378         if (joyPos==5){editMode=!editMode;}
379         switch (editMode){
380             case 1:
381                 lcd.blink();
382                 if (joyPos==4&&lcdX<9){n[lcdX]++;
383                 refresh=0;}
384                 if (joyPos==3&&lcdX>0){n[lcdX]--;
385                 refresh=0;}
386                 if (joyPos==1&&lcdX<19){lcdX++;
387                 refresh=0;}
388                 if (joyPos==2&&lcdX>0){lcdX--;
389                 refresh=0;}
390             break;
391             case 0:
```

**Figura 91**

*Definir de control del joystick*

```
392     lcd.noBlink();
393     if (mNivel1<3&&joyPos==3){mNivel1++;
394     | refresh=1;
395     | mNivel2=0;}
396     if (mNivel1>0&&joyPos==4){mNivel1--;
397     | mNivel2=0;
398     | refresh=1;}
399     if (mNivel2<3&&joyPos==1){mNivel2++;
400     | refresh=1;}
401     if (mNivel2>0&&joyPos==2){mNivel2--;
402     | refresh=1;}
403     }//!edit
404 }//PQCP
405 }
```

**Figura 92**

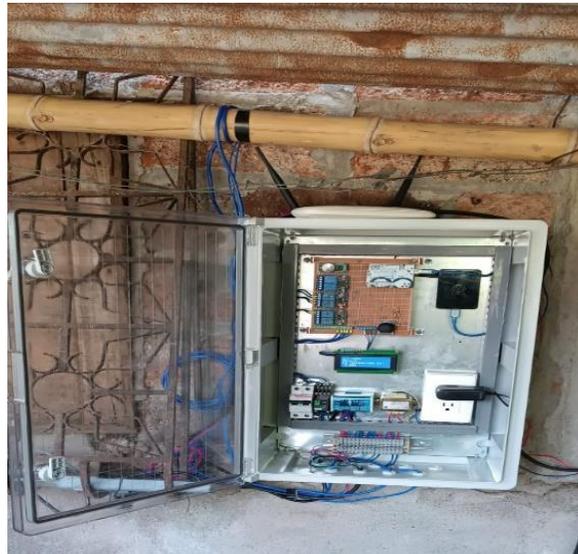
*Definir de control del joystick*

```
406 int leeJoystick(){
407     int x = analogRead(xPin);
408     int y = analogRead(yPin);
409     int k = digitalRead(kPin);
410     if(x>900){joyRead=1; //x+
411     }else if(x<100){joyRead=2; //x-
412     }else if(y>900){joyRead=3; //y+
413     }else if(y<100){joyRead=4; //y-
414     }else if(!k){joyRead=5;
415     }else{joyRead=0;}
416 }
```

**Figura 93**  
*Definir de control del joystick*

```
417   if (joyRead != lastJoyPos){lastDebounceTime = millis();}
418   if(((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay)&&(joyRead!=joyPos)){
419       joyPos=joyRead;
420       if(!PQCP){PQCP=1;}
421   }
422   if(((millis() - lastDebounceTime) > (5*debounceDelay))&&(joyPos==3||joyPos==4)){
423       joyPos=joyRead;           //repeat time only for UP/DOWN
424       if(!PQCP){PQCP=1;}
425   }
426   lastJoyPos=joyRead;
427
428 }
429
```

**Figura 94**  
*Instalación de tablero en los lojas*



**Figura 95**  
*Instalación de bombas y bandejas en los lojas*



**Figura 96**  
*Instalación del sistema de presión constante*



**Figura 97**  
*Visita técnica en los lojas*

