



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad de suelo para un invernadero de producción de tomate riñón.**

Alulema Taipe, Nelly Vanessa

Departamento de Eléctrica y Electrónica.

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

Latacunga

02 de septiembre 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad de suelo para un invernadero de producción de tomate riñón”** fue realizado por la señorita **ALULEMA TAIPE, NELLY VANESSA** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de septiembre de 2021



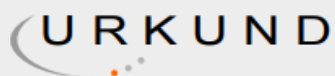
firmado electrónicamente por:  
**ZAHIRA ALEXANDRA  
PROANO CANIZARES**

---

**Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra**

**C.C.: 0502272131**

## REPORTE DE VERIFICACIÓN



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** ALULEMANELLY\_CAPITULOI\_RECOMENDACIONES.docx  
(D112030782)  
**Submitted:** 9/3/2021 3:41:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 9 %

#### Sources included in the report:

Monografía\_Calvopiña\_Toapanta\_Anderson.pdf (D98777280)  
PROYECTO.FINAL-GRUPO04.pdf (D46945404)  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2581/1/T-UCE-0011-96.pdf>  
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/20.500.11799/67814/1/Tesis+Jessica+S%C3%A1nchez+Arrazola.pdf>  
<https://eltallerdealexis.files.wordpress.com/2015/12/avance-1-monografia.pdf>  
<https://docplayer.es/24611960-Universidad-regional-autonoma-de-los-andes.html>  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/13533/1/Eddy%20Romeo%20L%C3%B3pez%20Ordo%C3%B1ez.pdf>

#### Instances where selected sources appear:

23



firmado electrónicamente por:  
**ZAHIRA ALEXANDRA  
PROAÑO CAÑIZARES**

---

**Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra**

**C.C.: 0502272131**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN**

**INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, ***Alulema Taipe, Nelly Vanessa***, con cédula de ciudadanía **N° 1725894560**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO CONTROLADO MEDIANTE ARDUINO UNO Y UN SENSOR HIGRÓMETRO DE HUMEDAD DE SUELO PARA UN INVERNADERO DE PRODUCCIÓN DE TOMATE RIÑÓN**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 03 de septiembre del 2021**

---

**Alulema Taipe, Nelly Vanessa**

**C.C.: 1725894560**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN**

**INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo ***Alulema Taipe, Nelly Vanessa***, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO CONTROLADO MEDIANTE ARDUINO UNO Y UN SENSOR HIGRÓMETRO DE HUMEDAD DE SUELO PARA UN INVERNADERO DE PRODUCCIÓN DE TOMATE RIÑÓN** en el repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 03 de septiembre del 2021**

.....  
**Alulema Taipe, Nelly Vanessa**

**C.C.: 1725894560**

## **Dedicatoria**

A mi padre Daniel, ya que con el apoyo y esfuerzo que me brindo he logrado culminar mis estudios, por sus consejos, cariño, ejemplo y sacrificio para que no me faltara nada en mi proceso como estudiante, persona y hoy en día como un profesional.

A mi madre Nelly quien supo darme sus consejos, palabras de aliento para poder llegar a donde estoy, por cuidarme y siempre estar ahí en los momentos cuando más la necesito.

A mis hermanos Juan, Ximena, Marcia, Maricela, Daniel y Tania que siempre estuvieron ahí con sus consejos y sobre todo compartiendo sus conocimientos para poder aprender y salir adelante.

A mis sobrinos y sobrinas quienes, a través de sus locuras, alegrías y cariño me contagiaron de entusiasmo y supieron cómo sacarme una sonrisa.

NELLY VANESSA ALULEMA TAIBE

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme sabiduría, salud y cuidarme en cada uno de los pasos y momentos que atravesé en el transcurso de mi carrera y mi vida.

A mi Padre, Madre, Hermanos y Sobrinos  
por el apoyo incondicional, cariño,  
sacrificio y comprensión que me mostraron  
a lo largo de mi vida.

A cada uno de mis profesores por compartirme  
sus conocimientos tanto teóricos como  
prácticos, consejos y su desempeño en el  
ámbito laboral y como profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,  
por prestarme sus instalaciones para poder  
aprender y desarrollarme como profesional.

A cada uno de mis amigos con los que  
compartí buenos momentos y aprendí  
en el transcurso de mi carrera

NELLY VANESSA ALULEMA TAIPE

**Tabla de Contenido**

<b>Carátula</b> .....	1
<b>Certificación</b> .....	2
<b>Reporte de verificación</b> .....	3
<b>Responsabilidad de autoría</b> .....	4
<b>Autorización de publicación</b> .....	5
<b>Dedicatoria</b> .....	6
<b>Agradecimiento</b> .....	7
<b>Tabla de Contenido</b> .....	8
<b>Índice de figuras</b> .....	12
<b>Índice de tablas</b> .....	14
<b>Resumen</b> .....	15
<b>Abstract</b> .....	16
<b>Tema</b> .....	17
<b>Antecedentes</b> .....	17
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	18
<b>Justificación</b> .....	18
<b>Objetivos</b> .....	19
<b>Objetivo general</b> .....	19
<b>Objetivos específicos</b> .....	19
<b>Alcance</b> .....	19



<b>Marco teórico</b> .....	20
<b>Sistema Automatizado</b> .....	20
<b>Sistema de Control</b> .....	20
<i>Elementos de un sistema de control</i> .....	20
<i>Tipología de sistema de control</i> .....	21
<b>Microprocesadores</b> .....	23
<i>Ventajas y desventajas de los microprocesadores</i> .....	23
<b>Microcontroladores</b> .....	23
<i>Ventajas y desventajas de los microcontroladores</i> .....	23
<i>Lenguaje de programación de microcontroladores</i> .....	24
<b>Autómatas programables</b> .....	24
<i>Ventajas y desventajas de los autómatas programables</i> .....	25
<i>Lenguaje de programación de los autómatas programables</i> .....	25
<b>Sistema de riego automatizado</b> .....	26
<b>Sensor</b> .....	26
<i>Clasificación de los sensores</i> .....	27
<b>Sistema de riego</b> .....	29
<i>Tipos de sistema de riego</i> .....	30
<b>Actuadores</b> .....	34
<i>Modulo Relé</i> .....	34
<i>Bomba</i> .....	35

	10
<b>Pantalla LCD</b> .....	35
<b>Protección IP</b> .....	36
<i>Interpretación del código IP</i> .....	36
<b>Otras definiciones</b> .....	37
<i>Abrasión</i> .....	37
<i>Corrosión</i> .....	37
<b>Desarrollo del tema</b> .....	39
<b>Características del proceso</b> .....	39
<b>Operación del proceso</b> .....	39
<b>Selección del hardware</b> .....	41
<i>Sensor de humedad de suelo</i> .....	41
<i>Sensor de temperatura</i> .....	42
<i>Modulo relé</i> .....	42
<b>Selección de software</b> .....	43
<i>Programación Arduino</i> .....	43
<i>Diagrama de flujo de la programación</i> .....	43
<i>Tabla de variables del Arduino</i> .....	44
<i>Programación en Arduino</i> .....	44
<b>Conexiones físicas de los dispositivos</b> .....	48
<i>Diagrama de conexión</i> .....	48
<i>Diagrama de fuerza</i> .....	49

<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	50
<b>Conclusiones</b> .....	50
<b>Recomendaciones</b> .....	50
<b>Bibliografía</b> .....	52
<b>Anexos</b> .....	55

