

# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



## CARRERA TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA

DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE  
CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO

OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023

### AUTORES:

Pineda Severino René Humberto

Tene Yaguana Fernando Alexander

### DIRECTOR:

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

Loja, 4 de mayo de 2023

**Certificación del Director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera****Ing.**

César Cristian Carrión Aguirre

**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN****CERTIFICA:**

Que ha supervisado el presente proyecto de investigación titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023” el mismo que cumple con lo establecido por el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano; por consiguiente, autorizo su presentación ante el tribunal respectivo.

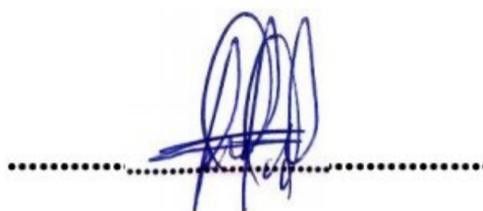
Loja, 4 de mayo de 2023

**Firma****Ing. César Cristian Carrión Aguirre**

**Autoría**

Yo FERNANDO ALEXANDER TENE YAGUANA con C.I. N° 1950096477 declaro ser el autor del presente trabajo de tesis titulado DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación.

Loja, 4 de mayo de 2023



**Firma**

**C.I. 1950096477**

**Autoría**

Yo RENÉ HUMBERTO PINEDA SEVERINO con C.I. N° 1150120655 declaro ser el autor del presente trabajo de tesis titulado DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación.

Loja, 4 de mayo de 2023



**Firma**

**C.I. 1150120655**

## **Dedicatoria**

Dedico este logro alcanzado a Dios y a mis padres que, con su ayuda incondicional, he podido lograr y llegar a donde estoy ahora, en especial a mis padres (Jorge Fernando Tene Rios y María Alexandra Yaguana Jaramillo), ellos han sido mi impulso y los que siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado y metas que me he puesto, han estado apoyándome tanto en las buenas como en las malas.

A la vez dedico este logro a mi familia y a mis seres queridos que me han apoyado moralmente para poder alcanzar esta nueva meta en mi vida, así mismo dedico este proyecto a los docentes del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, que gracias a sus conocimientos y enseñanzas se logró la culminación de este proyecto.

**Fernando Alexander Tene Yaguana**

## **Dedicatoria**

Este logro está dedicado a Dios en primer lugar por regalarme vida y salud para poder cumplir con las metas que me he propuesto, dedicado además a mis padres porque gracias a ellos con su apoyo incondicional he llegado a una nueva etapa de mi vida, envuelto de nuevos conocimientos, habilidades y experiencias.

A mis grandes amistades por contagiarme de su alegría y ser parte esencial en este proceso además de los que se pueden presentar a futuro porque con sus diferentes puntos de vista me ayudaron a planificar de mejor manera el tiempo y mejorar algunos procesos.

**René Humberto Pineda Severino**

## **Agradecimiento**

Agradezco primeramente a Dios que me ha brindado las mejores bendiciones para poder cumplir mis objetivos día a día, a mis amigos que me han apoyado y a mi familia, gracias a ellos que me han guiado, educado e inculcado buenos valores a lo largo de mi vida, he podido lograr alcanzar esta nueva meta. Un agradecimiento especial al Instituto Superior Tecnológico Sudamericano que me han abierto las puertas para desarrollarme como estudiante y a sus docentes por sus enseñanzas y formarme como un profesional en servicio a la sociedad.

A mi director de tesis, al Ing. César Cristian Carrión Aguirre, que es un docente excepcional, estoy muy agradecido con su persona y todos los docentes que formaron parte de mi formación académica, supieron guiarme por el camino de éxito, gracias a todos ellos estoy logrando esta meta en mi vida.

**Fernando Alexander Tene Yaguana**

### **Agradecimiento**

Este logro está dedicado a Dios en primer lugar por regalarme vida y salud para poder cumplir con las metas que me he propuesto, dedicado además a mis padres porque gracias a ellos con su apoyo incondicional he llegado a una nueva etapa de mi vida, envuelto de nuevos conocimientos, habilidades y experiencias.

A mis grandes amistades por contagiarme de su alegría y ser parte esencial en este proceso además de los que se pueden presentar a futuro porque con sus diferentes puntos de vista me ayudaron a planificar de mejor manera el tiempo y mejorar algunos procesos.

**René Humberto Pineda Severino**

## Acta de Cesión de Derechos

### **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Conste por el presente documento la cesión de los derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

**PRIMERA.** - El Ing. César Cristian Carrión Aguirre, por sus propios derechos, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera; y el señor Fernando Alexander Tene Yaguana; mayor de edad, por sus propios derechos en calidad de autores del proyecto de investigación de fin de carrera; emiten la presente acta de cesión de derechos.

**SEGUNDA.** - Declaratoria de autoría y política institucional.

**UNO.** – Fernando Alexander Tene Yaguana y René Humberto Pineda Severino, realizaron la Investigación titulada **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”** para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección del Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre.

**DOS.** - Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

**TERCERA.** - Los comparecientes Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera y Fernando Alexander Tene Yaguana como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos en proyecto de investigación de fin de carrera titulada **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN**

**EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”** a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

**CUARTA.** - Aceptación. - Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de MAYO del año 2023.

F.

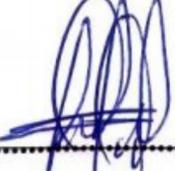


---

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre.

C.I. 1104079494

F.



---

Fernando Alexander Tene Yaguana

C.I. 1950096477

F.



---

René Humberto Pineda Severino

CI: 1150120655

## Declaración Juramentada

**Nombres:** Fernando Alexander

**Apellidos:** Tene Yaguana

**Cédula de Identidad:** 1950096477

**Carrera:** Electrónica

**Semestre de ejecución del proceso de titulación:** octubre 2022 – abril 2023

**Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:**

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.
2. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El trabajo de investigación de fin de carrera presentado no atenta contra derechos de terceros.
4. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma ..... 

Nro. Cédula 1950096477

## Declaración Juramentada

**Nombres:** René Humberto

**Apellidos:** Pineda Severino

**Cédula de Identidad:** 1150120655

**Carrera:** Electrónica

**Semestre de ejecución del proceso de titulación:** octubre 2022 – abril 2023

**Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:**

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

6. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.
7. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
8. El trabajo de investigación de fin de carrera presentado no atenta contra derechos de terceros.
9. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

10. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma .....  .....

Nro. Cédula 1150120655

## 1 Índice de Contenidos

### 1.1 Índice de temas

Certificación del Director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera .....	II
Autoría.....	III
Autoría.....	IV
Dedicatoria.....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento.....	VII
Agradecimiento.....	VIII
Acta de Cesión de Derechos .....	IX
Declaración Juramentada .....	IX
Declaración Juramentada .....	XIII
1 Índice de Contenidos.....	15
1.1 Índice de temas .....	15
1.2 Índice de Figuras.....	20
1.3 Índice de Tablas .....	23
2 Resumen.....	24
3 Abstract.....	25
4 Problematización.....	26
5 Tema .....	28
6 Justificación .....	29
7 Objetivos .....	31

		16
7.1	Objetivo General.....	31
7.2	Objetivos Específicos.....	31
8	Marco Teórico.....	32
8.1	Marco Referencial.....	32
8.1.1	Generalidades del Ecuador .....	32
8.1.2	Reseña Histórica de la Provincia de Loja .....	32
8.1.3	Generalidades de la Ciudad de Loja .....	33
8.1.4	Misión y Visión.....	34
8.1.5	Problemas de Agricultura en Zapotillo .....	34
8.2	Marco Conceptual.....	35
8.2.1	Industrias 4.0.....	35
8.2.2	Smart Farming .....	37
8.2.3	Forraje Verde Hidropónico.....	39
8.2.4	Tecnología de Cultivos .....	40
8.2.5	Tecnología IoT.....	41
8.2.6	Aplicaciones de IoT en la Industria .....	42
8.2.7	IoT en la Industria.....	43
8.2.8	¿Qué es la Robótica?.....	44
8.2.9	Aplicaciones de la Robótica.....	45
8.2.10	Aplicación de la Robótica en la Agricultura.....	46
9	Diseño Metodológico.....	48
9.1	Métodos de Investigación .....	48
9.1.1	Método Fenomenológico .....	48

		17
9.1.2	Método Hermenéutico .....	48
9.1.3	Método Práctico Proyectual .....	49
9.2	Técnicas de Investigación .....	49
9.2.1	Técnica Documental .....	49
9.2.2	Técnica de Observación .....	50
9.2.3	Técnica de Prueba y Error .....	50
10	Propuesta de Acción .....	51
10.1	Hardware .....	51
10.1.1	Microcontrolador Arduino Mega .....	51
10.1.2	Módulo NodeMCU Esp8266 .....	52
10.1.3	Sensor de Temperatura y Humedad DHT11 .....	53
10.1.4	Sensor Higrómetro Capacitivo .....	54
10.1.5	Bomba de Diafragma .....	55
10.1.6	Módulo Esp32Cam .....	56
10.1.7	Pantalla LCD .....	56
10.1.8	Módulo Relé .....	57
10.2	Software .....	58
10.2.1	TinkerCAD .....	58
10.2.2	IDE de Arduino .....	59
10.2.3	Plataforma de ThingSpeak .....	60
10.2.4	IDLE de Python .....	61
10.3	Desarrollo de la Propuesta .....	62
10.3.1	Diseño de la Estructura del Invernadero .....	62

		18
10.3.2	Construcción de la Estructura del Invernadero .....	63
10.3.3	Implementación del Sistema de Riego.....	64
10.3.4	Implementación de Sensores y Tarjetas de Programación y Control .....	65
10.3.5	Configuración de la Plataforma ThingSpeak .....	68
10.3.6	Conexión de NodeMCU y ThingSpeak .....	70
10.3.7	Funcionamiento General del Prototipo .....	73
10.3.8	Diagrama de Flujo del Sistema .....	74
10.3.9	Diagrama Eléctrico y Electrónico .....	75
10.4	Pruebas de Funcionamiento y Resultados.....	76
10.4.1	Pruebas de Funcionamiento del Sensor DHT11 .....	77
10.4.2	Pruebas de Funcionamiento de los Sensores de Humedad de Suelo .....	78
10.4.3	Pruebas de Funcionamiento de Activación de la Bomba.....	80
10.4.4	Pruebas de Funcionamiento de Comunicación Serial.....	86
10.4.5	Pruebas de Funcionamiento de Envío de Datos a ThingSpeak.....	89
10.4.6	Resultados .....	90
11	Conclusiones .....	92
12	Recomendaciones .....	93
13	Bibliografía .....	94
14	Anexos .....	100
14.1	Certificado de Aprobación.....	100
14.2	Autorización Para la Ejecución.....	102
14.3	Certificado de Implementación.....	104
14.4	Certificado de Abstract .....	106

14.5	Presupuesto .....	107
14.6	Cronograma.....	110
14.7	Programación de Arduino .....	112
14.8	Programación de Comunicación Entre Arduino y Esp8266.....	125
14.9	Configuración de la Plataforma ThingSpeak .....	126
14.10	Programación de Envío de Datos a ThingSpeak.....	127
14.11	Evidencias Fotográficas .....	128

## 1.2 Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Escases de Agua en el Cantón Zapotillo, Problema Para la Agricultura .....	35
<b>Figura 2</b> Evolución de las Industrias.....	36
<b>Figura 3</b> Representación de la Tecnología Smartfarming .....	38
<b>Figura 4</b> Forraje Verde Hidropónico .....	39
<b>Figura 5</b> Tecnología Implementada para el Sistema de Cultivo y Alimentos .....	40
<b>Figura 6</b> Conectividad y Distribución del Internet de las Cosas (IoT) .....	42
<b>Figura 7</b> Aplicaciones de IoT en las Industrias.....	43
<b>Figura 8</b> Internet Industrial de las Cosas (IIoT).....	44
<b>Figura 9</b> Tecnología de la Robótica.....	45
<b>Figura 10</b> Aplicación de la Robótica en la Industria .....	46
<b>Figura 11</b> Aplicación de la Robótica en la Agricultura .....	47
<b>Figura 12</b> Placa Microcontrolador AT Mega 2560 R3 Arduino Mega.....	52
<b>Figura 13</b> Placa Módulo NodeMCU Esp8266.....	53
<b>Figura 14</b> Sensor de Humedad y Temperatura DHT 11 .....	54
<b>Figura 15</b> <i>Sensor Higrómetro de Humedad de Suelo Capacitivo</i> .....	55
<b>Figura 16</b> Bomba de Diafragma de 200 psi .....	55
<b>Figura 17</b> Módulo ESP32-Cam.....	56
<b>Figura 18</b> Pantalla LCD de 16x2 Pixeles.....	57
<b>Figura 19</b> Módulo Relé.....	57
<b>Figura 20</b> Plataforma TinkerCAD .....	59
<b>Figura 21</b> Interfaz Gráfica de Arduino IDE.....	60
<b>Figura 22</b> Interfaz Gráfica del Panel de la Plataforma de ThingSpeak .....	61

<b>Figura 23</b> IDE de Programación de Python .....	62
<b>Figura 24</b> Diseño 3D del Invernadero.....	63
<b>Figura 25</b> Estructura del Invernadero .....	64
<b>Figura 26</b> Sistema de Riego por Pulverización.....	65
<b>Figura 27</b> Conexión Módulo Esp32Cam y NodeMCU .....	66
<b>Figura 28</b> Esquema Electrónico de los Sensores .....	68
<b>Figura 29</b> Panel de Configuración de Canales de ThingSpeak.....	69
<b>Figura 30</b> ID del Canal de ThingSpeak .....	70
<b>Figura 31</b> Write APIKey de la Plataforma de ThingSpeak .....	70
<b>Figura 32</b> Incluir Librerías y Parámetros de Conexión.....	71
<b>Figura 33</b> Configuración del Void Setup para la Conexión WiFi .....	72
<b>Figura 34</b> Configuración del Void Loop para el Envío de Datos a ThingSpeak.....	73
<b>Figura 35</b> Arquitectura del Sistema .....	74
<b>Figura 36</b> Diagrama de Flujo de Funcionamiento del Dispositivo.....	75
<b>Figura 37</b> Diagrama Electrónico del Sistema de Irrigación.....	76
<b>Figura 38</b> Temperatura Obtenida Mediante el DHT11.....	78
<b>Figura 39</b> Pruebas del Sensor de Humedad de Suelo .....	79
<b>Figura 40</b> Conexión del RTC para la activación de la bomba .....	81
<b>Figura 41</b> Módulo RTC, Declaración de Variables .....	82
<b>Figura 42</b> Módulo RTC, Configuración del Void Loop .....	83
<b>Figura 43</b> Módulo RTC, Configuración de Condiciones.....	84
<b>Figura 44</b> Sistema de Irrigación y Activación de la Bomba .....	85
<b>Figura 45</b> Conexión de Dispositivos para la Comunicación Serial .....	86

<b>Figura 46</b> Programación de Arduino para la Comunicación Serial .....	88
<b>Figura 47</b> Programación de Esp8266 para la Comunicación Serial .....	89
<b>Figura 48</b> Visualización de la Recepción de Datos en ThingSpeak .....	90
<b>Figura 49</b> Estructura del Invernadero .....	128
<b>Figura 50</b> Irrigación de Forraje Verde .....	129
<b>Figura 51</b> Sistema de Irrigación, Bomba y Pulverizadores .....	130
<b>Figura 52</b> Esquematización de Conexión de los Sensores al Arduino Mega .....	130
<b>Figura 53</b> Fase de Crecimiento del Cultivo de Forraje .....	131
<b>Figura 54</b> Circuito de Prueba en Protoboard .....	132

### 1.3 Índice de Tablas

Tabla 1	Datos del Sensor DHT11 .....	77
Tabla 2	Datos de Humedad de la Semilla de Forraje.....	80
Tabla 3	Presupuesto de Recursos Humanos .....	107
Tabla 4	Presupuesto de Recursos Materiales .....	107
Tabla 5	Presupuesto de Recursos de Software.....	108
Tabla 6	Presupuesto de Recursos de Oficina .....	108
Tabla 7	Presupuesto Total.....	108
Tabla 8	Cronograma de Actividades.....	110

## 2 Resumen

El proyecto titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023” tuvo como objetivo general construir un sistema para el cultivo de forraje con irrigación semiautomática, la finalidad de este proyecto es mejorar la producción de alimentos para animales domésticos y de granja en lugares en donde el agua es muy escasa, si bien la tecnología en la industria de la agricultura ha ido avanzando con el tiempo como la producción de cultivos de manera sintética lo que este producto pretende presentar es un cultivo bueno, de calidad y sin utilizar químicos para acelerar su crecimiento. El funcionamiento de este sistema es sencillo, utiliza una serie de sensores de temperatura ambiente y temperatura de suelo conectados a un controlador Arduino Mega que sirve para controlar el estado en la que la raíz del forraje se encuentra, además, estos mismos sensores actúan como actuadores de funcionamiento de la bomba de diafragma para que realice el respectivo irrigado. También, cuenta con un módulo de control de crecimiento del cultivo el cuál informa al usuario cuando el forraje esté listo para su cosecha.

Finalmente, los métodos que se utilizaron para el desarrollo de esta tesis, fue el método experimental empírico que se basa en ajustes, calibraciones y mediciones, también se utilizó el método hermenéutico que por medio de fuentes bibliográficas y recursos webs de fuentes certificadas fueron de gran ayuda para la construcción del sistema, las pruebas de funcionamiento dieron como resultado que el sistema funciona al 100% y el mismo puede mejorar la producción de forraje en un 60% para zonas áridas.

Palabras clave: Áridas, forraje, sintética, sensores, actuadores, irrigado, calibraciones, Arduino Mega

### 3 Abstract

The project entitled "DEVELOPMENT OF A SEMIAUTOMATIC SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF FORAGE CULTIVATION IN THE ZAPOTILLO CANTON DURING THE PERIOD OCTOBER 2022 - APRIL 2023" had the general objective to build a system for the cultivation of forage with semiautomatic irrigation, the purpose of this project is to improve the production of food for domestic and farm animals in places where water is very limited, although technology in the agriculture industry has been advancing over time as the production of crops in a synthetic way, what this product intends to present is a good, high-quality crop grown without the use chemicals to accelerate its growth. The operation of this system is simple, it employs a series of ambient and soil temperature connected to an Arduino Mega controller that is used to control the state in which the forage root is located, in addition, these same sensors act as actuators of the diaphragm pump to perform the respective irrigation. Furthermore, it has a crop growth control module that informs the user when the forage is ready for harvesting.

Finally, the methods that were use for the development of this thesis project, were the empirical experimental method which is based on adjustments, calibrations and measurements, as well as the hermeneutic method, which used bibliographical sources and web resources from certified sources to help build the system, the functional test revealed that the system works perfectly and it can improve forage production by 60%.

**Keywords:** Arid, fodder, synthetic, sensors, operation actuators, irrigation, calibrations, Arduino Mega.

#### 4 Problematización

La degradación de ecosistemas naturales, las variaciones meteorológicas, los cambios de temperatura, la irregularidad de las precipitaciones, la alteración de los sistemas geofísicos, biológicos y socioeconómicos a nivel mundial; han provocado impactos en diversos sistemas naturales, humanos e hidrológicos. En muchas regiones se han presentado precipitaciones o el deshielo de regiones elevadas, la modificación de ecosistemas, la extinción de especies y los impactos negativos dentro del rendimiento de cultivos. (Américo Canaza-Choque et al., 2019)

Con el fin de cuidar el medio ambiente, ganaderos a nivel mundial empezaron a trabajar con tecnologías alternativas como son los sistemas hidropónicos y farmbots, mismos que están destinados a usar mínimas cantidades de agua y se pueden adaptar en pequeños lugares obteniendo así grandes producciones de forraje verde en poco tiempo, concluyendo que éste es un método efectivo, productivo y sostenible.. (Chavarría Tórrez, 2018)

En Ecuador dentro las zonas áridas y zonas costeras existe un media general de 14 animales mono gástricos por cada granjero productor, cuya alimentación se compone en general por: fibra, proteínas y nutrientes encontradas en el forraje seco de la zona, mismo que se debería complementar con la cantidad de biomasa verde producida sin uso de suelos, pues bien, los sistemas de forraje verde triplican su resultado ya que por cada 1 kg de semilla, se obtiene 3 a 4 kg de forraje con una altura entre los 12 a 20 cm en un tiempo de 15 días; cuando la manera convencional con uso de suelos dicta entre los 30 a 40 días, siendo así una alternativa confiable por el ahorro de agua en sus sistemas de irrigación; al menos en estas zonas áridas dónde existe escasez de agua durante algunos meses del año y dónde la producción de forraje verde puede emplearse en pequeños espacios improvisados, por ello se deberían implementar este tipo de proyectos ya que son fiables, productivos y sostenibles.. (UPSE, 2020)

La escases de agua en la ciudad de Zapotillo se ha convertido en un problema inmenso para su aplicación tanto en la agricultura como la ganadería, es por ello, que el proyecto pretende minimizar el problema de la escases de agua o tierras infértiles para realizar tareas de cultivo, consta de la construcción de un huerto para el cultivo de forraje hidropónico en el que el agua que se utiliza en este sistema es reutilizable, con el sistema de irrigado por pulverización minimiza el consumo de agua haciendo de esta manera que el proyecto sea óptimo para aquellas ciudades en la que el agua es muy escasa o las tierras en las que se realizan tareas de agricultura no son óptimas para ello.

## 5 Tema

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”

## 6 Justificación

El siguiente proyecto dentro del área académica ha permitido demostrar el conocimiento y aplicar la práctica adquirida en las diferentes asignaturas que conforman la malla curricular de la carrera de electrónica del ISTS y con ello la obtención del título de tecnólogo superior en la carrera mencionada.

Se plantea el desarrollo un sistema semiautomático para la gestión de cultivo de forraje en el cantón zapotillo, enfocándonos en la investigación de la línea 1. Desarrollo tecnológico, internet de las cosas, Big data e innovación en procesos de automatización y sistematización organizacional y dentro de la sublínea de automatización y control, las cuales complementan a los sistemas de control y supervisión de datos como un paso importante en la gestión empresarial. Con el uso de la automatización de procesos para la dosificación de la semilla, dispersión homogénea dentro de los recipientes, irrigación y control de luminarias.

Para el ámbito tecnológico se usa los conocimientos adquiridos en el campo de la electrónica, aplicada a las nuevas tecnologías presentadas actualmente a nivel mundial en temas de farmbots e hidroponía, para realizar seguimiento a través de microcontroladores, sensores y luces ultravioleta para el desarrollo óptimo de forraje verde, almacenando datos y resultados en una memoria SD como en el sistema del mismo microcontrolador para que envíe alertas y mensajes a un display LCD que se encontrará en la puerta del invernadero, además del aviso en operaciones de encendido de luces ultravioleta, ventilación y regadíos periódicos, además de otros factores y acciones a ser consideradas para los siguientes proyectos afines a nuestro tema que se puedan seguir implementando.

Dentro del sector ambiental, el proyecto se vincula directamente con el cuidado ambiental al evitar el sobrepastoreo en suelos de zonas semiáridas y para evitar así la desertificación de suelos pues se usa sistemas hidropónicos que ocupan cantidades mínimas para riego y nutrientes adheridos para obtener forraje verde de calidad dentro de poco tiempo en granjas o dentro de los pequeños sectores agrícolas de los cuales depende la economía en los sectores rurales del sur del país.

El proyecto también se vincula al sector económico ya que su construcción resulta más económica que los disponibles en el mercado haciendo uso de tecnología Open Source para la obtención idónea de forraje verde de calidad aplicando reducida cantidad de agua y nutrientes que se pueden adquirir a un valor módico y accesible para el pequeño agricultor pues las cantidades de semilla a aplicar se pueden triplicar en lo que concierne al resultado de forraje verde con gran calidad para ganado agrícola dentro del sector sur del país.

