



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ.**

**Trabajo de Titulación - Modalidad Proyecto Integrador.**

**Título:**

Automatización del riego y circuito eléctrico en exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática, mediante aplicación web.

*Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:*

INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

**Autores:**

López Bailón Luis David  
Palacios Pineay Michael Javier

**Unidad Académica:**

Matríz Manta

**Carrera:**

Tecnologías de la Información

**Tutor:**

Ing. Mero Briones Henry Neurio

2024(2)

Manta - Manabí – Ecuador

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de titulación bajo la autoría los estudiantes López Bailón Luis David y Palacios Pincay Michael Javier legalmente matriculados en la carrera de Tecnologías de la Información, período académico 2023-2024, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es **"Automatización del riego y circuito eléctrico en exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática, mediante aplicación web."**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 10 de enero de 2025.

Lo certifico,



Ing. Mero Briones Henry Neurio.

**Docente Tutor**

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD PROYECTO INTEGRADOR,  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO EN  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

***“AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO Y CIRCUITO ELÉCTRICO EN EXTERIORES  
DE LA CANCHA OLÍMPICA DE LA ULEAM, FRENTE AL BLOQUE DE  
INFORMÁTICA, MEDIANTE APLICACIÓN WEB.”***

Tribunal examinador declara APROBADO  
el GRADO de INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, de los  
señores

LÓPEZ BAILÓN LUIS DAVID  
PALACIOS PINCAY MICHAEL JAVIER

Lic. Muñoz Verduga Dolores Esperanza, Phd

Handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'M' and 'V' followed by a horizontal line.

Ing. Machuca Avalos Mike Paolo, Mg

Handwritten signature in blue ink, starting with a large 'M' and 'A', followed by a horizontal line.

Ing. Mendoza Cuzme Luis Jacinto, Mg

### Declaración expresa de autoría

Nosotros, **López Bailón Luis David** con cédula de ciudadanía N° 131474583-5 y **Palacios Pincay Michael Javier** con cédula de ciudadanía N° 131689316-1; en calidad de autores del trabajo de titulación "**Automatización del riego y circuito eléctrico en exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática, mediante aplicación web.**", autorizamos a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, hacer uso total o parcial de este trabajo de titulación del que somos responsables, con fines estrictamente académicos o investigativos.

Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán a nuestro favor, además artículos pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí para que realice la digitalización y publicación del trabajo de titulación en el repositorio virtual.



---

**López Bailón Luis David**

C.I: 131474583-5



---

**Palacios Pincay Michael Javier**

C.I: 131689316-1

## DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios el que ha guiado mi camino a lo largo de este proceso universitario y siempre me dio fuerzas para seguir adelante, a él le dedico mi trabajo de titulación.

A mis padres, Nery Javier Palacios Basurto y Rosa Ignacia Pincay López, cuyo apoyo y sacrificios han mi fuerza a lo largo del proceso universitario. Su dedicación y amor ha sido mi inspiración. Este logro es también el suyo ya que sin ellos no llegaría a donde estoy.

A mi hermana, la Ingeniera Katherine Melissa Palacios Pincay, por ser mi compañera de vida y amiga incondicional. Este logro es compartido, simbolizando nuestra unión como familia.

También se lo dedico a las personas que han estado a lo largo del camino apoyándome, dándome consejos y brindado su ayuda que siempre fue tan necesaria.

Palacios Pincay Michael Javier

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios porque gracias al pude cumplir una de mis metas por la cual más he luchado y puesto empeño para poder hacer que se cumpla.

También quiero agradecerles a mis docentes los cuales han logrado impartir buenos y excelentes conocimientos y enseñanzas de vida los cuales me han servido mucho para poder concluir mi formación académica.

A mi familia y amigos ya que ellos siempre han sido mis fortalezas para seguir adelante ya siempre he contado con su apoyo incondicional.

Además, a madre la Lic. Mónica Maribel Bailón Delgado que ella ha estado en todo momento ayudándome aun cuando más la necesitaba tanto emocional como económicamente ya que gracias a su ayuda y motivación he podido llegar tan lejos. Y a mi papá David Fernando López Mero ya que de igual forma ciertamente aportó con sus conocimientos y vivencias que me sirvieron mucho durante esta trayectoria de estudios.

López Bailón Luis David

## AGRADECIMIENTOS

Primero, mi agradecimiento a Dios, por haberme dado la fortaleza y la sabiduría para completar este camino.

