



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
DE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEO AUTOMATIZADO  
PARA LA FINCA PATASCACHI EN EL DISTRITO DE TILALI –  
MOHO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**BERTHA ANGÉLICA CAÑAZACA LIMACHI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEO AUTOMATIZADO PARA LA

AUTOR

BERTHA ANGELICA CAÑAZACA LIMACH I

RECuento DE PALABRAS

14089 Words

RECuento DE CARACTERES

77382 Characters

RECuento DE PÁGINAS

94 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 12, 2024 12:34 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 12, 2024 12:35 PM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



*Dr. Marco Antonio Quispe Barra*  
Subdirector de Instituciones EPIE  
"Vº Bº al Reporte Turnitin, mas  
no al contenido del Borrador de Tesis"

Resumen



## DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mi persona por haberme levantado el ánimo cuando lo necesité, por dedicarme a mi propio desarrollo en este paso de mi vida.

A mis amados padres, Felix Pedro Cañazaca Chambi y Basilia Limachi de Cañazaca. Por inculcarme sus valores y principios que rigen mi vida, siendo mi mayor fortaleza y apoyo incondicional en el transcurso de mi crecimiento personal, este logro no habría podido ser posible sin su constante sacrificio, amor y admiración hacia mi persona.

A mis queridos hermanos por su apoyo incondicional Héctor, Adela, Victor Raúl, Gladis, Victor Raul, Nancy, Oscar Ramon, Carlos Walter y al ángel que nos protege, siendo mi inspiración para mejorar día a día. Gracias a sus consejos y apoyo he podido superar los obstáculos para alcanzar mis metas anheladas.

A mis amigos cercanos que me brindaron su apoyo moral e intelectual.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes quienes fueron testigo de mi crecimiento personal y profesional, gracias por su apoyo en cada paso importante de mi vida.

**Bertha Angélica Cañazaca Limachi**



## AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento y reconocimiento:

A Dios por darme la oportunidad de realizar la investigación, por su presencia constante, por su aliento.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, por brindarme la formación académica, por ser el escenario donde adquirí mis conocimiento y habilidades para mi desenvolvimiento.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor Dr. Marco Antonio Quispe Barra por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo el proceso de investigación, por su orientación y conocimientos impartidos.

A mis padres por conocimiento innato y la inteligencia que siempre los acompaña.

Al Ing. Adalson Mamani por su apoyo en el transcurso de la investigación.

A mis amigos por su colaboración en la realización de la presente investigación.

**Bertha Angélica Cañazaca Limachi**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
1.1.1 Descripción del problema .....	17
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Problema general .....	17
1.2.2 Problema específica .....	17
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivo específico .....	18
<b>1.4 HIPÓTESIS .....</b>	<b>18</b>
1.4.1 Hipótesis general.....	18
1.4.2 Hipótesis específica .....	18
<b>1.5 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>19</b>



1.5.1	Justificación social .....	19
1.5.2	Justificación teórica .....	19
1.5.3	Justificación práctica.....	20
1.5.4	Justificación metodológica .....	20

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>21</b>
2.1.1	Internacional .....	21
2.1.2	Nacional .....	22
2.1.3	Regional.....	23
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.2.1	Sistemas de riego tecnificado automático.....	23
2.2.2	Tipos de riego .....	24
2.2.2.1	Riego por Goteo .....	24
2.2.2.2	Riego por Aspersión.....	26
2.2.3	Sensor.....	28
2.2.3.1	Clasificación de Sensores.....	28
2.2.4	Electrobombas .....	29
2.2.4.1	Tipos de electrobombas .....	30
2.2.5	Relés.....	32
2.2.6	Arduino .....	34
2.2.7	Software Arduino IDE .....	35
2.2.8	Red de distribución monofásica.....	36
2.2.9	Comunicación digital .....	36
2.2.10	Sistema de control automatizado .....	37



2.2.11	Sistemas de control realimentados.....	37
2.2.12	Sistema de control a lazo cerrado .....	37
2.2.13	Sistemas de control en lazo abierto.....	38
2.2.14	Control ON OFF .....	38

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>39</b>
3.1.1	Diseño de investigación .....	39
3.1.2	Tipo de Investigación.....	40
3.1.3	Nivel de Investigación .....	40
3.1.4	Población y muestra.....	41
3.1.4.1	Población.....	41
3.1.4.2	Muestra.....	41
<b>3.2</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>42</b>
3.2.1	Ubicación Política y geográfica .....	42
3.2.2	Ubicación geográfica .....	43
<b>3.3</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>43</b>
3.3.1	Software .....	43
3.3.2	Hardware.....	44
<b>3.4</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS</b> <b>.....</b>	<b>44</b>
3.4.1	Técnica.....	44
3.4.2	Instrumento .....	45
<b>3.5</b>	<b>DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE RIEGO</b> <b>AUTOMATIZADO.....</b>	<b>45</b>



3.5.1	Planificación .....	45
3.5.2	Obtención de datos de humedad mínima y máxima .....	47
3.5.3	Configuración de fecha y hora actual .....	52
3.5.4	Diseño del sistema automático .....	54
3.5.4.1	Diagrama de flujo.....	54
3.5.4.2	Descripción del diagrama de flujo .....	55
3.5.5	Diseño y programación .....	55
3.5.5.1	Diseño de control .....	55
3.5.5.2	Software de diseño .....	56
3.5.5.3	Software de programación .....	57
3.5.5.4	Direccionamiento de entradas y salidas.....	57
3.5.5.5	Descripción del programa .....	64

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2</b>	<b>PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>66</b>
<b>4.3</b>	<b>PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>75</b>
<b>4.4</b>	<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

**Área:** Automatización e Instrumentación.

**Tema:** Control

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 19 de julio del 2024





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Ventajas y desventajas del riego por goteo.....	25
<b>Tabla 2</b> Ventajas y desventajas del riego por aspersión.....	27
<b>Tabla 3</b> Características técnicas de Arduino Uno R3 .....	35
<b>Tabla 4</b> Actividades realizadas .....	46
<b>Tabla 5</b> Direcciones de entradas y salidas .....	57
<b>Tabla 6</b> Cuadro comparativo de humedad de parcelas sin automatización y con automatización, en un día sin riego convencional .....	67
<b>Tabla 7</b> Cuadro comparativo de humedad de parcelas sin automatización y con automatización, en un día con riego convencional .....	70
<b>Tabla 8</b> Cuadro comparativo de humedad durante 30 días en parcelas con riego sin automatización y con automatización .....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Riego por goteo .....	25
<b>Figura 2</b> Riego por aspersión .....	27
<b>Figura 3</b> Electrobombas de superficie.....	30
<b>Figura 4</b> Electrobombas sumergibles.....	31
<b>Figura 5</b> Diagrama de un relé.....	33
<b>Figura 6</b> Software Arduino IDE.....	36
<b>Figura 7</b> Esquema de un sistema de control a lazo cerrado .....	37
<b>Figura 8</b> Esquema de un sistema de control en lazo abierto .....	38
<b>Figura 9</b> Proceso cuantitativo.....	40
<b>Figura 10</b> Mapa provincial de Moho .....	42
<b>Figura 11</b> Ubicación satelital del proyecto .....	43
<b>Figura 12</b> Código de programación para obtener la humedad del suelo.....	48
<b>Figura 13</b> Sensor de humedad en suelo seco .....	48
<b>Figura 14</b> Humedad mínima al 0% .....	49
<b>Figura 15</b> Sensor de humedad en suelo completamente húmedo .....	50
<b>Figura 16</b> Humedad máxima.....	50
<b>Figura 17</b> Nueva programación para el valor máximo .....	51
<b>Figura 18</b> Humedad al 100% según la obtención de mínimos y máximos.....	52
<b>Figura 19</b> Código para configurar la fecha y hora actual.....	53
<b>Figura 20</b> Fecha y hora actual.....	53
<b>Figura 21</b> Diseño del circuito electrónico en Proteus .....	56
<b>Figura 22</b> Código de programación en Arduino, declaración de librerías .....	58
<b>Figura 23</b> Código para el riego automático parte I .....	59



<b>Figura 24</b>	Código para el riego automático parte II.....	60
<b>Figura 25</b>	Código para el riego automático parte III.....	60
<b>Figura 26</b>	Código para el riego automático parte IV .....	61
<b>Figura 27</b>	Código para el riego automático parte V.....	61
<b>Figura 28</b>	Código para el riego automático parte VI .....	62
<b>Figura 29</b>	Código para el riego automático parte VII.....	63
<b>Figura 30</b>	Código para el riego automático parte VIII.....	63
<b>Figura 31</b>	Humedad en parcela sin automatización y con automatización, para un día sin riego manual .....	69
<b>Figura 32</b>	Humedad en parcela sin automatización y con automatización, para un día con riego manual .....	72
<b>Figura 33</b>	Humedad promedio para riego sin y con automatización, en un lapso de 30 días.....	74
<b>Figura 34</b>	Sistema de control de riego implementado .....	75



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Placa PCB impresa .....	84
<b>ANEXO 2</b> Electrobomba sumergible empleado .....	84
<b>ANEXO 3</b> Mi persona junto a la electrobomba sumergible que se empleó.....	85
<b>ANEXO 4</b> Instalación del sensor de humedad para riego automático .....	85
<b>ANEXO 5</b> Sistema de control implementado.....	86
<b>ANEXO 6</b> Circuito armado e implementado listo para ser instalado.....	86
<b>ANEXO 7</b> Mi persona programando el sistema de control de riego.....	87
<b>ANEXO 8</b> Sistema de control de riego ya instalado .....	87
<b>ANEXO 9</b> Sistema de riego por goteo implementado .....	88
<b>ANEXO 10</b> Cultivo sin riego automático.....	88
<b>ANEXO 11</b> Lista de materiales empleados .....	89
<b>ANEXO 12</b> Instrumento empleado .....	90
<b>ANEXO 13</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	93
<b>ANEXO 14</b> Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	94



## ACRÓNIMOS

SCADA:	Control Supervisor y adquisición de datos
COM:	Común
NO:	Normalmente abierto
NC:	Normalmente cerrado
PWM:	Modulación por ancho de pulso
ICSP:	Programación serial en circuito
MOSI:	Entrada maestra/ salida esclava
MISO:	Salida maestra / entrada esclava
SCK:	Señal del reloj del bus
IDE:	Entorno de desarrollo integrado
RTC:	Reloj de tiempo real
SPI:	Interfaz de comunicación serie



## RESUMEN

Actualmente, la finca Patascachi del distrito de Tilali enfrenta desafíos con respecto a la falta de automatización que impacta negativamente con respecto a los cultivos y la producción, los métodos de riegos manuales empleados son por zanjas o por mangueras, los cuales demandan tiempo, esfuerzo físico, y grandes cantidades de agua para realizar el riego. Desde esa problemática se plantea dar alternativas de solución para que el riego sea más eficiente, reduzca tiempo y esfuerzo físico. Por lo mismo este proyecto tiene como finalidad el diseñar, controlar e implementar un sistema de riego para mantener la condición de la humedad según la necesidad del cultivo, para lograr este objetivo se desarrolló un sistema tecnificado de riego donde se emplea sensores de humedad de suelo, electrobombas y un sistema de control Arduino, el cual permite procesar y almacenar, datos de la señal de entrada y salida del sistema, de esta forma el sistema puede automatizarse midiendo los parámetros de humedad necesaria para el cultivo, este sistema consta de controlador que es el Arduino, actuador en este caso una bomba de agua sumergible que a su vez recibe la corriente a través de un relé, este da paso a la corriente en caso que el cultivo requiera de riego. Llegando a los siguientes resultados, la humedad en un riego convencional se logró obtener una humedad del 41% y en cambio con un sistema de control de riego automatizado de bajo costo se logra mantener la humedad en un 65% de humedad que es según lo requerido por el cultivo para su desarrollo.

**Palabras clave:** Arduino, Automatización, Humedad, Riego por goteo, Sensores.



## ABSTRACT

Currently, the Patascachi farm in the Tilali district faces significant challenges due to the lack of automation, which negatively impacts crop cultivation and production. The manual irrigation methods, such as using trenches or hoses, require significant time, physical effort, and large amounts of water. To address this issue, it is essential to propose alternative solutions that enhance irrigation efficiency while reducing time and physical effort. This project aims to design, control, and implement an irrigation system that maintains soil moisture according to the crop's needs. To achieve this objective, a technologically advanced irrigation system was developed, incorporating soil moisture sensors, electric pumps, and an Arduino-based control system. This setup allows for the processing and storage of input and output data, enabling the system to automate irrigation by measuring the necessary moisture parameters for the crop. The system comprises a controller Arduino, an actuator a submersible water pump, and a relay that supplies current to the pump as needed. The relay allows current flow when irrigation is required by the crop. The results obtained demonstrate that traditional irrigation methods achieve a soil moisture level of 41%, whereas a low-cost automated irrigation control system maintains soil moisture at 65%, which is optimal for the crop's development.

Keywords: Arduino, Automation, Drip irrigation, Moisture, Sensors



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El riego tecnificado es poco común en la región Puno, porque en su mayoría la población que se dedica a la agricultura desconoce de estas formas de riego, lo común que se realiza es riegos de forma manual, sean por acequias, zanjias, o por medio de mangueras de forma manual. Los beneficios de un riego tecnificado automatizado son muy importantes para la agricultura porque de esta forma el recurso hídrico puede ser aprovechado de la mejor forma que pueda ayudar en la producción de los cultivos.

En el transcurso del año en temporada de sequía es cuando se puede apreciar aún más la falta de agua, por la ausencia de lluvias, durante este tiempo el cultivo de diferentes plantas como son los tubérculos y las hortalizas son escasas, así mismo afecta directamente en la producción de estas, siendo la ausencia de riegos dificulta en el proceso de crecimiento y su producción, por este motivo es necesario dar alternativas de solución a esta problemática que aqueja a los agricultores, y como alternativa de solución se realizó un sistema de riego tecnificado automatizado por goteo para así mantener la humedad del suelo óptima y adecuada para el cultivo, dentro de un invernadero, simulando así una situación para la temporada de sequía.

En este marco nace la idea de automatizar el sistema manual de riego que por años vienen sosteniendo los agricultores. Por tal motivo se diseñó e implementó un sistema automatizado con tecnología Arduino en la finca de Patascachi, distrito de Tilali, provincia de Moho del departamento de Puno. Así mismo el sistema no solo será un aporte para el agricultor de Patascachi sino también aportará a futuros investigadores para un mejor sistema de control automatizado.





## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Descripción del problema**

En el distrito de Tilali, ninguno cuenta con riego tecnificado ni automatizado, también desconocen de estas formas de riego dado que la población en su mayoría es de la tercera edad, por lo mismo no pueden invertir en algún tipo de riego de este tipo. Debido a ello los pobladores emplean riegos convencionales sea por zanjas o manual provocando demanda tiempo, esfuerzo físico, presencia indispensable del agricultor.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿Será posible diseñar e implementar un sistema automatizado de control de riego tecnificado por goteo para la finca Patascachi – Tilali?

### **1.2.2 Problema específica**

¿Será posible diseñar un sistema automático de control de riego haciendo uso de sensores de humedad en la plataforma Arduino?

¿Es posible controlar un sistema de riego a través de los parámetros de humedad?

¿Se logrará la implementación de un sistema automático de riego por goteo en un área de 2m x 4m en la finca Patascachi, en el distrito de Tilali?



## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar un sistema de control de riego tecnificado por goteo automatizado para mantener las condiciones de humedad del cultivo de la finca Patascachi en el distrito de Tilali – Moho.

### **1.3.2 Objetivo específico**

Diseñar un sistema automático de control de riego tecnificado por goteo mediante el uso de sensores de humedad en la plataforma Arduino.

Controlar el riego a través de los parámetros de humedad adecuada según lo requerido por el cultivo.

Implementar el sistema automático de control de riego por goteo en un área de 2m x 4m en la finca Patascachi, distrito de Tilali

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hipótesis general**

El diseño e implementación de un sistema automático de control de riego tecnificado por goteo permite controlar las condiciones de humedad del suelo según las necesidades del cultivo

### **1.4.2 Hipótesis específica**

El diseño del sistema automático a base de sensores de humedad y Arduino permite la regulación del riego.



Se logra controlar el sistema de riego a través de los parámetros de humedad requerida.