## **7 Objetivos**

### **7.1 Objetivo General**

Desarrollo de un sistema semiautomático para la gestión de cultivo de forraje en el cantón zapotillo.

### **7.2 Objetivos Específicos**

Recabar información utilizando recursos web y artículos científicos con la finalidad de comprender y sistematizar los procesos de automatización para el adecuado proceso de cultivo de forraje.

Construir un prototipo de cultivo automatizado utilizando parámetros tecnológicos y de programación para forraje usando tecnologías de farmbot e hidroponía reutilizando el agua para aquellas zonas donde esta es muy escasa.

Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo usando métodos de prueba y error para garantizar el irrigado óptimo del cultivo.

## 8 Marco Teórico

### 8.1 Marco Referencial

#### 8.1.1 *Generalidades del Ecuador*

Ecuador se encuentra ubicado al noroeste de América del Sur, limita al norte con Colombia, al sur y este con Perú y al Oeste con el océano Pacífico. Está dividida en 24 provincias, con su capital que es Quito y la ciudad con más población es Guayaquil. (Julia Máxima Uriarte, 2020)

Ecuador tiene una extensión total de 283.561 km<sup>2</sup> y dentro de sus territorios fuera del continente se encuentran las islas Galápagos, ubicadas a más de mil kilómetros de la costa pacífica. Su extensión convierte al país en el cuarto país más pequeño del continente Americano. Además, el país cuenta con alrededor de 16 millones de habitantes, lo que lo sitúa en el primer lugar de América del Sur en cuanto a la cantidad de habitantes en relación a la extensión de su territorio.

#### 8.1.2 *Reseña Histórica de la Provincia de Loja*

El ambiente geográfico de la ciudad de Loja y su provincia fue instaurado por Alonso de Mercadillo, quien extendió sus límites por los descubrimientos y conquistas que realizaron Juan de Salinas y Diego Vaca de Vega, partieron con sus excursiones desde la ciudad de Loja hasta la ciudad que hoy en día es Macará. (Prefectura de Loja, s/f)

Restringida su extensión territorial en sus dos grandes épocas, la colonial y la republicana, sigue siendo entre todas las provincias ecuatorianas, una de las más extensas de la región interandina y de peculiar conformación orográfica e hidrográfica, que influye en la variedad del clima y la producción agrícola dentro del territorio ecuatoriano.

### **8.1.3 Generalidades de la Ciudad de Loja**

La ciudad de Loja fue fundada en dos ocasiones, ambas fueron realizadas por Alonso de Mercadillo, quien también fundó Zaruma y Zamora. La primera fundación de Loja fue el 8 de diciembre de 1546; la segunda -y definitiva- el 8 de diciembre de 1548. Los colonialistas españoles llegaron a las costas de lo que es hoy el distrito de Tumbes. Al no ser un lugar propicio para instalar su base de operaciones, decidió continuar su travesía al sur a millas del río Chita. Posteriormente llegaron a las inmediaciones de lo que hoy conocemos como la ciudad de Loja-Ecuador. (Juanpach, 2015)

Pizarro envió a su gente a fundar la ciudad con el propósito de obtener una fortaleza mayor de las poblaciones en las que se había encontrado oro, esto es Zaruma y Nambija. Loja durante su época de dorada llegó a tener muchísima importancia, tanto como las ciudades de Quito o Guayaquil al ser una de las ciudades donde iban los recursos mineros de oro que la rodeaban, además de ser un eje económico de su área de influencia.

La última constitución fue realizada por Alonso de Mercadillo, quien era originario de la ciudad española de Loja, en Granada. En esa época era costumbre de los colonizadores dar el nombre de su tierra nativa a las ciudades que habían fundado. La ciudad se asentó sobre una ciudad de los nativos americanos predecesores. Los pobladores de este valle se hacían llamar los "Paltas" o al menos con ese nombre los reconocieron los conquistadores españoles.

Loja fue una de las principales ciudades que fue fundada en la Conquista; contaba con un Monasterio de Religiosas Conceptas y se agregaba a este distrito alrededor de 16 pueblos como son: Catacocha, Zaruma, Cariamanga, Saraguro, San Juan de El Valle, Malacates, Guachanamá, Gonzanamá, Sozoranga, Yúluc, Jambelí o Santa Rosa, Dominguillo, San Lucas, Ambocas, el Cisne y San Pedro de El Valle.

#### **8.1.4 Misión y Visión**

El municipio es la sociedad autónoma subordinada al orden jurídico constitucional del Estado, cuya finalidad es el bien común local y, dentro de éste y en forma primordial, la atención de las insuficiencias de la ciudad, del área urbana y de las zonas rurales de la respectiva jurisdicción. La región de cada cantón comprende zonas urbanas cuyo conjunto constituye una ciudad, y parroquias rurales. Cada Municipio constituye una persona jurídica, con propiedad y con capacidad para realizar los actos jurídicos que sean necesarios para el cumplimiento de sus fines, en la forma y condiciones que determinan la Constitución y ley. (Municipio de Loja, s/f)

#### **8.1.5 Problemas de Agricultura en Zapotillo**

En el cantón Zapotillo, la falta de agua ha cobrado vida tanto de animales como de cultivos. Quienes se han dedicado a cultivar y sembrar se encuentran al borde de perder completamente sus cultivos, debido a la inexactitud de agua en estas zonas. Mientras en otras zonas de la provincia se piensa en labores para mitigar este impacto del tiempo invernal, en dicha localidad enfrentan la otra cara del clima: la sequía que arrasa al cantón está cobrando un alto valor a la ganadería y agricultura. En parroquias como Paletillas, Bolaspamba, Mangahurco y Cazaderos, la situación se torna insostenible, pero los moradores se apegan a luchar como lo han llevado haciendo cada año. (el Universo, 2022)

## Figura 1

*Escases de Agua en el Cantón Zapotillo, Problema Para la Agricultura*



*Nota:* La escasez de agua se ha convertido en un problema para la agricultura en el cantón Zapotillo, convirtiendo de esta manera zonas incapaces de realizar tareas de agricultura. Extraída de:

<https://cronica.com.ec/2023/01/26/sequia-afecta-a-zapotillo-solicitan-declaratoria-de-emergencia/> Tomado del diario Crónica.

## 8.2 Marco Conceptual

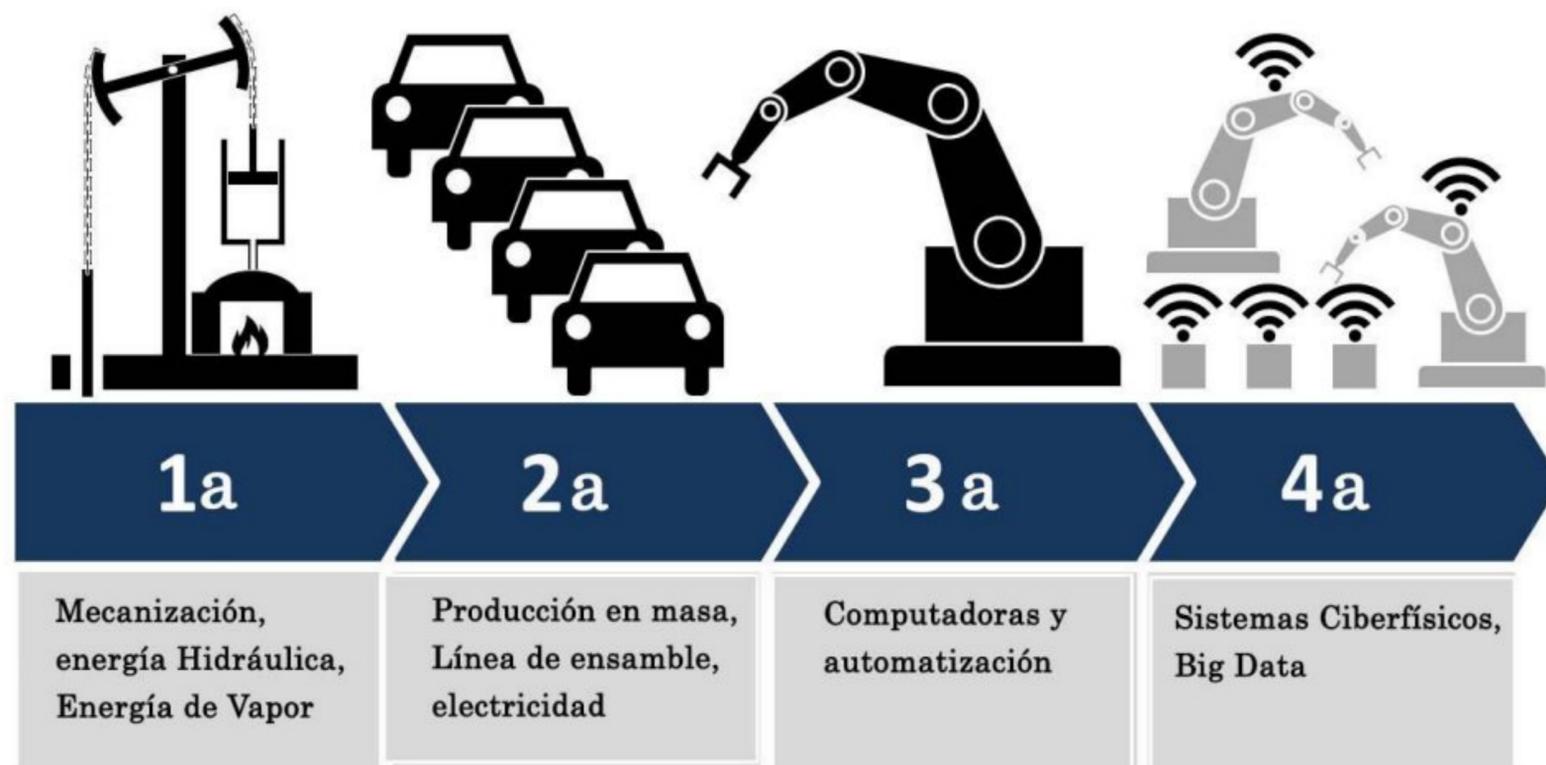
### 8.2.1 Industrias 4.0

Conocida mundialmente como la evolución industrial en vigencia con saltos importantes en la tecnología y sustentabilidad, por ello con esta revolución industrial las tecnologías como la

robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, además de la amplitud en bienes y servicios integrados al internet de las cosas (IOT) y con ello se han obteniendo cambios enormes para así poder adaptarse a los cambios actuales y obtener oportunidades dentro del mercado. (Ghobakhloo, 2020)

**Figura 2**

*Evolución de las Industrias*



**Nota:** El gráfico representa la evolución de las industrias a través del tiempo y lo más representativo entre las industrias, en la actualidad nos encontramos en las industrias 4.0. Tomado de:

<https://blogdefagro.com/2018/04/26/evolucion-la-industria-hacia-la-industria-4-0-en-la-agricultura/>

El entorno de Industrias 4.0 basado en materiales inteligentes y computadores interconectados para una comunicación entre sí en tiempo real con la finalidad de obtener un resultado o poder tomar una decisión con participaciones humanas mínimas y en algunos casos participaciones nulas, aunque hay autores e investigaciones que desde su punto de vista esta conectividad digital podría tener impactos contradictorios si no se analizan algunos puntos que siguen en estudio actualmente mientras las bases en los ámbitos económicos, ambiental y social

mismos que presentan gran acogida a las industrias 4.0 y que ya están trabajando actualmente con estas innovaciones. (Klerkx et al., 2019)

Diferentes ramas entre las ciencias biológicas han optado por investigar aspectos dentro de la agricultura digital realizando una correlación en las producciones agrícolas haciendo énfasis en las cadenas de producción agrícola y sus sistemas alimentarios poniendo a prueba su creatividad con el fin de crear nuevos sistemas para agricultura que sean eficientes, amigables con el medio ambiente y origine al menos una producción media que se pueda implementar en cualquier ambiente. (Klerkx et al., 2019)

### **8.2.2 *Smart Farming***

La tecnología del Internet de las cosas (IoT) es usada para aplicaciones industriales y el sector agrícola está trabajando con estas tecnologías ya que según informes presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación se espera un aumento significativo en cuanto a producción de alimentos pues para el año 2050 se espera un aumento hasta del 70% para poder satisfacer la demanda de alimentos debido al crecimiento de la población, otros temas que se espera cubrir con esta cuarta revolución están las temáticas como la protección de los recursos naturales especialmente del agua, misma que servirá para sustentabilidad futura. (Skobelev et al., 2019)

### Figura 3

#### *Representación de la Tecnología Smartfarming*



**Nota:** Smartfarming es la mezcla del sector agrícola con la tecnología actual para mantener un monitoreo constante de variables como pueden ser temperatura, humedad, falta de agua, entre otras para estar en comunicación constante con nuestra área a trabajar. Tomado de: <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/5-casos-de-uso-de-computacion-periferica-para-agricultura-y-agricultura-inteligente/>

En granjas de gran magnitud los expertos han desarrollado una red mediante los protocolos de la red LORAWAN y el protocolo IEEE 802.11ac, pues, generalmente al usar sistemas IoT en exteriores y entornos donde pueden ocasionarse interferencias significativas que puedan interrumpir el rendimiento que se tenía esperado, para ello la mezcla de los protocolos indicados al inicio del párrafo nos ayudarán para tener una idea más clara de cómo es el funcionamiento y cómo pueden integrarse uno a otro para mejores resultados, por ejemplo: el protocolo IEEE 802.11ac ayuda en la transmisión de datos que requieran alta velocidad de datos, como lo son imágenes o videos y por otro lado se encuentra la red LORAWAN que ayuda en el envío de datos mediante pequeños paquetes que en este caso podrían ser lectura de sensores y envío de señales de encendido o apagado, entre otras que controlarían de manera automatizada estas llamadas Smart farming o Granjas Inteligentes. (Ramli et al., 2020)

### 8.2.3 *Forraje Verde Hidropónico*

Entre las últimas alternativas para producción de forraje verde se encuentran los métodos de hidroponía que es la manera de sembrar sin necesidad de tierras pues la planta solo crece en un medio con agua. Entonces se puede decir que el forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de desarrollo para biomasa vegetal obtenida a partir de semillas con buen poder germinativo con el fin de obtener forraje vivo con altos estándares como lo son: digestibilidad, calidad nutricional y que sea apta para la alimentación de animales de granja. (García et al., 2020)

Para la producción de FVH se utilizan charolas en donde se llevarán a cabo los procesos de fertirriego durante su proceso de crecimiento, además de llevar continuamente la evaluación de distintas variables y factores entre los más significativos llegarían a ser: temperatura, humedad, ph, ventilación, luz entre otros que se podrían adicionar para la obtención de mejores resultados.

#### **Figura 4**

*Forraje Verde Hidropónico*



**Nota:** El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas, que son sembradas sobre recipientes por un tiempo determinado hasta obtener resultados

como se muestra en la imagen. Tomado de:

[https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=128](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=128)

#### 8.2.4 Tecnología de Cultivos

Para el año 2022 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) reportó una superficie cosechada de maíz en Ecuador de al menos 265.334 hectáreas y con ello un rendimiento aproximado a las 4,58 toneladas por hectárea, demostrando la importancia del cultivo de maíz en el país donde el rol de importancia se refleja en alimentación humana y animal, por ello es uno de los principales alimentos en los cuales las investigaciones, el mejoramiento genético, nutrición vegetal y afines lo siguen realizando sus trabajos con el fin de obtener un mejoramiento genético y así la productividad se vea afectada de manera positiva en las zonas de costa y sierra pues son las principales productoras del país. (Caviedes-Cepeda et al., 2022)

#### Figura 5

*Tecnología Implementada para el Sistema de Cultivo y Alimentos*



**Nota:** La tecnología en los cultivos en la actualidad es notable en las zonas maiceras del Ecuador, donde la marca DEKALB (originada en Estados Unidos en 1912) es distribuida en Latinoamérica con el fin de obtener mayor producción con estas fundas que llegan a tener un aproximado a 60 000 semillas. Tomado de <http://www.ecuaquimica.com.ec/producto/semilla-de-maiz-hibrido-dk-7088/> por Ecuaquímica.

Prácticas como la fertilización líquida en maíz, para incrementar la eficiencia de Nitrógeno y más aún en zonas que poseen estrés hídrico, el método *drench* o fertilización inyectado al suelo como una de las nuevas tecnologías eficientes en cuanto a la nutrición de las plantas sin presentar una gran cantidad de humedad en los suelos para que los fertilizantes tradicionales que son de forma granulada se disuelvan adecuadamente, este tipo de tecnologías incrementó la producción del grano de maíz entre un 13 a un 43% tomando comparaciones con la urea granulada que se aplica tradicionalmente a un lado de los surcos al momento de sembrarlo.

Sumada a las investigaciones recientes, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) han trabajado en bio fertilizantes experimentales a base de bacterias promotoras de crecimiento que aumentan significativamente el rendimiento de grano hasta el 30% aumentando la posibilidad de ahorrar hasta el 20% en los costos de producción debido a un ahorro del 50% en fertilizantes de tipo convencional recomendadas para cultivo.

### **8.2.5 Tecnología IoT**

El IoT ha evolucionado a partir de tres tecnologías distintas: las tecnologías de comunicación inalámbrica, los sistemas microelectromecánicos (MEMS), y microservicios de Internet. Pasando de la comunicación máquina a máquina (M2M), máquinas conectadas a través de una red sin interacción humana, a convertirse en una red de sensores de miles de millones de dispositivos inteligentes que conectan personas, sistemas y otras aplicaciones para recopilar y compartir datos. (Paloma Recuerdo de los Santos, 2022)

**Figura 6**

*Conectividad y Distribución del Internet de las Cosas (IoT)*



**Nota:** El internet de las cosas (IoT) abarca una gran cantidad de sistemas que pueden ser automatizados para su monitoreo o control a través de aplicaciones web o móviles, brindando de esta manera confort a los usuarios que la utilizan. Tomado de: <https://www.casadomo.com/2021/05/27/tecnologia-nfc-solucion-complementaria-ofrecer-valor-anadido-dispositivos-iot>

### **8.2.6 Aplicaciones de IoT en la Industria**

La tecnología no solo ha cambiado la manera de comunicarse y relacionarse con los demás. Sino que, cada día se encuentra con más ejemplos de internet de las cosas en la vida cotidiana, así como va evolucionando la industria. La robótica, la inteligencia artificial y el internet de las cosas aplicadas a la industria han puesto en marcha una transformación radical en las operaciones de los negocios que muchos ya han calificado como la Cuarta Revolución Industrial. (Universidad Europea, 2022)

**Figura 7***Aplicaciones de IoT en las Industrias*

**Nota:** La aplicación de IoT en las industrias proporcionará una revolución industrial en los procesos y automatización de máquinas. Tomado de: <https://tynmagazine.com/industrias-4-0-es-urgente-preparar-una-estrategia-2/>

**8.2.7 IoT en la Industria**

También conocida como IoT Industrial, hace referencia al uso de sensores inteligentes y mecanismos de automatización que permiten mejorar la eficiencia de los procesos industriales en diferentes niveles. Consiste en conectar máquinas, dispositivos y sistemas empresariales mediante la arquitectura de red para que de esta manera puedan comunicarse, recopilar información y analizar datos en tiempo real. Con la aplicación de IoT Industrial, las personas, las máquinas y los datos trabajan de manera sincronizada para ofrecer un valor añadido. (Universidad Europea, 2022)

**Figura 8***Internet Industrial de las Cosas (IIoT)*

**Nota:** IoT en aplicada en la industria es aprovechada para el poder de las máquinas inteligentes y el análisis de datos en tiempo real para automatizar procesos que realizan las máquinas industriales tradicionales.

Tomado de: <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-industrial-internet-of-things-iiot>

### 8.2.8 ¿Qué es la Robótica?

Es una ciencia que reúne diferentes campos tecnológicos, con el principal objetivo de diseñar máquinas robotizadas capaces de realizar diferentes tareas automatizadas en función de la capacidad de su software. Desde hace décadas los robots se han ido implementando en la industria, pero a día de hoy se puede decir que son un factor crucial en la implementación de la industria 4.0. Por un lado por la automatización de tareas repetitivas y por la ejecución de otras difíciles, agotadoras o peligrosas para los humanos. (EDS/Robotics, 2021)

## Figura 9

### *Tecnología de la Robótica*



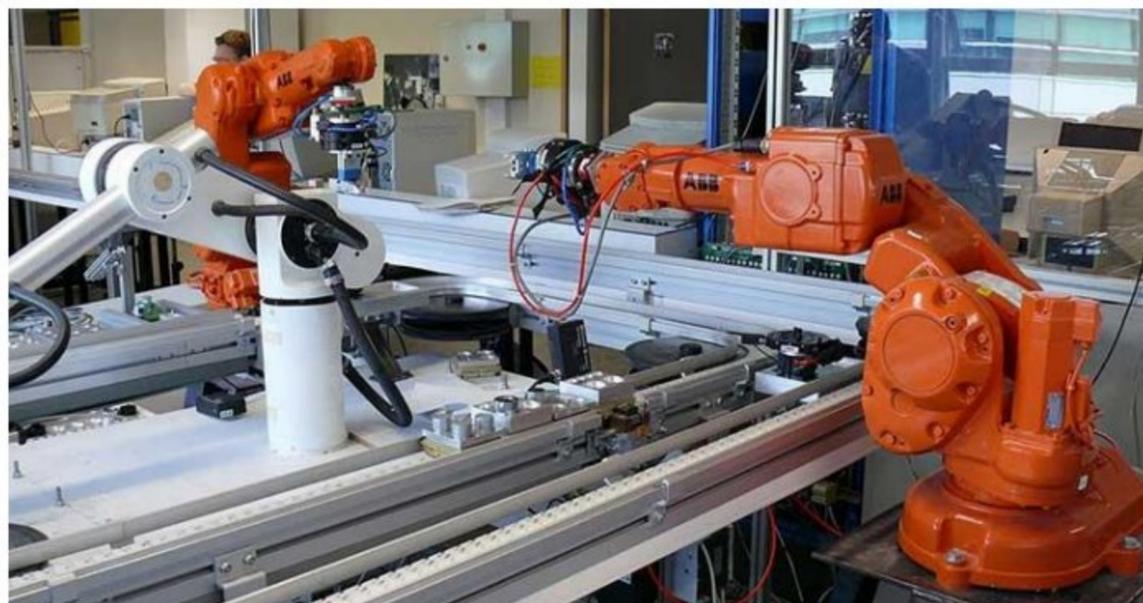
**Nota:** La robótica es considerada una combinación entre la ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, biomédica, y de la computación. La robótica también está definida como la construcción de prototipos para realizar tareas automatizadas en función de la capacidad de su software. Tomado de:

<https://www.ceac.es/blog/robotica-que-es-y-para-que-sirve>

### **8.2.9 Aplicaciones de la Robótica**

La robótica es una rama de diversas ingenierías que se enlazan para ocuparse tanto del diseño, construcción y aplicación de los robots; aparatos que realizan operaciones o trabajos generalmente en situaciones de la mano de obra humana. (Karla García Gil, 2021)

La robótica ha dejado de ser un elemento de la ciencia ficción para convertirse en una ciencia con aplicaciones en diversos sectores de la sociedad; los avanzados desarrollos tecnológicos han permitido incorporar robots para realizar tareas de forma eficiente, práctica y segura en diferentes áreas de la industria, así como en otros campos como la medicina, la agricultura o la educación. (Hipernexo, 2020)

**Figura 10***Aplicación de la Robótica en la Industria*

*Nota:* En la industria se ha optado por la implementación de la robótica para automatizar procesos y mejorar la producción. Tomado de: <https://www.hipernexo.com/robotica/aplicaciones-robotica/>

**8.2.10 Aplicación de la Robótica en la Agricultura**

Los robots agrícolas incluidos en la categoría de robots de servicios son cada vez más comunes tanto en la manufactura de productos alimenticios procedentes del campo, como en labores del ciclo de producción agrícola. Actualmente se cuenta con modelos en total funcionalidad así con una gran variedad de prototipos que en pocos años se incorporarán al mercado. Los robots agrícolas ayudan a aprovechar mejor los recursos disponibles para lograr procesos más eficientes. Esto ha favorecido la agricultura de precisión, que permite una mayor optimización de los recursos, lo que sin duda implica una reducción de los costos, que en el sector agrícola muchas veces lo hacen ser poco productivo. (Hipernexo, 2020)

**Figura 11***Aplicación de la Robótica en la Agricultura*

**Nota:** Dentro de la agricultura la implementación de la robótica ha sido un cambio grande, ya que de esta manera facilita al agricultor tareas que conllevan más esfuerzo como tiempo. Tomado de:

<https://www.hipernexo.com/robotica/aplicaciones-robotica/>

## 9 Diseño Metodológico

### 9.1 Métodos de Investigación

Para la realización del presente proyecto fueron tomadas en específico algunos métodos de investigación, los cuales se mencionan a continuación: método fenomenológico, hermenéutico y práctico proyectual.