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto.....</i>	<i>22</i>
<b>Figura 2</b>	<i>Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado.....</i>	<i>22</i>
<b>Figura 3</b>	<i>Sensor higrométrico.....</i>	<i>28</i>
<b>Figura 4</b>	<i>Sensor DHT-11.....</i>	<i>29</i>
<b>Figura 5</b>	<i>Sistema de Riego Californiano.....</i>	<i>30</i>
<b>Figura 6</b>	<i>Sistema de Riego por Goteo.....</i>	<i>31</i>
<b>Figura 7</b>	<i>Goteros.....</i>	<i>32</i>
<b>Figura 8</b>	<i>Sistema de Riego por Aspersión.....</i>	<i>33</i>
<b>Figura 9</b>	<i>Tipos de Aspersores.....</i>	<i>33</i>
<b>Figura 10</b>	<i>Sistema de Riego por Microaspersión .....</i>	<i>34</i>
<b>Figura 11</b>	<i>Modulo relé.....</i>	<i>35</i>
<b>Figura 12</b>	<i>Bomba de agua .....</i>	<i>35</i>
<b>Figura 13</b>	<i>Pantalla LCD.....</i>	<i>36</i>
<b>Figura 14</b>	<i>Código IP.....</i>	<i>37</i>
<b>Figura 15</b>	<i>Diagrama de bloques humedad.....</i>	<i>40</i>
<b>Figura 16</b>	<i>Diagrama de bloques temperatura.....</i>	<i>40</i>
<b>Figura 17</b>	<i>Diagrama de flujo de la programación del Arduino.....</i>	<i>43</i>
<b>Figura 18</b>	<i>Declaración de variables.....</i>	<i>44</i>
<b>Figura 19</b>	<i>Asignación pines LCD.....</i>	<i>45</i>
<b>Figura 20</b>	<i>Declaración de constantes.....</i>	<i>45</i>
<b>Figura 21</b>	<i>Programación void setup .....</i>	<i>45</i>
<b>Figura 22</b>	<i>Lectura de datos del sensor dth11 .....</i>	<i>46</i>
<b>Figura 23</b>	<i>Declaración de tipo de dato. ....</i>	<i>46</i>
<b>Figura 24</b>	<i>Transformación de ° C a ° F.....</i>	<i>46</i>

<b>Figura 25</b> <i>Datos del sensor de temperatura</i> .....	47
<b>Figura 26</b> <i>Condiciones del sistema</i> .....	47
<b>Figura 27</b> <i>Condición para apagar la bomba</i> .....	48
<b>Figura 28</b> <i>Mostrar datos y estado de la bomba en el LCD.</i> .....	48
<b>Figura 29</b> <i>Diagrama de conexión</i> .....	49
<b>Figura 30</b> <i>Diagrama de fuerza</i> .....	49

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y desventajas de los microprocesadores</i> .....	23
<b>Tabla 2</b> <i>Ventajas y desventajas de los microcontroladores</i> .....	24
<b>Tabla 3</b> <i>Ventajas y desventajas de los autómatas programables</i> .....	25
<b>Tabla 4</b> <i>Características técnicas de la tarjeta Arduino UNO</i> .....	41
<b>Tabla 5</b> <i>Características técnicas del sensor de humedad</i> .....	42
<b>Tabla 6</b> <i>Características técnicas del sensor de temperatura</i> .....	42
<b>Tabla 7</b> <i>Características técnicas del módulo relé</i> .....	43
<b>Tabla 8</b> <i>Variables del Arduino</i> .....	44

## **Resumen**

La presente tesis titulada “Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad de suelo para un invernadero de producción de tomate riñón”, la cual se realizó con el fin de utilizar y sacar provecho a la tecnología que hoy en día se presenta, así también facilitar las actividades dentro de la labor agrícola. Este sistema está conformado por una tarjeta Arduino UNO el cual mediante su software de programación permite realizar cada una de las operaciones dentro del control del sistema y así también el monitoreo de cada uno de los sensores a utilizar. El sistema consta de una pantalla LCD para visualizar los datos emitidos por el sensor de humedad de suelo y el sensor de temperatura ambiente, así también de un módulo relé el cual permite el accionamiento de la bomba de acuerdo a la cantidad de humedad del suelo, de la misma manera posee dos luces pilotos las cuales permiten mostrar las condiciones específicas del sistema. Las acciones del sistema son: el sensor mide la cantidad de humedad del suelo, enviando su dato a la tarjeta de Arduino y está a su vez envía una señal al módulo relé el cual activa o desactiva la bomba de acuerdo a la cantidad de humedad y mostrando en la pantalla del LCD.

Palabras clave:

- **RIEGO AUTOMATIZADO**
- **HUMEDAD DEL SUELO**
- **TEMPERATURA AMBIENTE**

**Abstract**

This thesis entitled "Implementation of an automated drip irrigation system controlled by Arduino UNO and a soil moisture hygrometer sensor for a greenhouse production of kidney tomato", which was carried out in order to use and take advantage of the technology that today is presented, as well as facilitate the activities within the agricultural work. This system consists of an Arduino UNO card which through its programming software allows to perform each of the operations within the system control and also the monitoring of each of the sensors to be used. The system consists of an LCD screen which allows to visualize the data emitted by the soil moisture sensor and the ambient temperature sensor, as well as a relay module which allows the activation of the pump according to the amount of soil moisture, in the same way it has two pilot lights which allow to show the specific conditions of the system. The actions of the system are: the sensor measures the amount of soil moisture, sending its data to the Arduino board and this in turn sends a signal to the relay module which activates or deactivates the pump according to the amount of moisture and displaying on the LCD screen.

Keywords:

- **AUTOMATED IRRIGATION**
- **SOIL MOISTURE**
- **AMBIENT TEMPERATURE**



## CAPÍTULO I

### 1. Tema

Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad de suelo para un invernadero de producción de tomate riñón.

#### 1.1 Antecedentes

Los riegos agrícolas, desde la antigüedad se los ha realizado de forma manual, pero a través de los años el hombre se ha visto en la necesidad de realizar ajustes en los sistemas de producción y ponerse a la mano con la tecnología.

Por este motivo en la actualidad y a lo largo de los años se han desarrollado proyectos automatizados dentro de la agricultura con el fin de mejorar la producción agrícola, creando una gran variedad de sistemas de riego, así también mediante sensores los cuales permiten monitorear la humedad del suelo.

Existen diversos proyectos realizados dentro de este tema, entre los cuales se puede mencionar:

Los autores (Heredia Fernández & Sánchez Manayalle, 2018), realizaron la tesis titulada “Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para terrenos de cultivo de espárragos del Fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandía provincia de Chepén - departamento de La Libertad” determina que el desarrollo económico y social de un país depende de las posibilidades de alcanzar una producción agropecuaria adecuada a sus necesidades. Para lograr esos niveles de producción se requiere incorporar proyectos de riego tecnificado y la búsqueda de nuevas alternativas de generación eléctrica.

El autor (Quispe, 2018). En su tesis titulada “Diseño de un sistema de riego automatizado por aspersion para viveros de café utilizando la tecnología Arduino en la empresa viveros Ortiz” determina que el riego automatizado por aspersion utilizando la tecnología Arduino mejorará el tiempo de trabajo y ahorro de agua.

De la investigación realizada se considera importante la implementación de un sistema automatizado de riego en un invernadero de producción de tomate riñón.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Este proyecto se enfoca en minimizar las anomalías que existen en la agricultura como es el desperdicio del agua que se genera al realizar el riego de cultivos de manera manual, ya que el sector agrícola es el principal partícipe en el desgaste del agua y así también dando un uso ineficiente.

Para evitar dichos problemas se ve en la necesidad de implementar un sistema automatizado de riego por goteo controlado por un Arduino y un sensor de humedad para un invernadero de producción de tomate riñón.

## **1.3 Justificación**

Los avances tecnológicos han ido mejorando de acuerdo con las necesidades de las personas los cuales permiten mejorar, construir o adaptar un sistema el cual sea más práctico, sencillo y económico y así genere un impacto beneficioso para el ser humano y también mostrarse de una manera positiva al medio ambiente.

Este sistema permitirá mantener a las plantas con la cantidad de agua adecuada y necesaria, de acuerdo a la humedad del suelo, así también ayudará a mejorar la producción de productos de calidad ya que cuenta con la suficiente agua necesaria.

Es así como al implementar este sistema automatizado de riego permitirá un control de regadío del agua exacto de acuerdo con la cantidad de humedad del suelo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Implementar un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad de suelo para un invernadero de producción de tomate riñón.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el requerimiento de la cantidad de agua necesaria para los cultivos de tomate riñón.
- Analizar cada una de las características técnicas del sensor de humedad higrómetro.
- Desarrollar la programación adecuada para el Arduino el cual ayudará a monitorear la cantidad de humedad presente en el suelo.