La implementación del sistema automático de riego tecnificado por goteo demuestra que es posible controlar el riego y mantener la humedad óptima para el cultivo en un área de 2m x 4m en la finca de Patascachi, Tilali

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

### **1.5.1 Justificación social**

El diseño e implementación del proyecto tiene una gran relevancia social porque aporta al desarrollo sostenible en la agricultura, la escasez del recurso hídrico y mejora el uso ineficiente del mismo que afecta directamente en la producción de los cultivos para los agricultores. La implementación del sistema de riego automatizado y controlado por sistema de riego por goteo beneficia en el uso adecuado del agua y contribuye a controlar las condiciones de humedad del suelo para mejorar la producción.

### **1.5.2 Justificación teórica**

Las bases teóricas del proyecto están debidamente fundamentadas en los principios de la ingeniería electrónica y sistemas de control automático. El control y la automatización en la agricultura brindan un gran beneficio con las tecnologías electrónicas para controlar las condiciones de humedad del cultivo. En este diseño de control automático se basó en los principios de teoría de control, electrónica, instrumentación y programación.



### **1.5.3 Justificación práctica**

La justificación práctica de este proyecto está fundamentada en los principios de ingeniería electrónica y sistemas de control automático, directamente relacionada con la implementación y funcionamiento del sistema de riego tecnificado por goteo automatizado. La misma que permite evaluar el funcionamiento y recopilación de datos sobre la humedad óptima del suelo para el cultivo, mejorar la producción y no requiere la supervisión constante de un agricultor.

### **1.5.4 Justificación metodológica**

La metodología de este proyecto está basada en un enfoque de diseño de tecnología aplica, que implica la planificación, diseño, implementación y evaluación de datos para un sistema de riego tecnificado por goteo automatizado. La metodología incluye recopilación de datos, análisis de datos, control y programación, instalación de sensores y actuadores, mediciones de variables como la humedad del suelo.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

##### 2.1.1 Internacional

Según Cabarcas et al. (2019), se desarrolló un sistema de riego automatizado mediante la medición de variables ambientales a través de mediciones por sensores de temperatura ambiente, humedad del suelo y humedad relativa, la finalidad del proyecto fue proponer un diseño de riego que sea autónomo de bajo costo y optimizar el consumo de agua según el tipo de riego, como prueba realizó riego por aspersión y riego por goteo, llegando a la conclusión de que la automatización del riego se logró obtener un ahorro significativo de agua, ya que el sistema diseñado realiza el riego solo cuando lo requiere el cultivo de acuerdo a los parámetros de humedad óptima según el cultivo, así mismo al ser un proyecto de energía autosustentable esto ayuda a reducir en el alto costo de energía eléctrica comercial y convirtiéndose así en una alternativa para los pequeños agricultores colombianos.

Según Putjaika et al. (2016), se diseñó un sistema de control de cultivo inteligente para mejorar la producción en función de la medición de datos de los sensores de temperatura, humedad del suelo e intensidad de la luz, con ayuda de la plataforma de Arduino. El cultivo que trabajaron fue el repollo en un experimento de nivel laboratorio, el sistema que se implementó realiza la toma de decisiones de acuerdo a la condición óptima para el cultivo, si este está por debajo o encima de ello, el sistema toma la decisión de realizar el riego o no. Las



conclusiones del trabajo fueron que proponer este sistema de control inteligente con el filtro Kalman puede tener una mejor toma de decisiones para el sistema de riego y también ayudando al usuario a controlar de forma manual.

De acuerdo a Martínez & Pérez (2017), se diseñó un sistema de control de riego automático para cultivos de culantro, dicho experimento fue realizado a nivel laboratorio, el sistema control diseñado en esta investigación fue PID, con sensor de humedad del suelo, temperatura y luminosidad, entre sus resultados se logró mantener la humedad en 70%. El diseño del sistema de control fue realizado a base de microcontroladores como ATMEGA328P y Arduino YUN.

### **2.1.2 Nacional**

En Espinoza (2021), se diseñó un sistema de riego por goteo autónomo y que pueda ser controlado por los agricultores de San Juan de Viscas, la finalidad de este trabajo de investigación fue realizar el diseño de sistema de riego tecnificado y que sea de fácil uso para los pobladores, según los resultados obtenidos del trabajo se llegó a las conclusiones de que con la automatización del riego tecnificado por goteo, el control de la humedad del suelo y la temperatura se logró obtener una mejor producción de manzanas, con un pronóstico de mejorar su calidad, tamaño y textura, aumentando la producción y rentabilidad económica.

En Mercado (2020), se desarrolló un sistema de riego por goteo automatizado usando tecnología de internet de las cosas, para lo cual se empleó sensores de humedad, válvulas solenoide, Arduino nano, la implementación se dio para cultivos de vid. Para el almacenamiento y procesamiento se empleó la



plataforma ubidots. Dentro de los resultados se logró controlar el sistema de riego con un mínimo del 40% de humedad.

### **2.1.3 Regional**

En Jlanoca y Benavides (2017), se implementó un sistema automático y controlado mediante un software de aplicación SCADA (supervisión, control y adquisición de datos), midiendo la humedad del suelo, lograr la eficiencia y ahorro de agua, la aplicación se llevó a cabo en los áreas verdes de la EPIE (Escuela profesional de ingeniería electrónica - Puno), la finalidad del trabajo fue la implementación del sistema SCADA y facilitar al personal encargado para manejar y monitorear el sistema de riego automático, el trabajo llegó a la conclusión de que con la automatización del riego se logró obtener un ahorro de hasta de 400 litros de agua en dos horas de trabajo comparado con la forma convencional que se realizaba, demostrando así que el sistema es eficiente.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Sistemas de riego tecnificado automático**

Hoy en día se emplean métodos para que la humedad del suelo sea superior o inferior a la que el cultivo requiere, estas formas se pueden dar por riegos manuales, zanjas o acequias, y esto no se da un uso eficiente del recurso hídrico teniendo pérdidas de agua en el transcurso del riego y demandando del tiempo del agricultor. Por ello que un sistema de control para riego automático es una gran alternativa de solución. Este sistema de control realiza el suministro del agua en el cultivo según a su requerimiento, a través de dispositivos de medición

como es el sensor de humedad, actuadores como electrobombas entre otros (Huaylla, 2019).

El riego tecnificado hace referencia al aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, así mismo beneficiando al agricultor en su cultivo, este diseño debe saber cuándo, cuánto y cómo regar, dándonos la posibilidad de distribuir el agua, frecuencia y horario de funcionamiento esto que puede ser programado según se lo requiera (Carrazon, 2017). Un sistema de riego tecnificado automático es la alternativa más eficiente para realizar riegos en cultivos ya que permite ahorrar tiempo y agua garantizando las condiciones óptimas para los cultivos (Cortes y Vargas, 2020).

## **2.2.2 Tipos de riego**

Existen diferentes tipos de riego según el área a regar y el tipo de planta, algunos de ellos lo detallaremos en las siguientes líneas.

### **2.2.2.1 Riego por Goteo**

En la figura 1 se muestra un sistema de riego por goteo, este sistema utiliza una red de tuberías de PVC o mangueras de plástico que transportan el agua ya filtrada a los cultivos a través de goteos los cuales suministran agua en pequeños volúmenes de manera regular. Las tuberías se extienden por todo el cultivo, asegurando que llegue directamente a las raíces de las plantas. Para distribuirlo de forma uniforme es necesaria una presión de tal manera que llegue a todo el cultivo, cada gotero está distribuido de forma uniforme y de distancias similares (Liotta et al., 2015).



## Figura 1

### *Riego por goteo*



Nota: Adaptado de Riego por aspersión y por goteo, por Grupo Hidráulica, 2022,  
(<https://grupohidraulica.com/noticias/2022/11/30/sistemas-de-riego-aspersion-y-por-goteo/>)

En la tabla 1 podemos observar las ventajas y desventajas que se pueden presentar en un riego por goteo.

## Tabla 1

### *Ventajas y desventajas del riego por goteo*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ahorro de agua, la cantidad de agua que se aplica se ajusta	Costo elevado de adquisición e instalación.
Uniformidad de aplicación, dado que la aplicación se realiza por emisores con igual caudal y ubicados a distancias regulares, es posible la entrega de agua con buen grado de uniformidad.	Consumo de energía eléctrica para el funcionamiento de la instalación.
Menor presencia de malezas, al humedecer el suelo de forma localizada facilita el control de malezas, ya que el	Necesidad de un sistema de filtrado, es necesario tener un especial cuidado en el filtrado de agua, para evitar las

---

agua se entrega directamente al lado de la planta y además de ello el agua se aplica de forma filtrada y esto disminuye las malezas que puedan infiltrarse.

Mejoras en la producción y calidad de cultivos, debido a que se satisfacen las necesidades hídricas y nutritivas a lo largo de la producción.

Automatización, el trabajo del agricultor es más eficiente, preciso y cómodo. Almacenamiento de datos para el conocimiento y análisis de riegos aplicados en un periodo.

obstrucciones por materias orgánicas, algas u otros sólidos.

Necesidad de mantenimiento y limpieza del sistema frecuente.

Un buen diseño, para su perfecto funcionamiento, un mal diseño puede producir deficiencias de rendimiento y calidad de cultivos.

---

Nota: Desventajas y ventajas de riego por goteo adaptado del Manual de riego por goteo, Liotta et al., 2015

#### **2.2.2.2 Riego por Aspersión**

Un sistema de riego por aspersión distribuye el agua sobre las plantas simulando como la caída de la lluvia. El agua es transportada a través de mangueras a alta presión, cubriendo toda el área de cultivo. Los aspersores hacen que las gotas de agua se distribuyan de forma uniforme sobre el suelo, este método requiere una gran presión de agua para realizar la distribución (Cortes y Vargas, 2020). Así como se puede apreciar en la figura 2.

## Figura 2

### *Riego por aspersión*



Nota: Adaptado de Particularidades del riego por aspersión, Agromática, 2024  
(<https://www.agromatica.es/particularidades-del-riego-por-aspersion/>)

En la tabla 2 se puede apreciar las ventajas y desventajas que se pueden obtener en riegos por aspersión.

## Tabla 2

### *Ventajas y desventajas del riego por aspersión*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Mejor entrega de agua al cultivo	Desperdicio de agua durante el proceso de riego
Mayor control en la dosificación del agua	No funciona en suelos con filtración baja
Ahorro de mano de obra	Aparición de malezas con mayor facilidad
Útil para distintos tipos de suelo	Costo de instalación elevada

Nota: Ventajas y desventajas de un riego por aspersión adaptado de (<https://bloglatam.jacto.com/riego-por-aspersion/Sensores>)



### 2.2.3 Sensor

Un sensor es un dispositivo que detecta los cambios en el entorno y convierte esta información en señales eléctricas o digitales que otros dispositivos puedan interpretarlo. Los sensores miden variables físicas o químicas como pueden ser la humedad, temperatura, presión de luz, entre otras, y producen una señal que refleja la magnitud medida, lo cual facilita en el monitoreo y control de sistemas (Bolton,2017).

#### 2.2.3.1 Clasificación de Sensores

Los sensores no pueden ser clasificados de una forma única, debido a la extensa variedad de usos y aplicaciones tienen los sensores, aquí veremos algunas de ellas.

##### **Según el tipo de señal que generan**

- Sensores analógicos: los sensores analógicos generan una señal continua que cambia en relación a magnitud medida, puede ser de voltaje 0 -10v o corriente de 4-20mA.
- Sensores digitales, estos sensores emiten una señal codificada en pulsos de valores discretos.

##### **Según el tipo de magnitud medida**

- Sensores de temperatura, estos sensores detentan los cambios de temperatura como son los termopares y termistores
- Sensores de presión, estos sensores miden la presión sea de gases o líquidos, como los sensores piezoeléctricos y manómetros.



- Sensores de nivel, estos sensores miden el nivel de los líquidos que puedan encontrarse en contenedores, como son los sensores de nivel capacitivos.
- Sensores de humedad, estos miden la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire u otros gases. Estas magnitudes se transforman en una señal eléctrica.
- Sensores de movimiento, detectan el movimiento sea de personas u objetos.
- Sensores de proximidad, detectan la presencia de objetos que estén cerca sin contacto físico.

#### **Según su funcionamiento**

- Sensores resistivos, estos sensores cambian la resistencia eléctrica como respuesta a un estímulo. Así como los sensores de temperatura que están basados en termistores.
- Sensores capacitivos, estos sensores pueden detectar cambios en la capacitancia eléctrica, como los que utiliza las pantallas táctiles.
- Sensores ópticos, estos sensores usan la luz para detectar cambios, así como los sensores infrarrojos.
- Sensores ultrasónicos, estos sensores utilizan las ondas ultrasónicas para medir distancias, así como los sensores de proximidad.

#### **2.2.4 Electrobombas**

Una electrobomba es un tipo de bomba hidráulica que funciona mediante un motor eléctrico. Su propósito es transformar la energía eléctrica en energía cinética del fluido que desplaza, su autonomía de trabajo depende de la conexión a una fuente eléctrica (Pearl, 2019).

### 2.2.4.1 Tipos de electrobombas

Según su aplicación se clasifican en:

#### **Electrobombas de superficie.**

Estas electrobombas funcionan en la superficie, fuera del agua. Pueden llegar aspirar de hasta 7 metros sobre el nivel del mar. Los cuales pueden ser: electrobombas periféricas, centrifugas y electrobombas multietapas. Normalmente su aplicación se da en llenado de tanques, sistemas de riego y recirculación continua (Electrobombas.co, 2019).

En la figura 3 se aprecia los tipos de electrobombas de superficie que existen.

**Figura 3**

*Electrobombas de superficie*



Nota: Adaptado de Tipos de electrobombas, electrobombas.co,2019, (<https://electrobombas.co>)

## Electrobombas sumergibles

Son electrobomba que funcionan sumergidas en el agua, brindando una gran fuerza de elevación y que no depende de la presión del aire para ascender el agua, como son las electrobombas para pozo profundo multietapas y electrobombas para drenaje para bombeo de agua claras (electrobombas.co, 2019).

Las principales aplicaciones que tienen son: en el caso de electrobombas de pozo profundo trabajan en multietapas y en posición vertical u horizontal. Pueden extraer agua de ríos y pozos, también se usan para riegos. Y las electrobombas de drenaje son más silenciosas, de fácil instalación, pueden usarse para vaciar piscinas, tanques, drenar agua de nivel freático, recirculación en fuentes o espejos de agua, también en cultivos hidropónicos (Pearl, 2019).

En la figura 4 podemos apreciar los dos tipos de bombas sumergibles.

**Figura 4**

*Electrobombas sumergibles*



Nota: Adaptado de *Electrobombas sumergibles*, electrobombas.co,2019,  
(<https://electrobombas.co>)

### 2.2.5 Relés

Un relé es un interruptor que se utiliza para aislar circuitos, conmutar entre circuitos y controlar un circuito de alta potencia a una señal de baja potencia (Thangam, 2024).

Los relés tienen las siguientes terminales

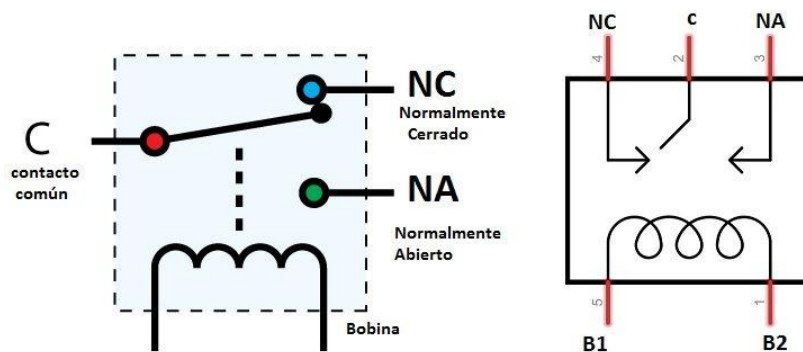
- Entrada de control: Dos entradas que controlan su mecanismo de conmutación
- Común (COM): este terminal actúa como la salida del relé y donde se conecta un lado del circuito de carga. Internamente esta terminal está vinculada a uno de los otros dos terminales, dependiente del estado del relé
- Normalmente abierto (NO): este terminal permanece desconectado cuando el relé está inactivo. Cuando el relé está activo el terminal se conecta con el terminal común (COM)
- Normalmente cerrado (NC): el terminal normalmente cerrado es un terminal de carga adicional en el relé. Este permanece en conexión con el terminal COM cuando no tiene ninguna entrada. Y cuando se activa este se desconecta del terminal COM y permanece abierto hasta que se desactive el relé.