#### 9.1.1 *Método Fenomenológico*

Es el que permite explorar diferentes situaciones de la vida y del mundo, entendiendo que lo hace desde un punto de vista subjetivo, es decir, a partir de los sentidos y de lo que hace con lo que se percibe en la conciencia. (Maite Ayala, 2021)

El método fenomenológico ha sido aplicado en la investigación como apoyo para la comprensión de la problemática de los sectores áridos de la provincia de Loja como es el cantón Zapotillo, haciendo uso de la aproximación e identificando los retos que tienen los cultivos de zonas áridas por el excesivo consumo de agua.

#### 9.1.2 *Método Hermenéutico*

Este método no es simplemente una oposición al método científico sino más bien, un enfoque mucho más amplio que busca indagar además de en los medios, en los fines. Es utilizado para comprender e interpretar de mejor manera algunos textos y de la literatura que formaba parte de la historia e incluso de la literatura actual. (Cristina Andrea Zuluaga, 2020)

Teniendo en cuenta lo que representa este método, se especifica de mejor manera como ayuda con la inmersión de información dentro de productos electrónicos, fichas técnicas, hojas de datos o Datasheet, investigaciones, informes acerca de temas similares, revistas electrónicas, videos y tutoriales relacionados al tema, y que dicha información ayuda de manera considerable

para el entendimiento, conexiones eléctricas y comunicación correcta entre dispositivos de fácil acceso.

### **9.1.3 Método Práctico Proyectual**

La metodología proyectual de Cano Lasso se centra en la utilización del concepto de tradición para producir nuevas arquitecturas. Esta actitud de valoración no es de carácter afligido, sino de tipo metodológico y racional. La rutina se valora como un caudal fluyente y renovado que se programa hacia el futuro. Se utiliza los procedimientos de la tradición y sus formas, los materiales y las técnicas locales, pero siempre de manera acorde con la modernidad. (Inés Martín Robles, 2017)

Al realizar diferentes pruebas de funcionamiento del proyecto estamos aplicando este método denominado prueba y error, ya que de esta manera se podrá obtener datos que permita realizar mejoras al proyecto. Además que esto permitirá mejorar tanto la parte electrónica como la parte del cultivo de forraje. También el uso de este método se hace una referencia a los procesos que se debe seguir para poder obtener resultados, estos resultados tienen que ser claros para su entendimiento y desarrollo.

## **9.2 Técnicas de Investigación**

### **9.2.1 Técnica Documental**

Se caracteriza por utilizar la consulta de fuentes escritas o grabadas, es decir, fuentes documentales, como libros, periódicos, revistas, anuarios, grabaciones o filmaciones, etc. Este tipo de fuentes sirven al investigador como muestra o representación de los hechos ocurridos y le sirven para intentar elaborar conclusiones respecto a los mismo. (Editorial Etecé, 2021)

Toma consideración la investigación realizada en fuentes bibliográficas de páginas web que ayudan al entendimiento del tema, de esta manera facilita la realización del proyecto, el

entendimiento de los componentes eléctricos y electrónicos, además permite tratar el tema que se ha planteado.

### **9.2.2 *Técnica de Observación***

Es un método de investigación que consta de observar personas, fenómenos, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, etc., con el fin de tener una determinada información para una investigación. (Luis Castellanos, 2017)

Para la utilización de esta técnica se ha observado las diferentes adversidades que han existido dentro de la sociedad, de esta manera se ha tomado en cuenta los problemas de escases de agua en las zonas áridas de la provincia dentro de la agricultura, siendo de esta manera un punto para la elaboración de este proyecto.

### **9.2.3 *Técnica de Prueba y Error***

Es un método fundamental para resolver problemas. Se caracteriza por realizar varios intentos consecutivos y variados que lo conllevan hacia el éxito, o hasta que el ejecutor de este método deja de intentarlo. También es una técnica heurística para resolver problemas, reparar, ajustar u obtener conocimiento. (Miguel Valenzuela, 2020)

Para cumplir con esta técnica de investigación se plantea la idea de realizar pruebas de funcionamiento del proyecto, de esta manera se determinará los alcances y posibles mejoras del mismo, al implementar esta técnica también se obtendrá información de posibles errores que puede presentar el proyecto, de esta manera se podrá ajustar los cambios necesarios para que el proyecto sea conciso y sin posibles errores.

## 10 Propuesta de Acción

Un plan de acción es un plan que define los pasos más importantes para lograr ciertos objetivos. De esta manera, el plan de acción es una especie de guía que crea un marco o estructura para la implementación del proyecto. Además puede abarcar diferentes departamentos y áreas; también, define los responsables del. También, incluye algunos mecanismos o métodos de seguimiento y control, para que se puedan analizar si las actividades van en la dirección correcta. (Pérez Porto, 2022)

### 10.1 Hardware

Se refiere al conjunto de partes físicas y materiales que interactúan entre sí de forma analógica o digital para formar una computadora. A veces se abrevia con los caracteres H/W o h/w. Otra definición es que se refiere a la presencia o ausencia de componentes electrónicos, chips o circuitos impresos para proyectos, pero es menos general y, por lo tanto, menos utilizada. El hardware es el soporte físico sobre el cual se instala, ejecuta y opera cualquier software; es decir, sin hardware, no hay dispositivos eléctricos o electrónicos. (Alejandro A. Lázaro, 2019)

#### 10.1.1 *Microcontrolador Arduino Mega*

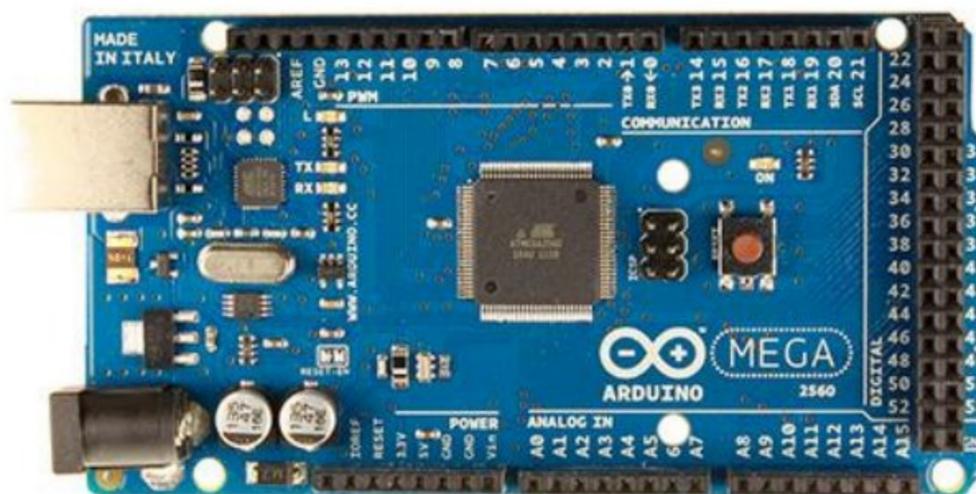
El Arduino Mega es una placa de desarrollo de código abierto, elaborada con un microcontrolador modelo Atmega2560 con pines de entrada y salida analógicas y digitales. La tarjeta está programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de procesamiento. Arduino se puede usar para desarrollar objetos interactivos individuales, y lenguajes como Flash, Processing y MaxMSP se pueden usar para comunicarse con un ordenador a través de un puerto serie. (MCI Electronics, 2022)

Las posibilidades de desarrollo basado en Arduino solo están limitadas por su imaginación. Esta tarjeta cuenta con 54 pines de entrada y salida digitales, 16 entradas analógicas, 4 puertos seriales de hardware, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una conexión a ICSP y un botón de reinicio.

La placa integra todo lo necesario para que el microcontrolador funcione; simplemente conectándolo a un ordenador a través del cable USB o una fuente de alimentación externa. Es compatible con la mayoría de shields para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO. (MCI Electronics, 2022)

### Figura 12

*Placa Microcontrolador AT Mega 2560 R3 Arduino Mega*



**Nota:** Placa microcontrolador Arduino Mega 2560 R3 usada para la programación de varios sensores.

Tomada de: <https://apmelectronica.com/producto/el-arduino-mega-2560/>

#### 10.1.2 Módulo NodeMCU Esp8266

NodeMCU es una plataforma de código abierto basada en ESP8266 que puede conectar objetos y permitir la transferencia de datos a través del protocolo Wi-Fi. Además, puede resolver muchas necesidades del proyecto por sí mismo, brindando algunas de las funciones más importantes de un microcontrolador, como GPIO, PWM, ADC, etc. El Internet de las cosas (IoT)

es un campo en crecimiento en el mundo de la tecnología. Cambia la forma en la que se trabaja actualmente. (Arduino, 2022)

Los objetos físicos y el mundo digital ahora están más conectados que nunca. Con eso en mente, Espressif Systems (empresa de semiconductores de Shanghái) lanzó un microcontrolador Wi-Fi del tamaño de una caja de cerillas, el ESP8266, que puede monitorear y controlar cosas desde cualquier parte del mundo, lo que lo hace ideal para casi cualquier proyecto de IoT.

(Arduino, 2022)

### **Figura 13**

*Placa Módulo NodeMCU Esp8266*



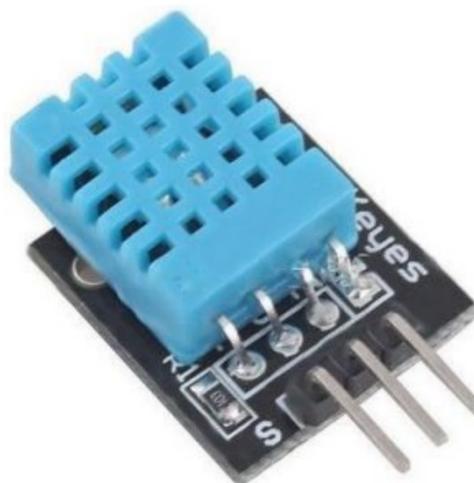
*Nota:* Ilustración de placa microcontrolador NodeMCU Esp8266 de datos que utiliza el protocolo Wi-Fi.

Tomado de: <https://descubrearduino.com/nodemcu/>

#### **10.1.3 Sensor de Temperatura y Humedad DHT11**

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad relativa digital económico y fácil de usar. Integra un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire ambiente y muestra los datos a través de una señal digital en el pin de datos (sin salida analógica).

Para aplicaciones académicas relacionadas con el control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental, agrícola, etc. (NayLamp Mechatronics, 2023)

**Figura 14***Sensor de Humedad y Temperatura DHT 11*

**Nota:** Sensor de humedad y temperatura DHT11 conectado a una placa Arduino Uno. Tomado de:

<https://avelectronics.cc/producto/dht11-temperatura-y-humedad/>

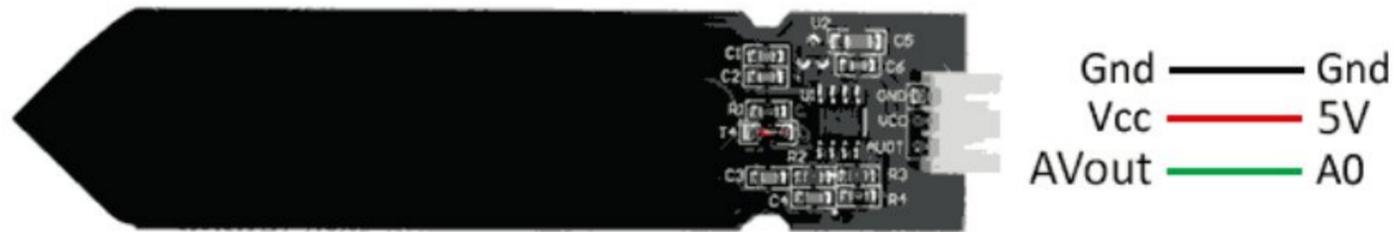
**10.1.4 Sensor Higrómetro Capacitivo**

Un higrómetro capacitivo es un sensor que mide la humedad del suelo cambiando la capacitancia. Este es un sensor común en los sistemas de riego automático. Los higrómetros resistivos para medir la humedad del suelo, ya que son antecesores con peores características que los higrómetros capacitivos. La principal ventaja de los sensores capacitivos es que no tienen el problema de oxidación de electrodos que tienen los sensores resistivos. (Luis Llamas, 2021)

También es más preciso. Pero tampoco se espera una gran precisión por otro lado, no es realmente necesario activar el sistema de riego. El sensor opera de 3V a 5V. Su salida es una señal analógica de 0 a 3 V. El consumo típico durante este periodo es de 5 mA. Por último, el sensor indicador tiene una línea blanca que indica la profundidad máxima a la que se puede introducir el sensor en el suelo. (Luis Llamas, 2021)

**Figura 15**

*Sensor Higrómetro de Humedad de Suelo Capacitivo*



*Nota:* Sensor higrómetro capacitivo. Tomado de: <https://www.luisllamas.es/sensor-de-humedad-del-suelo-capacitivo-y-arduino/>

### 10.1.5 Bomba de Diafragma

Las bombas de diafragma, son bombas de desplazamiento positivo que utilizan una combinación de diafragmas alternativos de caucho, termoplástico o PTFE y válvulas apropiadas a cada lado del diafragma para bombear el fluido. El diafragma se flexiona, aumentando o disminuyendo el volumen de la cámara de la bomba. Un par de válvulas de retención evitan el flujo de líquido. El actuador de diafragma, operado por una manivela o motorreductor, o puramente mecánico, con desplazamientos volumétricos positivos. (Yamada, 2023)

**Figura 16**

*Bomba de Diafragma de 200 psi*



*Nota:* Ilustración de una bomba de diafragma usada para la transportación del agua desde el recipiente contenedor de agua hacia los aspersores.

### 10.1.6 Módulo Esp32Cam

ESP32-Cam es un dispositivo todo en uno. Además de la conectividad Wi-Fi y Bluetooth de fábrica y los pines GPIO, hay dos opciones adicionales. Hay una pequeña cámara de vídeo integrada y un conector para una tarjeta MicroSD donde puedes almacenar tus fotos y videos. Tiene menos pines que un módulo ESP32 normal y, dado que muchos de estos pines se utilizan para la gestión de la cámara y la conectividad microSD, todavía hay 9 pines disponibles. (Charly Pascual, 2022)

#### Figura 17

*Módulo ESP32-Cam*



**Nota:** microcontrolador ESP32-Cam, dispositivo que está dentro de la familia ESP32. Tomado de:

<https://programarfacil.com/esp32/esp32-cam/#:~:text=ESP32->

[CAM%2C%20es%20un%20dispositivo,podremos%20almacenar%20fotos%20o%20videos.](#)

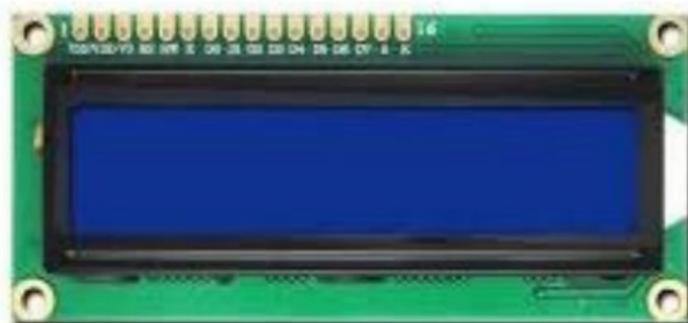
### 10.1.7 Pantalla LCD

Es una pantalla de cristal líquido, llamada así por la abreviatura Liquid Crystal Display en inglés, y se utiliza para visualizar imágenes estáticas y dinámicas. Consiste en un conjunto de píxeles que consta de una gran cantidad de moléculas de cristal líquido intercaladas entre dos conjuntos de electrodos transparentes. Cuando cambia la carga entre estos electrodos, los cristales líquidos reaccionan de manera predecible, lo que significa que giran y se mueven de manera que

permiten que diferentes cantidades de luz atraviesen el cristal. Las pantallas LCD se han convertido en una parte esencial de muchos dispositivos, y son de varios tipos. (BenQ, 2021)

### **Figura 18**

*Pantalla LCD de 16x2 Píxeles*



*Nota:* Pantalla LCD de 16 caracteres y 2 filas. Tomada de: <https://grupolectrostore.com/shop/displays-y-pantallas/lcd-162-1602/>

#### **10.1.8 Módulo Relé**

Es una placa de circuito impreso que contiene varios componentes como relé, transistor, diodo de protección, indicadores LED de activación y conectores para electrónica de control y potencia. Es decir, esta placa lleva todos los elementos montados, por lo que no nos tenemos que preocupar de poner los transistores de salida para protegernos de sobretensiones, etc. Por ejemplo, en el Arduino conectaríamos el pin de salida a uno de los etiquetados como IN y ya podríamos conectar la carga a 220 en los jacks de salida. (José Antonio Rivera Morales, 2019)

### **Figura 19**

*Módulo Relé*



*Nota:* Módulo relé de 1 canal. Tomado de: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-1-canal/>

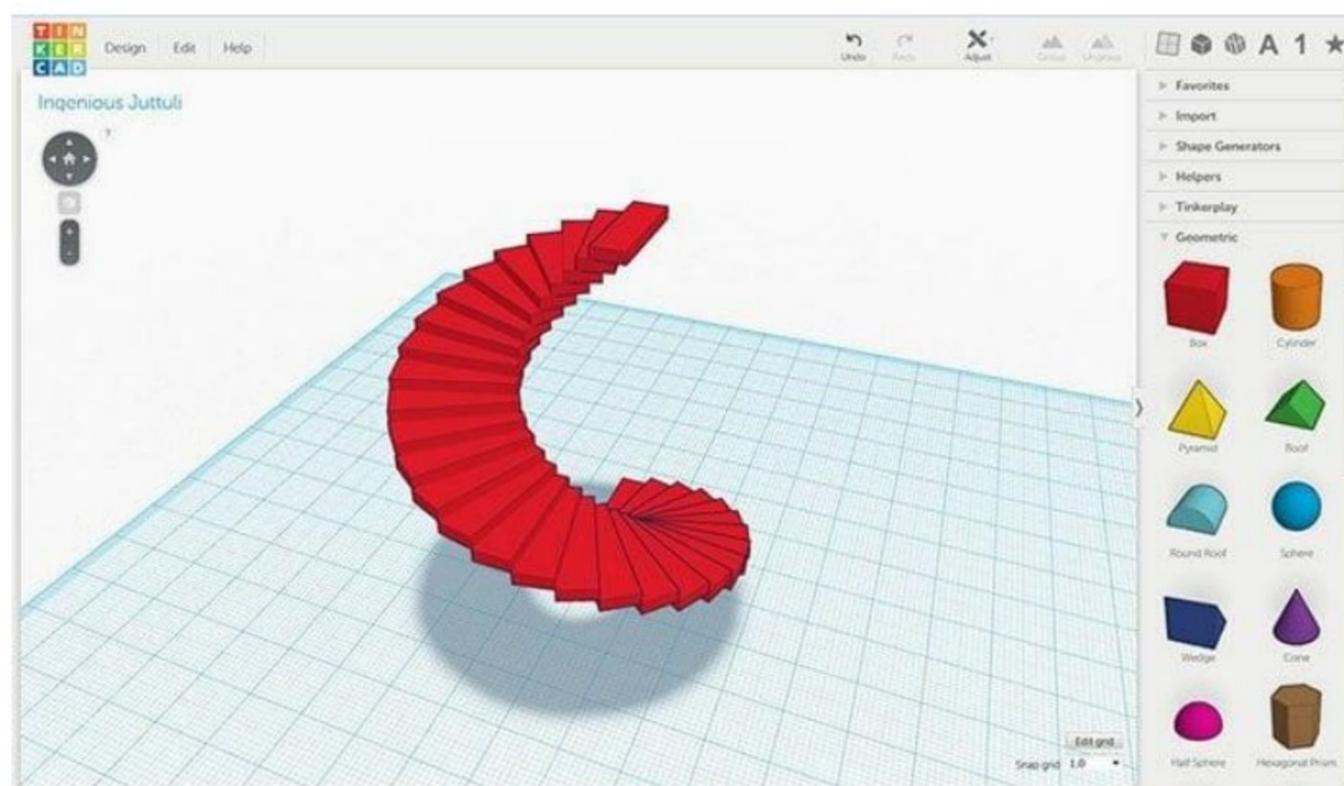
## **10.2 Software**

El software es el conjunto de programas informáticos, procedimientos, reglas, documentos y datos relacionados que forman parte del funcionamiento de un sistema informático; interactúan con los recursos del sistema y tratan de resolver los problemas del usuario final; por tanto, la mayoría de ellos están destinados a la simple comunicación e interacción con dichos usuarios. Por ejemplo, los lectores son los usuarios finales de los dispositivos en los que leen estas líneas.