## **1.5 Alcance**

El presente proyecto técnico será implementado en un invernadero de cultivos de tomate riñón ubicado en la parroquia de Sangolquí, garantizando el uso adecuado del agua de acuerdo con el sensor de humedad, ofreciendo un sistema automatizado de regadío controlado por un Arduino UNO.

Este sistema automatizado permitirá ahorrar el tiempo de los agricultores al momento de realizar el regadío.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Sistema Automatizado

Según el autor Laverde Mena (2016), un sistema automatizado es aquel que permite transferir tareas de producción, realizadas de manera habitual por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, en la actualidad la automatización es de gran ayuda para las pequeñas y grandes industrias las cuales han ocasionado grandes avances en el cumplimiento de diversas tareas, permitiendo así que sus producciones sean más eficientes y competitivas dentro del mercado.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómeta programable, el cual ordena o controla las tareas de la parte operativa.
- **Parte Operativa:** son aquellos elementos que actúan directamente sobre la maquina haciendo que se mueva o realice una acción determinada.

#### 2.2 Sistema de Control

Para Bahón & Giner (2004), un sistema de control es aquel sistema constituido por un conjunto de elementos conectados de forma que permiten regular o mandar otro sistema, denominado planta o proceso, estos sistemas ayudan a dirigir el funcionamiento de cualquier sistema o maquina con la mejor eficiencia y eficacia mediante dispositivos o elementos físicos, siendo también capaces de controlar sus movimientos por sí mismos sin la necesidad de la intervención de factores externos.

##### 2.2.1 Elementos de un sistema de control

- **Proceso:** es el conjunto de operaciones que van a suceder y que van a tener un fin determinado dentro del sistema de control.

- **Actuador:** es el encargado de actuar sobre el proceso o maquina en función de la señal recibida del amplificador.
- **Amplificador:** elemento que aumenta la amplitud o intensidad de un fenómeno, el cual tiene como finalidad amplificar la señal de error con objeto de que alcance un nivel suficiente para excitar el actuador.
- **Comparador:** elemento que compara la señal controlada con la señal de referencia para proporcionar la señal de error.
- **Generador del valor de referencia o consigna:** genera una señal análoga a la señal de salida que se quiere gobernar; esta señal de referencia es la encargada de imponer el valor deseado en la salida.
- **Transductor:** dispositivo que transforma un tipo de energía en otro más apto para su utilización. Si la energía transformada es en forma eléctrica se llama sensor.
- **Acondicionador de señales:** Capta la señal transformada por el transductor a los niveles adecuados del comparador.
- **Controlador:** elemento de los sistemas digitales que incluye las funciones del comparador, el amplificador y el acondicionador de señales.

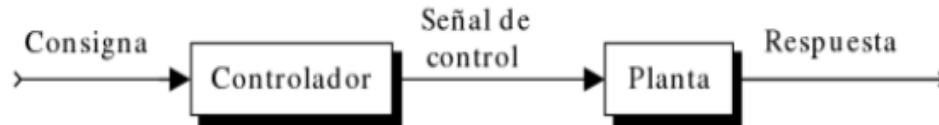
### ***2.2.2 Tipología de sistema de control***

- **Sistema de control de lazo abierto**

Para los autores Bahón & Giner (2004), un sistema de control de lazo abierto es un esquema en el cual la salida del proceso a controlar no afecta a la acción de control dentro del sistema, por lo que este tipo de control es muy sensible a perturbaciones y vibraciones, en la figura se puede observar un ejemplo de sistema de control de lazo abierto.

### Figura 1

Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto.



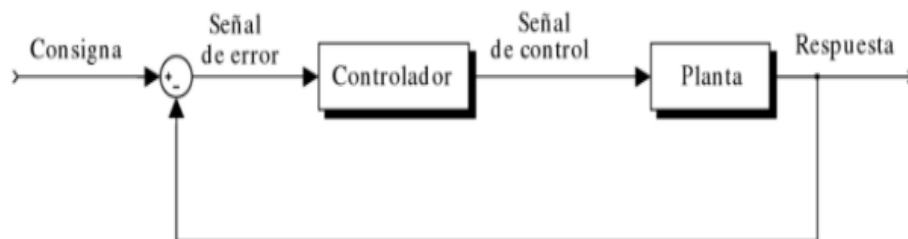
*Nota.* en la siguiente figura se puede observar mediante un diagrama de bloques cada etapa de un sistema de control lazo abierto. Tomado de (Bahón & Giner, 2004).

- **Sistema de Control de lazo cerrado**

Según los autores Bahón & Giner (2004), un sistema de lazo cerrado es un mecanismo en el cual se utiliza diferentes tipos de sensores como mecánicos, eléctricos o biológicos, definiéndolo como el uso de una diferencia de señales determinadas, comparando el valor real de la variable de proceso y el deseado como medio para controlar el sistema, en la figura se puede observar un ejemplo de sistema de control de lazo abierto.

### Figura 2

Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado.



*Nota.* en la siguiente figura se puede observar mediante un diagrama de bloques cada etapa de un sistema de control lazo cerrado. Tomado de (Bahón & Giner, 2004).

## 2.3 Microprocesadores

Un microprocesador o también llamado CPU es un circuito integrado central de un sistema informático, el cual trabaja recibiendo instrucciones y procesándolas para enviarlas a su destino. Cada una de las instrucciones del ordenador pasan por el microprocesador, por lo que el funcionamiento de este determina en gran medida, la velocidad a la que el ordenador va a realizar las órdenes.

### 2.3.1 Ventajas y desventajas de los microprocesadores

**Tabla 1**

*Ventajas y desventajas de los microprocesadores*

MICROPROCESADOR	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Realiza operaciones aritméticas y lógicas.	Limitación de tamaño de datos.
Velocidad de operación rápida.	Tiempo de desarrollo lento.
Susceptibles a la interferencia electromagnética debido a su tamaño.	Se recalientan.
Mueve datos rápidamente entre los distintos lugares de la memoria.	

*Nota.* Tomado de (Carlos & Molina, n.d.)

## 2.4 Microcontroladores

Según el autor Bermeo (2007), un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene componentes, los cuales tiene la capacidad de llevar a cabo procesos lógicos, estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador realizado por el usuario el cual es introducido mediante un programador.

Sus pines de entradas y salidas se utilizan para conectar motores, relays, actuadores, etc. Una vez que el microcontrolador este programado se encarga de ejecutar de manera correcta cada una de las tareas encomendadas.

### 2.4.1 Ventajas y desventajas de los microcontroladores

**Tabla 2***Ventajas y desventajas de los microcontroladores*

<b>MICROCONTROLADOR</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Son de bajo costo.	Necesita mayor conocimiento en el tipo de programación.
Se adaptan mejor en aplicaciones específicas de manera rápida y eficiente.	
Existen varios softwares para realizar la programación.	
Reduce el espacio de implementación ya que es un solo circuito integrado.	
Existen una gran variedad de microcontroladores en el mercado.	

*Nota.* Tomado de (Bermeo, 2007)

#### **2.4.2 Lenguaje de programación de microcontroladores**

Según el autor Bermeo (2007), menciona que se han desarrollado todo tipo de lenguajes de programación para los microcontroladores, pero los más usados son el Ensamblador, el BASIC y el C++. Los programas escritos en Ensamblador son compactos y rápidos, sin embargo, utiliza procesos inteligibles y si no están bien confeccionados resultarán de gran tamaño y lentos.

Los lenguajes de alto nivel como el BASIC y el C++ son más fáciles de comprender y por tanto de diseñar, pero como toda máquina digital, el microcontrolador es capaz de entender exclusivamente el lenguaje binario grabado en la memoria. Los compiladores son programas que se encargan de traducir el programa de trabajo escrito en cualquier lenguaje a código máquina para luego grabarlo en la memoria del microcontrolador y ejecutarlo.

#### **2.5 Autómatas programables**

Según el autor Mayol i Badía (1988) el autómata programable es un equipo electrónico destinado a automatizar las operaciones secuenciales propias de un proceso productivo, es por ello que es una herramienta importante para automatizar



muchos de los procesos de todo tipo de industrias: mecánicas, electrónicas, confección, del papel, químicas, etc.