En la figura 5 se contempla el diagrama interno de un relé NC



## Figura 5

### Diagrama de un relé



Nota: Adaptado de Relé, área tecnológica, 2019,  
(<https://www.areatecnologica.com/electricidad/rele.html>)

Según Bolton (2017) los relés pueden clasificarse de la siguiente forma.

**Relés electromagnéticos:** estos relés están basados en la fuerza de atracción utilizando electroimanes. Son accionados por una señal de corriente eléctrica a una bobina.

**Relés de inducción:** Su principio de funcionamiento está basada en el sistema de estructura electromagnética. Se accionan por una señal de corriente. Su aplicación se da más en sistemas de protección y control.

**Relés electrónicos:** estos relés de conmutación funcionan utilizando componentes semiconductores como diodos, transistores, tiristores y triac. Su principal característica es la mayor velocidad de operación. Tiene un funcionamiento similar a los relés electromagnéticos. La gran ventaja que tiene es que son de alta velocidad de operación.

**Relés térmicos:** estos relés de protección se usan para proteger generalmente a motores eléctricos y equipos de sobrecarga. Cuando un equipo



de potencia de media o alta se encuentra en sobrecarga o falla, este relé se activa para desactivar el equipo en sobrecarga.

### 2.2.6 Arduino

Así como indican Banzi y Shiloh (2009), Arduino es una plataforma de hardware y software de código libre diseñado para crear proyectos electrónicos interactivos que puedan funcionar de manera autónoma. Está compuesto por microcontroladores programables (Como el ATmega328 en el Arduino uno). Contando con una variedad como son Arduino Uno, Mega, Arduino leonardo y nano. Son de fácil uso y gratuito, se puede trabajar en los sistemas operadores de Mac, Windows y Linux.

Arduino está compuesto por dos partes principales: la placa física de Arduino donde se trabaja para el desarrollo de proyectos y el IDE, el software que ejecuta el programa en la computadora el cual indica que hacer.

La placa Arduino uno R3 usa el microcontrolador ATmega328. Contiene 14 pines entrada/salida digital, dentro de ellos 6 son de salida PWM (Modulación por ancho de pulso), 6 entradas análogas, un oscilador de cuarzo de 16MHz, cuenta con una conexión de USB, un conector para alimentación, una cabecera de ICSP (del inglés In Chip Serial Programmer) y un botón reset.

El ICSP es un conector que consta de 6 señales: MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC, GND este es el conector de expansión del bus SPI, que en este proyecto se usará para conexiones con el módulo de tarjeta SD. El ICSP en este caso es el esclavo del master del bus SPI del microcontrolador.

En la tabla 3 podemos observar las características técnicas del Arduino uno R3

**Tabla 3**

*Características técnicas de Arduino Uno R3*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Tensión de entrada (Recomendada)	7V - 12V
Tensión de entrada (Limite)	6V – 20V
Pines Digitales de E/S	14 (6 con salidas PWM)
Pines de entradas análogas	6 pines
Corriente DC por pin E/S	40mA
Corriente DC para pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	16KB (2KB para bootloder)
SRAM	1KB
EEPROM	512bytes
Frecuencia de reloj	16MHz

Nota: Adaptado de Guía de usuario de Arduino (p.12), Enríquez, 2009.

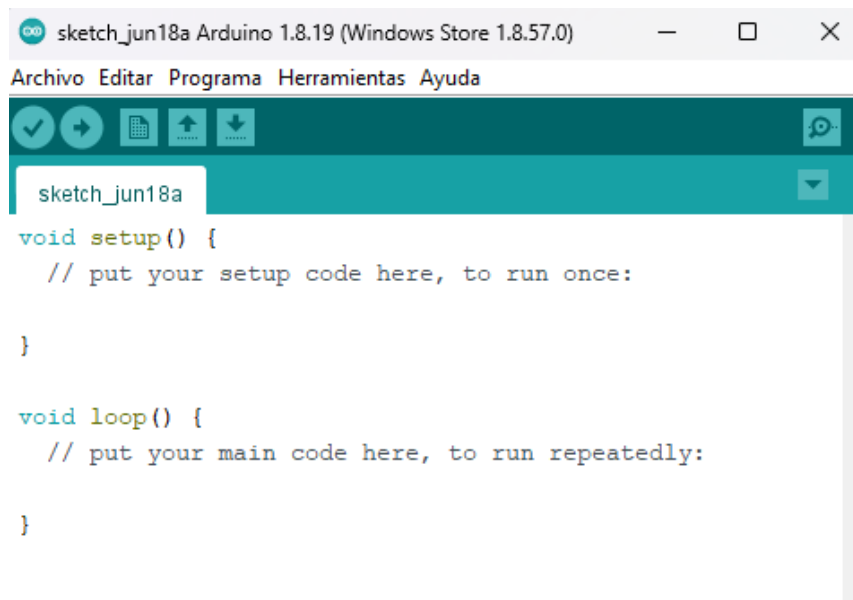
### **2.2.7 Software Arduino IDE**

El software de Arduino, conocido como IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), es gratuito. Este software está basado en el lenguaje de procesamiento, aquí se realiza las ordenes que se requiere que realice el sistema a implementar, el código que se escribe se transforma al lenguaje C.

En la figura 6 se muestra el software de Arduino IDE

## Figura 6

### *Software Arduino IDE*



Nota: Adaptado de Overview of the Arduino IDE1, Docs Arduino,2024,  
(<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>)

### 2.2.8 Red de distribución monofásica

Tal como indica Saenz (2023) la distribución monofásica tiene como responsabilidad suministrar electricidad usuarios finales puede ser de 120v / 240v. que comúnmente emplea las residencias, alumbrado público, equipos eléctricos y electrónicos de hasta 1.5kw.

### 2.2.9 Comunicación digital

La comunicación digital consiste en un intercambio de información, datos y conocimientos utilizando las herramientas digitales y desarrollo tecnológico. Esto implica la transmisión de datos en forma de señales digitales a través de dispositivos electrónicos. Lo cual permite la transferencia de datos, almacenar, procesar y compartir información.

### 2.2.10 Sistema de control automatizado

Un sistema de control se puede definir como un sistema que realiza actividades y procesos de forma automática, se componen por subsistemas y procesos (plantas) con el fin de controlar el funcionamiento del sistema de la forma deseada (Norman, 2004).

### 2.2.11 Sistemas de control realimentados

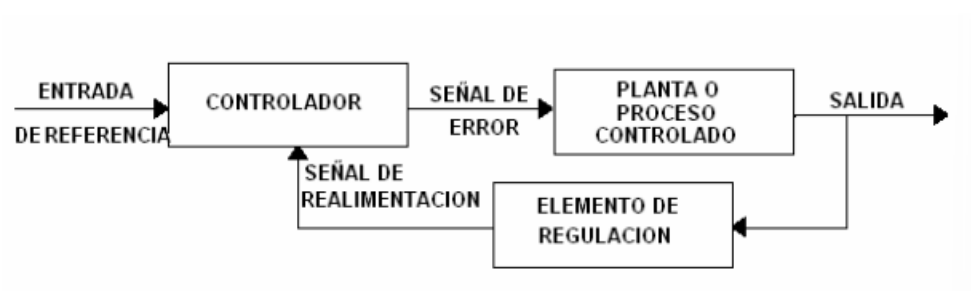
Un sistema con retroalimentación mantiene la relación entre la señal de salida y la señal de entrada, comparándolas y utilizando la diferencia para el control.

### 2.2.12 Sistema de control a lazo cerrado

En un sistema de control automático a lazo cerrado, el controlador recibe la señal de error de actuación, que es la diferencia entre una señal de entrada y la señal de realimentación, esto para reducir el error y ajustar la señal de salida del sistema aun valor deseado (Ogata, 2010). En la figura 7 se muestra el esquema de un sistema de control a lazo cerrado.

#### Figura 7

*Esquema de un sistema de control a lazo cerrado*



Nota: Adaptado de Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo (p.11), Perez, 2008

### 2.2.13 Sistemas de control en lazo abierto

En este tipo de sistemas, la señal de salida no afecta en el control. No se mide la señal de salida ni se retroalimentan para ser comparadas con una señal de entrada. Solo depende de una buena calibración el cual da precisión del sistema. Un ejemplo claro es el control del tránsito (Ogata,2010).

En la figura 8 se observa un sistema de lazo abierto que compone de dos partes, el controlador y el proceso a controlar. La señal de entrada se envía al controlador, y la señal de salida funciona como la señal de control. El controlador puede ser un microcontrolador, amplificador, filtro, unión mecánica u otro dispositivo de control (Pérez et al., 2008).

#### Figura 8

*Esquema de un sistema de control en lazo abierto*



Nota: Adaptado de Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo (p. 10), Pérez, 2008.

### 2.2.14 Control ON OFF

Este sistema de control conocido como todo o nada, es un método de control simple pero que es usado con más frecuencia en los sistemas de control. Solo tiene dos posiciones fijas de encendido y apagado (Ogata,2010).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Diseño de investigación

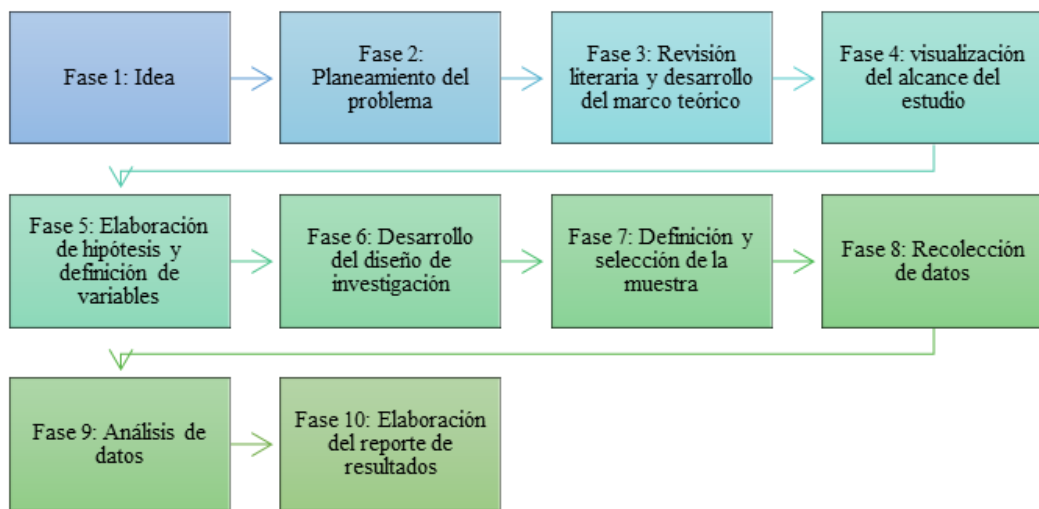
La presente investigación se considera de tecnología aplicada, de enfoque cuantitativo. Así como indica Ñaupas et al. (2018) “este enfoque usa métodos y técnicas cuantitativas por ende tiene que ver con la medición, uso de magnitudes, observación y medición de unidades de análisis”. Por lo que podemos deducir que dicho enfoque se emplea para recolección de datos y ser analizados para responder a las preguntas de investigación. Y de tecnología aplicada por que ayuda mejorar el proceso de riego.

Por otro lado, Hernández et al. (2014) indica que el “enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, teniendo en cuenta un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto, se analizan las mediciones.”

En la figura 9 se presenta el proceso a realizar para una investigación de enfoque cuantitativo.

**Figura 9**

*Proceso cuantitativo*



Nota: Adaptado de Metodología de la investigación (p.37), Hernández Sampieri, 2014

### 3.1.2 Tipo de Investigación

De acuerdo a Ñaupas et al. (2018) la siguiente investigación se considera una investigación del tipo aplicada, dado que está orientada a resolver problemas de forma práctica. Dicha investigación no tiene como finalidad descubrir nuevas leyes sino aplicar los ya descubiertos.

### 3.1.3 Nivel de Investigación

Según Ñaupas et al. (2018) indica que se considera del nivel experimental explicativo, porque el objetivo principal es probar o verificar la hipótesis.

Por su lado Hernández (2014) indica que el nivel explicativo “está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, realizando la manipulación de una variable independiente”.





### 3.1.4 Población y muestra

#### 3.1.4.1 Población

La población representa el total de pruebas que se pueda realizar durante la implementación del proyecto. Sucasaire (2022) indica que, si no se conoce el tamaño de la población, la población se puede suponer como infinita. En ese aspecto en este proyecto la población se define como población infinita dado que los datos a tomar de la automatización se efectúan infinitas veces.

#### 3.1.4.2 Muestra

La muestra es el subconjunto de la población total. Y Sucasaire (2020) señala que “existe una condición muy especial para el uso de muestras, debe ser representativa y tiene que ser un reflejo de la población”

Como la población que se presenta en la investigación es infinita, estadísticamente la muestra estaría considerada por la fórmula de muestreo de poblaciones infinitas, con una consideración de confianza del 95% y nivel de error de 5%. Así como se muestra en la fórmula:

$$m = \frac{z^2 \cdot PQ}{e^2}$$

D. Normal = 95%	Z	1.96
Proporción favorable	P	0.5
Proporción no favorable	Q	0.5
Error de muestreo	E	0.05

Se tiene el siguiente resultado

$m= 384$  tamaño de muestra óptimo para poblaciones infinitas

## 3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

### 3.2.1 Ubicación Política y geográfica

#### Ubicación Política.

- Región: Puno
- Provincia: Moho
- Distrito: Tilali
- Parcialidad: Patascachi

En la figura 10 se puede apreciar el mapa de ubicación donde se realizó el trabajo de investigación.

#### Figura 10

##### *Mapa provincial de Moho*



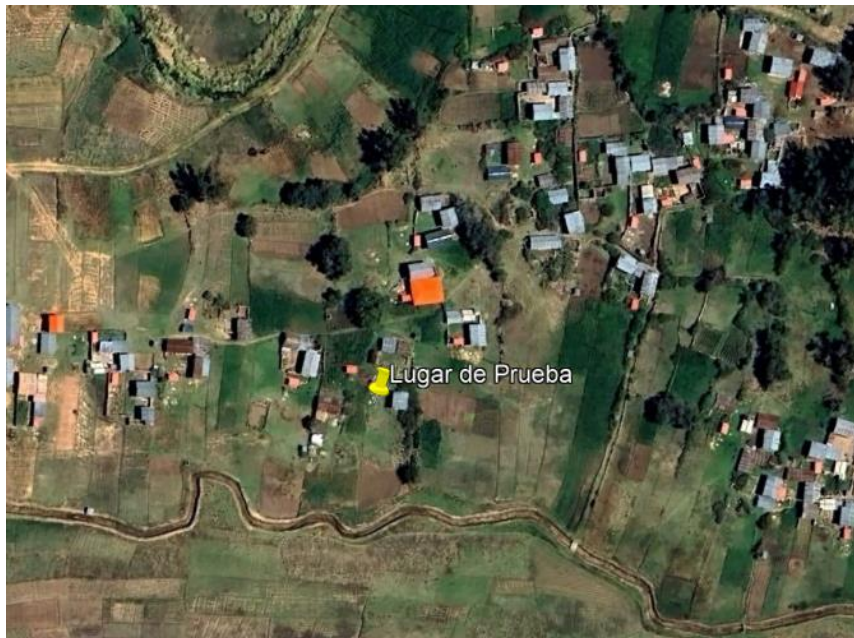
Nota : Adaptado de Distritos de la provincia de Moho, FamilySearch,2023,  
([https://www.familysearch.org/es/wiki/Moho,\\_Puno,\\_Per%C3%BA\\_-\\_Genealog%C3%ADa](https://www.familysearch.org/es/wiki/Moho,_Puno,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa))

### 3.2.2 Ubicación geográfica

En cuanto a su ubicación geográfica está ubicada a una altitud de 3839m.s.n.m, con una coordenada de una longitud oeste de 69°20'23" y una latitud sur de 15°31'23". En la figura 11 se puede apreciar la ubicación satelital donde se implementó el proyecto en un área de prueba 2m x 4m en la finca Patascachi, del distrito de Tilali.