A mis queridos padres, Nery Javier Palacios Basurto y Rosa Ignacia Pincay López, les debo todo lo que soy, sus consejos sus palabras de aliento sus frases como "quiero que sean lo que yo no pude ser" y "El mayor regalo de un padre a sus hijos es la educación" siempre me motivaron a seguir adelante les agradezco eternamente por todo.

A mi hermana, la Ingeniera Katherine Melissa Palacios, gracias por estar siempre a mi lado, por tus palabras de aliento y por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía te agradezco los consejos y todo lo que haces por mí.

Agradezco a el Ingeniero Machuca Avalos Mike Paolo por ayudarnos y guiarnos en las diferentes etapas de este trabajo de titulación, por su ayuda brindada con diferentes percances que se nos presentaron muchas gracias por su tiempo y dedicación.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a nuestro tutor de trabajo de titulación, el Ingeniero Mero Briones Henry Neurio quien nos ha apoyado en este laborioso proceso de nuestra carrera Universitaria dándonos las directrices necesarias para tener un proceso de titulación exitoso.

Palacios Pincay Michael Javier

Agradecemos de todo corazón a Dios el cual fue la fuente de sabiduría ya que sin el nada de esto fuese posible, por guiarme hacia el camino correcto, y porque nadie más que el para saber todo el esfuerzo y empeño que hemos puesto a lo largo del desarrollo de este proyecto. Le agradecemos por todas las experiencias y anécdotas vividas para poder conseguir estas metas y así lograr cumplir este sueño anhelado.

A mis Padres que fueron el motor principal y de inspiración para poder culminar esta etapa de la mano de ellos, a toda mi familia que a pesar de las adversidades que se nos presentaron a lo largo de esta travesía siempre tuvieron una palabra de apoyo y consuelo.

A nuestro tutor de tesis el Ing. Mero Briones Henry Neurio por su esfuerzo y dedicación, quien en base a sus conocimientos y experiencia me ayudo en la preparación y culminación de este proyecto, además de estar pendiente a resolver cualquier inquietud que presentáramos.

Además, quiero agradecer al Ing. Machuca Avalos Mike Paolo el cual nos ayudó durante todo nuestro proceso del desarrollo del proyecto integrador ya que por medio de sus guías y conocimientos hemos podido corregir ciertas falencias encontradas a lo largo del desarrollo.

Agradecemos a todos mis profesores que durante todo este trayecto han aportado un granito de arena con sus conocimientos. A nuestros amigos y compañeros que formaron parte de nuestra vida y que creyeron en nuestro empeño para lograr este objetivo tan deseado.

López Bailón Luis David

## Índice de contenidos

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
1.1 <i>INTRODUCCIÓN</i>	1
1.2 <i>PRESENTACIÓN DEL TEMA</i>	2
1.3 <i>UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA</i>	2
1.4 <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	3
1.4.1 <i>Problematización</i>	4
1.4.2 <i>Génesis del Problema</i>	5
1.4.3 <i>Estado actual del problema</i>	5
1.5 <i>DIAGRAMA CAUSA – EFECTO</i>	6
1.6 <i>OBJETIVOS</i>	7
1.6.1 <i>Objetivo General</i>	7
1.6.2 <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.7 <i>JUSTIFICACIÓN</i>	8
1.8 <i>IMPACTOS ESPERADOS</i>	9
1.8.1 <i>Impacto Tecnológico</i>	9
1.8.2 <i>Impacto Social</i>	9
1.8.3 <i>Impacto Ecológico</i>	9
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>10</b>
2.1 <i>ANTECEDENTES HISTORICOS</i>	10
2.1.1 <i>Desde cuando existe la automatización en riego</i>	10
2.2 <i>DEFINICIONES CONCEPTUALES (CONTEXTO TEÓRICO)</i>	11
2.2.1 <i>Árboles y plantas ornamentales</i>	11
2.2.2 <i>Mango</i>	11
2.2.3 <i>Vetiver</i>	11
2.2.4 <i>Sistema de Riego</i>	12