### **2.5.1 Ventajas y desventajas de los autómatas programables**

A continuación, se definirá algunas de las principales ventajas y desventajas de los autómatas programables:

**Tabla 3**

*Ventajas y desventajas de los autómatas programables*

<b>Autómatas programables</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Control más preciso.	Mayor costo.
Mayor rapidez de respuesta.	Mano de obra especializada.
Flexibilidad en control de procesos complejos.	Condiciones ambientales apropiadas.
Mejor monitoreo del funcionamiento.	
Detección rápida de averías y tiempos muertos.	
Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómata.	

*Nota. Tomado de (Mayol i Badía, 1988)*

### **2.5.2 Lenguaje de programación de los autómatas programables**

Según el autor Mayol i Badía (1988), el lenguaje de programación de los autómatas programables es de acuerdo a cada fabricante, se puede considerar que existen dos grupos:

- **Lenguaje de esquema de contactos (Ladder diagram)**

Es un lenguaje gráfico el cual mediante símbolos representando contactos, solenoides, enlaces, etc., identificando la correspondiente dirección de una variable de entrada o salida y combinados convenientemente, permite definir la condición de estado de la variable de salida, los símbolos que se emplean corresponden a la convención americana según normas NEMA para la representación de esquemas eléctricos.

- **Lenguaje de booleanos**

Este lenguaje recibe el nombre de booleanos ya que proporcionan un medio literal para la transcripción directa de las ecuaciones de Boole o funciones lógicas que definen una secuencia de control, las instrucciones que definen los operadores lógicos fundamentales se completan con otras expresiones necesarias para describir funciones de temporización, contaje, manejo de datos, operaciones aritméticas, etc.

## **2.6 Sistema de riego automatizado**

El autor Laverde Mena (2016), menciona que un sistema de riego automatizado está conformado por varios elementos como sensores y equipos programables los cuales ayudan al regadío de cualquier tipo de cultivos, mediante ordenes que son asignadas por un dispositivo capaz de realizar este proceso, como la hora en que se necesita el regadío o al momento que el cultivo necesita la cantidad de agua necesaria.

Este sistema permite optimizar el uso del agua en los cultivos mediante sensores que miden la humedad y la temperatura en la zona donde está la planta, el beneficio es regar cuando se ha excedido una humedad y temperatura determinada la cual es proporcionada por los sensores o de igual maneja ya sea por los escasos de los mismos, con lo que se garantiza una mejora dentro de la agricultura, otro beneficio es que permite una mejor vida a los agricultores.

## **2.7 Sensor**

Según el autor Laverde Mena (2016) los sensores son dispositivos electrónicos que tiene la capacidad de medir magnitudes físicas y químicas llamadas variables de retorno y las transformadas de variables eléctricas para así enviar la información al sistema de control, existen una variedad de sensores los cuales ayudan a la automatización de cualquier tipo de sistema de riego, mejorando su funcionamiento y de esta manera evitar el desperdicio de agua en los cultivos.

A continuación, se mencionan los diferentes tipos de sensores que existen dentro de un sistema de riego:

### **2.7.1 Clasificación de los sensores**

- **Tipo de señal**
  - **Digitales:** frente a un estímulo cambian de valores, de cero a uno o de uno a cero.
  - **Analógicas:** pueden reconocer rangos de valores de medida variables en el tiempo.
  - **Temporales:** se entrega una señal variable durante un lapso de tiempo.
- **Principio de funcionamiento**
  - **Activos:** generan señales de forma activa, sin requerir ninguna fuente de alimentación.
  - **Pasivos:** Requieren de una fuente de alimentación auxiliar para generar magnitudes medibles.
- **Tipo de variable que miden**
  - **Sensor de humedad**

Para los autores Condori & Serpa (2017), el sensor de humedad es un sensor el cual permite medir la humedad del suelo dentro del área de riego de un cultivo. No tiene la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero eso no es necesario para controlar un sistema de riego y son ampliamente empleados en sistemas automáticos de riego.

### Figura 3

#### *Sensor higrométrico*



*Nota.* en la figura a se muestra el sensor de humedad el cual permite medir la cantidad de humedad y en la figura b se observa el módulo del sensor el cual va conectado a la placa Arduino. Tomado de (Condori & Serpa, 2017)

- **Sensor de temperatura**

Para el autor Laverde Mena (2016), el sensor de temperatura es un tipo de sensor usado para la detección de incendios o en la regulación de sistemas de calefacción, este sensor es también utilizado para el riego de cultivos mediante la medición de temperatura del ambiente el cual dependiendo de la cantidad de temperatura y como este programado el sistema empieza el riego de agua.

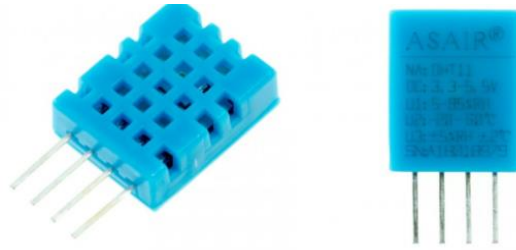
Existen distintos tipos de sensores de temperatura según su principio de funcionamiento.

- **Termistor:** semiconductor que se comporta como un “resistor térmico” el cual al momento de presentar un cambio pequeño de temperatura se evidencia un gran cambio en el valor de su resistencia.
- **Termopar:** es un tipo de sensor que mide la temperatura, el cual suministra una señal de tensión eléctrica que se relaciona directamente de la temperatura, este tipo de sensor no necesita de una fuente de alimentación para su funcionamiento.

- **Detector resistivo de temperatura:** es un dispositivo común para realizar mediciones de temperatura en una gran variedad de aplicaciones industriales.

#### Figura 4

Sensor DHT-11



*Nota.* en la siguiente figura se observa el sensor de DHT-11 el cual corresponde a un sensor de temperatura. Tomado de (Sensor de Temperatura y Humedad DHT11, n.d.)

- **Sensor de lluvia**

Este sensor permite detectar un ambiente de lluvia el cual se encarga de que el sistema se apague de manera automática en caso de que el mismo esté en funcionamiento (Laverde Mena, 2016).

### 2.8 Sistema de riego

Según el autor Tapia (2014), el riego se puede definir como la distribución de agua de una manera artificial, en lugar del fenómeno natural conocido como lluvia, el cual tiene como finalidad proporcionar la cantidad necesaria de agua para que los cultivos agrícolas puedan sobrevivir y desarrollarse de una mejor manera.

Hoy en día existen diferentes métodos para realizar el riego de cultivos, los cuales varían de acuerdo al costo, facilidades de uso y eficiencia, teniendo la misma

finalidad como es proporcionar la cantidad de agua necesaria, así también facilitar las actividades del agricultor.

### **2.8.1 Tipos de sistema de riego**

Se puede distinguir los siguientes tipos de sistema de riego, los cuales a lo largo de los años se han ido tecnificando de manera continua a mano con la tecnología de hoy en día, entre los tipos de riego más comunes con los siguientes:

- **Riego californiano**

Según el autor Tapia (2014), el sistema de riego californiano se basa en la distribución de agua en los cultivos mediante el uso de redes de tuberías, desde la fuente hídrica como: tanques, canales, pozos, embalses, etc., hasta terminar con el regadío del terreno. El sistema de riego remplace las acequias madres o riego tradicional, las cuales tienen características de mayor flexibilidad y asentamiento en el terreno.

#### **Figura 5**

*Sistema de Riego Californiano*



*Nota.* en la figura se muestra el sistema de riego californiano que se realizan en los cultivos. Tomado de (Tapia, 2014).

Los sistemas de riego californiano se dividen en móviles y fijos:

- En los sistemas móviles las tuberías son trasladadas dependiendo de la necesidad tanto del agricultor como del regadío de los cultivos.
- En los sistemas fijos las tuberías van enterradas, en cada comienzo de los huertos en las cuales existe una válvula que permite la salida de agua al surco.

- **Riego por goteo**

Para el autor Tapia (2014), el riego por goteo permite aplicar tanto agua filtrada y fertilizantes directamente sobre los cultivos facilitando el trabajo de los agricultores al momento de realizar el regadío, este tipo de riego permite eliminar la aspersion del agua que fluye sobre la superficie de los cultivos; permitiendo que el agua liberada bajo presión del punto de emisión, moje el suelo de forma establecida.