#### Figura 11

*Ubicación satelital del proyecto*



Nota: Adaptado de Google Earth,2023.

### 3.3 MATERIALES

En las siguientes líneas se detalla los materiales que se emplearon en este proyecto.

#### 3.3.1 Software

- Arduino IDE



- Proteus 8 profesional

### **3.3.2 Hardware**

- Arduino UNO R3
- LCD
- Modulo LCD I2C
- Relé de estado Solido (SSR)
- Modulo RTC DS3231
- Modulo lector SD
- Tarjeta SD
- Sensor de humedad Y1-69
- Modulo YL-38
- Bomba de agua sumergible
- Adaptadores

## **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Tal como indica Sánchez (2022) la recolección de datos comprende procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener información necesaria para dar respuesta a las interrogantes de la investigación.

### **3.4.1 Técnica**

Como se indica en Ñaupá et al. (2018) la técnica es el “conjunto de normas y procedimientos para realizar un proceso y alcanzar un objetivo, desde el descubrimiento del problema hasta la verificación e incorporación de las hipótesis.”.



Para el presente proyecto se emplea la técnica de recolección de datos, mediante la medición de sensores de humedad en parcelas donde el riego se realice de forma manual y otro con riego automatizado, dichos datos serán descritos y comprados en tablas y gráficas Excel.

### **3.4.2 Instrumento**

El instrumento que se usó en este proyecto fue medición de valores de humedad tanto para parcelas sin automatización y con automatización a través de un sensor de humedad YL- 69 para Arduino, para la recolección de datos y registro de datos en formato .txt los cuales serán evaluados a través de tablas Excel. En este formato se puede recoger, organizar, archivar y clasificar los datos de forma sencilla y organizada sea de forma diaria, semanal, mensual o anual.

## **3.5 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO**

Para el diseño y desarrollo del sistema de riego tecnificado por goteo, se llevó a cabo los siguientes procesos; planificación, pruebas, simulación y puesta en funcionamiento del sistema automatizado, en las siguientes líneas se describe los pasos que se realizó

### **3.5.1 Planificación**

Primeramente, se inició con la problemática que se presentaba para los agricultores de la parcialidad de Patascachi – Tilali, se observó que los pobladores solo emplean riegos manuales los cuales demandan esfuerzo físico y tiempo, de acorde a ello nace la necesidad de emplear riego automatizado para reducir dichos factores. Fue que de esta manera se procedió con la búsqueda de información



relacionado todo acorde a sistemas de riego tecnificado automatizado, donde se pudiera realizar un riego eficiente que pudiera aportar al agricultor y así mismo pudiera ser de forma autónoma. Seguidamente se realizó la búsqueda de componentes electrónicos de bajo costo para realizar el diseño acorde a la necesidad del cultivo, un sistema de control automático que no dependiera de la presencia o supervisión continua del agricultor.

Se realizó la adquisición e inventario de dispositivos y componentes necesarios para realizar las pruebas e implementación del sistema de riego automático.

En la siguiente tabla 4 se detalla las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto.

**Tabla 4**

*Actividades realizadas*

<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Actividad</b>
Noviembre 2023	Abril 2024	Búsqueda de información, teórica y práctica para programación de Arduino con los módulos
Enero 2024	Febrero 2024	Diseño y simulación
Febrero 2024	Marzo 2024	Adquisición de equipos y dispositivos
Marzo 2024	Abril 2024	Programación y pruebas de comunicación
Abril 2024	Abril 2024	Programación final del todo el sistema de riego Implementación del sistema de control de riego



---

<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Actividad</b>
<hr/>		
Instalación de mangueras		
Abril 2024	Mayo 2024	Puesta en funcionamiento
25 de abril 2024	26 de mayo 2024	Adquisición de datos

---

Elaboración propia

### **3.5.2 Obtención de datos de humedad mínima y máxima**

Seguido a ello se realizó pruebas para la obtención de humedad óptima para el cultivo, en este caso se dio como referencia la humedad óptima para cultivos de lechuga que según Chuquicondor et al. (2023) indica que debe ser entre 60% a 80%, para ello en una primera prueba se sometió al sensor de humedad de suelo YL 69 para Arduino, de totalmente seco sin presencia de humedad, en la figura 12 se muestra la programación.

## Figura 12

*Código de programación para obtener la humedad del suelo*

```
SENSOR_DE_HUMEDAD Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

SENSOR_DE_HUMEDAD

int SensorPin = A2;
void setup() {
  pinMode(A2, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int humedad = analogRead(SensorPin);
  int humedad_pc = map(analogRead (A2),0,1023, 100, 0);
  Serial.print("Humedad: ");
  Serial.print(humedad);
  Serial.print("  PC_humedad ");
  Serial.print(humedad_pc);
  Serial.println("%");
  delay(2000);
}
```

Elaboración propia

En la figura 13 se muestra el sensor en un suelo totalmente seco.

## Figura 13

*Sensor de humedad en suelo seco*



Elaboración propia



La respuesta de la prueba del sensor se aprecia en la figura 14, del cual se obtuvo un valor de 1023, en un rango de 1023 – 0 que es el valor que maneja este sensor, la funcionalidad se da de la siguiente manera, cuando el sensor lectura un valor de 1023 esto indica que está totalmente seco es decir 0% de humedad del suelo, y cuando es un valor de 0 indica que es el 100% de humedad.

### Figura 14

*Humedad mínima al 0%*

```
COM7
09:29:32.649 -> Humedad: 1022 PC_humedad 0%
09:29:34.683 -> Humedad: 1022 PC_humedad 0%
09:29:36.676 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:38.664 -> Humedad: 1022 PC_humedad 0%
09:29:40.695 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:42.674 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:44.670 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:46.713 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:48.703 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:50.720 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:52.700 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:54.725 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
09:29:56.701 -> Humedad: 1023 PC_humedad 0%
```

Elaboración propia

En la segunda prueba se sometió al sensor en un suelo completamente húmedo, como se muestra en la figura 15.

### Figura 15

*Sensor de humedad en suelo completamente húmedo*



Elaboración propia

Y su respuesta del sensor se muestra en la figura 16, del cual se logró obtener un valor de 296 dándonos como el valor máximo de humedad para este tipo de suelo, para cuestiones prácticas consideraremos 300 como la humedad máxima del 100%, en un rango de 1023 – 0.

### Figura 16

*Humedad máxima*

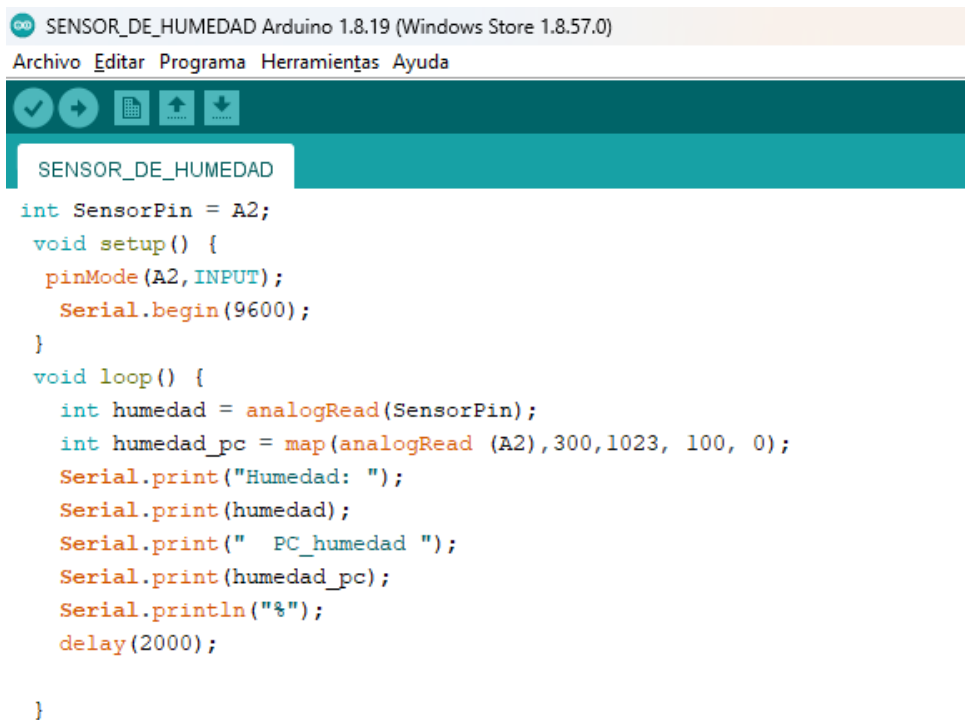
COM7		
09:42:32.647	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:34.646	-> Humedad: 295	PC_humedad 72%
09:42:36.659	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:38.664	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:40.647	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:42.680	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:44.672	-> Humedad: 294	PC_humedad 72%
09:42:46.678	-> Humedad: 295	PC_humedad 72%
09:42:48.699	-> Humedad: 295	PC_humedad 72%
09:42:50.720	-> Humedad: 295	PC_humedad 72%
09:42:52.680	-> Humedad: 295	PC_humedad 72%
09:42:54.704	-> Humedad: 296	PC_humedad 72%
09:42:56.702	-> Humedad: 296	PC_humedad 72%
09:42:58.716	-> Humedad: 296	PC_humedad 72%

Elaboración propia

Una vez obtenida los valores de mínimo y máximo de los valores de humedad del suelo, se realizó el nuevo programa con los parámetros anteriores de las figuras 15 y 16. De acuerdo a ello los nuevos valores de mínimo y máximo de humedad en la figura 17 se ilustra en la programación los nuevos valores teniendo 1023 como el 0% de humedad y 300 como el 100% de humedad del suelo.

### Figura 17

*Nueva programación para el valor máximo*



```
SENSOR_DE_HUMEDAD Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

SENSOR_DE_HUMEDAD
int SensorPin = A2;
void setup() {
  pinMode(A2, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int humedad = analogRead(SensorPin);
  int humedad_pc = map(analogRead (A2), 300, 1023, 100, 0);
  Serial.print("Humedad: ");
  Serial.print(humedad);
  Serial.print("  PC_humedad ");
  Serial.print(humedad_pc);
  Serial.println("%");
  delay(2000);
}
```

Elaboración propia

En la figura 18 se muestra este nuevo resultado del 100% de humedad

## Figura 18

*Humedad al 100% según la obtención de mínimos y máximos*

COM7		
09:43:41.836	-> Humedad: 300	PC_humedad 100%
09:43:43.862	-> Humedad: 300	PC_humedad 100%
09:43:45.852	-> Humedad: 300	PC_humedad 100%
09:43:47.848	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%
09:43:49.888	-> Humedad: 300	PC_humedad 100%
09:43:51.888	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%
09:43:53.902	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%
09:43:55.890	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%
09:43:57.899	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%
09:43:59.919	-> Humedad: 301	PC_humedad 100%

Elaboración propia

Estas pruebas se realizaron para obtener la humedad deseada para cultivo de hortalizas, en este caso la lechuga. Para el presente caso de estudio se manejó la humedad deseada un valor entre el 60% a 80% que es lo que requiere el cultivo de lechuga.

### 3.5.3 Configuración de fecha y hora actual

Para realizar el registro de fecha y hora se hizo uso del módulo de reloj RTC DS3231, este módulo permite registrar tanto la fecha y la hora en la que se guarda el registro de datos de humedad del suelo tanto del riego automatizado y los valores del riego convencional.

En figura 19 se observa el programa para actualizar la fecha y hora actual, en un inicio el Módulo de reloj RTC DS3231 su horario no está configurado, para ello se debe cargar primeramente un código que actualice la fecha y hora para que luego este trabaje correctamente al momento de guardar los datos de humedad en la memoria SD.

## Figura 19

*Código para configurar la fecha y hora actual*

```
rtc Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

rtc

#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
RTC_DS3231 rtc;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  rtc.begin();
  rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();
  Serial.print(now.year());
  Serial.print("/");
  Serial.print(now.month());
  Serial.print("/");
  Serial.print(now.day());
  Serial.print(" ");
  Serial.print(now.hour());
  Serial.print(":");
  Serial.print(now.minute());
  Serial.print(":");
  Serial.print(now.second());
  Serial.println();
  delay(2000);
}
```

Elaboración propia

En la figura 20 se muestra la respuesta del código de configuración del módulo RTC DS3231 que se cargó anteriormente.

## Figura 20

*Fecha y hora actual*

```
COM7

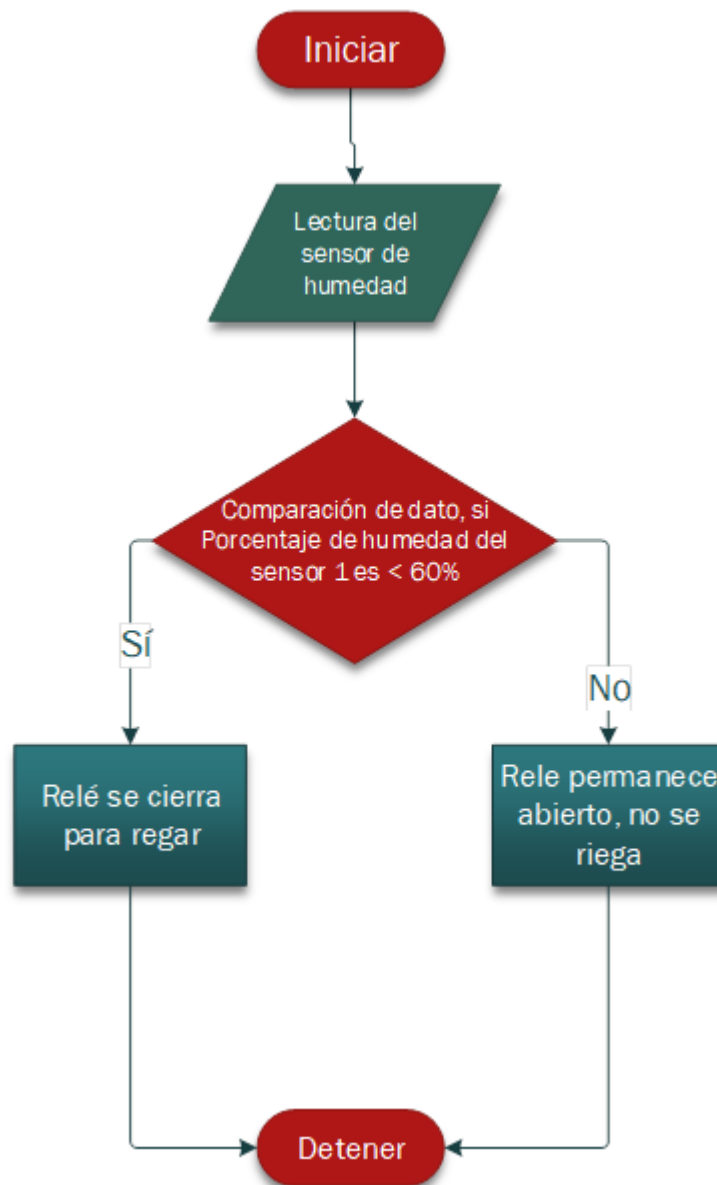
09:56:26.596 -> 2024/5/30 9:56:20
09:56:28.623 -> 2024/5/30 9:56:22
09:56:30.618 -> 2024/5/30 9:56:24
09:56:32.636 -> 2024/5/30 9:56:26
09:56:34.635 -> 2024/5/30 9:56:28
09:56:36.621 -> 2024/5/30 9:56:30
09:56:38.624 -> 2024/5/30 9:56:32
09:56:40.636 -> 2024/5/30 9:56:34
09:56:42.645 -> 2024/5/30 9:56:36
09:56:44.657 -> 2024/5/30 9:56:38
```

Elaboración propia

Una vez culminada las pruebas de humedad de suelo y realizada la actualización de tiempo real, se pasó a realizar el diseño y las simulaciones del sistema en el programa Proteus profesional 8 y la programación en IDE Arduino para realizar las prepruebas.

### 3.5.4 Diseño del sistema automático

#### 3.5.4.1 Diagrama de flujo



Elaboración propia



### **3.5.4.2 Descripción del diagrama de flujo**

El sistema funciona de la siguiente forma.