2.2.5	<i>Riego por aspersión</i>	13
2.2.6	<i>Riego por goteo</i>	13
2.2.7	<i>Riego por superficie</i>	14
2.2.8	<i>Electroválvula</i>	14
2.2.9	<i>Sensor de Humedad</i>	15
2.2.10	<i>Fuente de energía</i>	15
2.2.11	<i>Automatización</i>	15
2.2.12	<i>IOT</i>	15
2.2.13	<i>Arquitectura IOT</i>	16
2.2.14	<i>Red de sensores Inalámbricos (WSN)</i>	16
2.2.15	<i>Heltec WiFi LoRa 32 V2</i>	17
2.2.16	<i>WIFI</i>	18
2.2.17	<i>Tecnología LoRa</i>	18
2.2.18	<i>Protocolo LoRaWAN</i>	19
2.2.19	<i>Raspberry Pi</i>	19
2.2.20	<i>Protocolo MQTT</i>	20
2.2.21	<i>Eclipse Mosquitto</i>	21
2.3	<b>CONCLUSIONES RELACIONADAS AL MARCO TEORICO EN REFEENCIA AL TEMA PLANTEADO</b>	22
	<b>CAPÍTULO III</b>	23
3.1	<b>INTRODUCCIÓN</b>	23
3.2	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	23
3.3	<b>MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b>	24
3.3.1	<i>Investigación aplicada:</i>	24
3.3.2	<i>Investigación documental/bibliográfica:</i>	24
3.3.3	<i>Investigación experimental:</i>	25

3.4	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN DE DATOS</b>	25
3.4.1	<i>Fuentes Primarias</i>	25
3.4.1.1	<i>Encuesta</i>	25
3.4.1.2	<i>Observación</i>	25
3.4.2	<i>Fuentes Secundarias</i>	25
3.4.2.1	<i>Revisión de literatura</i>	25
3.5	<i>Estrategia operacional para la recolección de datos.</i>	26
3.5.1	<i>Población - Segmentación - Técnica de muestreo - Tamaño de la muestra</i>	26
3.5.2	<i>Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar</i>	27
3.5.2.1	<i>Encuesta - Observación / Otras</i>	27
3.5.2.2	<i>Estructura de lo(s) instrumento(s) de recolección de datos aplicados</i>	28
3.5.2.3	<i>Plan de recolección de datos</i>	31
3.6	<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	33
3.6.1	<i>Tabulación y análisis de los datos</i>	33
3.6.2	<i>Presentación y descripción de los resultados obtenidos</i>	42
3.6.3	<i>Informe final del análisis de los datos</i>	44
	<b>CAPÍTULO IV</b>	46
4.1	<b>INTRODUCCIÓN</b>	46
4.2	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA</b>	46
4.3	<b>OBJETIVO</b>	46
4.4	<b>BENEFICIO</b>	46
4.5	<b>DETERMINACIÓN DE RECURSOS</b>	47
4.5.1	<i>Humanos</i>	47
4.5.2	<i>Tecnológicos</i>	47
4.5.3	<i>Económicos</i>	48

4.6	<b>UBICACIÓN</b>	49
4.7	<b>TIPO DE RIEGO</b>	49
4.7.1	<i>Riego por goteo</i>	49
4.8	<b>DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA</b>	49
4.8.1	<i>Diseño hídrico</i>	49
4.8.2	<i>Diseño electrónico</i>	49
4.8.3	<i>Diseño estructural de la base de datos</i>	50
4.8.4	<i>Diseño de comunicación</i>	52
4.8.4.1	<i>Introducción al Sistema</i>	52
4.8.4.2	<i>Sensores y Transmisión de Datos</i>	52
4.8.4.3	<i>Canal de Comunicación y Recepción</i>	53
4.8.4.4	<i>Procesamiento y Almacenamiento de Datos</i>	53
4.8.4.5	<i>Representación Visual e Interacción</i>	53
4.8.4.6	<i>Impacto y Beneficios del Diseño</i>	53
4.9	<b>CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO</b>	54
4.9.1	<i>Heltec wifi lora 32 v2</i>	54
4.9.2	<i>Raspberry Pi 4B</i>	54
4.9.3	<i>Sensores</i>	55
4.9.4	<i>Orbit 57280 Válvula de rociador 3/4.</i>	55
4.9.5	<i>Alimentación y temporización</i>	56
4.9.6	<i>Temporización</i>	56
4.9.7	<i>Componentes complementarios</i>	56
4.10	<b>ETAPAS DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b>	57
4.10.1	<i>Metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta</i>	57
4.10.2	<i>Nombre del Proyecto</i>	57