El agua es transportada a través de tuberías hacia cada planta del cultivo donde el agua es expulsada en forma de gotas mediante goteros. Estos emisores (goteros), son los que disipan la presión del sistema de regadío por medio de un orificio de pequeño diámetro, permitiendo descargar al suelo solo unos pocos litros por hora en cada emisor.

### **Figura 6**

*Sistema de Riego por Goteo*



*Nota.* en la figura se muestra el sistema de riego por goteo en cultivos. Tomado de (Tapia, 2014).

## Goteros

Los goteros son dispositivos mediante los cuales el agua pasa de la red principal de la tubería a cada planta de los cultivos y su función es entregar caudales en forma lenta y uniforme. Su funcionamiento radica en hacer pasar el agua desde el sistema al suelo a través de pequeños orificios o laberintos de largos recorridos, lo que provoca una pérdida de carga, producto del roce, haciendo que la presión a la salida del gotero tenga un valor cercano a cero.

### **Figura 7**

*Goteros*



*Nota.* en la figura se muestra uno de los tipos de goteros que existen a) goteros de largo recorrido, b) goteros de orificio, c) goteros de cinta. Tomado de (Tapia, 2014).

- **Riego por aspersión**

Según el autor Tapia (2014), el riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia, para obtener este resultado se hace pasar el agua de riego a través de pequeños orificios, necesitando para ello de considerables presiones, obtenidas por equipos de bombeo o por grandes desniveles; debido a la flexibilidad de su uso y el eficiente control en la aplicación del agua, este método permite el riego de una amplia gama de suelos que no pueden ser regados adecuada y eficientemente con métodos tradicionales, tal es el caso de suelos arenosos o muy arcilloso.



## Figura 8

### *Sistema de Riego por Aspersión*

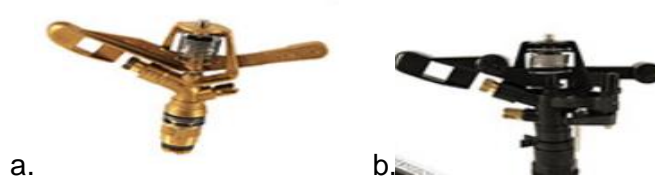


*Nota.* en la figura se muestra cómo se realiza en sistema de riego por aspersión.

Tomado de (Tapia, 2014).

## Figura 9

### *Tipos de Aspersores*



*Nota:* en la figura se muestra los diferentes tipos de aspersores para realizar el riego a) fijos, b) rotatorios. Tomado de (Tapia, 2014).

- **Riego por microaspersores**

El autor Tapia (2014), menciona que el sistema de riego por microaspersión y microjet, consiste básicamente en la aplicación del agua de riego como una lluvia de gotas finas a baja altura y en forma localizada, se lo realiza mediante el uso de emisores llamados microaspersores y microjets (Tapia, 2014).

El microaspersor realiza un movimiento rotatorio con lo que el chorro de agua cubre todo el círculo de humectación, en cambio en el microjet el chorro de agua es fijo o de abanico.

## Figura 10

### *Sistema de Riego Por Microaspersión*



*Nota.* en la figura se muestra cómo se realiza el sistema de riego por microaspersión.

Tomado de (Tapia, 2014).

## **2.9 Actuadores**

Los actuadores son dispositivos mecánicos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos de energía eléctrica y gaseosa, en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

### **2.9.1 Modulo Relé**

Un módulo relé permite controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje, los cuales no pueden ser controlados directamente desde el Arduino, como este módulo se puede controlar motores AC (220V), motores DC, electroválvulas y una gran variedad de actuadores. El relé funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico, el cual, mediante una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos (Zabala, 2017).

## Figura 11

### Modulo relé



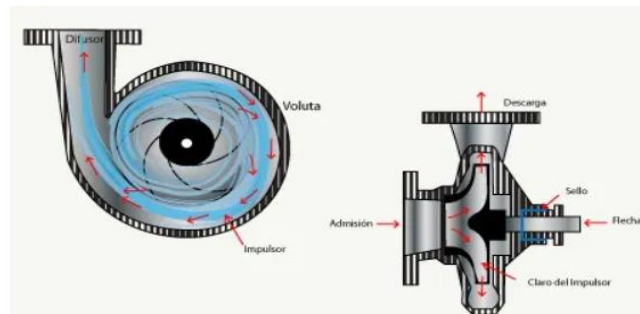
*Nota.* la imagen muestra un módulo relé de un canal el cual muestra sus pines conexión como es contacto abierto y cerrado. Tomado de (Zabala, 2017).

### 2.9.2 Bomba

Se denomina bomba de agua al dispositivo que consigue convertir la energía mecánica en energía de un fluido que ella misma consigue desplazar. Cuando aumenta la energía del fluido (el agua), además logra incrementar su presión, su altura o su velocidad, como se indica en la siguiente figura.

## Figura 12

### Bomba de Agua



*Nota.* En la figura se muestra el proceso de funcionamiento de una bomba  
Funcionamiento de una bomba de agua. Tomado de (Generadores, 2016).

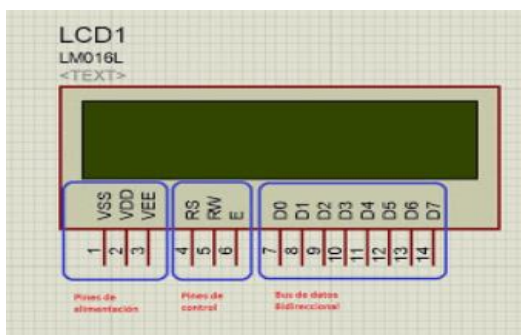
## 2.10 Pantalla LCD

Una pantalla LCD (pantalla de cristal líquido: "pantalla de cristal líquido") es una pantalla plana delgada compuesta de muchos píxeles monocromáticos o de color

colocados frente a una fuente de luz o reflector. Por lo general, se usa en dispositivos electrónicos que funcionan con baterías porque consume muy poca energía.

### Figura 13

*Pantalla LCD*



*Nota.* en la siguiente figura se observa cada uno de los pines de la pantalla LCD.

Tomado de (Ferguson James, 2020).

## 2.11 Protección IP

Grado de protección IP o Ingress Protection hace referencia a la norma europea EN 605297 equivalente a la norma internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional, es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos oídos extraño, contra la penetración de agua o contra los impactos mecánicos exteriores, y que además se verifica mediante métodos de ensayo normalizados.

### 2.11.1 Interpretación del código IP

- Las letras IP, son las siglas Ingress Protection, aparece siempre antes de los valores numéricos.
- La primera cifra indica el grado de resistencia que tiene el dispositivo frente a la entrada de elementos sólidos, principalmente el polvo, los valores oscilan entre cero y seis, como se puede observar en la figura 15.

- La segunda cifra indica el tipo de protección que tiene el equipo frente a los líquidos, habitualmente el agua, los valores oscilan de cero a ocho, como se muestra en la figura 15.

## FIGURA 14

### Código IP



*Nota.* en la siguiente figura se muestra la interpretación del grado de protección.

## 2.12 Otras definiciones

### 2.12.1 Abrasión

Según la tribología y desgaste de materiales U.M.S.N.H (1998), el desgaste abrasivo es el desplazamiento de material causado por la presencia de partículas duras entre o embebidas en una de las dos superficies en movimiento relativo, o por la presencia de protuberancias duras en una o ambas superficies. Una partícula dura puede ser el producto de procesamiento, por ejemplo, minerales como sílice, alúmina u otros, o un fragmento de desgaste endurecido por deformación.

### 2.12.2 Corrosión

Según el autor Salazar (2015), la Corrosión es un término que se utiliza para describir el proceso de deterioro de materiales metálicos (incluyendo tanto metales puros, como aleaciones de estos), mediante reacciones químicas y electroquímicas. La mayoría de procesos de corrosión involucran reacciones de reducción-oxidación (reacciones electroquímicas), donde para que se desarrollen estos procesos, es

necesaria la existencia de tres constituyentes: (1) unos electrodos (un ánodo y un cátodo), (2) un electrolito, como medio conductor, que en la mayoría de casos corresponde de una solución acuosa, y (3) una conexión eléctrica entre los electrodos

## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo del tema

Al implementar un sistema de riego automatizado tiene como objetivo principal evaluar el requerimiento de la cantidad de agua necesaria para los cultivos, apoyándose de una mejor manera en la tecnología electrónica y automatizada que hoy en día brinda una mayor confianza dentro de la sociedad, enfocándose en minimizar las anomalías que existen en la agricultura como es, el desperdicio del agua que se genera al realizar el riego de cultivos de manera manual.