El programa inicia de forma automática, luego el sensor de humedad de suelo reconoce el dato analógico de humedad del suelo, y este es transformado en porcentaje para que luego sea comparado con el valor de set point del 60% (valor deseado). El comparador establece si el valor es menor o igual al valor deseado, si es así el relé se cerrará y dará paso a la corriente para encender la bomba de agua para realizar el riego hasta llegar a la humedad deseada.

Pero si en cambio el comparador establece que el valor obtenido es mayor al valor deseado el relé permanecerá abierto quedando así que la bomba de agua no realice el riego.

### **3.5.5 Diseño y programación**

#### **3.5.5.1 Diseño de control**

Para el diseño del sistema de control se usó el diseño de sistema de control ON OFF , con un umbral del 60% de humedad, cuando la humedad del suelo esté por debajo del valor, el sistema se encenderá de forma automática y se apagará al llegar a este.

Este proceso se dará durante el día en un horario de 7 am a 5 pm, el registro de datos se da cada 10 minutos esto para tener un mejor análisis de datos y compararlos con un sistema de riego convencional.

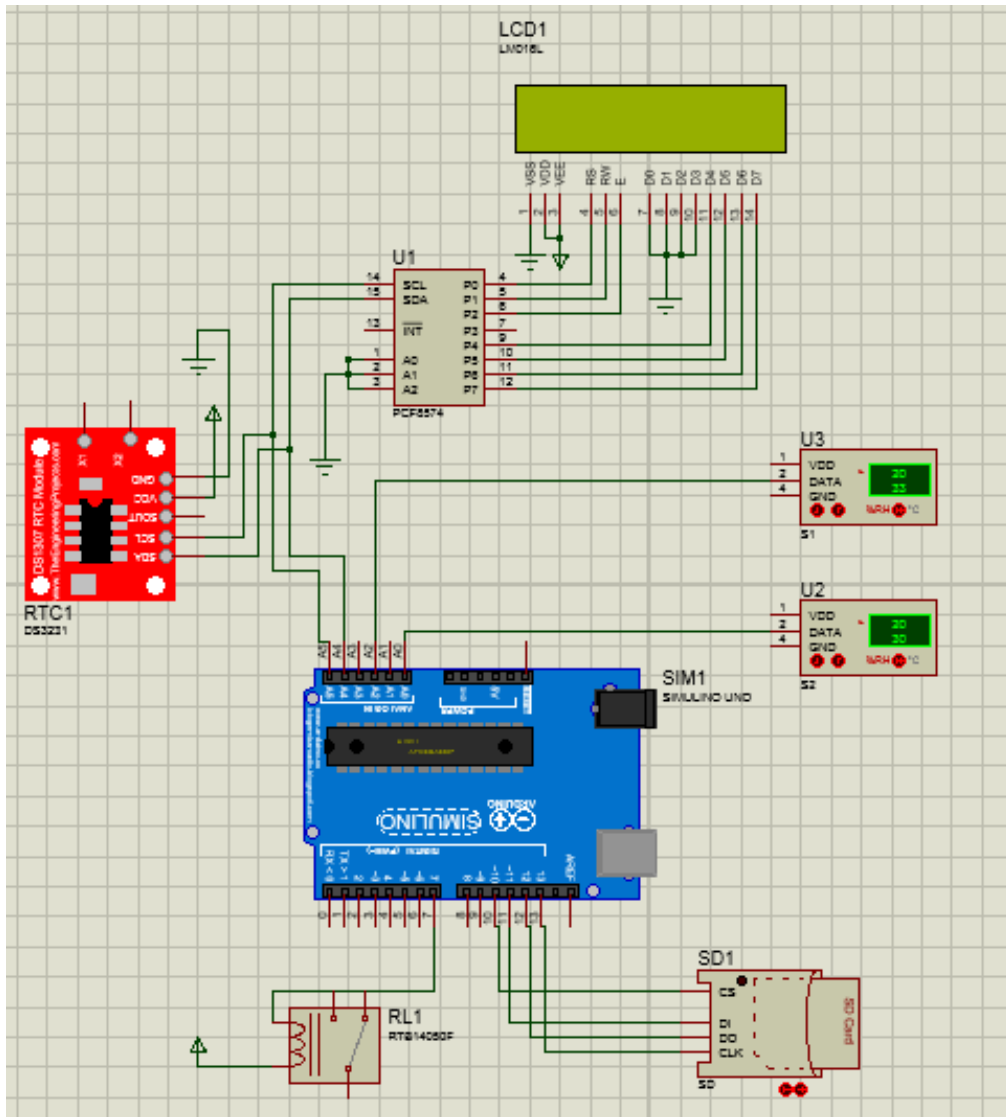
### 3.5.5.2 Software de diseño

El software de diseño que se empleó fue Proteus profesional 8, dicho programa permite diseñar y simular el sistema de control, para de esta forma realizar una implementación exitosa.

En la figura 21 se muestra el diseño del circuito electrónico y su simulación para luego ser realizado en la placa PCB.

**Figura 21**

*Diseño del circuito electrónico en Proteus*



Elaboración propia



### 3.5.5.3 Software de programación

Para la programación del sistema se usó el software IDE de Arduino, el cual permite programar circuitos electrónicos, la siguiente programación facilita la automatización del sistema de riego.

### 3.5.5.4 Direccionamiento de entradas y salidas.

En la tabla 5 se muestra los direccionamientos utilizados para este sistema.

**Tabla 5**

*Direcciones de entradas y salidas*

Tipo	Tipo de dato	Dirección	Descripción
Entrada	Analógico	A2	Sensor de humedad 1,
	Analógico	A0	Sensor de humedad 2
	Digital	10	ChipSelect (Para la comunicación con el módulo SD)
Salida	Digital	7	Bomba de agua

Elaboración propia

A continuación, se detalla la programación que se usó para este sistema de riego.

En la figura 22 se inicia la programación en IDE Arduino, lo primero que se procede a realizar es declarar las librerías que usaremos para las comunicaciones con los módulos; Librería SD.h esta librería que permite leer y escribir en una memoria SD, se registró todos los datos de medición de datos de humedad del suelo tanto en valor nominal y en porcentaje, adicional a ello se emplea la librería SPI.h para su comunicación, que se realiza con los pines

digitales, 11 (MOSI), 12(MISO), 13(SCK) y el pin 10 para la tarjeta SD. Librería Wire.h, esta librería permite la comunicación con el I2C, Librería RTCLib.h esta librería permite usar el RTC D3231 y por último la librería LiquidCrystal\_I2C.h para la comunicación del LCD donde se visualiza la humedad y la condición de bomba apagada o prendida.

## Figura 22

*Código de programación en Arduino, declaración de librerías*



```
PROYECTO_FINAL23 Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

PROYECTO_FINAL23 §
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Inicialización del RTC y LCD
RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Dirección I2C del LCD, columnas y filas

// Pines de los sensores y la bomba de agua
const int sensorHumedad1 = A2;
const int sensorHumedad2 = A0;
const int bomba = 7;
const int chipSelect = 10; // Pin CS del módulo SD

bool mostrarHumedad = true; // Estado inicial: mostrar humedad
int humedadDeseada = 60; // Humedad deseada

void setup() {
  pinMode(bomba, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
```

Elaboración propia

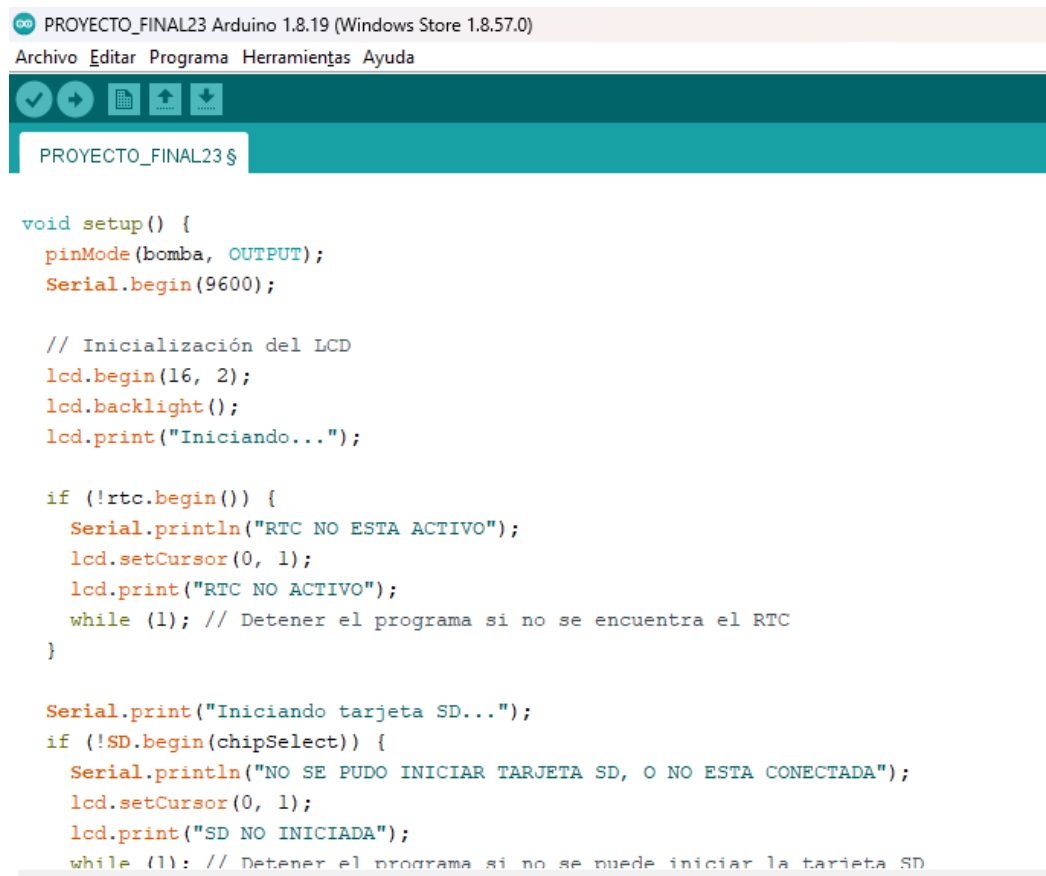
Una vez declarada las librerías a usar, se declara las entradas y salidas. En la figura 22 el sensor 1 y el sensor 2 son las entradas y la única salida sería el pin 7 digital. Se pasó a realizar toda la programación del sistema de riego de la forma que se indicó en el diseño.

En las figuras del 23 al 30 se muestra el código que se usó para el sistema de riego automático.

En las figuras 23 y 24, se muestra el código de las condiciones para la iniciar el LCD, TRC DS3231, MODULO SD si en caso contrario estén fallando o no se tenga buena conexión, se mostrará los mensajes de fallo.

### Figura 23

#### *Código para el riego automático parte I*

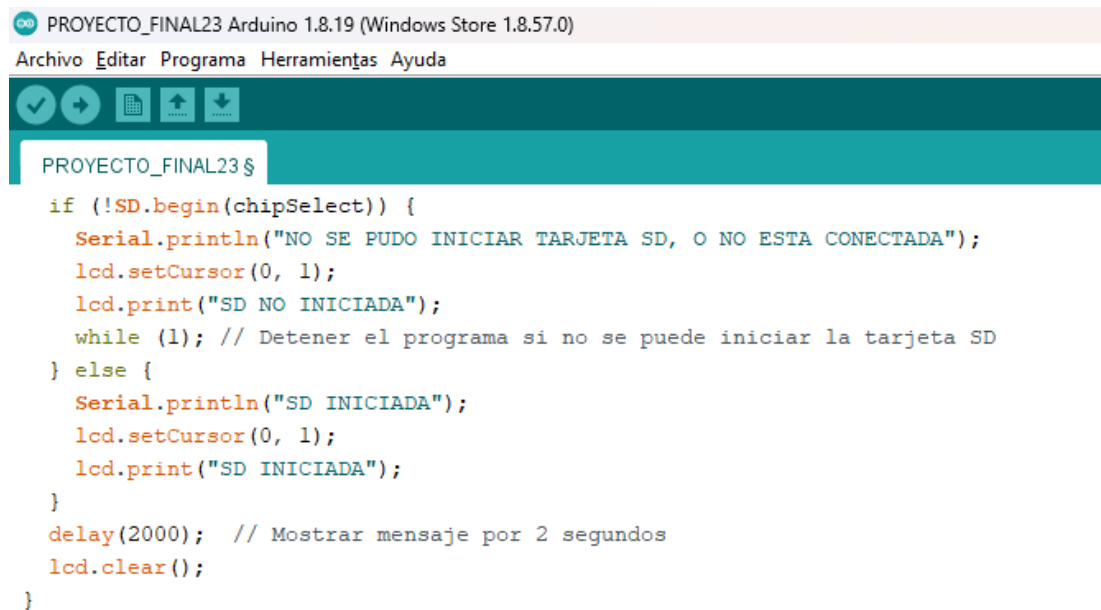


```
PROYECTO_FINAL23 §  
  
void setup() {  
  pinMode(bomba, OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
  
  // Inicialización del LCD  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.backlight();  
  lcd.print("Iniciando...");  
  
  if (!rtc.begin()) {  
    Serial.println("RTC NO ESTA ACTIVO");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("RTC NO ACTIVO");  
    while (1); // Detener el programa si no se encuentra el RTC  
  }  
  
  Serial.print("Iniciando tarjeta SD...");  
  if (!SD.begin(chipSelect)) {  
    Serial.println("NO SE PUDO INICIAR TARJETA SD, O NO ESTA CONECTADA");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("SD NO INICIADA");  
    while (1); // Detener el programa si no se puede iniciar la tarjeta SD
```

Elaboración propia

## Figura 24

### *Código para el riego automático parte II*



```
PROYECTO_FINAL23 Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

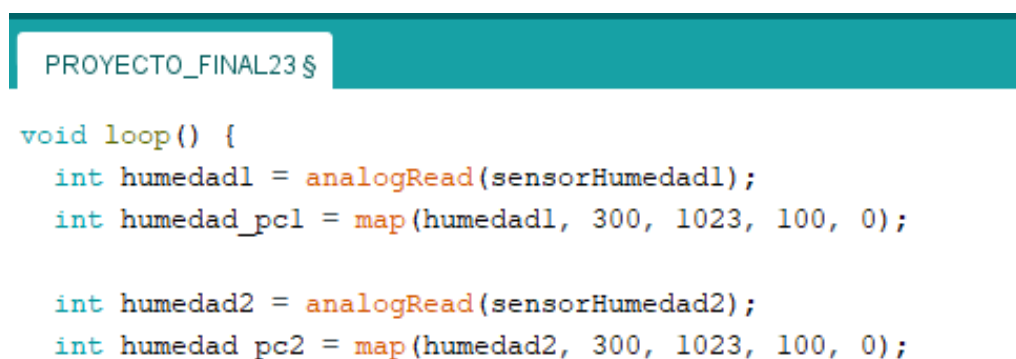
PROYECTO_FINAL23 §
if (!SD.begin(chipSelect)) {
  Serial.println("NO SE PUDO INICIAR TARJETA SD, O NO ESTA CONECTADA");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("SD NO INICIADA");
  while (1); // Detener el programa si no se puede iniciar la tarjeta SD
} else {
  Serial.println("SD INICIADA");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("SD INICIADA");
}
delay(2000); // Mostrar mensaje por 2 segundos
lcd.clear();
}
```

Elaboración propia

En la figura 25 se muestra el código para la entrada analógica del valor de humedad y conversión a porcentaje

## Figura 25

### *Código para el riego automático parte III*



```
PROYECTO_FINAL23 §

void loop() {
  int humedad1 = analogRead(sensorHumedad1);
  int humedad_pc1 = map(humedad1, 300, 1023, 100, 0);

  int humedad2 = analogRead(sensorHumedad2);
  int humedad_pc2 = map(humedad2, 300, 1023, 100, 0);
}
```

Elaboración propia

En la figura 26 se muestra el código para el registro de hora, y el formato en el cual se guardará el archivo.