(Manuel Buzón, 2020)

### ***10.2.1 TinkerCAD***

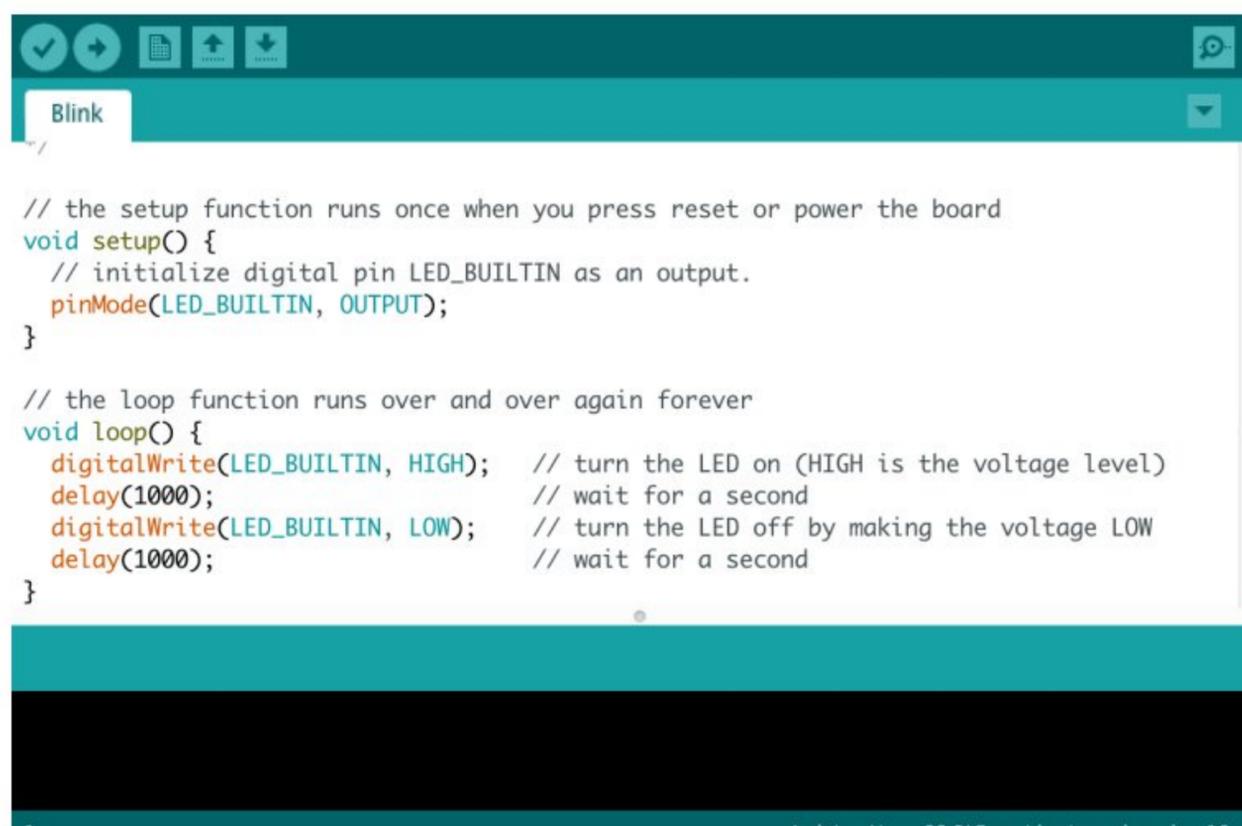
Es colección de herramientas de software de Autodesk en línea que permite a los principiantes a crear modelos 3D. El software CAD se basa en Geometría Sólida Constructiva (CSG), que permite a los usuarios crear modelos complejos combinando objetos más simples. Como resultado, este software de modelado 3D es fácil de usar y actualmente lo utilizan miles de personas, incluidos maestros, niños, aficionados y diseñadores. (Alicia M, 2022)

**Figura 20***Plataforma TinkerCAD*

**Nota:** Página principal de la plataforma principal del software TinkerCAD con la ilustración de un modelo 3D. Tomado de: <https://www.3dnatives.com/es/tinkercad-software-200420202/#!>

**10.2.2 IDE de Arduino**

Entorno de desarrollo integrado, también conocido como IDE, es un programa informático que consta de un conjunto de herramientas de programación. Puede ser específico de un lenguaje de programación o se puede usar en múltiples lenguajes de programación. Un IDE es un entorno de programación empaquetado como una aplicación; es decir, consta de un editor de código, un compilador, un depurador y un generador de interfaz gráfica de usuario (GUI). También en el caso de Arduino, integra herramientas para cargar programas compilados en la memoria flash del hardware. Un programa de Arduino consta de un solo archivo con la extensión ".ino", aunque se puede organizar en varios archivos. El archivo maestro siempre debe estar en una carpeta con el mismo nombre que el archivo. (jecrespom, 2018)

**Figura 21***Interfaz Gráfica de Arduino IDE*


```

Blink
//
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

```

**Nota:** Interfaz gráfica de la plataforma de programación de Arduino IDE. Tomado de:

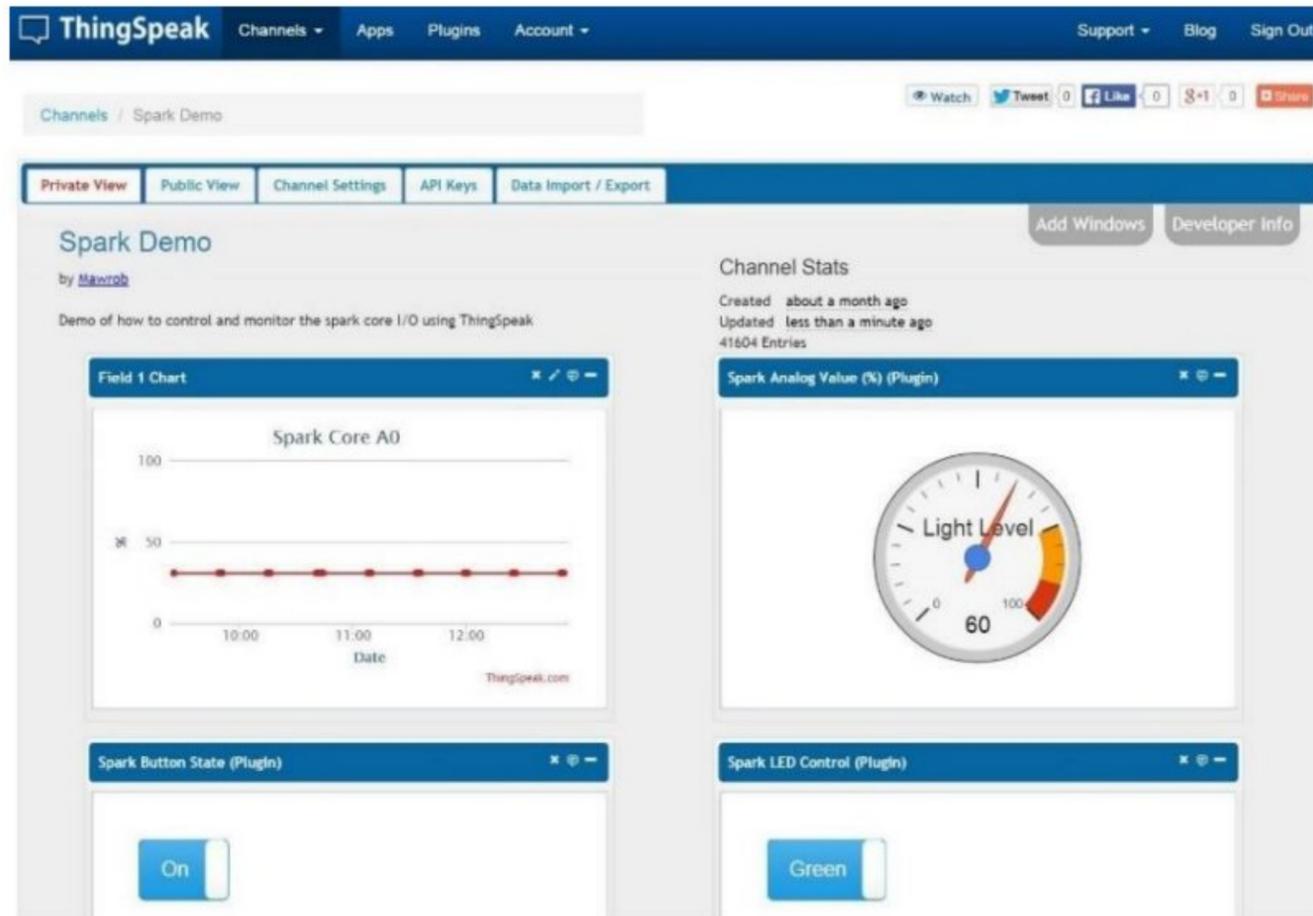
<https://blog.desdelinux.net/arduino-ide-2-0-beta/>

### 10.2.3 Plataforma de ThingSpeak

El servicio en la nube ThingSpeak es una plataforma para el análisis de datos de IoT con tecnología de Matlab. Al igual que otros servicios en la nube, permite enviar y ver los datos enviados desde las "cosas" a las que se ha conectado. Es ideal para proyectos escolares, investigación y desarrollo profesional. La principal diferencia entre esta y otras plataformas es el soporte de Matlab. Para quien no lo sepa, Matlab es un programa utilizado principalmente para el análisis matemático. Sin embargo, tiene un gran potencial. Esto significa que tiene un entorno de escritorio para el análisis de iteraciones de procesos. Todo esto se puede hacer usando un lenguaje de programación que exprese las matemáticas en términos de matrices y arreglos. Dispone de varias herramientas de apoyo en diversos campos como electrónica, control, mecánica, inteligencia artificial, biología, economía, visión artificial, etc. (Luis Antonio Mier Quiroga, 2022)

**Figura 22**

*Interfaz Gráfica del Panel de la Plataforma de ThingSpeak*



**Nota:** Visualización de la interfaz gráfica de la plataforma de ThingSpeak. Tomada de: Aprendiendo Arduino. Extraído de: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/>

### **10.2.4 IDLE de Python**

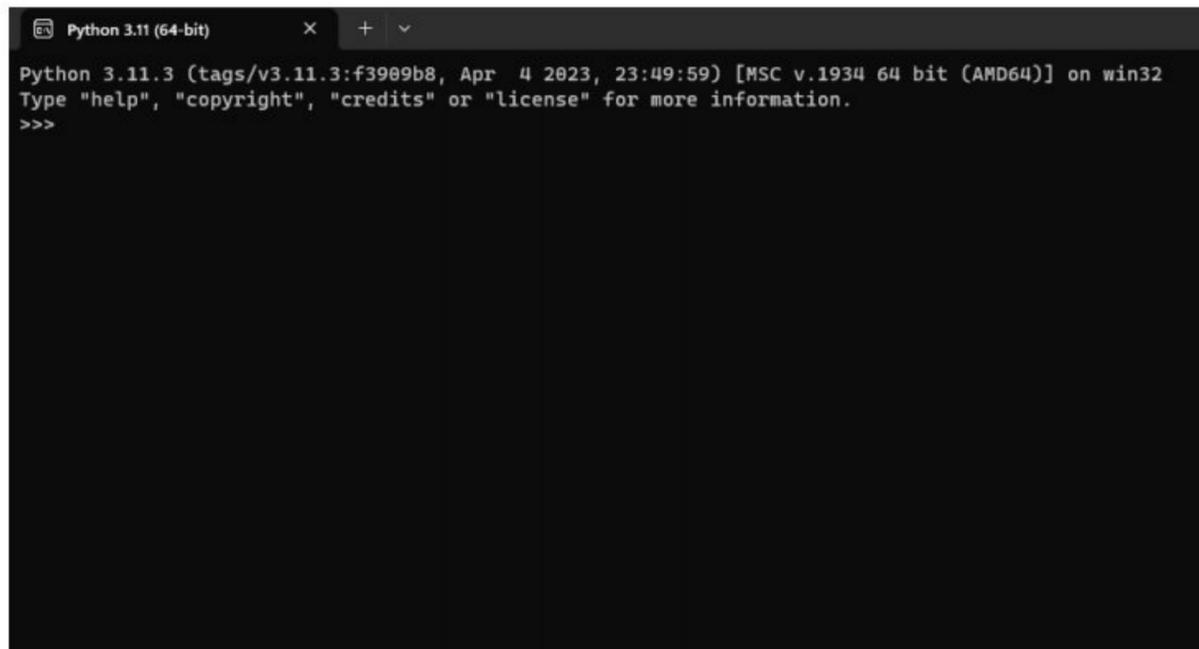
Es un lenguaje de programación de alto nivel que se lanzó por primera vez en 1991. Conocido por su simplicidad, legibilidad y versatilidad, Python se ha convertido en uno de los lenguajes de programación más populares del mundo. Este lenguaje común se utiliza en desarrollo web, ciencia de datos, aprendizaje automático y computación científica. Tanto las pequeñas como las grandes empresas utilizan Python. Algunas de las organizaciones más grandes que usan Python incluyen Google, Netflix y la NASA. (Diego V, 2023)

Algunas aplicaciones y proyectos populares de Python incluyen el marco web Django, la biblioteca de computación científica NumPy y la biblioteca de aprendizaje automático scikit-

learn. Una de las principales ventajas de Python es su simplicidad y facilidad de uso. Su sintaxis es legible, muy similar al inglés, con énfasis en la sangría del código estructural.

### **Figura 23**

#### *IDE de Programación de Python*



**Nota:** Entorno de programación del software de Python, dentro de este entorno se puede realizar diferentes líneas de programación para todo tipo de proyectos que conlleven una programación en Python, útil para la programación del módulo Esp32Cam.

## **10.3 Desarrollo de la Propuesta**

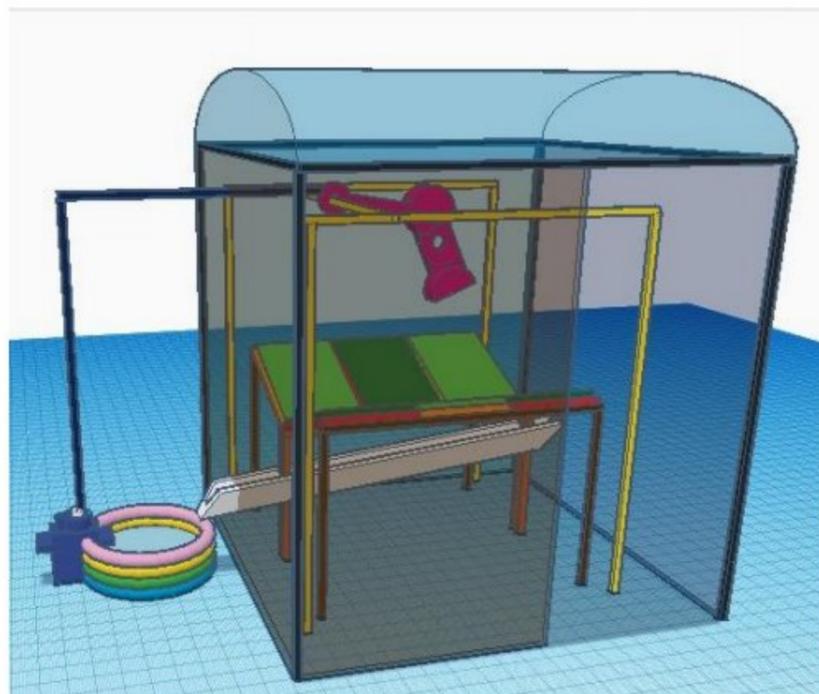
### **10.3.1 Diseño de la Estructura del Invernadero**

Se ha usado la plataforma web de TinkerCAD para desarrollar el diseño en 3D de la estructura del invernadero, esta plataforma es fácil de usar y además que es compacta, convirtiéndola en una página web de uso compacto y sencillo para este tipo de modelados en 3D, para esto se ha creado un modelado de las varillas de soporte del invernadero, el diseño de las varillas de soporte para las gavetas plásticas en las que se coloca la semilla de forraje, la distribución de la manguera de irrigación, la colocación de la bomba, el recipiente que contendrá el

almacenamiento de agua, y los tubos que se encargan de hacer que el agua usada en la irrigación retorne al tanque de almacenamiento.

### **Figura 24**

#### *Diseño 3D del Invernadero*



#### **10.3.2 Construcción de la Estructura del Invernadero**

Partimos de la idea que planteamos en el modelado en 3D, de esta manera se empezó con la construcción de la estructura del invernadero, para ello se cortó 4 varillas de 1.82cm que sirven como parantes del invernadero, se cortó 4 varillas de 1.77 que sirven como soporte para asegurar los parantes en la parte superior del invernadero, 4 varillas de 1.77 para asegurar los parantes colocados en el medio de los parantes. Para realizar la unión de estas varillas se usó tornillos autoperforantes de media pulgada.

Después de haber elaborado la estructura metálica del invernadero se procede a colocar el plástico de media luz como recubrimiento del invernadero, teniendo en cuenta que en la parte frontal se debe colocar una abertura para poder ingresar y salir del invernadero, después de recubrir toda la estructura metálica con el plástico semitransparente, en la parte posterior y laterales se coloca la malla de media luz hasta la mitad del invernadero para no tapar

completamente el plástico semitransparente. Y, en la parte superior del invernadero se coloca el plástico de color negro para recubrir el invernadero y evitar el paso completo de los rayos UV.

### **Figura 25**

#### *Estructura del Invernadero*



#### **10.3.3 Implementación del Sistema de Riego**

El sistema de riego consta de una bomba de diafragma de 200 PSIP, 24V y 2 Amp, manguera de ¼ pulgadas y los respectivos aspersores de tipo pulverización. La bomba consta de 1 entrada y 1 salida, en la entrada se implementa 2 metros de manguera de ¼ con el filtro de agua, este filtro es el que será inmerso en el tanque de agua; en la salida de la bomba se conecta 8 metros de manguera de 1/4, pero en este caso se implementan los aspersores en una distancia considerable. La distancia en la que se coloca los aspersores es de 0.5 metros entre un aspersor y otro, en el último aspersor se coloca el tapón final, que corta el paso de agua y finaliza el sistema de irrigación.

**Figura 26**

*Sistema de Riego por Pulverización*



#### ***10.3.4 Implementación de Sensores y Tarjetas de Programación y Control***

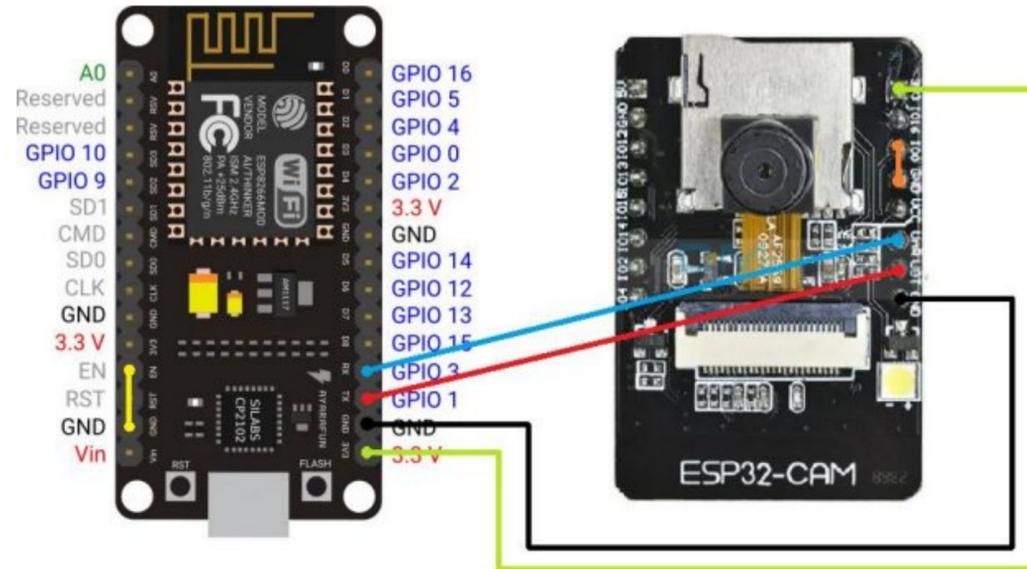
La primera tarjeta de programación es la tarjeta microcontrolador Arduino Mega, que es la encargada de almacenar datos de todos los sensores y en la cual se conectan el sensor DHT11, los ocho sensores de humedad de suelo, el módulo relé, una pantalla LCD y un ventilado de 5V, cabe destacar que esta tarjeta debe estar alimentada por una fuente externa de 12V y 500mA.

La segunda tarjeta de programación que se ocupa en este proyecto es el módulo Esp8266 que es la encargada de recibir los datos obtenidos de la tarjeta de Arduino Mega, los datos que el Arduino envía a la Esp8266 son los datos del sensor DHT11, datos del sensor de humedad de suelo y activación del relé para el sistema de irrigación. En el módulo Esp8266 también se incorpora el módulo Esp32Cam, de esta manera el trabajo del módulo Esp8266 es el de recibir datos de Arduino y Esp32Cam y enviarlos a la plataforma de ThingSpeak.

El módulo Esp32Cam se encarga de tomar fotografías del cultivo de forraje, enviarlas al almacenamiento del módulo Esp8266 y este módulo hace la comparación de colores de las imágenes y determina si el forraje está listo o no para su cosecha.

**Figura 27**

*Conexión Módulo Esp32Cam y NodeMCU*



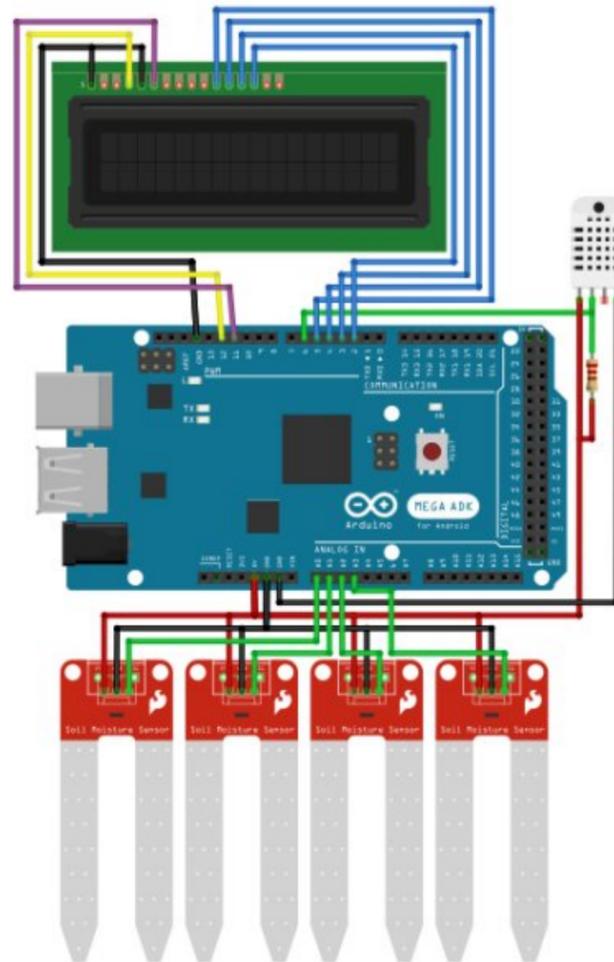
**Nota:** Ilustración que muestra la conexión del módulo Esp32Cam conectado a un microcontrolador NodeMCU Esp3266. Tomado de: <https://www.instructables.com/Programming-ESP32-CAM-With-ESP8266/>

Los sensores que se usan para este proyecto se componen únicamente por dos tipos, como lo son el sensor de humedad y temperatura DHT11 y el sensor Higrómetro Capacitivo, el sensor DHT11 es el encargado de obtener datos de humedad y temperatura del ambiente en el cual se encuentra el invernadero, es decir ayuda a determinar si la temperatura y humedad del invernadero es la adecuada o no para el adecuado crecimiento del forraje, si estos campos no se cumplen se procede a realizar la irrigación dependiendo de la temperatura en la que se encuentre el invernadero, es decir, si el sensor detecta una temperatura sobre los 30° C y la humedad es menor a 41, la bomba se activa y realiza el respectivo riego para mantener el forraje fresco e hidratado.

Además, cuando el sensor DHT11 siga registrando datos de humedad de menos de 41% y una temperatura de más de 30° C después de haber realizado la irrigación, se activa un sistema de ventilación para mantener el invernadero fresco y sin exceso de calor saturado que también es considerado un factor negativo para el crecimiento de forraje.

El otro sensor que se implementa es el sensor Higrómetro Capacitivo (Sensor de humedad de suelo), que permite determinar y obtener datos de la humedad en la que el cultivo de forraje se encuentre, este dato debe ser similar al dato de temperatura obtenido por el sensor DHT11, para que de esta manera pueda llevar un correcto registro para la activación del sistema de irrigación.

Los datos del sensor DHT11 y del sensor de temperatura de suelo son almacenados en la tarjeta de Arduino Mega, luego mediante una comunicación serial son enviados al módulo Esp8266 y posteriormente enviados a la plataforma de ThingSpeak en la cual se podrá visualizar y llevar un registro adecuado. También estos datos se podrán visualizar dentro del invernadero a través de una pantalla LCD, en la cual se puede observar la hora, humedad, temperatura del invernadero y humedad de la semilla de forraje.

**Figura 28***Esquema Electrónico de los Sensores*

### 10.3.5 Configuración de la Plataforma ThingSpeak

Dentro de la página web de ThingSpeak, primeramente debemos ingresar con nuestros datos de sesión, el cual estos registros son de forma gratuita. Al haber ingresado dentro de la plataforma hay que crear un nuevo canal y proceder con la configuración, de lo cual, primeramente hay que colocar el nombre del canal, seguido de eso hay que seleccionar y habilitar los fields o campos para los sensores o módulos que se vayan a usar dentro de ese canal, en nuestro caso habilitamos 4 fields, designados para la obtención de datos de humedad, temperatura de ambiente y la humedad del suelo de la semilla de forraje, y el módulo Esp32Cam; por último, hay que presionar en el botón “Save Channel” y tendremos la página de ThingSpeak configurada a nuestro gusto.