#### 3.1 Características del proceso

- Variables a medir: humedad y temperatura
- El agua no es corrosiva ni abrasiva.
- Humedad del suelo máximo del proceso 80%.
- Humedad de suelo mínimo del proceso 20%.

#### 3.2 Operación del proceso

Se desea implementar un sistema de riego automatizado, controlando el estado de la bomba mediante una tarjeta Arduino UNO y monitorear las variables medidas de cada uno de los sensores a través de un display.

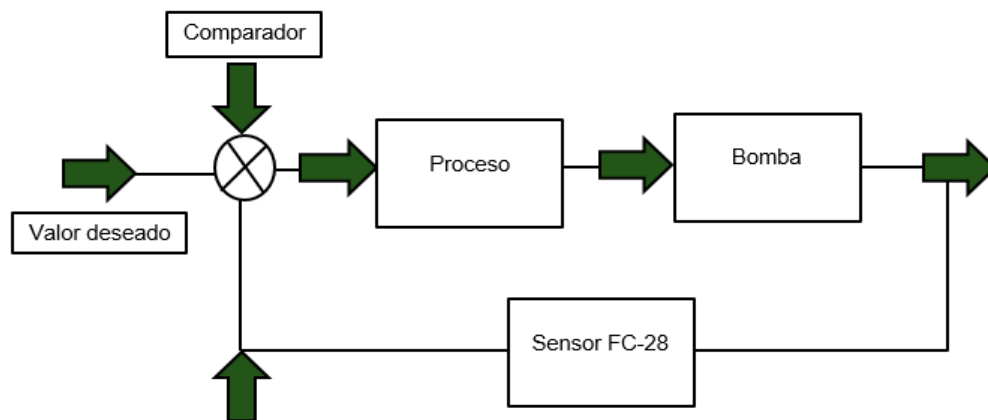
Al iniciar el proceso se debe encender el sistema de riego, los sensores medirán los valores de la humedad del suelo y la temperatura atmosférica, una vez medidos los valores el sistema procederá a realizar los respectivos procesos, tales como si la humedad del suelo está en un 20% la bomba se encenderá y procederá a realizar el riego en los cultivos, una vez alcanzado el valor de la humedad deseada como es el 80% la bomba se apagará y dejará de regar el fluido en los cultivos, de igual

forma el sensor de temperatura atmosférica medirá sus valores y podrán ser visualizados en el display tanto en grados Fahrenheit como en grados Centígrados.

Los valores mínimos y máximos tanto de la humedad del suelo y la temperatura atmosférica es establecido dentro de la programación del microcontrolador.

**Figura 15**

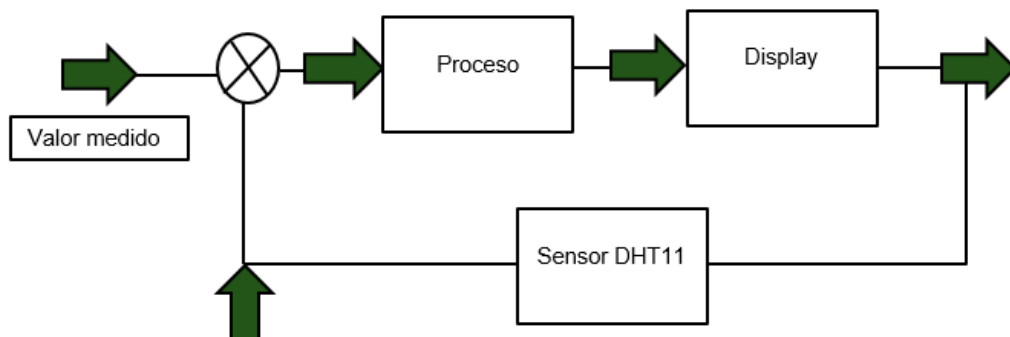
*Diagrama de bloques humedad*



*Nota.* En la figura se observa el proceso que realizar el sensor de humedad dentro del sistema de riego automatizado desde el inicio y final del sistema.

**Figura 16**

*Diagrama de bloques temperatura*



*Nota.* En la figura se observa el proceso que realizar el sensor temperatura dentro del sistema de riego automatizado desde el inicio y final del sistema.



### 3.3 Selección del hardware

#### 3.3.1 Arduino UNO

Esta placa Arduino es el cerebro del proyecto, donde se ingresará la programación del sistema para interactuar con el circuito controlando las ordenes que realizará cada uno de los elementos que se encuentra conectados. En la tabla 1, se muestra un resumen de las características del Arduino UNO.

**Tabla 4**

*Características técnicas de la tarjeta Arduino UNO*

<b>Microcontrolador</b>	<b>Atmega328</b>
<b>Voltaje de alimentación</b>	5V
<b>Pines I/O digitales</b>	14 ( 6 proveen salida PWM)
<b>Pines de entradas analógicas</b>	6
<b>Corriente DC por cada pin I/O</b>	40 mA
<b>Corriente DC en el pin de 3.3 V</b>	50 mA
<b>Memoria Flash</b>	2 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader.
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz

*Nota.* Tomado de (Anthony & Mori, 2018)

#### 3.3.2 Sensor de humedad de suelo

El sensor de humedad o conocido también como higrómetro de suelo FC-28, es un sensor el cual permite medir la humedad del suelo obteniendo así la medición como valor analógico o como salida digital, activada cuando la humedad supera un cierto umbral. Los valores obtenidos van desde 0 sumergidos en agua, a 1023 en un suelo muy seco.

**Tabla 5***Características técnicas del sensor de humedad*

<b>Sensor</b>	<b>Higrómetro FC-28</b>
<b>Voltaje de alimentación</b>	3.3 V o 5V
<b>Voltaje de salida</b>	0 -4.2V
<b>Corriente</b>	32mA
<b>Pines</b>	Azul (salida) Negro (GND) Rojo (Vcc)

*Nota.* Tomado de (Condori & Serpa, 2017)

### **3.3.3 Sensor de temperatura**

Es un dispositivo el cual permite medir la temperatura y la humedad del ambiente, se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo. tiene una respuesta rápida en las medidas, el rango de humedad es del 20% a 90% y el rango de temperatura es de 0°C a 50°C.

**Tabla 6***Características técnicas del sensor de temperatura*

<b>Sensor</b>	<b>DTH11</b>
<b>Señal del sensor</b>	A0
<b>Voltaje de alimentación</b>	3V – 5V
<b>Rango de medición de temperatura</b>	0 °C – 50°C
<b>Rango de medición de humedad</b>	20% - 90%
<b>Tiempo de sensado</b>	1 seg.

*Nota.* Tomado de (Laverde Mena, 2016)

### **3.3.4 Modulo relé**

El módulo relé permite controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje en este caso, sería la bomba de agua la cual no se puede controlar directamente desde la tarjeta Arduino, el módulo es capaz de manejar hasta 250V.