## Figura 26

### Código para el riego automático parte IV

PROYECTO\_FINAL23 §

```
DateTime now = rtc.now();
String ano = String(now.year());
String mes = String(now.month());
String dia = String(now.day());
String horas = String(now.hour());
String minutos = String(now.minute());
String segundos = String(now.second());

String Fecha = ano + "/" + mes + "/" + dia;
String Hora = horas + ":" + minutos + ":" + segundos;

String Medicion = ano + mes + dia + ".txt";
String Imprimir = Fecha + " " + Hora + " " + "Humedad1: " + String(humedad1)+
": " + String(humedad_pc1) + "% " + "Humedad2: " + String(humedad2)+ ": "
+ String(humedad_pc2) + "% " + "Control: ";
```

Elaboración propia

En la figura 27 se muestra el código la forma en el que se visualizará en el LCD la humedad.

## Figura 27

### Código para el riego automático parte V

✓ → 📄 ⬆️ ⬇️ Verificar

PROYECTO\_FINAL23 §

```
// Mostrar valores en LCD
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("H1: ");
lcd.print(humedad_pc1);
lcd.print("% H2: ");
lcd.print(humedad_pc2);
lcd.print("%");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Deseada: ");
lcd.print(humedadDeseada);
lcd.print("%");
```

Elaboración propia

En la figura 28 se muestra el código para el horario de funcionamiento y la condición de la humedad.

### Figura 28

*Código para el riego automático parte VI*

PROYECTO\_FINAL23 §

```
if(now.hour() >=7 && now.hour()<17){  
  // Control de la bomba de agua basado en la humedad deseada  
  if (humedad_pcl < humedadDeseada) {  
  
    digitalWrite(bomba, LOW);  
    Serial.println("Bomba Prendida");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Bomba Prendida ");  
  
    Imprimir += "ON";  
  
  } else {  
    digitalWrite(bomba, HIGH);  
    Serial.println("Bomba Apagada");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Bomba Apagada ");  
  
    Imprimir += "OFF";  
  }  
}
```

Elaboración propia

En la figura 29 se muestra el código para el almacenamiento de datos en un archivo tal como se configuró, por año, mes y día.

## Figura 29

*Código para el riego automático parte VII*

```
PROYECTO_FINAL23 §  
// Guardar datos en la tarjeta SD  
File dataFile = SD.open(Medicion, FILE_WRITE);  
if (dataFile) {  
  dataFile.println(Imprimir);  
  dataFile.close();  
  Serial.println(Imprimir);  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  
} else {  
  Serial.println("ERROR AL ESCRIBIR ARCHIVO!");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("ERROR REGISTRO  ");  
  
}  
delay(3600000); // Esperar 10 minutos antes de la próxima lectura  
}
```

Elaboración propia

En la figura 30 se muestra el código para cuando el riego esté fuera del horario de funcionamiento.

## Figura 30

*Código para el riego automático parte VIII*

```
if ( now.hour ()== 17){  
  lcd.noDisplay();  
  lcd.noBacklight();  
  digitalWrite (bomba, HIGH);  
  digitalWrite (sensorHumedad1, LOW);  
  digitalWrite (sensorHumedad2, LOW);  
  delay(43200000);  
}  
}
```

Elaboración propia



### 3.5.5.5 Descripción del programa

A continuación, se detalla el funcionamiento del código.

Iniciamos con el void setup como se muestra en la figura 23 y 24, que es donde se indica qué se realizará previamente al código de funcionamiento. Seguidamente con el LCD, donde indique que el sistema se está inicializando el mensaje que muestra es “Iniciando..”. Para ver que el RTC DS3231, este funcionando se verifica de la siguiente forma, si el RTC no está activo que indique en el LCD “ RTC NO ACTIVO” y la función while sirve para que este sistema se reinicie hasta que el RTC esté activo. Seguido a ello si la tarjeta SD no está activa o conectada este indica en la pantalla LCD “SD NO INICIADA”, y de igual forma se emplea la función while, que muestre este mensaje hasta que la tarjeta SD se inicialice, y se visualiza en la pantalla LCD “SD INICIADA”, todo ello se da en un tiempo de 2 segundos.

En las figuras desde 24 al 30, se muestra el funcionamiento del sistema. Iniciamos con el void loop donde se puede indicar qué y cómo va accionar el sistema de riego automático. Se inicia declarando las variables de humedad tanto del sensor 1 y 2, donde se solicita que indique el valor nominal y el valor en porcentaje, como se requiere que el registro sea a tiempo real se declara que los valores sean en variables de String esto para facilitar que los datos se envíen a la tarjeta SD. Los datos son guardados en formato de .txt , un archivo por cada día, en el cual se almacena de la siguiente forma: Año, mes, día, hora, minutos y segundos con el valor nominal y en porcentaje de los dos sensores de humedad. Para tener un mayor control sobre la humedad del suelo en la pantalla LCD se muestra los valores en porcentajes.





El sistema de riego funciona en un horario de 7am a 5pm, esto para tener un mayor monitoreo visual del funcionamiento del sistema y así para verificar si realmente el sistema de riego se está ejecutando de la manera correcta, si está dentro de este horario el sistema se ejecutará con la siguiente indicación, si es menor a 60% de humedad que riegue, y si está por encima de este valor se apagará el riego. Los registros de datos se guardarán cada 10 minutos, esto para evitar lecturas de datos inestables, evitar encendidos y apagados de la bomba de manera constante, con esto se evita los desgastes de equipos y fallas en el motor.

Para guardar los datos de medición de humedad de suelo se hizo uso de una tarjeta SD, que a su vez usa el módulo SD para la comunicación entre el Arduino y el registro de datos a través del bus de comunicación SPI, esto ayuda a la recolección de datos y almacenamiento, para luego ser analizados.

Para poder controlar la bomba de agua se hizo uso del relé solido que este controla la potencia y corriente que necesita la bomba sumergible. Esto protege y activa o desactiva cuando se requiera el riego.

Si en cambio el sistema está fuera del horario de riego este permanece apagado, no se almacena ningún dato ni se medirá la humedad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró diseñar e implementar de forma exitosa el sistema de control automatizado del riego tecnificado por goteo con una prueba de 1 mes. Los resultados de diseño se muestran en la figura 29 y de la implementación en la figura 34.

#### 4.1 PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Se diseñó el siguiente diagrama de circuito electrónico en el software Proteus para realizar las simulaciones de funcionamiento, con todos los materiales y dispositivos empleados en la implementación. En la figura 21 se muestra el diseño del sistema de control.

#### 4.2 PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

En las siguientes tablas y figuras se muestra el resultado del sistema de control de riego según la humedad requerida por el cultivo. Se detalla en el primer caso para un día cuando no se realizó riego para cultivos de riego convencional y otro en el caso en un día que si se realizó el riego convencional. Y finalmente se muestra los promedios de humedad tomadas durante los 30 días de funcionamiento con riego sin automatizar y riego automatizado.

- Resultados para un día sin realizar riego para cultivos de riego convencional

En la tabla 6 se muestra los datos obtenidos de una parcela sin automatización de riego comparados con la humedad de riego automatizado. En un día cuando no se realizó

riego al cultivo destinado para riego convencionales de forma manual, en la figura 31 se muestra la gráfica de resultado de la humedad de las parcelas.

**Tabla 6**

*Cuadro comparativo de humedad de parcelas sin automatización y con automatización, en un día sin riego convencional*

Hora	Porcentaje de humedad en un día sin riego convencional			
	Valor nominal	Porcentaje de humedad	Valor nominal	Porcentaje de humedad
07:00:00	919	15%	650	52%
07:10:00	920	15%	527	69%
07:20:00	920	15%	532	68%
07:30:00	919	15%	536	68%
07:40:00	920	15%	539	67%
07:50:00	919	15%	543	67%
08:00:00	919	15%	544	67%
08:10:00	920	15%	548	66%
08:20:00	857	23%	550	66%
08:30:00	858	23%	552	66%
08:40:00	858	23%	561	64%
08:50:00	859	23%	564	64%
09:00:00	860	23%	558	65%
09:10:00	860	23%	559	65%
09:20:00	859	23%	557	65%
09:30:00	859	23%	559	65%
09:40:00	858	23%	560	65%
09:50:00	920	15%	543	67%
10:00:00	919	15%	544	67%
10:10:00	920	15%	560	65%
10:20:00	920	15%	561	64%
10:30:00	919	15%	558	65%
10:40:00	919	15%	561	64%
10:50:00	920	15%	561	64%
11:00:00	919	15%	559	65%
11:10:00	919	15%	559	65%
11:20:00	919	15%	562	64%
11:30:00	919	15%	558	65%
11:40:00	919	15%	559	65%
11:50:00	919	15%	543	67%
12:00:00	862	23%	544	67%

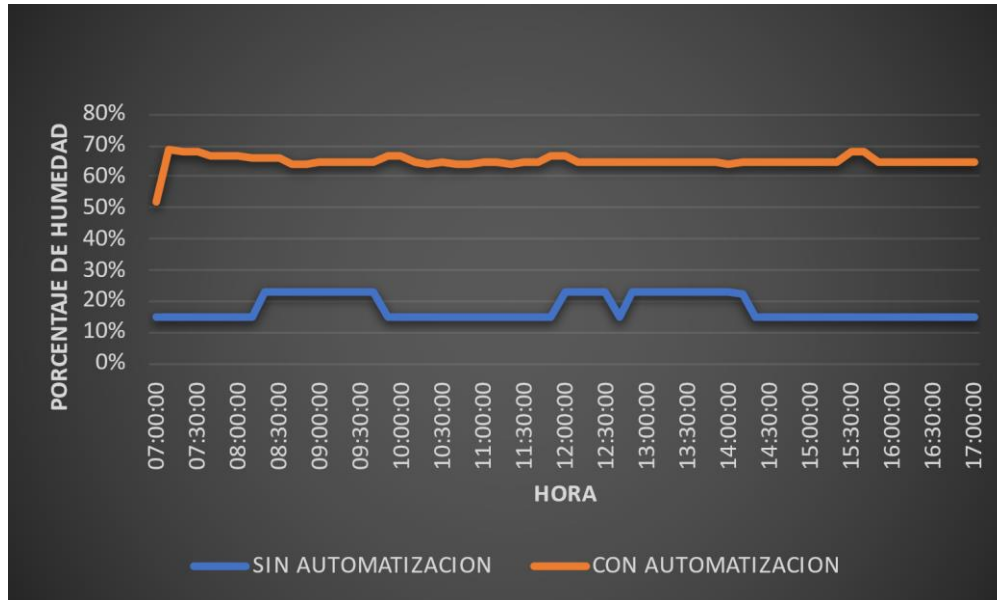


<b>Porcentaje de humedad en un día sin riego convencional</b>				
	<b>Humedad en parcela sin automatización</b>		<b>Humedad en parcela con automatización</b>	
<b>Hora</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Porcentaje de humedad</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Porcentaje de humedad</b>
12:10:00	858	23%	559	65%
12:20:00	857	23%	559	65%
12:30:00	861	23%	559	65%
12:40:00	919	15%	560	65%
12:50:00	860	23%	559	65%
13:00:00	860	23%	560	65%
13:10:00	860	23%	560	65%
13:20:00	860	23%	559	65%
13:30:00	859	23%	560	65%
13:40:00	859	23%	559	65%
13:50:00	859	23%	559	65%
14:00:00	863	23%	561	64%
14:10:00	864	22%	559	65%
14:20:00	920	15%	557	65%
14:30:00	920	15%	558	65%
14:40:00	920	15%	558	65%
14:50:00	920	15%	558	65%
15:00:00	920	15%	558	65%
15:10:00	919	15%	557	65%
15:20:00	920	15%	557	65%
15:30:00	920	15%	532	68%
15:40:00	920	15%	536	68%
15:50:00	920	15%	558	65%
16:00:00	920	15%	558	65%
16:10:00	920	15%	558	65%
16:20:00	920	15%	557	65%
16:30:00	920	15%	558	65%
16:40:00	920	15%	558	65%
16:50:00	920	15%	559	65%
17:00:00	920	15%	558	65%
<b>Promedio</b>	<b>894</b>	<b>18%</b>	<b>559</b>	<b>65%</b>

Elaboración propia

**Figura 31**

*Humedad en parcela sin automatización y con automatización, para un día sin riego manual*



Elaboración propia

A partir de la tabla 6 y la figura 31, el resultado indica que, mediante la medición de humedad, en parcelas sin riego automatizado en un día que no se realiza riego manual la humedad es muy baja llegando solo a un promedio de 18%, este resultado de humedad no es de acuerdo a lo que necesita el cultivo de lechuga, lo cual afecta directamente en su desarrollo ver Anexo 10. Sin embargo, teniendo un riego ya automatizado la humedad se mantiene en el rango requerido para el cultivo el cual es del 60% al 80%, como se observa la humedad promedio es del 65%, el control se realiza de forma efectiva dentro de los parámetros de humedad requerida por el cultivo.

- Resultados para un día realizando riego manual al cultivo destinado para riego convencional.

En la tabla 7 se muestra los datos obtenidos de humedad de una parcela sin automatización y con automatización, en un día aplicando riego de forma convencional a la parcela sin automatización y en la figura 32 se muestra la gráfica respectiva.

**Tabla 7**

*Cuadro comparativo de humedad de parcelas sin automatización y con automatización, en un día con riego convencional*

Hora	Humedad en parcela sin automatización		Humedad en parcela con automatización	
	Valor nominal	Porcentaje de humedad	Valor nominal	Porcentaje de humedad
07:00:00	920	15%	611	58%
07:10:00	919	15%	548	66%
07:20:00	919	15%	550	66%
07:30:00	864	22%	552	66%
07:40:00	866	22%	539	67%
07:50:00	866	22%	543	67%
08:00:00	866	22%	544	67%
08:10:00	866	22%	519	70%
08:20:00	700	45%	527	69%
08:30:00	724	42%	532	68%
08:40:00	715	43%	536	68%
08:50:00	703	45%	548	66%
09:00:00	702	45%	550	66%
09:10:00	715	43%	552	66%
09:20:00	721	42%	561	64%
09:30:00	726	42%	610	58%
09:40:00	721	42%	550	66%
09:50:00	697	46%	550	66%
10:00:00	695	46%	552	66%
10:10:00	709	44%	532	68%
10:20:00	709	44%	536	68%
10:30:00	696	46%	539	67%
10:40:00	705	44%	543	67%
10:50:00	698	45%	544	67%
11:00:00	708	44%	559	65%
11:10:00	703	45%	559	65%
11:20:00	693	46%	562	64%
11:30:00	701	45%	558	65%
11:40:00	702	45%	559	65%

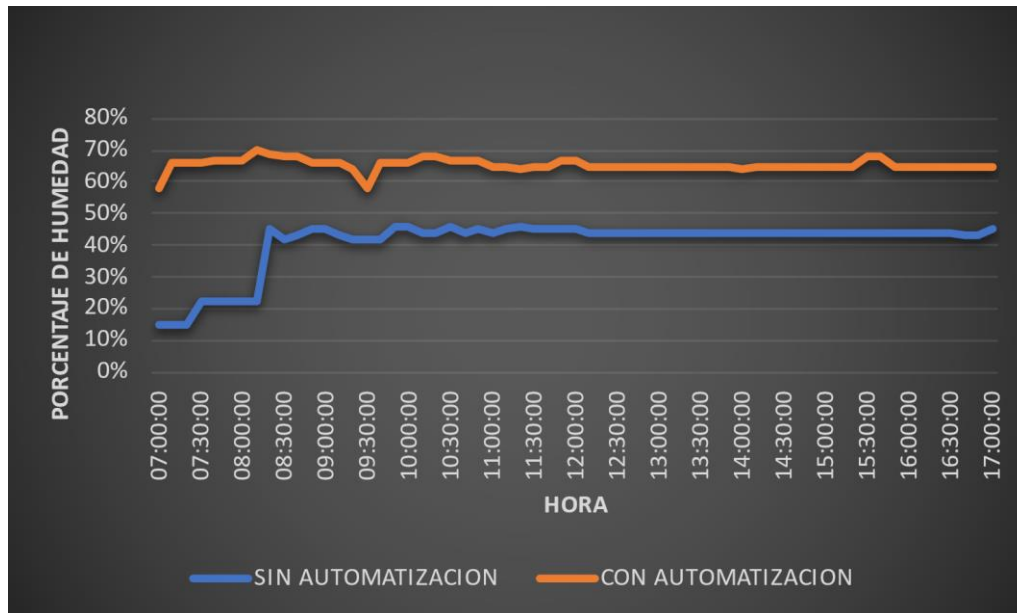


<b>Porcentaje de humedad en un día realizando riego convencional</b>				
	<b>Humedad en parcela sin automatización</b>		<b>Humedad en parcela con automatización</b>	
<b>Hora</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Porcentaje de humedad</b>	<b>Valor nominal</b>	<b>Porcentaje de humedad</b>
11:50:00	703	45%	543	67%
12:00:00	704	45%	544	67%
12:10:00	705	44%	559	65%
12:20:00	706	44%	559	65%
12:30:00	706	44%	559	65%
12:40:00	707	44%	560	65%
12:50:00	708	44%	559	65%
13:00:00	708	44%	560	65%
13:10:00	709	44%	560	65%
13:20:00	709	44%	559	65%
13:30:00	710	44%	560	65%
13:40:00	710	44%	559	65%
13:50:00	710	44%	559	65%
14:00:00	707	44%	561	64%
14:10:00	708	44%	559	65%
14:20:00	710	44%	557	65%
14:30:00	711	44%	558	65%
14:40:00	710	44%	558	65%
14:50:00	711	44%	558	65%
15:00:00	711	44%	558	65%
15:10:00	712	44%	557	65%
15:20:00	711	44%	557	65%
15:30:00	712	44%	532	68%
15:40:00	712	44%	536	68%
15:50:00	711	44%	558	65%
16:00:00	712	44%	558	65%
16:10:00	712	44%	558	65%
16:20:00	712	44%	557	65%
16:30:00	712	44%	558	65%
16:40:00	713	43%	558	65%
16:50:00	715	43%	559	65%
17:00:00	701	45%	558	65%
<b>Promedio</b>	<b>731</b>	<b>41%</b>	<b>551</b>	<b>66%</b>

Elaboración propia

**Figura 32**

*Humedad en parcela sin automatización y con automatización, para un día con riego manual*



Elaboración propia

Como se observa en la tabla 7 y figura 32, en un día que se realiza riego manual a las parcelas la humedad promedio es del 41% lo que aún es baja para un cultivo de lechugas, y en cambio cuando se tiene un riego automatizado la humedad se mantiene dentro del rango requerido del cultivo, en este caso del 66%, con eso se prueba se pudo controlar el riego dentro del parámetro que requiere el cultivo.