**Figura 29***Panel de Configuración de Canales de ThingSpeak*

Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 2125411

Name

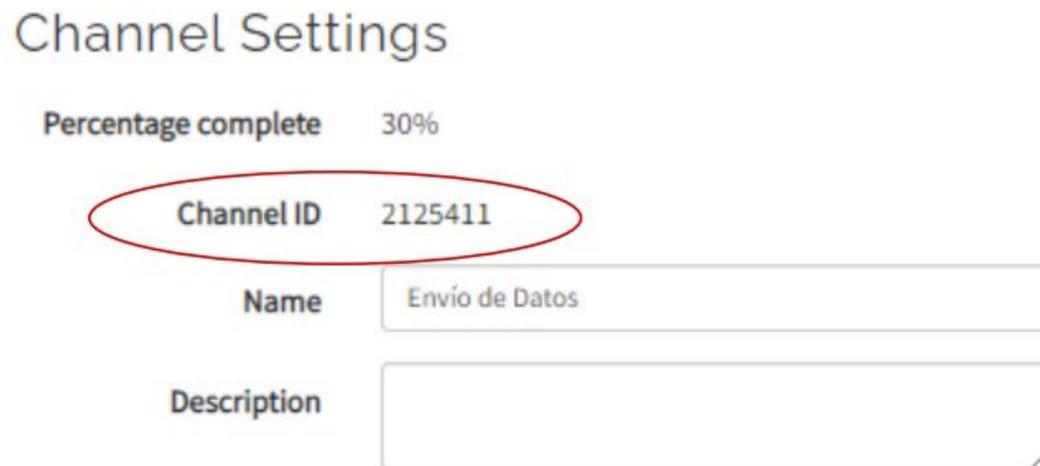
Description

Field 1	<input type="text" value="hum"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	<input type="text" value="temp"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	<input type="text" value="humSuelo"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 5	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 6	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 7	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 8	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

La programación para poder establecer la conexión entre el módulo Esp8266 y la plataforma es muy sencilla en la cual simplemente se basa en incluir las librerías correspondientes, insertar los parámetros correctos de la red WiFi en la que el NodeMCU se va a conectar e insertar correctamente tanto la ID de la plataforma como el WriteAPIKey de la misma, los cuales podremos encontrar en la misma plataforma de ThingSpeak.

**Figura 30**

*ID del Canal de ThingSpeak*



Channel Settings

Percentage complete 30%

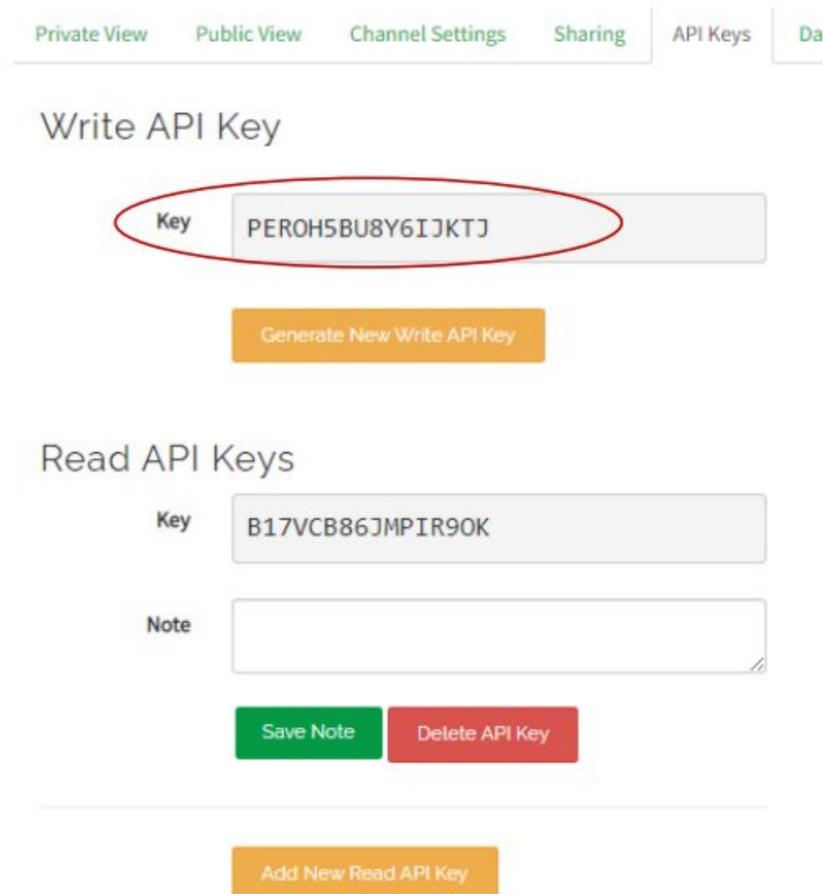
Channel ID 2125411

Name Envío de Datos

Description

**Figura 31**

*Write APIKey de la Plataforma de ThingSpeak*



Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Da

Write API Key

Key PEROH5BU8Y6IJKTJ

Generate New Write API Key

Read API Keys

Key B17VCB86JMPJR9OK

Note

Save Note Delete API Key

Add New Read API Key

### **10.3.6 Conexión de NodeMCU y ThingSpeak**

Para realizar el proceso del envío de datos a ThingSpeak primeramente tendremos que crear el canal correspondiente para el proyecto que se desee realizar, en este caso para nuestro

proyecto hemos creado un canal con 3 campos habilitados en los cuales tomaremos datos de la temperatura, humedad y la humedad del suelo de la semilla de maíz, por lo cual empezamos con la siguiente programación.

Primeramente empezamos incluyendo las librerías necesarias a utilizar, las librerías son: Librería del Esp8266, Librería del Cliente de WiFi, la Librería de los servidores de WiFi y la Librería de la plataforma de ThingSpeak, después de haber incluido las librerías en la programación procedemos a insertar los datos de la red WiFi a la que el módulo NodeMCU se va a conectar, los datos consisten en el nombre de la red y la contraseña. Seguidamente insertamos los parámetros que nos brinda la plataforma de ThingSpeak como la ID del canal y el WriteAPIKey.

### Figura 32

*Incluir Librerías y Parámetros de Conexión*

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <WiFiServer.h>
#include <ThingSpeak.h>

WiFiClient client;

const char* ssid = "Nettplus_Foraneo"; //Nombre de la red WiFi
const char* pass = "395122-tene"; //Contraseña de la red WiFi

unsigned long myChannelNumber = 2125411; //ID de la página de ThingSpeak
const char* myWriteAPIKey = "PEROH5BU8Y6IJKTJ"; //APIKey de ThingSpeak
```

Dentro de la programación se incluyen la configuración e inicialización del monitor serial y la conexión de la plataforma de ThingSpeak, después de haber iniciado el monitor serial y la conexión con la plataforma, se procede a iniciar la conexión con la red WiFi, para ello se ha creado una condición en la que mientras los parámetros de la red WiFi no sean los correctos, el módulo no se va a conectar a la red y no procede a continuar con el siguiente proceso. Mientras el

programa comprueba estos parámetros va a mostrar un mensaje en el monitor serial “Conectando a red WiFi...”, hasta que se realice la debida conectividad.

### Figura 33

*Configuración del Void Setup para la Conexión WiFi*

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); //Inicio del Monitor Serial  
  ThingSpeak.begin(client); //Inicio de la plataforma ThingSpeak  
  
  WiFi.begin(ssid, pass); //Inicio de conectividad de red WiFi  
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){ //Condición de conectividad  
    delay(5000); //tiempo de espera  
    Serial.println("Conectando a red WiFi... "); //mensaje de aviso  
  }  
}
```

Dentro del apartado del Void Loop se encuentran todos los parámetros que el módulo ESP8266 obtiene mediante los sensores que se hayan instalado, en este caso hemos usado 3 sensores para la obtención de datos como son: el sensor de Humedad y temperatura (DHT11) que como su nombre lo dice, es el encargado de obtener datos de la humedad y temperatura del ambiente y los sensores de temperatura de suelo.

Dicho lo anterior, para obtener datos correctos usamos variables de tipo flotante que nos permite obtener datos con decimales, por ello primero declaramos la primera variable denominada “float temp” que es la encargada de almacenar los datos de la temperatura obtenidos a través del sensor DHT11, en la segunda variable se declara como “float hum” que obtendrá los datos de la humedad y del mismo modo estos datos serán obtenidos por el sensor DHT11 y, por último declaramos la variable “float humSuelo” que es la variable en la cual se almacenan los datos de la temperatura de la semilla de maíz que es obtenida por el Sensor de temperatura de suelo.

Ya para finalizar la programación se inserta los parámetros para el envío de datos a la plataforma de ThingSpeak, en la cual incluye el número del canal, el número del campo asignado para el sensor y dato a enviar, y el APIKey de la plataforma de ThingSpeak.

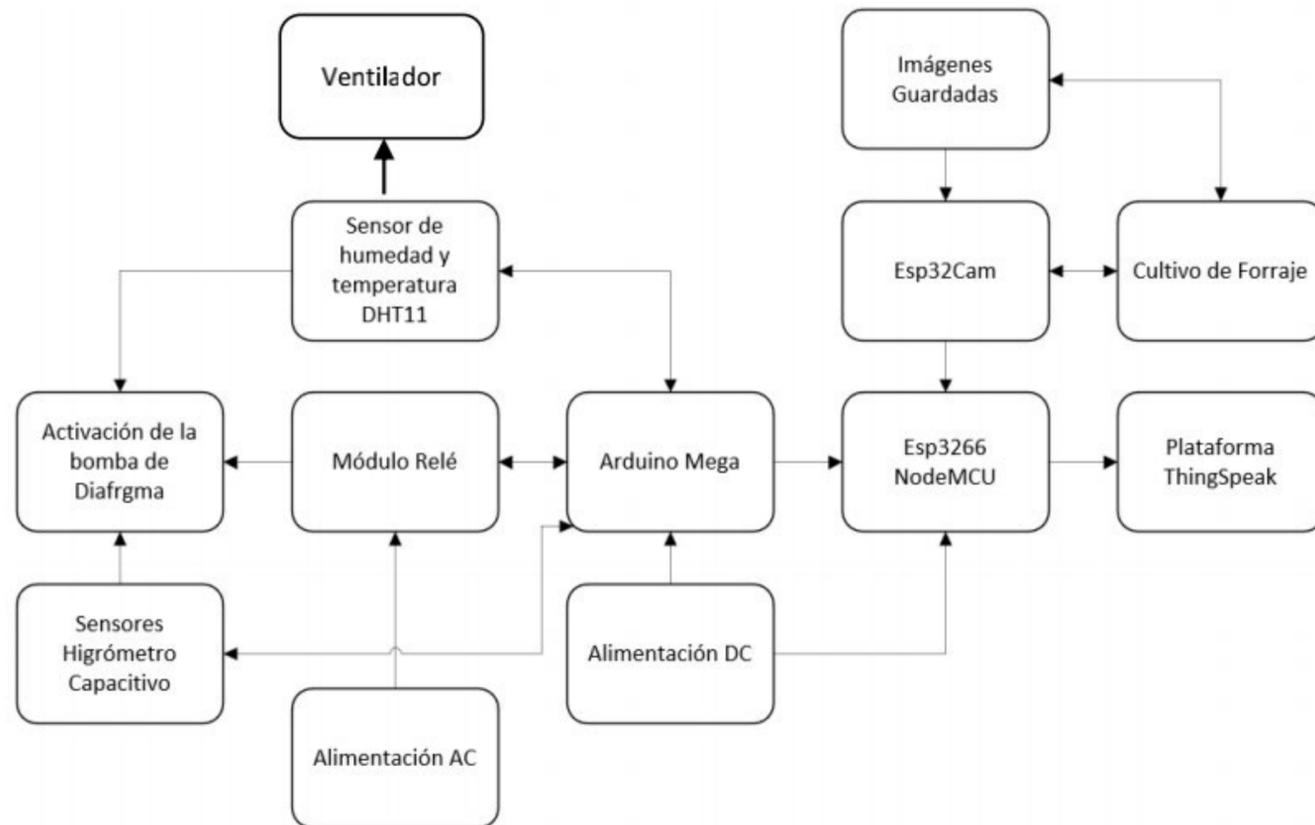
### Figura 34

*Configuración del Void Loop para el Envío de Datos a ThingSpeak*

```
void loop() {  
  float temp = SensorHum; //Variable de temperatura ambiente  
  float hum = SensorTemp; //variable de humedad ambiente  
  float humSuelo = SensorHigro; //Variable de temperatura de suelo  
  
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, temp, myWriteAPIKey);  
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 2, hum, myWriteAPIKey);  
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 3, humSuelo, myWriteAPIKey);  
  
  delay (500);  
}
```

#### 10.3.7 Funcionamiento General del Prototipo

Para la ejecución del proyecto se utilizó sensores de temperatura de suelo, sensor de humedad y temperatura (DHT11), tarjetas microcontroladores (Arduino Mega, NodeMCU y Esp32Cam), módulo Relé, ventilador y una pantalla LCD, y también se empleó un sistema de envíos de datos a través de software y hardware libre, a continuación, se detalla la arquitectura del sistema.

**Figura 35***Arquitectura del Sistema*

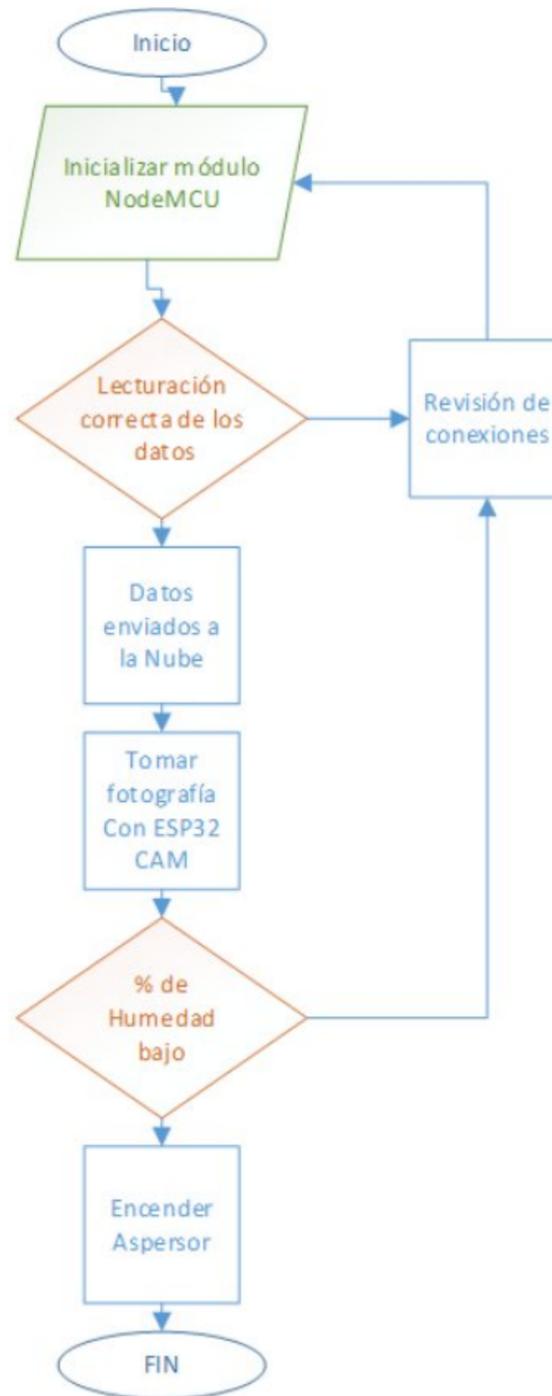
Como se puede observar, se tiene la arquitectura del funcionamiento del sistema semiautomático de irrigación para el cultivo de forraje, todo parte del microcontrolador Arduino Mega, que es el encargado de suministrar y ejecutar todas las acciones hacia los demás sensores, bomba de diafragma y comunicación serial con la tarjeta Esp3266 NodeMCU, el Arduino Mega estará alimentado mediante una fuente externa de 12v de corriente continua y el módulo relé estará alimentado mediante una fuente externa de 110v de corriente alterna; todo esto forma parte del sistema que nos ayudará a realizar un proceso de irrigación semiautomático para el cultivo de forraje, hasta que este esté listo para su cosecha.

**10.3.8 Diagrama de Flujo del Sistema**

Como se puede observar a continuación, se describirá el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema:

**Figura 36**

*Diagrama de Flujo de Funcionamiento del Dispositivo*



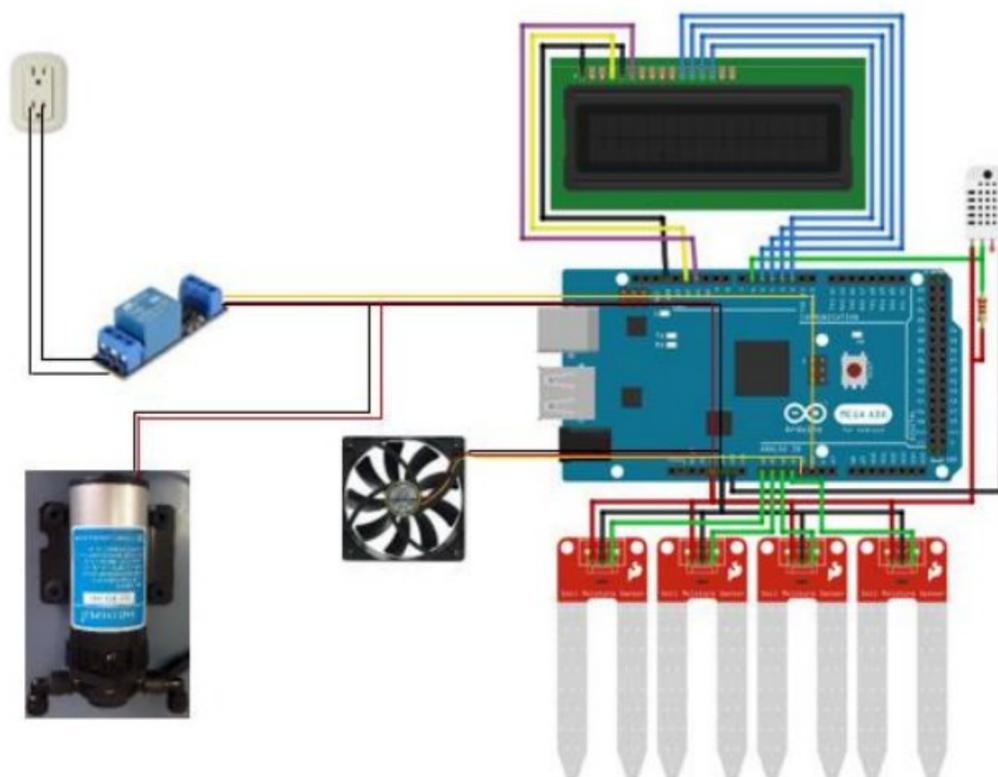
### **10.3.9 Diagrama Eléctrico y Electrónico**

El diagrama electrónico utilizado en el presente proyecto, empieza con la conexión entre el Arduino mega y los sensores de temperatura de suelo, seguido de ello el sensor de temperatura y humedad; también una bomba de diafragma para la irrigación, la misma que es activada cuando los sensores detectan un dato específico de la temperatura del ambiente o temperatura del suelo; además, se ha implementado un sistema de ventilación para mantener el invernadero en una

temperatura idónea para evitar el secado de las plantas y excesos de temperaturas, este dispositivo se activa cuando el DHT11 supere los 30° de temperatura del ambiente.

**Figura 37**

*Diagrama Electrónico del Sistema de Irrigación*



#### 10.4 Pruebas de Funcionamiento y Resultados

Las pruebas de funcionamiento y resultado son una parte fundamental del proceso de investigación en la tecnología superior en electrónica. Estas pruebas permiten evaluar la eficiencia de los productos o sistemas desarrollados en el marco de la investigación, para asegurar su correcto funcionamiento y para confirmar que los resultados obtenidos cumplen con los objetivos establecidos en el proyecto.

Estas pruebas suelen realizarse en diferentes etapas del proceso de investigación, desde la fase de diseño hasta la etapa final de implementación. En cada etapa, se utilizan diferentes técnicas y herramientas para llevar a cabo las pruebas, como el uso de simuladores, prototipos, pruebas de laboratorio y pruebas de campo.

La realización de pruebas de funcionamiento y resultado permite a los investigadores obtener una visión clara de cómo se desempeña el producto o sistema en diferentes condiciones o entornos, lo que puede ayudar a mejorar su diseño y funcionamiento. Además, estas pruebas son esenciales para asegurar la calidad y fiabilidad del producto final, y para garantizar que cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios y clientes.

#### **10.4.1 Pruebas de Funcionamiento del Sensor DHT11**

Se realizó las respectivas pruebas de funcionamiento del sensor de humedad y temperatura (DHT11) por un periodo de 8 horas, es decir, a partir de las 08:00 am hasta las 16:00 pm, obteniendo datos cada 15 minutos, de esta manera se tuvo como resultado cambios de humedad y temperatura como se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

#### **Datos del Sensor DHT11**

<b>Hora</b>	<b>Temperatura / Humedad</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura / Humedad</b>
8:00 AM	16 °C / 92%	12:00 PM	29° C / 43%
8:15 AM	17 °C / 87%	12:15 PM	30 °C / 42%
8:30 AM	18 °C / 86%	12:30 PM	30 °C / 43%
8:45 AM	18 °C / 86%	12:45 PM	30 °C / 42%
9:00 AM	18 °C / 81%	13:00 PM	29 °C / 43%
9:15 AM	20 °C / 76%	13:15 PM	28 °C / 45%
9:30 AM	22 °C / 69%	13:30 PM	31°C / 44%
9:45 AM	23 °C / 64%	13:45 PM	29 °C / 46%
10:00 AM	24 °C / 61%	14:00 PM	28 °C / 46%
10:15 AM	24 °C / 61%	14:15 PM	28 °C / 49%
10:30 AM	24 °C / 61%	14:30 PM	27 °C / 51%
10:45 AM	24 °C / 58%	14:45 PM	26 °C / 54%
11:00 AM	25 °C / 56%	15:00 PM	26 °C / 54%
11:15 AM	27 °C / 51%	15:15 PM	26 °C / 56%
11:30 AM	27 °C / 51%	15:30 PM	25 °C / 56%
11:45 AM	29 °C / 45%	15:45 PM	25 °C / 57%
12:00 PM	29 °C / 43%	16:00 PM	25 °C / 58%

**Nota:** Estos datos fueron obtenidos en un día templado, es por ello que se puede evidenciar estos valores de humedad y temperatura, ya que en otros días donde las lluvias son constantes los valores son diferentes.

Hay que tener en cuenta que estos datos pueden variar, dependiendo del tiempo atmosférico que dentro de la ciudad en la que sea implementado el proyecto, ya que se puede producir cambios de temperatura drástica, es decir, dentro de la ciudad de Loja donde se hicieron las pertinentes pruebas, se puede tener temperaturas de entre 16° C o 20° C por la mañana, por la tarde se puede obtener datos de más de 26°C, como también se puede visualizar datos de menos de 20° C por la tarde debido a que el clima no es constante y puede variar repentinamente como se puede observar en la tabla anterior.