Tabla 7

## Características técnicas del módulo relé

<b>Actuador</b>	Modulo relé
<b>Voltaje de alimentación</b>	5V
<b>Corriente de activación</b>	15mA – 20mA
<b>Corriente máxima</b>	10A
<b>Tiempo de acción</b>	10ms – 5ms

Nota. Tomado de (Anthony & Mori, 2018)

## 3.4 Selección de software

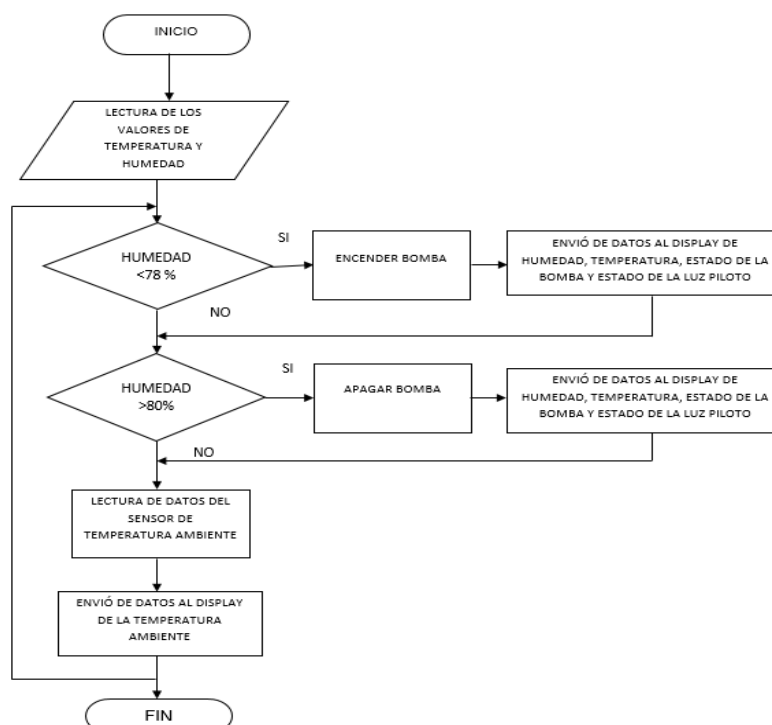
## 3.4.1 Programación Arduino

Para el desarrollo de la programación se utilizó el software Arduino el cual está basado en un lenguaje C++ de alto nivel, este software permite desarrollar la programación para el microcontrolador ya que es compatible con este software.

## 3.4.2 Diagrama de flujo de la programación

Figura 17

Diagrama de flujo de la programación del Arduino



### 3.4.3 Tabla de variables del Arduino

**Tabla 8**

*Variables del Arduino*

<b>Conexión LCD</b>	
<b>Pines LCD</b>	<b>Pines Arduino</b>
RW	GND
RS	D13
EN	D12
D7	D11
D6	D10
D5	D9
D4	D8
<b>Conexión sensor temperatura</b>	
<b>Pines sensor</b>	<b>Pines Arduino</b>
Señal del sensor	D3
<b>Conexión sensor de humedad</b>	
<b>Pin sensor</b>	<b>Pines Arduino</b>
Señal del sensor	A0
<b>Conexiones modulo relé 2 canales</b>	
<b>Pin relé</b>	<b>Pines Arduino</b>
Relé 1	D5
Relé 2	D7

### 3.4.4 Programación en Arduino

- ✓ Declaración de librerías de los sensores, módulo relé y LCD.

**Figura 18**

*Declaración de variables*

```
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#define RELAY_ON 0
#define RELAY_OFF 1
#include <LiquidCrystal.h>
```

- ✓ Asignación de pines para activación del LDC.

## Figura 19

### Asignación pines LCD

```
// Asignacion de pines LCD
LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);
|
```

- ✓ Declaración de constantes para controlar la temperatura y humedad del sistema de riego.

## Figura 20

### Declaración de constantes

```
int mapal;
const int sensorPin = A0;
```

- ✓ Programación dentro del void setup es lo primero que se ejecutara una vez que el sistema se inicie o se encienda.

## Figura 21

### Programación void setup

```
//Definir los pines DEL RELE como salida DIGITAL
pinMode (7, OUTPUT);
pinMode (5, OUTPUT);
//ESTADO DE INICIO DE LOS RELE (APAGADO)
digitalWrite (7, RELAY_OFF); // RELE EN EL PIN 8 bomba
digitalWrite (5, RELAY_OFF); // RELE EN EL PIN 10 foco
//MENSAJE DE INICIALIZACION DEL SISTEMA
lcd.begin(20, 4); // declarar lcd
lcd.setCursor(1,3);
lcd.print("RIEGO AUTOMATICO");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("ESPE");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("TESIS DE GRADO");
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("ALULEMA VANESSA");
delay (4000);
lcd.clear();
}
```

- ✓ Dentro del void loop se ejecutaran todas las acciones que se desean para el programa.
- ✓ Toma los datos del sensor DHT11, muestran los datos del sensor en la pantalla LCD.

## Figura 22

### Lectura de datos del sensor DTH11

```
void loop(){
  //Sensor de humedad de suelo
  int humedad = analogRead(sensorPin);
  mapal= map(humedad, 400,800, 100,0);
  Serial.println(mapal);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("HUMEDAD SUELO:");
  lcd.setCursor(15,2);
  lcd.print(mapal);
  lcd.setCursor(18,2);
  lcd.print("%");
}
```

- ✓ Declaración de tipo de dato del sensor de temperatura.

## Figura 23

### Declaración de tipo de dato.

```
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
float f = dht.readTemperature(true);
```

- ✓ Operación matemática para realizar la transformación de ° C a ° F.

## Figura 24

### Transformación de ° C a ° F

```
if (
  isnan(h) || isnan(t) || isnan(f) ) {
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
  Serial.print("Humedad: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" °C ");
  Serial.print(f);
  Serial.print(" °F\t");
  Serial.print("Índice de calor: ");
  Serial.print(hic);
  Serial.print(hif);
  Serial.println(" °F");
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("ERROR SENSOR DHT11");
  Serial.println("Error obteniendo los datos del sensor DHT11");
  return;
}
```

- ✓ Visualización de datos enviados por el sensor de temperatura en el LCD.

## Figura 25

*Datos del sensor de temperatura.*

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("MEDICION SENSORES");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TEMP:");
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print(f);
lcd.setCursor(19,1);
lcd.print("F");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("HUMEDAD ATM: ");
lcd.setCursor(13,3);
lcd.print(h);
lcd.setCursor(18,3);
lcd.print("%");

```

- ✓ Condición del sistema, si la lectura del sensor de humedad es menor o igual a ochenta por ciento de la humedad el sistema enviara una señal al relé y este permitirá que la bomba y la luz piloto se encienda de manera automática, de igual manera se podrá observar en el LCD.

## Figura 26

*Condiciones del sistema*

```

if(humal <=80) {
  Serial.println("ENCENDIDA BOMBA");
  digitalWrite (7,RELAY_ON);
  digitalWrite (5,RELAY_ON);
  lcd.clear ();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("ESTADO ACTUADORES");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("BOMBA ENCENDIDA");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("LUZ PILOTO ON");
  delay(2000);
  lcd.clear ();
}

```

- ✓ Siguiete condición, si la humedad es mayor a ochenta por ciento de la humedad la bomba y la luz piloto se apagará y dejará de regar el agua, de igual forma se podrá visualizar en el LCD.

## Figura 27

*Condición para apagar la bomba*

```

} else {
  digitalWrite (7,RELAY_OFF);
  digitalWrite (5,RELAY_OFF);
  Serial.println("HUMEDAD ADECUADA");
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("BOMBA APAGADA");
  lcd.setCursor(2,2);
  lcd.print("HUMEDAD ADECUADA");
  delay(4000);
}

```

- ✓ Parte final de la programación se tiene la impresión o visualización de los valores medidos mediante un LCD y así también se podrá observar si la bomba está encendida o apagada, esto se realizará de manera simultánea ya que los sensores medirán la humedad y la temperatura cada cierto tiempo.

## Figura 28

*Mostrar datos y estado de la bomba en el LCD.*

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("MEDICION SENSORES");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("HUMEDAD SUELO:");
lcd.setCursor(15,2);
lcd.print(mapal);
lcd.setCursor(18,2);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TEMP:");
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print(f);
lcd.setCursor(19,1);
lcd.print("F");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("HUMEDAD ATM: ");
lcd.setCursor(13,3);
lcd.print(h);
lcd.setCursor(18,3);
lcd.print("%");
delay(2000);
digitalWrite (7,RELAY_OFF);