- Resultado de promedios de humedad del suelo durante un mes (30 días)

En la tabla 8 se muestra el cuadro de datos comparativo de humedades obtenidos durante 30 días en parcelas sin riego automatizado y con automatización, se muestra el promedio por día y promedio durante los 30 días y su grafica de resultados se ilustra en la figura 33 respectivamente.



**Tabla 8**

*Cuadro comparativo de humedad durante 30 días en parcelas con riego sin automatización y con automatización*

<b>Porcentaje de humedad en un lapso de 30 en parcelas sin automatización y con automatización</b>					
<b>Mes</b>	<b>Día</b>	<b>Sin automatización</b>		<b>Con automatización</b>	
		<b>Valor Nominal</b>	<b>Porcentaje De Humedad</b>	<b>Valor Nominal</b>	<b>Porcentaje De Humedad</b>
1	25	919	15%	558	64%
1	26	860	23%	580	61%
1	27	714	44%	563	63%
1	28	724	42%	551	65%
1	29	768	35%	561	64%
1	30	903	18%	564	63%
2	1	648	53%	578	61%
2	2	698	44%	549	65%
2	3	728	40%	550	66%
2	4	587	60%	571	62%
2	5	655	55%	551	65%
2	6	665	50%	552	66%
2	7	699	45%	566	63%
2	8	700	43%	552	65%
2	9	704	38%	561	64%
2	10	790	32%	533	67%
2	11	801	30%	552	66%
2	12	822	25%	569	62%
2	13	875	22%	579	61%
2	14	731	40%	562	63%
2	15	760	36%	558	65%

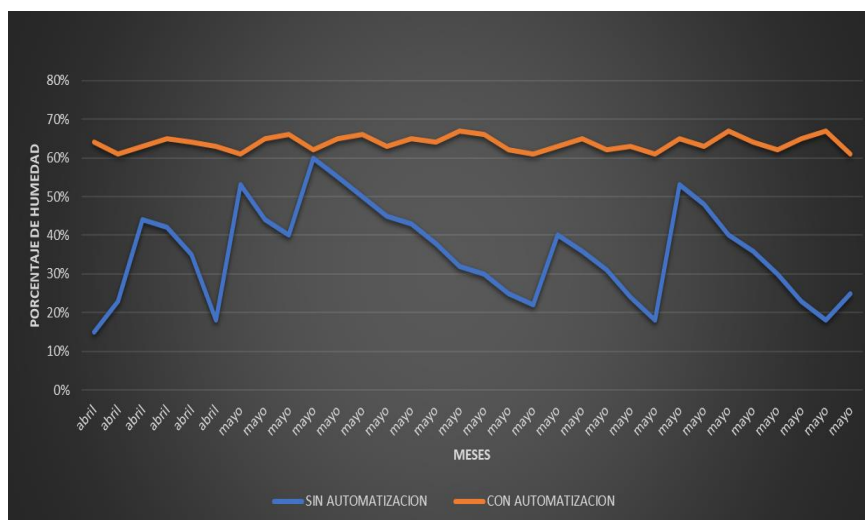
**Porcentaje de humedad en un lapso de 30 en parcelas sin automatización y con automatización**

Mes	Día	Sin automatización		Con automatización	
		Valor Nominal	Porcentaje De Humedad	Valor Nominal	Porcentaje De Humedad
2	16	795	31%	576	62%
2	17	848	24%	569	63%
2	18	889	18%	587	61%
2	19	644	53%	557	65%
2	20	670	48%	568	63%
2	21	735	40%	539	67%
2	22	762	36%	561	64%
2	23	803	30%	576	62%
2	24	856	23%	558	65%
2	25	905	18%	543	67%
2	26	823	25%	587	61%
Promedio		765	36%	561	64%

Elaboración propia

**Figura 33**

*Humedad promedio para riego sin y con automatización, en un lapso de 30 días*



Elaboración propia

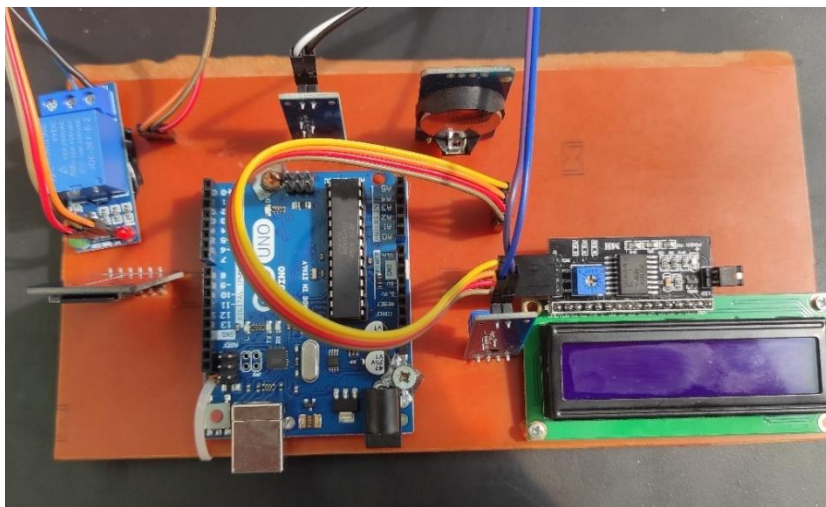
En la tabla 8 y la figura 33, se muestra los resultados de la humedad durante un mes, durante este tiempo se puede observar que la humedad con riego convencional de forma manual no llega a cumplir con la humedad requerida del cultivo (36%), y teniendo un control de riego automatizado se llega a mantener la humedad dentro de lo requerido por el cultivo (64%).

### 4.3 PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO

El resultado de la implementación se muestra en la figura 34 los dispositivos están correctamente alimentados, no presenta fallas de conexión. Con esto se verifica que fue una implementación exitosa. En los anexos 5,6 y 7 se puede mostrar a mayor detalle.

**Figura 34**

*Sistema de control de riego implementado*



Elaboración propia

### 4.4 DISCUSIONES

Cabarcas et al. (2019) según el sistema que se desarrolla por los autores realiza el control de acuerdo a las variables de humedad de suelo, humedad aire y temperatura, con las siguientes condiciones: humedad del 30%- 60%, temperatura 22-23°C, humedad del aire 65% a 75% si se encuentra dentro de los valores se realiza el riego, por cual se difiere



en este aspecto ya que el presente sistema diseñado realiza el control con la variable de humedad de suelo a una humedad de 60%, para la lectura de datos se dio por tiempo de 10 minutos en la tarjeta SD en comparación con Cabarcas (2019) quien registra los datos de forma inmediata en la nube con tecnología IOT.

Putjaika et al. (2016), a diferencia del autor que emplea un filtro de Kalman para suavizar los datos de medida de los sensores para una mejor lectura, datos la humedad menor al 70%, luminosidad 2000lux, temperatura de 35°C para cultivos de repollo y adicional la condición meteorológica si llueve o no, en el presente proyecto no se consideró dicho filtro porque solo se empleó un sensor de humedad donde solo tiene que cumplir la condición de humedad menor a 60%, tampoco se considera la condición meteorológica porque el proyecto se realizó dentro de un invernadero. En comparación de los autores que realiza el almacenamiento de datos en la nube a través de módulos inalámbricos los cuales les permite una lectura inmediata, para el presente proyecto desarrollado no se emplearon módulos inalámbricos debido a que el cultivo fue accesible y se optó por un almacenamiento en tarjeta SD.

Martínez & Pérez (2017), en su investigación desarrolló un sistema de control de riego automático para cultivos de culantro logrando mantener la humedad del 70% que es lo que requiere dicho cultivo, el diseño que emplearon fue PID, empleando Arduino por su bajo costo y accesible, en comparación con el presente trabajo que se emplea un control ON OFF con una humedad mínima del 60%, dentro de la selección de sensores de humedad el autor emplea el sensor SHT71 por su confiabilidad de toma de datos, dado a que posee protección contra agua, sin embargo este sensor no es altamente comercial en la ciudad de Puno, por lo cual en la presente se optó emplear el sensor YL-69, se concuerda con los autores que el sensor de humedad YL-69 es un sensor de poca vida



útil (3- 6 meses) porque para uso de largo plazo este empieza a oxidarse y la lectura de datos puede llegar a ser errónea.

Espinoza (2021), el sistema de control que desarrolla es para cultivos de manzana en poblado de San Juan de Viscas en un área  $1200m^2$  (40mx30m) en la etapa de producción para realizar una comparativa entre la producción anterior a la fecha 2017 la prueba se llevó a cabo en un periodo de 7 meses, en diferencia a Espinoza (2021) en el presente proyecto se realizó para cultivos de lechugas en etapa de crecimiento en un área de prueba de 4mx2m por un periodo de prueba de 30 días.

Mercado (2020) desarrolló el diseño de un sistema automático de control de riego por goteo donde emplea los sensores de humedad y válvulas solenoides, el controlador que emplea es Arduino nano, sin embargo, dentro de la evaluación del riego el autor solo realiza el riego automático sin darle una comparativa a otras parcelas sin riego automatizado donde se pueda comprobar la mejora o deficiencia del riego con respecto al cultivo de vid, a diferencia de Mercado (2020) se realizó una comparativa con respecto a un riego sin automatizar y automatizado. En el control se concuerda que el sistema diseñado es de control ON OFF, dado que el control de riego cumple con lo siguiente: si el nivel de humedad es bajo entonces se realiza el riego hasta que la humedad sea según lo que requiere el cultivo, 40% de humedad según el autor y 60% en la presente investigación. De acuerdo a los dispositivos empleados se concuerda que son de bajo costo y accesible.

De acuerdo a la implementación del sistema de control automático por Jalanoca y Benavides (2017), el cual implementan un sistema SCADA, los autores emplean HDMI y PLC lo que permite un mejor control y monitoreo del riego, sin embargo, el equipamiento y la instalación son de costos elevados alrededor de S/. 19882 soles, se



difiere con respecto al control dado que el riego se controla por un Arduino de bajo costo y accesible con precio de alrededor de S/. 510 soles, sin embargo, una implementación de bajo costo puede ocasionar pérdidas a largo plazo, dado que el sistema no es fiable, porque que a los 3 meses dejó de funcionar correctamente, realizando lecturas erróneas de humedad.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Según los resultados que se obtuvo en el diseño e implementación del sistema de control de riego tecnificado por goteo se observa una mejor condición de humedad requerida según el cultivo en comparación de riego manual.

**SEGUNDO:** Se logró diseñar el sistema de control de riego automatizado en función de sensores de humedad que sean compatibles con Arduino, los cuales son accesibles, de bajo costo y de fácil instalación.

**TERCERO:** Se logró controlar el sistema de riego automatizado a través de los parámetros de humedad que requería el cultivo que en este caso fue como humedad mínima del 60%, el control se realizó mediante control ON OFF, con un umbral de control del 60% de humedad.

**CUARTO:** Se logró implementar el sistema de riego automatizado de forma exitosa, teniendo un control de riego según la humedad requerida por el cultivo. Manteniendo la humedad dentro del parámetro requerido. Que según Chuquicondor (2023) indica que la humedad para cultivos de lechugas la humedad óptima es de entre 60% al 80%.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Para tener mejor resultados con respecto al diseño e implementación de un sistema de control de riego por goteo, se recomienda realizar un diseño de tuberías específico para el área de trabajo, adicionales cálculos de caudal y volumen de agua.

**SEGUNDO:** Para mejorar el riego es necesario el uso de sensores diferentes al sensor de humedad YL 69 dado que después de los 3 meses empieza a presentar fallas de lectura, por caída de tensión u oxidación, puede ser sensores capacitivos. Adicional las pruebas de diseño realizar conjuntamente con una simulación de programación en el software Proteus u otro programa de simulación, como sistema de control de larga duración aplicar microcontroladores u otros controladores que proporcionen mayor estabilidad.

**TERCERO:** En el aspecto de control el sistema de riego automatizado realizar análisis de valores como mínimo y máximo de humedad deseada, ya que esto ayuda a tener un mejor control, con lecturas de 1 segundo para mayor precisión, sin embargo, tener en cuenta el accionamiento de las bombas o válvulas.

**CUARTO:** Con respecto a la implementación es necesario verificar las conexiones del circuito y a sí mismos verificar la corriente, que este sea el adecuado para evitar daños en los dispositivos, los cuales pueden ocasionar malas lecturas, registros fallidos o dañados y como consecuencia no se haya almacenado la información





## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banzi, M., & Shiloh, M. (2009). *Getting started with Arduino*. 3ra Edición.
- Bolton W. (2017). *Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. 6ta Edición. Mexico
- Cabarcas et al. (2019). *Irrigation system for precision agriculture supported in the measurement of environmental variables*. Proceedings - 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019, 671–676. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00125>
- Carrazón J. (2007) *Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego*
- Chuquicondor et al. (2023). “*Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima*”. <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/rc/article/view/2681>
- Cortes & Vargas (2020) “*Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin*”. Universidad católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/25546>
- Enríquez (2009). *Guía de Usuario de Arduino*.
- Espinoza, T. (2021). Facultad de Ingeniería Ingeniería Electrónica Programa Especial de Titulación: “*Diseño de un Sistema para riego tecnificado en el poblado de San Juan de Viscas , provincia de Yauyos , Lima 2017*”. Universidad tecnológica del Perú. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5058>
- Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta Edición
- Huaylla L. (2019) *Sistema de riego Tecnificado*, Instituto de Capacitación del Oriente
- Jalanoca & Benavides (2017). Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica Y Sistemas Escuela Profesional De Ingeniería Electrónica “*implementación de un sistema SCADA para riego del*



*area verde de la escuela profesional de ingeniería electrónica.”*

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6118>

Liotta M. et al. (2015). *Manual de Capacitación, riego por goteo.*

Martinez & Perez (2017) “*Desarrollo de un sistema de control para el riego y l iluminación en una granja vertical*” Universidad autónoma de occidente

Mercado J. (2020). “*Sistema de riego autónomo de bajo costo par expansión de área agrícola en laderas de los valles del sur del Perú basado en IOT*”.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/12685>

Norman. S. (2004). *Sistemas de control para ingeniería.* 3ra Edición.