Estos datos son obtenidos mediante el sensor de temperatura y humedad DHT11, los mismos datos son almacenados en una tarjeta de memoria Micro SD. Además, los datos obtenidos por el sensor también se muestran en la pantalla LCD como se muestra en la siguiente imagen:

### **Figura 38**

*Temperatura Obtenida Mediante el DHT11*



#### **10.4.2 Pruebas de Funcionamiento de los Sensores de Humedad de Suelo**

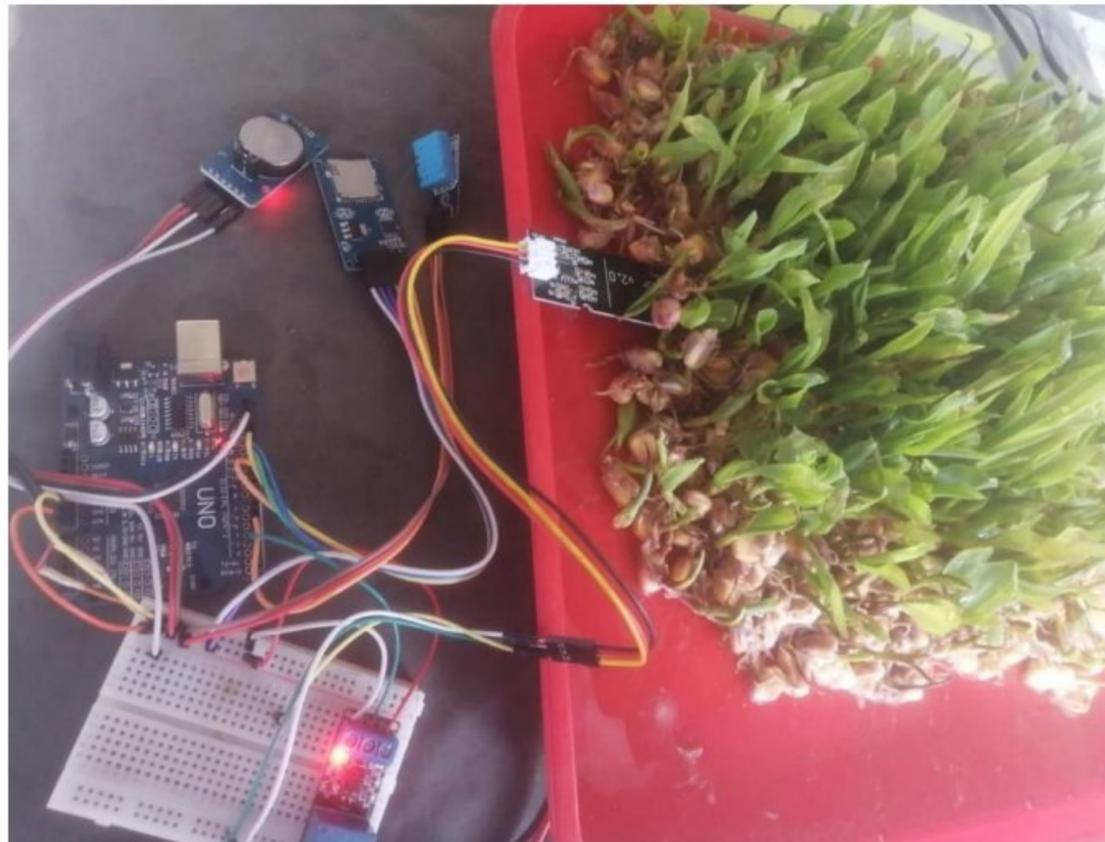
Los sensores de humedad de suelo obtienen datos de la humedad en la que el cultivo de forraje se encuentra, de esta manera se determina si el cultivo necesita irrigación o no, para ello se ha implementado 8 sensores que se ubican en cada una de las gavetas que contienen el cultivo de

forraje, cabe destacar que cada sensor obtiene un dato de humedad diferente, esto para poder obtener datos precisos de la humedad de los cultivos.

El sistema de irrigación se activa cuando los valores de humedad superan los 70%, de esta manera se mantiene los cultivos frescos para su crecimiento, los datos que los sensores obtienen son cada 10 minutos, ya que si no son continuos la semilla puede llegar a secarse hasta que el sensor detecte la humedad y proceda a realizar la irrigación.

### **Figura 39**

#### *Pruebas del Sensor de Humedad de Suelo*



Con los sensores que se ha implementado se ha podido obtener datos de la humedad de la semilla de forraje cada 10 minutos, esto se realiza para determinar el tiempo en el que el sistema de irrigación se activa para la cual se puede evidenciar en la siguiente tabla:

Tabla 2

### Datos de Humedad de la Semilla de Forraje

<b>Datos de Sensores de Humedad de Suelo</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Humedad %</b>
02/04/2023	11:30 am	75%
02/04/2023	11:40 am	72%
02/04/2023	11:50 am	78%
02/04/2023	12:00 pm	76%
02/04/2023	12:10 pm	73%
<b>Activación de Irrigación</b>		
02/04/2023	12:20 pm	68%
02/04/2023	12:30 pm	67%
02/04/2023	12:40 pm	67%
02/04/2023	12:50 pm	67%
02/04/2023	13:00 pm	68%
02/04/2023	13:10 pm	68 %
<b>Activación de Irrigación</b>		
02/04/2023	13:20 pm	68%
02/04/2023	13:30 pm	68%
02/04/2023	13:40 pm	68%
02/04/2023	13:50 pm	68%
02/04/2023	14:00 pm	69%
02/04/2023	14:10 pm	68%
02/04/2023	14:20 pm	68%
02/04/2023	14:30 pm	68%

**Nota:** Los datos de esta tabla es un dato general ya que cada sensor obtiene un dato de humedad diferente de cada gaveta plástica en la que se encuentra el forraje, es por ello que estos datos los recoge los sensores y determina un dato en porcentaje entre los 8 sensores de suelo.

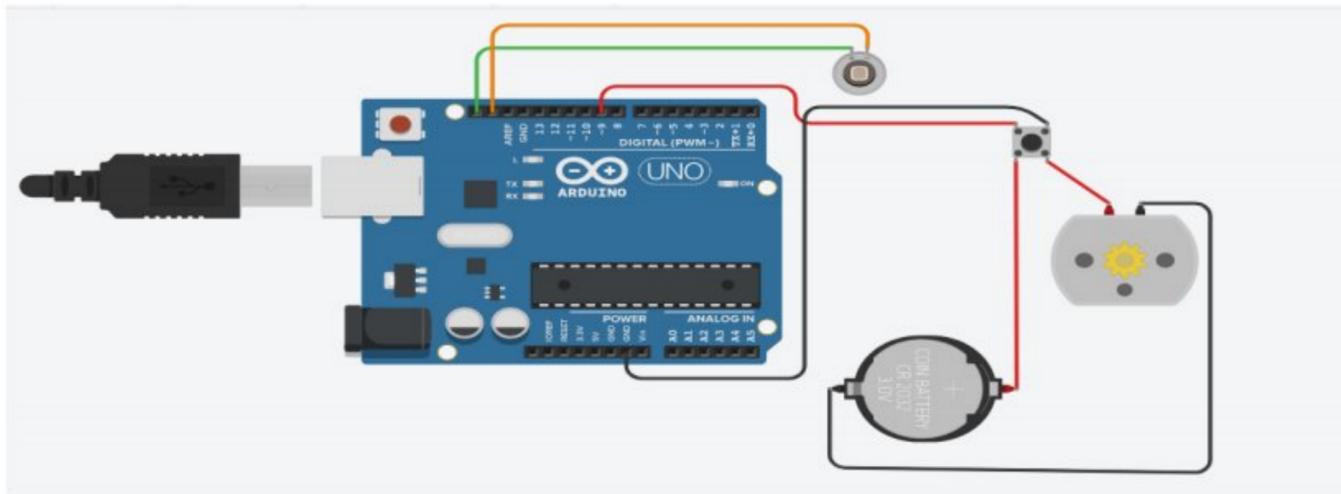
#### 10.4.3 Pruebas de Funcionamiento de Activación de la Bomba

El siguiente diagrama se muestra la conexión del módulo reloj (RTC DS 3231) usado por su exactitud además de que su diseño posee un recubrimiento de su cristal de cuarzo para soportar condiciones de la intemperie y con un socket para su batería de 3V, por lo que su alimentación desde Arduino es opcional, su conexión basta con dos cables de alimentación (opcional) y dos cables de comunicación.

Los cables que dispone el módulo RTC son, un cable SDA que es la línea por la que se transmite la señal de datos y, un cable SCL que es la línea de los pulsos de reloj que se sincronizan con el sistema. Estos cables se conectan en cualquiera de las dos entradas que poseen tanto el Arduino Uno como el Arduino Mega, se conecta el SDA del módulo RTC al puerto SDA del Arduino Mega y el cable SCL del módulo RTC se conecta en el puerto SCL del Arduino Mega.

### Figura 40

*Conexión del RTC para la activación de la bomba*



Una vez detallada la programación, se utiliza un sistema de Eventos o Alarmas con entradas booleanas que simbolizan un Encendido o Apagado y que las mismas tienen comunicación con el o los módulos Relés a funcionar.

Cabe recalcar que se pueden crear más de estos eventos o alarmas como variables globales, pero se debe tener cuidado con la memoria de la placa en la que se trabaje pues para Arduino Uno con la programación utilizada se manejó un límite de 8 alarmas para que la memoria general se use a un 80% y no presente problemas a futuro, mientras que, al utilizar Arduino Mega su capacidad de memoria posee más capacidad y utilizando 12 alarmas su memoria general llega al 25%, siendo éste un dato que se debe tomar muy en cuenta.

**Figura 41***Módulo RTC, Declaración de Variables*

```
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
RTC_DS3231 rtc; //ds1307 con cristal cuarzo por fuera, menos preciso
//CREAR UN EVENTO PARA CADA ALARMA
bool event_init0 = true;
bool event_end0 = true;
bool event_init1 = true;
bool event_end1 = true;
bool event_init2 = true;
bool event_end2 = true;
bool event_init3 = true;
bool event_end3 = true;
bool event_init4 = true;
bool event_end4 = true;
```

Siguiendo con la programación, dentro del Void Loop se debe programar cada alarma para ENCENDIDO y para el APAGADO. Traduciendo lo que se ha programado, en la primera línea se llama al módulo Reloj RTC para que nos de la fecha exacta en la que se pide la información.

Después de las dos líneas: (//) se ha comentado que número de alarma es y el estado en el que estará para no cometer equivocaciones. Se usa dos ciclos IF, el primero se activa cuando el módulo RTC descompone el tiempo en: año, mes, día, hora, minuto y segundo, pero, en este caso tiene la condición de que, si la hora es igual a 5 y en los minutos, hay 30, cumplirá con la condición, para de esta manera seguir con el siguiente ciclo IF.

**Figura 42***Módulo RTC, Configuración del Void Loop*

```

void loop() {
    DateTime fecha = rtc.now();
    //RIEGO ON 0
    if (fecha.hour() == 5 && fecha.minute() == 30) {
        if (event_init0 == true) {
            digitalWrite(RELE1, LOW);
            event_init0 = false;
        }
    }
    //RIEGO OFF 0
    if (fecha.hour() == 5 && fecha.minute() == 45 ) {
        if (event_end0 == true) {
            digitalWrite(RELE1, HIGH);
            event_end0 = false;
        }
    }
}

```

Dentro del otro ciclo IF, al ser las 5:30 am, la variable (event\_init()==true) se activa y con ello da paso a la siguiente línea de código en donde se activa el módulo relé para que de paso de corriente a la bomba y se active el sistema de irrigación. Sin olvidarnos que la variable (event\_init()) se debe apagar para que no se pueda volver a activar hasta el otro día, y con ello pasamos al cierre de los ciclos IF que han permitido activar la bomba para irrigado cuando sean las 5:30 am.

Una vez entendido el funcionamiento de encendido con una hora específica, es el mismo procedimiento para apagar la bomba y quitar la corriente en el módulo Relé cuando sean las 5:45 am y termine así con el proceso de irrigación del forraje verde.

Toda la programación explicada funciona para dos variables EVENT\_INIT y EVENT\_END, misma que puede volver a replicarse con cada evento inicial o evento final que se tenga para programar en este caso se trabaja con alrededor de 10 alarmas para el encendido de la bomba (EVENT\_INIT) y 10 alarmas para el apagado de la bomba (EVENT\_END), que se deben numerar como Event\_init0 y Event\_end0; Event\_init1 y Event\_end1, Event\_init2 y Event\_end2, y

así sucesivamente hasta llegar a dar con las 10 alarmas propuestas evitando poner los mismos nombres a las variables porque así puede producir algún error de programación.

### Figura 43

#### *Módulo RTC, Configuración de Condiciones*

```

if ( fecha.hour() == 11 && fecha.minute() == 00 ){
  //DEJAR CERRANDO TODOS LOS EVENTOS
  event_init1 = true;
  event_end1 = true;
  event_init2 = true;
  event_end2 = true;
  event_init3 = true;
  event_end3 = true;
  event_init4 = true;
  event_end4 = true;
  archivo.println("FIN ESCRITURA");
  archivo.close();
}

```

Finalmente se vuelve a aplicar una hora exacta para que la programación termine y se pueda extraer los datos como: número de dato, fecha exacta desde el año hasta el segundo en el cual se toma el dato obtenido del módulo reloj RTC DS 3231, temperatura y humedad general obtenida del sensor DHT11, el nivel de agua por cada bandeja obtenido de los Sensores Capacitivos Soil Moisture v 2.0 y a qué hora exactamente se enciende la bomba de agua para el irrigado del forraje, toda esta información se la guarda en una MICRO SD CARD para realizar análisis generales del proyecto de hidroponía y forraje.

Como se puede observar cada día a las 11:00 am el microcontrolador deja de tomar datos y se deberá cambiar la micro SD Card para volver a guardar datos presionando el botón de reset del microcontrolador, tomando en cuenta que si la tarjeta se extrae aparece en la pantalla LCD que hay inconvenientes con la tarjeta SD y que si se vuelve a poner la misma tarjeta se vuelve a crear un archivo con el nombre de "PROYECT\_INV" y se vuelve a reescribir la información y que por

el contrario al extraer la tarjeta SD antes de tiempo los datos que se han tomado no se pueden observar.

Una vez tomadas las recomendaciones se tiene que: a las 11: 00 am empieza el ciclo IF de la imagen, donde todos los eventos creados se les asigna el valor de Verdadero o de Encendido para que puedan volver a activarse si la programación así lo permite.

En la siguiente línea (`archivo.println ("FIN ESCRITURA")`) se lo utiliza para saber a qué hora exacta la escritura finaliza y que se escriba en un archivo .TXT (bloc de notas). Mientras que la línea de código `archivo.close()` es para que el documento se pueda cerrar y con ello toda la información que obtuvo durante las 24 horas de funcionamiento. Finalmente las llaves que cierran ( `}}` ) significa que se cierra el ciclo IF de la imagen y que se cierra también el VOID LOOP, dando así por terminada la programación.

#### **Figura 44**

*Sistema de Irrigación y Activación de la Bomba*

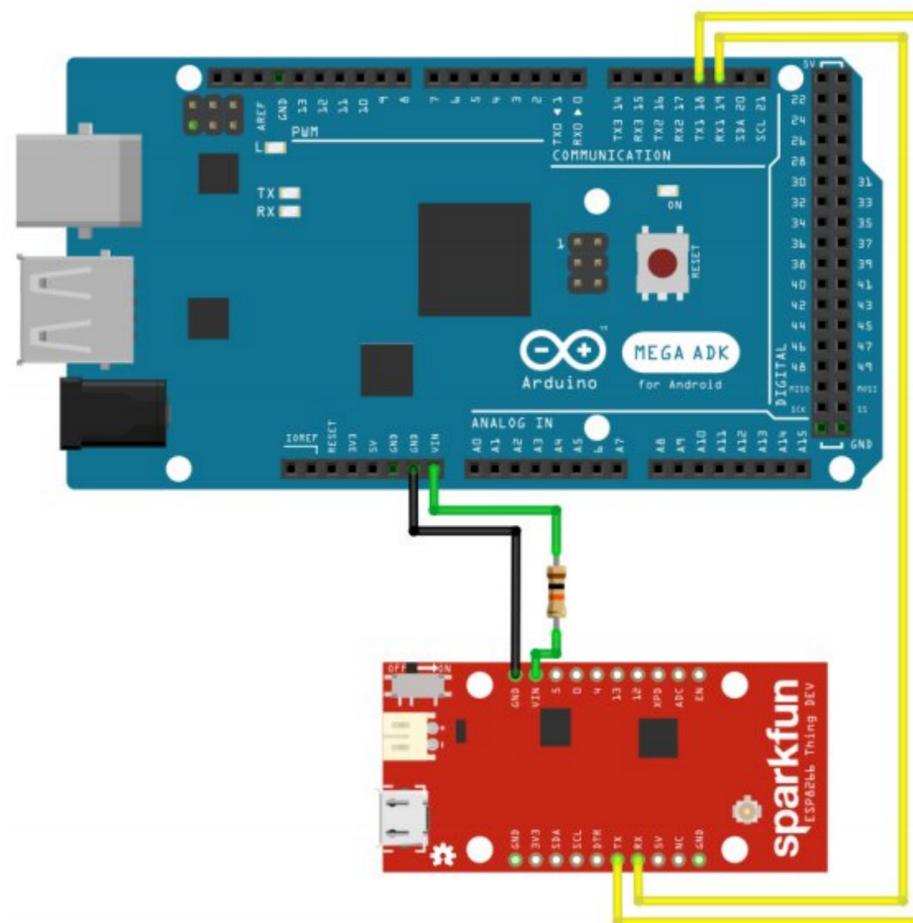


#### 10.4.4 Pruebas de Funcionamiento de Comunicación Serial

Para realizar esta prueba de funcionamiento primeramente se realiza una conexión entre la tarjeta de Arduino Mega y el módulo Esp8266, se conecta el pin 18 (RX) del arduino al pin D5 (RX) del módulo Esp8266, el pin 18 (TX) del Arduino Mega al pin D6 (TX) del módulo Esp8266, los pines GND tanto de la tarjeta Arduino como del módulo Esp8266 deben estar conectados entre sí y el pin de 5V de la tarjeta de Arduino es conectada al pin 3.3V del módulo 8266 pero esta debe estar conectada de por medio con una resistencia de 10k  $\Omega$ .

**Figura 45**

*Conexión de Dispositivos para la Comunicación Serial*



Para establecer una comunicación serial entre estos dos dispositivos se hace dos programaciones correspondientes tanto para el Arduino Mega y el módulo Esp8266, para lo cual la programación para el Arduino Mega está distribuida de la siguiente manera:

Primeramente se empieza incluyendo las librerías que este programa usa, en este caso incluimos la librería de “Software Serial”, después se inserta los pines de conexión en los que Arduino Mega estarán conectados, en este caso los pines de comunicación del Arduino están conectados a los pines 19 (D6) y 18 (D5) del módulo Esp8266. Esta asignación de pines se lo hace mediante el uso de la librería que se ha instalado, llamando a la variable del módulo al que se va a establecer una comunicación.

Dentro del Void Setup se inicia el Arduino y se inicia el monitor serial y los puertos de conexión del Arduino, hay que tener muy en cuenta que para que se pueda dar una comunicación serial correcta los valores de velocidad de baudios deben ser los mismos tanto para el Arduino como para el módulo Esp8266, ya que si estos valores son diferentes el programa no procede a realizar una conectividad entre ambos dispositivos y tampoco se realiza la respectiva comunicación y envío de datos a través de la comunicación serial.

Dentro del Void Loop se encuentran almacenadas todas las condiciones o ciclos que el programa ejecuta para que se pueda completar la programación, por lo cual, primeramente se inicia con una condición “IF” en la que si el los valores seriales son válidos, dentro de la variable de tipo carácter “c” guarda los valores obtenidos del módulo Esp8266 y serán enviados al Arduino.

La segunda condición “IF” realiza un proceso similar a la condición anterior, sin embargo, el detalle en esta condición es que dentro de la variable “c” almacena también los datos leídos del Arduino y posteriormente enviados al módulo Esp8266 y almacenados en la misma variable.

**Figura 46***Programación de Arduino para la Comunicación Serial*

```

#include <SoftwareSerial.h> //librería del Software Serial

SoftwareSerial SerialNodeMCU (19, 18); //Asignación de pines de conexión

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio de monitor serial
  SerialNodeMCU.begin(9600); //Inicio del módulo Esp8266
}

void loop() {
  if (SerialNodeMCU.available()){
    char c = SerialNodeMCU.read();
    Serial.write(c);
  }

  if(Serial.available()){
    char c = Serial.read();
    SerialNodeMCU.write(c);
  }
}

```

Para la programación del módulo Esp8266 no se incluye ninguna librería, sino se empieza el programa desde el Void Setup, en el que empieza con el inicio del monitor serial y se inicia los pines de comunicación del módulo Esp8266.

En el Void Loop al igual que en la programación del Arduino se almacenan todas las condiciones que el programa debe cumplir para que se ejecute el programa correctamente. Por lo cual primeramente se empieza insertando una variable de tipo entero en la que dentro de la variable “Serial”, guarda todos los datos obtenidos del Arduino.

En la primera condición “IF” dentro de la variable de tipo carácter “c” se almacenan los datos que al arduino envía a la Esp8266 y posteriormente estos se pueden visualizar en el monitor serial.

Y dentro de la segunda condición “IF” Los datos obtenidos de arduino hace el retorno de la información, estableciendo de esta manera un envío de datos tanto del Arduino a la Esp8266 como de la Esp8266 al Arduino.