```

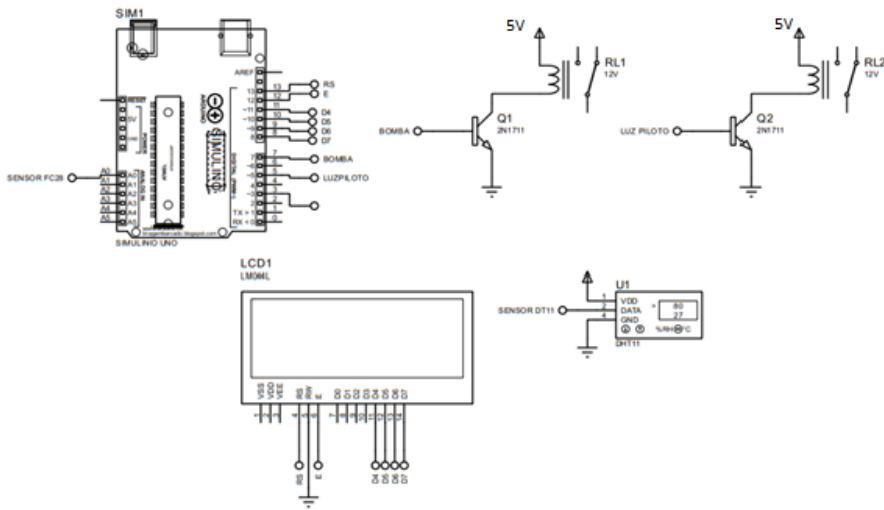
## 3.5 Conexiones físicas de los dispositivos

### 3.5.1 Diagrama de conexión



**Figura 29**

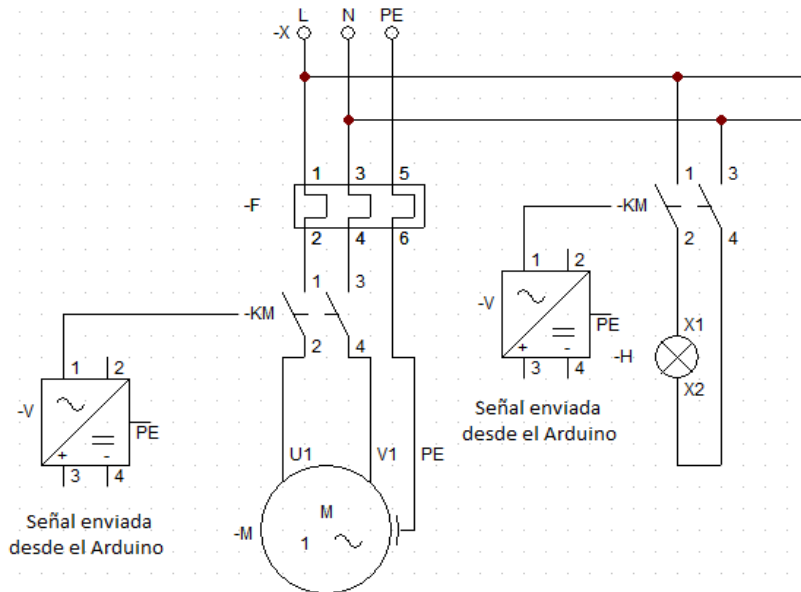
Diagrama de conexión



**3.5.2 Diagrama de fuerza**

**Figura 30**

Diagrama de fuerza



## **CAPÍTULO IV**

### **4. Conclusiones y recomendaciones**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se implementó un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante Arduino UNO y un sensor higrómetro de humedad, basándose a las necesidades requeridas por los agricultores dentro de un invernadero de tomate riñón y cumpliendo así con el objetivo principal de la investigación.
- Se analizó cada una de las características técnicas del sensor de humedad higrómetro el cual permite medir la cantidad de agua que tiene el suelo y de esta manera saber la necesidad de líquido que necesitan los cultivos y de esta manera obtener productos de calidad.
- Se desarrolló la programación adecuada para el Arduino el cual ayudará a monitorear la cantidad de humedad presente en el suelo, el cual al entregar un valor menor o igual al ochenta por ciento de la humedad la bomba se activará y cuando el valor sea mayor a ochenta por ciento de la humedad la bomba se desactivará y de esta manera favorecer los cultivos y las necesidades de los agricultores permitiendo que el sistema proporcione la cantidad de agua necesaria.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Realizar el mantenimiento de la bomba y de los elementos del sistema de manera periódica para así evitar fallos dentro del mismo.
- Es recomendable mantener desconectado todo el sistema de regadío al momento de realizar el mantenimiento del sistema para así precautelar la salud de las personas que lo realizan.

- Revisar la conexión de las tuberías para que no exista fugas de agua dentro del invernadero.

## 5. Bibliografía

- Anthony, G., & Mori, S. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA "IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA* . Recuperdo 24 de julio de 2021, de. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3610/simon-mori-george-anthony.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bahón, C. A., & Giner, C. R. (2004). *Tecnología de sistemas de control - Angulo, Raya - Google Libros*. Recuperado 27 de julio de 2021, de. [https://books.google.com.ec/books?id=Vbd11zVvk\\_QC&pg=PA5&dq=Tecnología+de+sistemas+de+control+\(Primera+ed.\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiJ\\_v7ew4TyAhXrQzABHbhOD\\_QQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Vbd11zVvk_QC&pg=PA5&dq=Tecnología+de+sistemas+de+control+(Primera+ed.)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiJ_v7ew4TyAhXrQzABHbhOD_QQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q&f=false)
- Bermeo, F. (2007). *INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MARCADOR PROGRAMABLE DE TIEMPO PARA EL CONTROL DE HORAS ACADÉMICAS PARA EL COLEGIO JAN AMÓS COMENIUS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA" POR: BERMEO HEREDIA FAUSTO FERNANDO Proyecto de Grado p*. Recuperado 16 de agosto de 2021, de. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7826/1/T-ESPE-ITSA-0000-67.pdf>
- Carlos, I., & Molina, E. (n.d.). *El Microcontrolador vs el Microprocesador*. Recuperado 16 de agosto de 2021, de. [www.redtauros.com](http://www.redtauros.com)
- Condori, S., & Serpa, J. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, ELECTRONICA Y SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA*. Recuperado 27 de julio de 2021, de. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6103/Condori\\_Chahuara\\_Saul.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6103/Condori_Chahuara_Saul.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ferguson James. (2020, May 27). *Pantalla de cristal líquido* .Recuperado 29 de julio de 2021, de. [https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla\\_de\\_cristal\\_líquido](https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_de_cristal_líquido)
- Generadores. (2016, April 5). *Bomba de Agua*. Recuperado 18 de agosto de 2021, de.

<https://www.ventageneradores.net/blog/funcionamiento-como-funciona-una-bomba-agua-motobomba-electrobomba/>

Heredia Fernández, C. F., & Sánchez Manayalle, D. S. (2018). Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado. *Repositorio Institucional - USS*. Recuperado 16 de julio de 2021, de.  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4415/Heredia%20Fernández%20-%20Sánchez%20Manayalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

*Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica) Introduction to Corrosion Phenomena: Types, Influencing Factors and Control for Material's Protection (Technical note)*. (n.d.). Recuperado 26 de julio de 2021, de.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>

Laverde Mena, J. A. (2016). *Sistema Automatizado De Riego Por Aspersión Para El Jardín Ubicado En La Parte Lateral Del Bloque De Aulas #2 De Uniandes Quevedo* [UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES]. Recuperado 28 de julio de 2021, de.  
<http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf>

Mayol i Badía, A. (1988). *Autómatas programables*. 123. Recuperado 20 de julio de 2021, de. [https://www.academia.edu/38984511/Autómatas\\_programables](https://www.academia.edu/38984511/Autómatas_programables)

Quispe, H. (2018). UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS. In *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. Recuperado 18 de agosto de 2021, de.  
<https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstreamhttps://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/12538/T.3274.pdf?sequence=1&http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26723/1/B-CINT-PTG>  
 N.245Casquete%20Quiñonez%20Francisco%20Xavier.Moreira%20Maridueña%20Pedro%20Ernesto.pdfisAllowed=y/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf

*Sensor de temperatura y humedad DHT11*. (n.d.). Recuperado 20 de julio de 2021, de.  
<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de->

temperatura-y-humedad-relativa

dht11.html#:~:text=El%20DHT11%20es%20un%20sensor%20digital%20de%20temperatura%20y%20humedad,(no%20posee%20salida%20analógica).

Tapia, D. (2014). *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL*. Recuperado 25 de julio de 2021, de.

<https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf>

U.M.S.N.H. (1998). *Desgaste de materiales*. 11. Recuperado 16 de Agosto de 2021, de.

<https://fim.umich.mx/teach/abedolla/notas/CAP II.pdf>

## 6. Anexos