Ogata K. (2010). *Ingeniería de control moderna.* Vol 5 Madrid

Pearl (2019). *Catálogo de electrobombas*

Perez et al. (2008) “*Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*”

Putjaika N. et al. (2016), *A control system in an intelligent farming by using Arduino technology*, 2016 Fifth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), Nakhonpathom, Thailand, 2016, pp. 53-56, doi: 10.1109/ICT-ISPC.2016.7519234

Ñaupas et al. (2018). Bogotá-Mexico, DF 5a. Edición *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis.*

Saenz K. (2023) “*Estudio del comportamiento de una red de distribución monofásica en 34.5 kv para el análisis de la penetración de recursos distribuidos de generación solar en la red eléctrica JASEC, mediante la aplicación de la ley 10086*”

Sánchez D. (2022) “*Técnicas e instrumentos de recolección en investigación*”  
<https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>

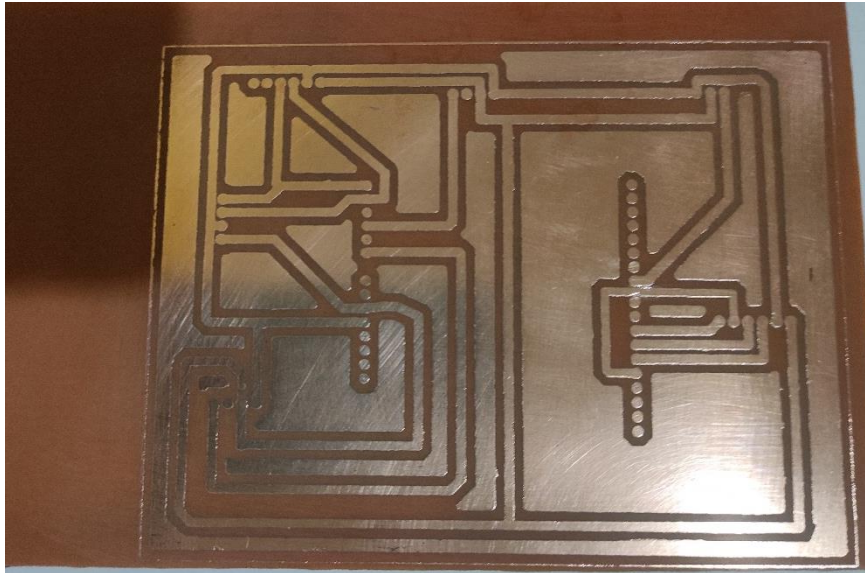
Sucasaire J. (2022). *Orientaciones para selección y cálculo del tamaño de muestra de investigación.* Concytec, Lima. <https://repositorio.concytec.gob.pe/>



Thangam A. (2024) Tipos de reles, funcionamiento y aplicaciones  
<https://tameson.es/pages/tipos-de-reles>

## ANEXOS

### ANEXO 1 Placa PCB impresa



Elaboración propia

### ANEXO 2 Electrobomba sumergible empleado



Elaboración propia

### ANEXO 3 Mi persona junto a la electrobomba sumergible que se empleó



Elaboración propia

### ANEXO 4 Instalación del sensor de humedad para riego automático



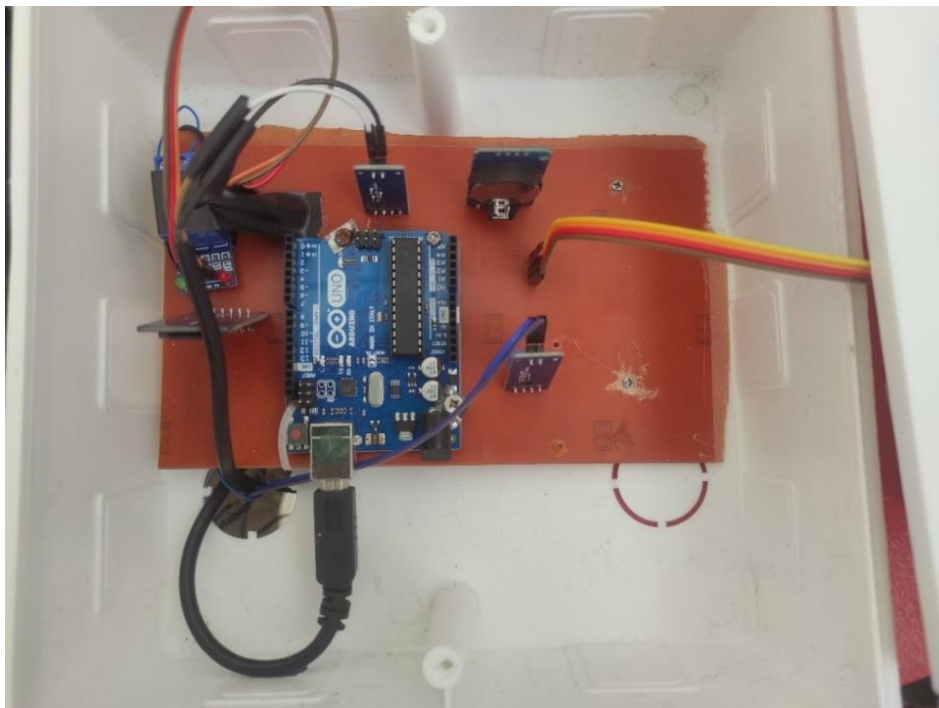
Elaboración propia

## ANEXO 5 Sistema de control implementado



Elaboración propia

## ANEXO 6 Circuito armado e implementado listo para ser instalado



Elaboración propia

### ANEXO 7 Mi persona programando el sistema de control de riego



Elaboración propia

### ANEXO 8 Sistema de control de riego ya instalado



Elaboración propia

### ANEXO 9 Sistema de riego por goteo implementado



Elaboración propia

### ANEXO 10 Cultivo sin riego automático



Elaboración propia





### ANEXO 11 Lista de materiales empleados

ITM	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	costo
1	Arduino UNO R3	Unidad	1	S/ 68.00
2	RTC DS3231	Unidad	1	S/ 19.00
3	Modulo Tarjeta SD	Unidad	1	S/ 10.00
4	Tarjeta SD	Unidad	1	S/ 25.00
5	Módulo de LCD	Unidad	1	S/ 25.00
6	LCD	Unidad	1	S/ 15.00
7	Sensor de humedad	Unidad	2	S/ 30.00
8	Rele	Unidad	1	S/ 12.00
9	Placa PCB	Unidad	1	S/ 10.00
10	Estaño	Metros	1	S/ 1.00
11	Cautin	Unidad	1	S/ 25.00
12	Pasta para soldar	Unidad	1	S/ 2.00
13	Acido	Unidad	1	S/ 8.00
14	Taladro	Unidad	1	S/ 35.00
15	Broca	Unidad	4	S/ 4.00
16	Jumper Hembra hembra	Unidad	20	S/ 7.00
17	Jumper macho hembra	Unidad	20	S/ 7.00
18	Jumper macho macho	Unidad	20	S/ 7.00
19	Juego de desarmadores	Unidad	5	S/ 30.00
20	Bomba de agua	Unidad	1	S/ 150.00
21	Manguera	Metros	20	S/ 20.00
				S/. 510.00

Elaboración propia



## ANEXO 12 Instrumento empleado

# FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### Título proyecto

Diseño e implementación de un sistema de control de riego tecnificado por goteo automatizado para la finca Patascachi en el distrito de Tilali – Moho

### Objetivo

Recolectar datos de humedad de suelo

### Descripción de los datos

Los datos recopilados mediante sensores de humedad son para evaluar el funcionamiento del sistema de control automatizado.

### Detalles del instrumento empleado

- Tipo de dispositivo: Sensor de humedad de suelo
- Modelo del dispositivo: YL 69, Modulo YL 38
- Corriente: 35mA
- Frecuencia de medición: 10 minutos
- Error de humedad: +- 0.4
- Retardo de lectura: 2s

### Lugar de trabajo para la recolección de datos

Finca Patascachi – Distrito de Tilali- Provincia Moho- Puno.

Según el artículo “*Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima*”

realizado en el año 2023 por Chuquicondor at el (2023) indica que la humedad de suelo para cultivos de lechugas debe tenerse entre 60% a 80%.

En las figuras Fig. A12.1 y Fig. A12.2 se muestra los datos obtenidos con el sensor de humedad YL 69, juntamente con el módulo YL 38.

Fig. A12.1: Datos recolectados del sensor de humedad que se empleó

```
2024/4/25 7:0:0 Humedad1: 1023: 0% Humedad2: 1016: 1% Control: ON
2024/4/25 7:10:1 Humedad1: 921: 14% Humedad2: 919: 15% Control: ON
2024/4/25 7:20:33 Humedad1: 751: 38% Humedad2: 920: 15% Control: ON
2024/4/25 7:30:35 Humedad1: 567: 64% Humedad2: 921: 15% Control: OFF
2024/4/25 7:40:36 Humedad1: 567: 64% Humedad2: 920: 15% Control:
2024/4/25 7:50:38 Humedad1: 568: 63% Humedad2: 921: 15% Control:
2024/4/25 8:0:40 Humedad1: 561: 64% Humedad2: 919: 15% Control:
2024/4/25 8:10:42 Humedad1: 561: 64% Humedad2: 921: 15% Control:
2024/4/25 8:20:44 Humedad1: 560: 65% Humedad2: 920: 15% Control:
2024/4/25 8:30:45 Humedad1: 556: 65% Humedad2: 920: 15% Control:
2024/4/25 8:40:11 Humedad1: 71% Humedad2: 15% Control:
2024/4/25 8:50:28 Humedad1: 540: 67% Humedad2: 922: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:0:30 Humedad1: 549: 66% Humedad2: 919: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:10:32 Humedad1: 552: 66% Humedad2: 920: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:20:34 Humedad1: 553: 66% Humedad2: 923: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:30:36 Humedad1: 552: 66% Humedad2: 919: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:40:38 Humedad1: 552: 66% Humedad2: 919: 15% Control: OFF
2024/4/25 9:50:40 Humedad1: 544: 67% Humedad2: 920: 15% Control: OFF
2024/4/25 10:0:43 Humedad1: 545: 67% Humedad2: 922: 15% Control: OFF
2024/4/25 10:10:45 Humedad1: 543: 67% Humedad2: 869: 22% Control: OFF
2024/4/25 10:20:47 Humedad1: 546: 66% Humedad2: 858: 23% Control: OFF
2024/4/25 10:30:49 Humedad1: 538: 68% Humedad2: 859: 23% Control: OFF
2024/4/25 10:40:51 Humedad1: 533: 68% Humedad2: 854: 23% Control: OFF
2024/4/25 10:50:53 Humedad1: 541: 67% Humedad2: 864: 22% Control: OFF
2024/4/25 11:0:55 Humedad1: 533: 68% Humedad2: 860: 23% Control: OFF
2024/4/25 11:10:57 Humedad1: 530: 69% Humedad2: 859: 23% Control: OFF
2024/4/25 11:20:59 Humedad1: 532: 68% Humedad2: 861: 23% Control: OFF
2024/4/25 11:30:1 Humedad1: 528: 69% Humedad2: 854: 24% Control: OFF
2024/4/25 11:40:3 Humedad1: 527: 69% Humedad2: 867: 21% Control: OFF
2024/4/25 11:50:6 Humedad1: 525: 69% Humedad2: 855: 23% Control: OFF
2024/4/25 12:0:8 Humedad1: 524: 70% Humedad2: 913: 19% Control: OFF
2024/4/25 12:10:10 Humedad1: 525: 69% Humedad2: 903: 18% Control: OFF
2024/4/25 12:20:12 Humedad1: 515: 71% Humedad2: 902: 18% Control: OFF
2024/4/25 12:30:14 Humedad1: 518: 70% Humedad2: 900: 18% Control: OFF
```

Elaboración propia

Fig. A12.2: Datos recolectados del sensor de humedad que se empleó parte

II

```
2024/4/28 7:3:0 Humedad1: 554: 65% Humedad2: 760: 37% Control: OFF
2024/4/28 7:13:2 Humedad1: 563: 64% Humedad2: 756: 37% Control: OFF
2024/4/28 7:23:33 Humedad1: 569: 63% Humedad2: 737: 40% Control: OFF
2024/4/28 7:33:35 Humedad1: 572: 63% Humedad2: 735: 40% Control: OFF
2024/4/28 7:43:37 Humedad1: 564: 64% Humedad2: 726: 42% Control: OFF
2024/4/28 7:53:39 Humedad1: 564: 64% Humedad2: 734: 40% Control: OFF
2024/4/28 8:3:41 Humedad1: 564: 64% Humedad2: 733: 41% Control: OFF
2024/4/28 8:13:42 Humedad1: 562: 64% Humedad2: 739: 40% Control: OFF
2024/4/28 8:23:44 Humedad1: 561: 64% Humedad2: 739: 40% Control: OFF
2024/4/28 8:33:46 Humedad1: 558: 65% Humedad2: 741: 40% Control: OFF
2024/4/28 8:45:12 Humedad1: 474: 76% Humedad2: 720: 46% Control: OFF
2024/4/28 8:55:29 Humedad1: 545: 67% Humedad2: 735: 40% Control: OFF
2024/4/28 9:5:31 Humedad1: 552: 66% Humedad2: 741: 40% Control: OFF
2024/4/28 9:15:33 Humedad1: 552: 66% Humedad2: 739: 40% Control: OFF
2024/4/28 9:25:35 Humedad1: 555: 65% Humedad2: 743: 39% Control: OFF
2024/4/28 9:35:37 Humedad1: 546: 66% Humedad2: 742: 39% Control: OFF
2024/4/28 9:45:39 Humedad1: 542: 67% Humedad2: 746: 39% Control: OFF
2024/4/28 9:55:42 Humedad1: 545: 67% Humedad2: 750: 38% Control: OFF
2024/4/28 10:5:44 Humedad1: 545: 67% Humedad2: 756: 37% Control: OFF
2024/4/28 10:15:46 Humedad1: 540: 67% Humedad2: 752: 38% Control: OFF
2024/4/28 10:25:48 Humedad1: 540: 67% Humedad2: 749: 38% Control: OFF
2024/4/28 10:35:50 Humedad1: 537: 68% Humedad2: 749: 38% Control: OFF
2024/4/28 10:45:52 Humedad1: 533: 68% Humedad2: 747: 39% Control: OFF
2024/4/28 10:54:54 Humedad1: 534: 68% Humedad2: 747: 39% Control: OFF
2024/4/28 11:5:56 Humedad1: 534: 68% Humedad2: 749: 38% Control: OFF
2024/4/28 11:15:58 Humedad1: 536: 68% Humedad2: 746: 39% Control: OFF
2024/4/28 11:26:1 Humedad1: 530: 69% Humedad2: 743: 39% Control: OFF
2024/4/28 11:35:2 Humedad1: 530: 69% Humedad2: 743: 39% Control: OFF
2024/4/28 11:45:5 Humedad1: 529: 69% Humedad2: 738: 40% Control: OFF
2024/4/28 11:55:7 Humedad1: 525: 69% Humedad2: 739: 40% Control: OFF
2024/4/28 12:5:9 Humedad1: 524: 70% Humedad2: 747: 39% Control: OFF
2024/4/28 12:15:11 Humedad1: 520: 70% Humedad2: 745: 39% Control: OFF
2024/4/28 12:25:13 Humedad1: 521: 70% Humedad2: 743: 39% Control: OFF
2024/4/28 12:35:15 Humedad1: 516: 71% Humedad2: 751: 38% Control: OFF
```

Elaboración propia



## ANEXO 13 Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo BERTHA ANGÉLICA CAÑAZACA LIMACHI,  
identificado con DNI 71397742 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL  
DE RIESGO TECTIFICADO POR GOTEO AUTOMATIZADO PARA  
LA FINCA PATASCACHI EN EL DISTRITO TILALI - MOHO ”

Es un tema original.

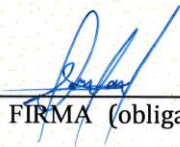
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 08 de Julio del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 14 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo BERTHA ANGELICA CAÑAZACA LIMACHI,  
identificado con DNI 71397742 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL  
DE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEO AUTOMATIZADO PARA LA  
FINCA PATASCACHI EN EL DISTRITO DE TILALI - MOHO ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.


Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 08 de Julio del 2024

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA (obligatoria)

  
Huella