### Figura 47

*Programación de Esp8266 para la Comunicación Serial*

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio del Monitor Serial
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, D5, D6); //Pines de conexión del NodeMCU
}

void loop() {
  int serial=digitalRead(31); //variable de almacenamiento de datos

  if (Serial.available()){
    char c = Serial1.read();
    Serial.write(c);
  }

  if (Serial1.available()){
    char c = Serial.read();
    Serial1.write(c);
  }
}
```

#### 10.4.5 Pruebas de Funcionamiento de Envío de Datos a ThingSpeak

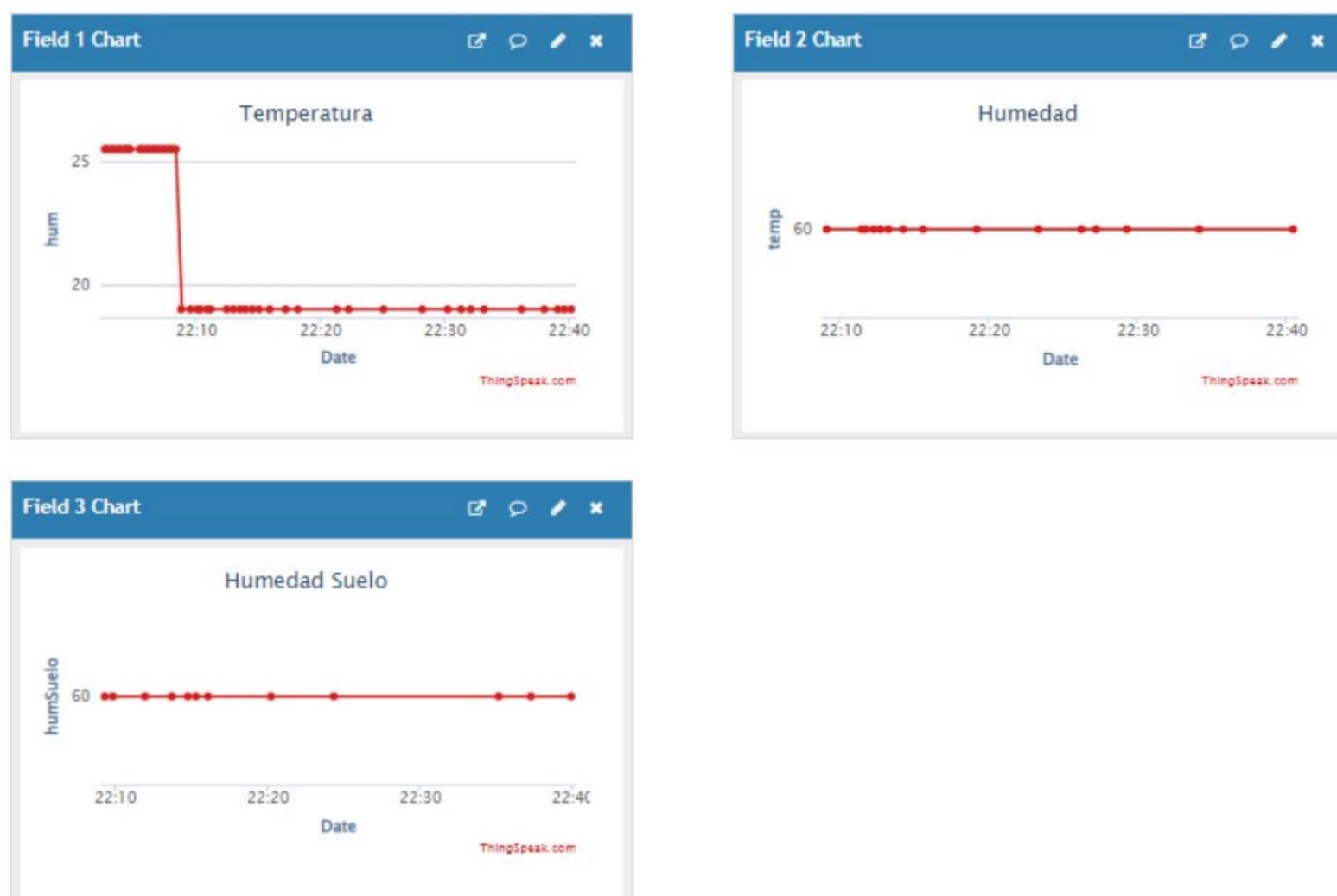
El sensor de humedad y temperatura (DHT11) es el encargado como su nombre lo indica de obtener datos de la humedad y temperatura del ambiente, sin embargo el sensor higrómetro capacitivo es el encargado de obtener los datos de la temperatura del suelo en la que se encuentra la semilla de forraje.

Después de haber realizado la programación correspondiente tanto de la conexión del módulo NodeMCU y la plataforma de ThingSpeak, haber asignado correctamente las variables de los sensores, el programa se encarga de obtener los datos de los sensores, almacenarlos en variables y posteriormente realizar el envío a la plataforma de ThingSpeak, dentro de la plataforma se puede visualizar mediante un gráfico para cada sensor los datos obtenidos por los

sensores, estos datos serán tomados en tiempo real, para que de esta manera llevar un control preciso tanto de la temperatura del ambiente como la temperatura del suelo del forraje.

### Figura 48

*Visualización de la Recepción de Datos en ThingSpeak*



#### 10.4.6 Resultados

Los resultados obtenidos por el sistema son satisfactorios, el prototipo está probado en un invernadero que consta con base metálica y recubrimiento de plástico semitransparente, plástico negro y malla de media luz, la malla de media luz consiste en disminuir la entrada de luz solar en un 20%, el plástico semitransparente está empleado para la entrada de luz natural para que el cultivo se encuentre con luz de un 75% y el plástico negro sirve para proteger el cultivo de la radiación directa de los rayos UV, de esta manera evitamos la entrada en su totalidad de la

humedad del exterior por las noches, madrugada y ocasiones donde haya disminución de temperatura; el sistema de irrigación es capaz de realizar un proceso semiautomático para de esta manera mantener el cultivo en un ambiente adecuado y a una temperatura adecuada para su crecimiento. La irrigación consiste en un sistema que está integrado con una bomba de diafragma que está conectada a un módulo relé y es alimentada a 24v DC, el sistema funciona conjuntamente con sensores de temperatura y humedad de ambiente y sensores de temperatura de suelo, de tal manera que si los sensores detectan un aumento de temperatura proceden a realizar el irrigado para mantener el cultivo en óptimas condiciones para su crecimiento, además que está vinculado a un ventilador que tiene como función principal evitar la acumulación de calor dentro del invernadero, de esta manera se mantiene el invernadero en una temperatura ambiente entre un 26° – 30° que es la temperatura ideal para el cultivo de forraje.

También está vinculado un microcontrolador Esp32Cam que tiene como finalidad hacer la comparación del crecimiento del cultivo para que cuando este llegue a su punto ideal envíe una alerta al usuario para su posterior cosecha. El cultivo de forraje tiene un tiempo estimado de crecimiento desde la semilla hasta el punto de cosecha de 12 días, durante este proceso la semilla de maíz es irrigada con agua mezclada con nutrientes necesarios para que el cultivo crezca sano, de esta manera evitamos el uso de químicos que pueden ser a largo plazo un problema para los animales que los consumen, siendo así un producto natural y necesario para los animales.

## 11 Conclusiones

El proyecto se desarrolló con éxito tras arduas investigaciones donde se utilizaron materiales como: libros, folletos, artículos científicos, cursos online y vídeos para el desarrollo preciso en los procesos de automatización, la adecuación de espacios y el manejo correcto para el cultivo de forraje hidropónico.

Para el diseño, creación y elaboración del prototipo se implementó y programó un sistema electrónico que cumple con las expectativas de un cultivo de forraje semiautomático, con sistema de autorriego y control de temperatura para generar un ambiente idóneo para el crecimiento del forraje.

Dentro de las pruebas de funcionamiento se puede concluir que el irrigado óptimo para este proyecto es de entre 8 a 10 riegos en 24 horas, considerando entre 2 a 3 riegos extras y procesos de aireación en días donde los sensores de temperatura obtengan datos de temperaturas elevadas y pueda afectar negativamente el cultivo de forraje.

## 12 Recomendaciones

Para realizar investigaciones de calidad se recomienda empezar por páginas oficiales como por ejemplo la página web de Arduino, considerado también los buscadores de fuentes académicas confiables de acceso abierto, además de examinar información en blogs de Tecnología Open Source para obtener el conocimiento adecuado acerca de los sensores, actuadores y conexiones para poder implementar toda la información de mejor manera al proyecto para que de esta manera poder minimizar errores.

La cantidad de luz no deberá exceder la cantidad de 4500 luxes, debido a que esta es la iluminación adecuada para el forraje, para tener esta iluminación adecuada es recomendable usar una cubierta que proteja el forraje de la radiación directa de los rayos UV. Para esto se recomienda el uso de cubiertas de policarbonato, ya que permite el paso de luz y a su vez protege al cultivo de la radiación directa de los rayos UV.

Dentro de las pruebas de funcionamiento, se recomienda que la sección destinada para el forraje sea cálida, en donde la temperatura se mantenga entre 26° a 30° y que el sistema de irrigación mediante una bomba de nebulización o bombas de diafragma, ya que sistemas normales de aspersión o los sistemas de conteo gota a gota pueden crear demasiada humedad entre las semillas y de esta manera dañar el cultivo de forraje.

### 13 Bibliografía

- Agustín Chavarría Tórrez. (2018, noviembre 15). *El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja*. Universidad Autónoma de Nicaragua, León. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941755005/html/index.html>
- Alejandro A. Lázaro. (2019, noviembre 10). *Hardware y software: definiciones y conceptos*. PROFESIONAL review. <https://www.profesionalreview.com/2019/11/10/hardware-software-definiciones/>
- Alicia M. (2022, mayo 10). *TnkerCAD: Todo lo que necesitas saber*. 3D Natives.
- Américo Canaza-Choque, F., la Tierra, C. de, Climático, C., Sostenible, D., & Ambiental, E. (2019). *DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL AL DESARROLLO SOSTENIBLE: DESAFÍOS Y TENSIONES EN LOS TIEMPOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO FROM ENVIRONMENTAL EDUCATION TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CHALLENGES AND TENSIONS IN TIMES OF CLIMATE CHANGE*. 3–3. <https://www.aacademica.org/franklin.americo.canazachoque/9>
- Arduino. (2022, septiembre 30). *NodeMCU una plataforma para IOT de código abierto*. DescubreArduino.com. <https://descubrearduino.com/nodemcu/>
- BenQ. (2021, abril 1). *LCD, Qué es? y cuál es su uso en monitores?* BenQ / Conocimiento. [https://www.benq.com/es-mx/centro-de-conocimiento/conocimiento/que-es-lcd-y-como-se-usa-en-monitores.html#:~:text=Es%20una%20pantalla%20de%20cristal,\(como%20un%20sándwich\).](https://www.benq.com/es-mx/centro-de-conocimiento/conocimiento/que-es-lcd-y-como-se-usa-en-monitores.html#:~:text=Es%20una%20pantalla%20de%20cristal,(como%20un%20sándwich).)
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-Larenas, F., & Zambrano-Mendoza, J. L. (2022). Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.18272/ACI.V14I1.2588>

Charly Pascual. (2022, julio). *ESP32 CAM Introducción y primeros pasos*. Programarfacil.com.

<https://programarfacil.com/esp32/esp32-cam/#:~:text=ESP32->

[CAM%2C%20es%20un%20dispositivo,podremos%20almacenar%20fotos%20o%20videos.](https://programarfacil.com/esp32/esp32-cam/#:~:text=ESP32-CAM%2C%20es%20un%20dispositivo,podremos%20almacenar%20fotos%20o%20videos.)

Cristina Andrea Zuluaga. (2020, diciembre 4). *El método hermenéutico*. Educación en casa.

<https://educacionencasacolombia.com/2020/12/04/el-metodo-hermeneutico-caracteristicas-y-mucho-mas/>

Diego V. (2023, febrero 11). *Java vs Python:Cuál debes aprender?* Hostinger Tutoriales.

Editorial Etecé. (2021, agosto 5). *Investigación documental*. Concepto.

<https://concepto.de/investigacion-documental/>

EDS/Robotics. (2021, abril 23). *Qué es la robótica*. EDS/Robotics.

<https://www.edsrobotics.com/blog/que-es-la-robotica/>

el Universo. (2022, febrero 9). *Por falta de agua y pasto a causa de la sequía en Zapotillo, provincia de Loja, ganado y cultivos se pierden*. El Universo.

<https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/por-falta-de-agua-y-pasto-a-causa-de-la-sequia-en-zapotillo-provincia-de-loja-ganado-y-cultivos-se-pierden-nota/#:~:text=Ecuador-,Por%20falta%20de%20agua%20y%20pasto%20a%20causa%20de%20la,la%20situación%20se%20torna%20insostenible.>

García, A., Villegas Narváez, J., Antonio Fernández Viveros, J., Luis Manzo Reyes, J., Manuel

Escobar Gamboa, J., René González Romero, J., Vargas Ferrer, J., Alfaro Cedillo, K., Cruz

Rivero, L., Alberto Montes Gutiérrez, L., Carlos Álvarez Simón, L., Rosas Lozano, M., Alberto

Rincón Pinzón, M., Vazquez Cruz, N., García Cortes, N., Mejia Baruch, R., Panuncio Mora Solis,

R., Evelia Gámez Eugenio, R., Paredes Rincón, S., ... Villar Zárate, V. (2020). EVALUACIÓN

DE VARIABLES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CONDICIONES ÓPTIMAS EN LA

## PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN EL INVERNADERO DEL ITSPE.

*Innovación en Biotecnología II, 1*(2020), 18–22. [www.redibai.org](http://www.redibai.org)

Ghobakhloo, M. (2020). Industria 4.0, digitalización y oportunidades para la sostenibilidad. *Journal of*

*Cleaner Production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.119869>

Hipernexo. (2020). *Aplicaciones de la robótica*. Hipernexo.com.

<https://www.hipernexo.com/robotica/aplicaciones-robotica/>

Inés Martín Robles. (2017). *Metodología proyectual de Julio Cano Lasso*. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=180935>

jecrespom. (2018, enero 27). *IDE Arduino*. Aprendiendo Arduino.

<https://www.aprendiendoarduino.com/tag/ide/>

José Antonio Rivera Morales. (2019, octubre 10). *Relé y Módulo Relé*. [pasionelectronica.com](http://pasionelectronica.com).

<https://pasionelectronica.com/rele-y-modulo-de-rele/>

Juanpch. (2015, julio 12). *Fundación de Loja*. [foroecuador.ec](http://foroecuador.ec).

<http://www.foroecuador.ec/forum/ecuador/educación-y-ciencia/12584-fundación-de-loja-resumen-del-8-de-diciembre-de-1548>

Julia Máxima Uriarte. (2020, marzo 31). *Información y características del Ecuador*. Enciclopedia

Humanidades. <https://humanidades.com/ecuador/>

Karla García Gil. (2021, mayo 11). *Aplicaciones y avances de la robótica actual*. BBVA.

<https://www.bbva.ch/noticia/aplicaciones-y-avances-de-la-robotica-actual/>

Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). Una revisión de las ciencias sociales sobre agricultura

digital, agricultura inteligente y agricultura 4.0: Nuevas contribuciones y una agenda de

investigación futura. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315.

<https://doi.org/10.1016/J.NJAS.2019.100315>

Luis Antonio Mier Quiroga. (2022, diciembre 28). *ThingSpeak - La nube IoT de Matlab - Guía inicial*.

BitCuco. <https://bitcu.co/thingspeak/>

Luis Castellanos. (2017, marzo 2). *Técnicas de Observación*. Metodología de la Investigación.

<https://lcmetodologiainvestigacion.wordpress.com/2017/03/02/tecnica-de-observacion/>

Luis Llamas. (2021, abril 28). *Sensor de humedad del suelo capacitivo y arduino*. Ingeniería,

Informática y diseño. <https://www.luisllamas.es/sensor-de-humedad-del-suelo-capacitivo-y-arduino/>

Maite Ayala. (2021, agosto 5). *Método fenomenológico*. lifed. [https://www.lifeder.com/metodo-](https://www.lifeder.com/metodo-fenomenologico/)

[fenomenologico/](https://www.lifeder.com/metodo-fenomenologico/)

Manuel Buzón. (2020, enero 26). *Definición de software: Qué es, para que sirve y porque es tan*

*importante*. Profesional Review. <https://www.profesionalreview.com/2020/01/26/definicion-software/>

MCI Electronics. (2022). *Arduino Mega 2560 R3*. mcielectronics.cl.

[https://mcielectronics.cl/shop/product/arduino-mega-2560-r3-arduino-](https://mcielectronics.cl/shop/product/arduino-mega-2560-r3-arduino-10231/#:~:text=Arduino%20Mega%20es%20una%20tarjeta,implementa%20el%20lenguaje%20Processing%20Wiring.)

[10231/#:~:text=Arduino%20Mega%20es%20una%20tarjeta,implementa%20el%20lenguaje%20Processing%20Wiring.](https://mcielectronics.cl/shop/product/arduino-mega-2560-r3-arduino-10231/#:~:text=Arduino%20Mega%20es%20una%20tarjeta,implementa%20el%20lenguaje%20Processing%20Wiring.)

Miguel Valenzuela. (2020, julio 11). *Prueba y error*. Psicólogos en línea.

<https://psicologosenlinea.net/10442-prueba-y-error.html#Autor>

Municipio de Loja. (s/f). *Misión y Visión*. Trabajamos para ti. Recuperado el 7 de diciembre de 2022,

de <https://www.loja.gob.ec/contenido/mision-y-vision>

NayLamp Mechatronics. (2023, febrero 9). *Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11*.

NaylampMechatronics.com. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>

- Paloma Recuerdo de los Santos. (2022, agosto 22). *Breve historia de Internet de las cosas (IoT)*. Telefónica Tech. <https://empresas.blogthinkbig.com/breve-historia-de-internet-de-las-cosas-iot/#:~:text=El%20IoT%20ha%20evolucionado%20a,%2C%20y%20microservicios%20de%20Internet.>
- Pérez Porto, J. , M. M. (2022, enero 5). *Definición de Plan de Acción*. Definición.de. <https://definicion.de/plan-de-accion/>
- Prefectura de Loja. (s/f). *Nuestra Provincia*. Prefectura de Loja. Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de <https://prefectura Loja.gob.ec/nuestra-provincia/>
- Ramli, M. R., Daely, P. T., Kim, D. S., & Lee, J. M. (2020). Mecanismo de red adaptable basado en IoT para un sistema de granja inteligente confiable Los enlaces de autor abren el panel de superposición. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105287. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105287>
- Skobelev, P. O., Simonova, E. v., Smirnov, S. v., Budaev, D. S., Voshchuk, G. Y., & Morokov, A. L. (2019). Desarrollo de una Base de Conocimiento en el Sistema “Smart Farming” para la Gestión de Empresas Agrícolas. *Procedia Computer Science*, 150, 154–161. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.02.029>
- Universidad Europea. (2022, abril 7). *Aplicaciones IoT en la Industria*. Empresa y Tecnología. <https://universidadeuropea.com/blog/iot-en-industria/#:~:text=La%20aplicación%20del%20IoT%20en%20la%20industria%204.0%20permite%20automatizar,un%20ahorro%20de%20costes%20considerable.>
- UPSE. (2020, octubre). *Pastos y Forrajes*. Scielo. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000400326&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000400326&script=sci_arttext&tlng=en)

Yamada. (2023, febrero 13). *¿Qué es una bomba de diafragma?* YamadaAmerica.inc.

<https://www.bombasyamada.mx/what-is-a-double-diaphragm-pump/>

## 14 Anexos

### 14.1 Certificado de Aprobación



VICERRECTORADO ACADÉMICO

Loja, 10 de Febrero del 2023  
Of. N° 824 -VDIN-ISTS-2023

Sr.(ita). TENE YAGUANA FERNANDO ALEXANDER  
**ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA**

Ciudad

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el anteproyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERÍODO OCTUBRE 2022 - ABRIL 2023**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (el/la) Ing. CESAR CRISTIAN CARRION AGUIRRE.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.  
VICERRECTOR DE DESARROLLO E INNOVACION DEL ISTS





## VICERRECTORADO ACADÉMICO

Loja, 10 de Febrero del 2023  
Of. N° 825 -VDIN-ISTS-2023

Sr.(ita). PINEDA SEVERINO RENE HUMBERTO  
ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA

Ciudad

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el anteproyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (el/la) Ing. CESAR CRISTIAN CARRION AGUIRRE.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.  
VICERRECTOR DE DESARROLLO E INNOVACION DEL ISTS



## 14.2 Autorización Para la Ejecución



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUDAMERICANO**  
*Hacemos gente de talento!*



**ELECTRÓNICA**  
TECNOLOGÍA SUPERIOR

Yo, Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho con documento de identidad 1105653792, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

### **AUTORIZO**

A Fernando Alexander Tene Yaguana con cédula de identidad Nro. 1950096477 estudiante del sexto ciclo de la carrera de Electrónica del “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano”; para que realicen su proyecto de investigación de fin de carrera titulado **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”** para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 4 de mayo del 2023

.....  
Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

C.I. 1105653792



Yo, Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho con documento de identidad 1105653792, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

### **AUTORIZO**

A René Humberto Pineda Severino con cédula de identidad Nro. 1150120655 estudiante del sexto ciclo de la carrera de Electrónica del “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano”; para que realicen su proyecto de investigación de fin de carrera titulado **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”** para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 4 de mayo del 2023

.....  
Ing. Leydi Maribel Mingo Morocho

C.I. 1105653792

### 14.3 Certificado de Implementación



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUDAMERICANO**  
*Hacemos gente de talento!*



**ELECTRÓNICA**  
TECNOLOGÍA SUPERIOR

Loja, 4 de mayo del 2023

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR DEL SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA - ELECTRÓNICA**, a petición verbal por parte del interesado.

## **CERTIFICO**

*Que el Sr Fernando Alexander Tene Yaguana con cédula 1950096477 ha venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 100% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.*

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Semestre octubre 2022 – abril 2023



Loja, 4 de mayo del 2023

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR DEL SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA - ELECTRÓNICA**, a petición verbal por parte del interesado.

## **CERTIFICO**

*Que el Sr René Humberto Pineda Severino con cédula 1150120655 ha venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera titulado “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA GESTIÓN DE CULTIVO DE FORRAJE EN EL CANTÓN ZAPOTILLO DURANTE EL PERIODO OCTUBRE 2022 – ABRIL 2023”; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 100% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.*

Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Semestre octubre 2022 – abril 2023

## 14.4 Certificado de Abstract



*CERTF. N°. 018-JP-ISTS-2023*

*Loja, 25 de abril de 2023*

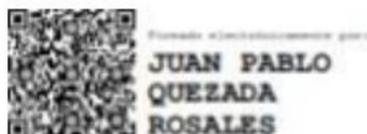
*El suscrito, Lic. Juan Pablo Quezada Rosales, **DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS CISDEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO “SUDAMERICANO”**, a petición de la parte interesada y en forma legal,*

### **C E R T I F**

*Que el apartado **ABSTRACT** del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera de los señores **TENE YAGUANA FERNANDO ALEXANDER TENE YAGUANA & RENÉ HUMBERTO PINEDA SEVERINO** estudiantes en proceso de titulación periodo Octubre 2022 – Marzo 2023 de la carrera de **ELECTRÓNICA**; está correctamente traducido, luego de haber ejecutado las correcciones emitidas por mi persona; por cuanto se autoriza la impresión y presentación dentro del empastado final previo a la disertación del proyecto.*

*Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes.*

***English is the doorway to the future.***



Checked by:  
Juan Pablo Quezada R.  
E.F.L. Teacher

*Lic. Juan Pablo Quezada Rosales*  
**DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS ISTS - CIS**

## 14.5 Presupuesto

**Tabla 3**

### Presupuesto de Recursos Humanos

<b>RECURSOS HUMANOS</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Desarrolladores del proyecto de titulación	2	\$ 0,00
Tutor guía del proyecto de titulación	1	\$ 0,00
Rectora Propietaria del ISTS	1	\$ 0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 0,00</b>

*Nota:* En esta tabla se especifica el presupuesto que se usará dentro del apartado de recursos humanos.

**Tabla 4**

### Presupuesto de Recursos Materiales

<b>RECURSOS MATERIALES</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Bomba de Diafragma 24vdc 200psi	1	\$ 65,00
Filtro de Agua	1	\$ 7,00
Boquilla Aspensor Riego	4	\$ 9,75
Manguera de 1 Pulgada	10 mts	\$ 4,00
Bandeja Plástica	8	\$ 24,00
Tubo Metálico 1 Pulgada	2	\$ 30,00
Plástico Semitransparente	6 mts	\$ 11,00
Malla de Media luz	3 mts	\$ 9,00
Tornillos Autoperforantes	50	\$ 5,00
Módulo NodeMCU Esp3286	1	\$ 12,00
Placa Arduino Mega	1	\$ 37,00
Sensor de Humedad y Temperatura DHT11	1	\$ 3,00
Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo	8	\$ 44,00
Tarjeta ESP32Cam 2MP	1	\$ 22,75
Pantalla LCD 16x2	1	\$ 3,00
Ventilador 5v	1	\$ 5,00
Semilla de Maíz	4 lbs	\$ 3,00
Cable Jumpers	20	\$ 2,00
Cautín	1	\$ 12,00
Pasta térmica para suelda de estaño	1	\$ 5,00
Rollo de estaño de 0,5mm	1	\$ 5,00

Cable eléctrico #12	10 mts	\$ 3,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 321,50</b>

*Nota:* Esta tabla especifica los presupuestos a usarse en los recursos materiales.

**Tabla 5**

**Presupuesto de Recursos de Software**

<b>RECURSOS DE SOFTWARE</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Sketch Arduino IDE	1	\$ 0,00
Plataforma ThingSpeak	1	\$ 0,00
Plataforma de TinkerCAD	1	\$ 0,00
IDLE de Python	1	\$ 0,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 0,00</b>

*Nota:* Esta tabla especifica el presupuesto necesario para los recursos de software.

**Tabla 6**

**Presupuesto de Recursos de Oficina**

<b>RECURSOS DE OFICINA</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Mes de Internet	6 meses	\$ 120,00
Computadores	1	\$ 600,00
Esferográfico	2	\$ 0,80
Cuaderno	1	\$ 1,20
Resma de papel	1	\$ 5,00
Impresiones	50	\$ 2,50
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 729,50</b>

*Nota:* Esta tabla especifica el presupuesto para los recursos de oficina.

**Tabla 7**

**Presupuesto Total**

<b>Concepto</b>	<b>Total</b>
Recursos humanos	\$ 0,00
Recursos materiales	\$ 321,50
Recursos de software	\$ 0,00
Recursos de oficina	\$ 729,50

---

**TOTAL** \$ 1051,00

---

*Nota:* Esta tabla muestra el valor total entre todas las tablas de presupuestos.

## 14.6 Cronograma

**Tabla 8**

### Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DETALLADO DE ACTIVIDADES																													
ESTUDIANTES: Pineda Severino René Humberto , Tene Yaguana Fernando Alexander																													
CARRERA: Tecnología Superior en Electrónica													SEMESTRE: octubre 2022 – abril 2023																
ACTIVIDADES		Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril			
Componente	Proyecto de Investigación de Fin de Carrera	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Petición de solicitudes para el proceso de titulación	X																											
	Identificación del problema	X																											
	Planteamiento del tema		X																										
	Elaboración de justificación			X																									
	Planteamiento de los objetivos (general y específicos)				X																								
	Elaboración del Marco teórico					X	X																						
	Elaboración del Diseño Metodológico							X	X																				
	Desarrollo de la Propuesta de Acción									X	X																		

Diseño y Elaboración del Invernadero	X								
Adquisición de materiales para construcción del invernadero	X								
Programación de Sensores y Tarjetas de Control		X	X						
Testeo para mediciones correctas dentro del invernadero				X	X				
Siembra de maíz (Zea Mays) en el sistema hidropónico						X			
Revisiones Periódicas de Sensores y Control de Forraje						X	X	X	X
Cosecha del Forraje Verde de Maíz (Zea Mays)									X
Elaboración de Conclusiones y Recomendaciones									X
Entrega de Borrador del Proyecto de Fin de Carrera.									X X X

**Nota:** En esta tabla se especifica de forma detallada las actividades a realizarse para la elaboración del proyecto.

## 14.7 Programación de Arduino

```
7 //RELAYS
8 #define RELE1 30
9 #define RELE2 31
10 #define RELE3 32
11 #define RELE4 33
12
13 //MOISTUREs
14 const int AirValue1 = 620;
15 const int WaterValue1 = 310;
16 int soilMoistureValue1 = 0;
17 int soilmoisturepercent1 = 0;
18
19 const int AirValue2 = 620;
20 const int WaterValue2 = 310;
21 int soilMoistureValue2 = 0;
22 int soilmoisturepercent2=0;
23
24 const int AirValue3 = 620;
25 const int WaterValue3 = 310;
26 int soilMoistureValue3 = 0;
27 int soilmoisturepercent3 = 0;
28
29 const int AirValue4 = 620;
30 const int WaterValue4 = 310;
31 int soilMoistureValue4 = 0;
32 int soilmoisturepercent4 = 0;
33
34 const int AirValue5 = 620;
35 const int WaterValue5 = 310;
36 int soilMoistureValue5 = 0;
37 int soilmoisturepercent5 = 0;
38
39 const int AirValue6 = 620;
```

```
40 const int WaterValue6 = 310;
41 int soilMoistureValue6 = 0;
42 int soilmoisturepercent6 = 0;
43
44 const int AirValue7 = 620;
45 const int WaterValue7 = 310;
46 int soilMoistureValue7 = 0;
47 int soilmoisturepercent7 = 0;
48
49 const int AirValue8 = 620;
50 const int WaterValue8 = 310;
51 int soilMoistureValue8 = 0;
52 int soilmoisturepercent8 = 0;
53
54
55 //DHT11
56 #include <Adafruit_Sensor.h>
57 #include <DHT.h>
58 #include <DHT_U.h>
59 int SENSOR = 8; // 0 #define SENSOR 5 USAR EN PWM
60 int TEMPERATURA;
61 int HUMEDAD;
62 DHT dht (SENSOR, DHT11);
63
64 //RTC
65 #include <Wire.h>
66 #include "RTClib.h"
67 RTC_DS3231 rtc; //ds1307 con cristal cuarzo por fuera, menos preciso
68 //CREAR UN EVENTO PARA CADA ALARMA
69 bool event_init1 = true;
70 bool event_end1 = true;
71 bool event_init2 = true;
72 bool event_end2 = true;
73 bool event_init3 = true;
74 bool event_end3 = true;
75 bool event_init4 = true;
76 bool event_end4 = true;
77 //Valores enteros de fecha y hora, si no el programa los toma como float
78 int hour();
```

```
79 int minute();
80 int second();
81 int year();
82 int month();
83 int day();
84
85
86 //SD CARD
87 #include <SPI.h>
88 #include <SD.h>
89 #define SSpin 53
90 File archivo;
91 int i = 1;
92
93 /* //PARA USAR LCD CON I2C
94 //I2C LCD
95 #include <LCD.h>
96 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
97 LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7); //DIRECC, ENAB, RW, RS D4,D5,D6,D7*/
98
99 //LCD SOLO
100 #include <LiquidCrystal.h>
101 LiquidCrystal lcd (7, 6, 5, 4, 3, 2);
102
103 /***SETUP***
104 void setup () {
105
106     pinMode(RELE1, OUTPUT);
107     pinMode(RELE2, OUTPUT);
108     pinMode(RELE3, OUTPUT);
109     pinMode(RELE4, OUTPUT);
110
111     //ENCENDER-APAGAR RELAYS PARA QUE VAYAN SIN ERROR AL LOOP
112
113     digitalWrite (RELE1, LOW);
114     digitalWrite (RELE2, LOW);
115     digitalWrite (RELE3, LOW);
116     digitalWrite (RELE4, LOW);
117     delay(1000);
```

```
118 digitalWrite (RELE1, HIGH);
119 digitalWrite (RELE2, HIGH);
120 digitalWrite (RELE3, HIGH);
121 digitalWrite (RELE4, HIGH);
122 delay(1000);
123
124
125 //BEGINs
126 dht.begin();
127 Serial.begin(9600);
128 lcd.begin(16,2);
129
130 //LCD
131 lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE);
132 lcd.setBacklight(HIGH);
133 lcd.clear();
134
135 //Micro SD
136 Serial.println("Inicializando tarjeta");
137 lcd.setCursor(0,0);
138 lcd.print("*INICIAR_SD*");
139 if (!SD.begin(SSpin)) {
140     Serial.println("Fallo en inicialización!!");
141     lcd.setCursor(0,0);
142     lcd.print("*FALLO_EN_SD*");
143     return;
144 }
145
146 Serial.println("Inicializacion correcta");
147 lcd.setCursor(0,0);
148 lcd.print("*INICIAR_SD*");
149 archivo = SD.open("inverna.txt", FILE_WRITE);
150
151 //DHT11
152 TEMPERATURA = dht.readTemperature();
153 HUMEDAD = dht.readHumidity();
154
155 //RTC
156 if (! rtc.begin()) {
```

```
157 Serial.println("Modulo RTC no encontrado!");
158 lcd.setCursor(0,0);
159 lcd.print("*NO MODULO RTC*");
160 while (1);
161 }
162 //rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); //toma valores exactos de la pc
163 }
164
165 /***LOOP***/
166 void loop () {
167
168 //MOISTURES
169 soilMoistureValue1 = analogRead (A8);
170 soilMoistureValue2 = analogRead (A9);
171 soilMoistureValue3 = analogRead (A10);
172 soilMoistureValue4 = analogRead (A11);
173 soilMoistureValue5 = analogRead (A12);
174 soilMoistureValue6 = analogRead (A13);
175 soilMoistureValue7 = analogRead (A14);
176 soilMoistureValue8 = analogRead (A15);
177
178 soilmoisturepercent1 = map (soilMoistureValue1, AirValue1, WaterValue1, 0, 100);
179 soilmoisturepercent2 = map (soilMoistureValue2, AirValue2, WaterValue2, 0, 100);
180 soilmoisturepercent3 = map (soilMoistureValue3, AirValue3, WaterValue3, 0, 100);
181 soilmoisturepercent4 = map (soilMoistureValue4, AirValue4, WaterValue4, 0, 100);
182 soilmoisturepercent5 = map (soilMoistureValue5, AirValue5, WaterValue5, 0, 100);
183 soilmoisturepercent6 = map (soilMoistureValue6, AirValue6, WaterValue6, 0, 100);
184 soilmoisturepercent7 = map (soilMoistureValue7, AirValue7, WaterValue7, 0, 100);
185 soilmoisturepercent8 = map (soilMoistureValue8, AirValue8, WaterValue8, 0, 100);
186
187
188 //RTC
189 DateTime fecha = rtc.now();
190 //*****
191 //ALARMA ON 1
192 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 0)
193 {
194     if (event_init1 == true)
195     {
```

```
195     {
196         digitalWrite(RELE1, LOW);
197         Serial.println( "Rele Encendido");
198         archivo.println("Rele Encendido");
199         event_init1 = false;
200     }
201 }
202
203 //ALARMA OFF 1
204 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 3)
205 {
206     if (event_end1 == true)
207     {
208         digitalWrite(RELE1, HIGH);
209         Serial.println( "Rele Apagado");
210         archivo.println("Rele Apagado");
211         event_end1 = false;
212     }
213 }
214 //ALARMA ON 2
215 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 5)
216 {
217     if (event_init2 == true)
218     {
219         digitalWrite(RELE1, LOW);
220         Serial.println( "Rele Encendido");
221         archivo.println("Rele Encendido");
222         event_init2 = false;
223     }
224 }
225
226 //ALARMA OFF 2
227 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 7)
228 {
229     if (event_end2 == true)
230     {
231         digitalWrite(RELE1, HIGH);
232         Serial.println( "Rele Apagado");
233         archivo.println("Rele Apagado");
```

```
234     event_end2 = false;
235   }
236 }
237 //ALARMA ON 3
238 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 10)
239 {
240   if (event_init3 == true)
241   {
242     digitalWrite(RELE1, LOW);
243     Serial.println( "Rele Encendido");
244     archivo.println("Rele Encendido");
245     event_init3 = false;
246   }
247 }
248
249 //ALARMA OFF 3
250 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 12 )
251 {
252   if (event_end3 == true)
253   {
254     digitalWrite(RELE1, HIGH);
255     Serial.println( "Rele Apagado");
256     archivo.println("Rele Apagado");
257     event_end3 = false;
258   }
259 }
260
261 //ALARMA ON 4
262 if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 14)
263 {
264   if (event_init3 == true)
265   {
266     digitalWrite(RELE1, LOW);
267     Serial.println( "Rele Encendido");
268     archivo.println("Rele Encendido");
269     event_init3 = false;
270   }
271 }
272
```

```
273 //ALARMA OFF 4
274   if (fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 17 )
275   {
276     if (event_end3 == true)
277     {
278       digitalWrite(RELE1, HIGH);
279       Serial.println( "Rele Apagado");
280       archivo.println("Rele Apagado");
281       event_end3 = false;
282     }
283   }
284 //***ciclo IF ABIERTO
285   if (archivo)
286   {
287
288 //DHT11
289     TEMPERATURA = dht.readTemperature();
290     HUMEDAD = dht.readHumidity();
291
292 //LCD
293     lcd.clear();
294     lcd.setCursor(0,0);
295     lcd.print( fecha.hour() );
296     lcd.setCursor(2,0);
297     lcd.print(":");
298     lcd.setCursor(3,0);
299     lcd.print( fecha.minute() );
300     lcd.setCursor(10,0);
301     lcd.print("TMG");
302     lcd.setCursor(14,0);
303     lcd.print(TEMPERATURA);
304     lcd.setCursor(6,0);
305     lcd.print("DTO");
306     lcd.setCursor(0,1);
307     lcd.print( fecha.month() );
308     lcd.setCursor(2,1);
309     lcd.print("/");
310     lcd.setCursor(3,1);
311     lcd.print( fecha.day() );
```

```
312     lcd.setCursor(10,1);
313     lcd.print("HMG");
314     lcd.setCursor(14,1);
315     lcd.print(HUMEDAD);
316     lcd.setCursor(6,1);
317     lcd.print(i);
318
319 //MONITOR SERIAL
320     Serial.println("Escritura Correcta");
321     Serial.print( fecha.day());
322     Serial.print("/");
323     Serial.print( fecha.month());
324     Serial.print("/");
325     Serial.print( fecha.year());
326     Serial.print(" ");
327     Serial.print( fecha.hour());
328     Serial.print(":");
329     Serial.print( fecha.minute());
330     Serial.print(":");
331     Serial.println( fecha.second());
332     Serial.print(i);
333     Serial.print(", ");
334     Serial.print("Temperatura: ");
335     Serial.print(TEMPERATURA);
336     Serial.print(", ");
337     Serial.print(" Humedad: ");
338     Serial.println(HUMEDAD);
339
340     Serial.println(soilMoistureValuel);
341     if (soilmoisturepercent1>100){
342         Serial.print("SOIL N1 0 %");
343     }
344     else if (soilmoisturepercent1 > 0 && soilmoisturepercent1 < 100)
345 {
346     Serial.print(soilmoisturepercent1);
347     Serial.println (" % ");
348 }
349
350     Serial.println(soilMoistureValue2);
```

```
351  if (soilmoisturepercent2>100){
352      Serial.print("SOIL N2 0 %");
353      }
354      else if (soilmoisturepercent2 > 0 && soilmoisturepercent2 < 100)
355  {
356      Serial.print(soilmoisturepercent2);
357      Serial.println (" % ");
358  }
359
360
361      Serial.println(soilMoistureValue3);
362  if (soilmoisturepercent3>100){
363      Serial.print("SOIL N3 0 %");
364      }
365      else if (soilmoisturepercent3 > 0 && soilmoisturepercent3 < 100)
366  {
367      Serial.print(soilmoisturepercent3);
368      Serial.println (" % ");
369  }
370
371      Serial.println(soilMoistureValue4);
372  if (soilmoisturepercent4>100){
373      Serial.print("SOIL N4 0 %");
374      }
375      else if (soilmoisturepercent4 > 0 && soilmoisturepercent4 < 100)
376  {
377      Serial.print(soilmoisturepercent4);
378      Serial.println (" % ");
379  }
380
381      Serial.println(soilMoistureValue5);
382  if (soilmoisturepercent5>100){
383      Serial.print("SOIL N5 0 %");
384      }
385      else if (soilmoisturepercent5 > 0 && soilmoisturepercent5 < 100)
386  {
387      Serial.print(soilmoisturepercent5);
388      Serial.println (" % ");
389  }
```

```
390
391     Serial.println(soilMoistureValue6);
392 if (soilmoisturepercent6>100){
393     Serial.print("SOIL N6 0 %");
394 }
395 else if (soilmoisturepercent6 > 0 && soilmoisturepercent6 < 100)
396 {
397     Serial.print(soilmoisturepercent6);
398     Serial.println (" % ");
399 }
400
401     Serial.println(soilMoistureValue7);
402 if (soilmoisturepercent7>100){
403     Serial.print("SOIL N7 0 %");
404 }
405 else if (soilmoisturepercent7 > 0 && soilmoisturepercent7 < 100)
406 {
407     Serial.print(soilmoisturepercent7);
408     Serial.println (" % ");
409 }
410
411     Serial.println(soilMoistureValue8);
412 if (soilmoisturepercent8>100){
413     Serial.print("SOIL N8 0 %");
414 }
415 else if (soilmoisturepercent8 > 0 && soilmoisturepercent8 < 100)
416 {
417     Serial.print(soilmoisturepercent8);
418     Serial.println (" % ");
419 }
420
421 //SD ARCHIVO
422     archivo.print("FECHA: ");
423     archivo.print(fechar.day());
424     archivo.print(" / ");
425     archivo.print(fechar.month());
426     archivo.print(" / ");
427     archivo.println(fechar.year());
428     archivo.print("HORA: ");
```

```
429     archivo.print (fecha.hour ());
430     archivo.print (" : ");
431     archivo.print (fecha.minute ());
432     archivo.print (" : ");
433     archivo.println (fecha.second ());
434     archivo.print ("Dato: ");
435     archivo.print (i);
436     archivo.print (" , ");
437     archivo.print ("Temp = ");
438     archivo.print (TEMPERATURA);
439     archivo.print (" , ");
440     archivo.print ("Hum = ");
441     archivo.println (HUMEDAD);
442     archivo.println (" ");
443
444     archivo.println ("SOILS");
445     archivo.println ("S1 ");
446     archivo.print (soilmoisturepercent1);
447     archivo.print (" %");
448     archivo.print (" , ");
449     archivo.print ("S2 ");
450     archivo.print (soilmoisturepercent2);
451     archivo.println (" % ");
452     archivo.print ("S3 ");
453     archivo.print (soilmoisturepercent3);
454     archivo.print (" %");
455     archivo.println (" , ");
456     archivo.print ("S4 ");
457     archivo.print (soilmoisturepercent4);
458     archivo.println (" % ");
459     archivo.println ("S5 ");
460     archivo.print (soilmoisturepercent5);
461     archivo.print (" %");
462     archivo.print (" , ");
463     archivo.print ("S6 ");
464     archivo.print (soilmoisturepercent6);
465     archivo.println (" % ");
466     archivo.println ("S7 ");
467     archivo.print (soilmoisturepercent7);
```

```
468     archivo.print (" %");
469     archivo.print(" , ");
470     archivo.print("S8 ");
471     archivo.print(soilmoisturepercent8);
472     archivo.println (" % ");
473
474     i=i+1;
475
476 }
477 else {
478     Serial.println("Error apertura de datos.txt");
479     lcd.clear();
480     lcd.setCursor(0,0);
481     lcd.print("NO GUARDANDO!!");
482     lcd.setCursor(0,1);
483     lcd.print("ERROR en ARCHIVO");
484 }
485
486     delay(58000);
487 //delay de 58 seg xq hasta dar la vuelta se cumple casi un minuto, error de +-2 seg
488
489
490     if ( fecha.hour() == 22 && fecha.minute() == 20 ){
491         //DEJAR CERRANDO TODOS LOS EVENTOS°
492         event_init1 = true;
493         event_end1 = true;
494         event_init2 = true;
495         event_end2 = true;
496         event_init3 = true;
497         event_end3 = true;
498         event_init4 = true;
499         event_end4 = true;
500         archivo.println("FIN ESCRITURA");
501         archivo.close();
502     }
503 }
```

## 14.8 Programación de Comunicación Entre Arduino y Esp8266

```

#include <SoftwareSerial.h> //librería del Software Serial

SoftwareSerial SerialNodeMCU (19, 18); //Asignación de pines de conexión

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio de monitor serial
  SerialNodeMCU.begin(9600); //Inicio del módulo Esp8266
}

void loop() {
  if (SerialNodeMCU.available()){
    char c = SerialNodeMCU.read();
    Serial.write(c);
  }

  if(Serial.available()){
    char c = Serial.read();
    SerialNodeMCU.write(c);
  }
}

```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio del Monitor Serial
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, D5, D6); //Pines de conexión del NodeMCU
}

void loop() {
  int serial=digitalRead(31); //variable de almacenamiento de datos

  if (Serial1.available()){
    char c = Serial1.read();
    Serial.write(c);
  }

  if (Serial.available()){
    char c = Serial.read();
    Serial1.write(c);
  }
}

```

## 14.9 Configuración de la Plataforma ThingSpeak

### Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 2125411

Name Envío de Datos

Description

Field 1 hum

Field 2 temp

Field 3 humSuelo

Field 4

Field 5

Field 6

Field 7

Field 8

## 14.10 Programación de Envío de Datos a ThingSpeak

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <WiFiServer.h>
#include <ThingSpeak.h>

WiFiClient client;

const char* ssid = "Nettplus_Foraneo"; //Nombre de la red WiFi
const char* pass = "395122-tene"; //Contraseña de la red WiFi

unsigned long myChannelNumber = 2125411; //ID de la página de ThingSpeak
const char* myWriteAPIKey = "PEROH5BU8Y6IJKTJ"; //APIKey de ThingSpeak

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio del Monitor Serial
  ThingSpeak.begin(client); //Inicio de la plataforma ThingSpeak

  WiFi.begin(ssid, pass); //Inicio de conectividad de red WiFi
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){ //Condición de conectividad
    delay(5000); //tiempo de espera
    Serial.println("Conectando a red WiFi... "); //mensaje de aviso
  }
}

void loop() {
  float temp = 11.0; //Variable de temperatura ambiente
  float hum = 90.0; //variable de humedad ambiente
  float humSuelo = 90.8; //Variable de temperatura de suelo

  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, temp, myWriteAPIKey);
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 2, hum, myWriteAPIKey);
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 3, humSuelo, myWriteAPIKey);

  delay (3000);
}
```

## 14.11 Evidencias Fotográficas

**Figura 49**

*Estructura del Invernadero*



**Figura 50**

*Irrigación de Forraje Verde*



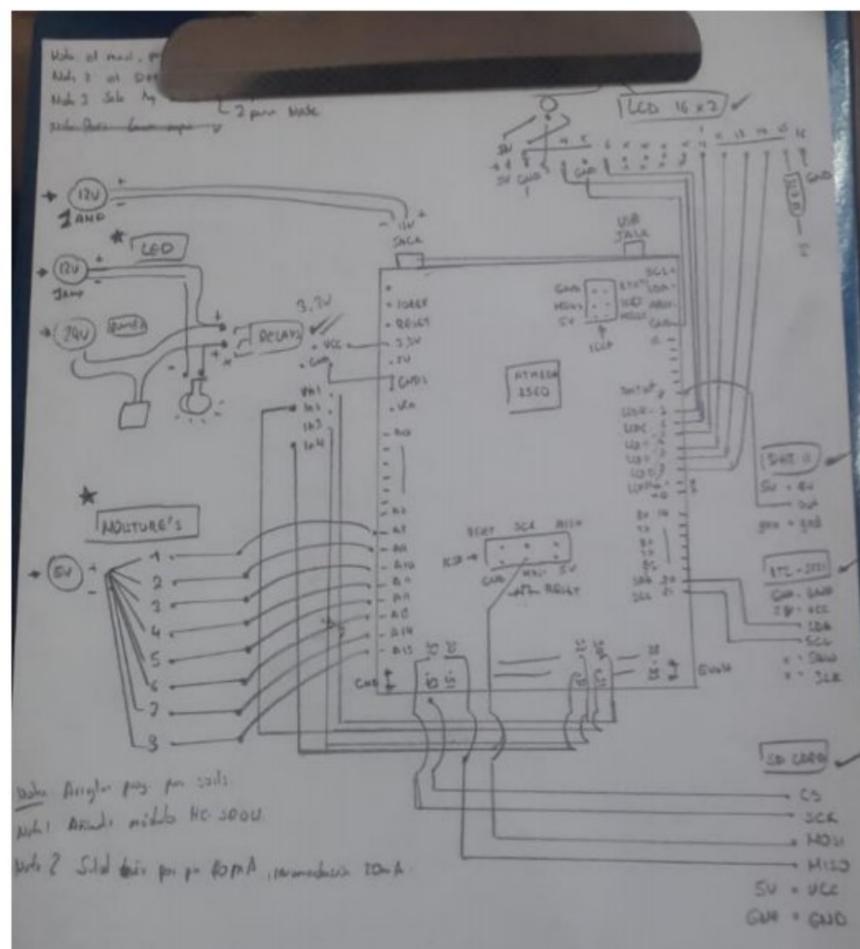
**Figura 51**

*Sistema de Irrigación, Bomba y Pulverizadores*



**Figura 52**

*Esquematación de Conexión de los Sensores al Arduino Mega*



**Figura 53**

*Fase de Crecimiento del Cultivo de Forraje*





**Figura 54**

*Circuito de Prueba en Protoboard*