4.10.3	<i>Roles</i>	57
4.10.4	<i>Usuarios</i>	58
4.10.5	<i>Fase de Desarrollo de la propuesta</i>	58
4.10.6	<i>Épicas</i>	59
4.10.7	<i>Fase II: Casos de Uso</i>	59
4.10.8	<i>Fase III: Criterios de Terminado</i>	62
4.10.9	<i>Fase IV: Diseño y construcción.</i>	64
4.10.10	<i>Fase V: Implementación del Sistema Completo</i>	65
4.10.11	<i>Fase VI: Funcionamiento</i>	66
4.10.12	<i>Gestión de la Base de datos</i>	70
4.10.13	<i>Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado</i>	71
	<b>CAPÍTULO V</b>	75
	<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b>	75
5.1	<b>INTRODUCCIÓN</b>	75
5.2	<b>PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE RESULTADOS</b>	76
5.2.1	<i>Área de Trabajo.</i>	76
5.2.2	<i>Antes de la implementación del sistema de riego</i>	77
5.2.3	<i>Instalación del sistema de riego</i>	78
5.2.4	<i>Después de la implementación</i>	78
5.2.5	<i>Monitoreo en tiempo real</i>	79
5.3	<b>INTERPRETACIÓN OBJETIVA</b>	80
	<b>CAPÍTULO VI</b>	82
6.1	<b>CONCLUSIONES</b>	82
6.2	<b>RECOMENDACIONES</b>	84
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	85
	<b>ANEXOS</b>	90

## Índice tablas

<i>Tabla 1. Arquitectura Iot</i>	16
<i>Tabla 2. Bandas de frecuencias.</i>	18
<i>Tabla 3. Pasos para la recolección de datos.</i>	32
<i>Tabla 4. Conclusiones; pregunta 1.</i>	33
<i>Tabla 5. Conclusiones; pregunta 2.</i>	34
<i>Tabla 6. Conclusiones; pregunta 3.</i>	35
<i>Tabla 7. Conclusiones; pregunta 4.</i>	36
<i>Tabla 8. Conclusiones; pregunta 5.</i>	37
<i>Tabla 9. Conclusiones; pregunta 6.</i>	38
<i>Tabla 10. Conclusiones; pregunta 7.</i>	38
<i>Tabla 11. Conclusiones; pregunta 8.</i>	39
<i>Tabla 12. Conclusiones; pregunta 9.</i>	40
<i>Tabla 13. Conclusiones; pregunta 10.</i>	41
<i>Tabla 14. Recursos humanos.</i>	47
<i>Tabla 15. Recursos tecnológicos.</i>	47
<i>Tabla 16. Recursos Económicos.</i>	48
<i>Tabla 17. Épicas.</i>	59
<i>Tabla 18 Caso de Uso 1.</i>	59
<i>Tabla 19. Caso de Uso 2.</i>	60
<i>Tabla 20. Caso de Uso 3.</i>	60
<i>Tabla 21. Caso de Uso 4.</i>	60
<i>Tabla 22. Caso de Uso 5.</i>	61
<i>Tabla 23. Caso de Uso 6.</i>	61
<i>Tabla 24. Caso de Uso 7.</i>	62
<i>Tabla 25. Caso de Uso 8.</i>	62
<i>Tabla 26 Criterios de Terminado</i>	62

## Índice gráficos e ilustraciones

<i>Figura 1. Ubicación satelital del área de estudio.</i>	3
<i>Figura 2. Diagrama causa – efecto</i>	6
<i>Figura 3. Electroválvula.</i>	14
<i>Figura 4. Heltec WiFi LoRa 32 V2.</i>	17
<i>Figura 5. Raspberry Pi 4 modelo B.</i>	20
<i>Figura 6. Protocolo MQTT.</i>	21
<i>Figura 7. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 1.</i>	33
<i>Figura 8. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 2.</i>	34
<i>Figura 9. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 3.</i>	35
<i>Figura 10. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 4.</i>	36
<i>Figura 11. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 5.</i>	37
<i>Figura 12. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 6.</i>	38
<i>Figura 13. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 7.</i>	39
<i>Figura 14. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 8.</i>	40
<i>Figura 15. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 9.</i>	41
<i>Figura 16. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 10.</i>	42
<i>Figura 17 Diseño electrónico</i>	50
<i>Figura 18. Acceder a Node-RED.</i>	66
<i>Figura 19. Ingreso de credenciales de acceso.</i>	67
<i>Figura 20. Nodos.</i>	67
<i>Figura 21. Dashboard de control</i>	70
<i>Figura 22. Entidades y atributos de las tablas en la base de datos.</i>	71
<i>Figura 23. Consulta de datos almacenados en la tabla.</i>	71
<i>Figura 24 Esquema del Raspberry 4B.</i>	72
<i>Figura 25. Área delimitada para realzar el Sistema de riego automatizado.</i>	77
<i>Figura 26. Área antes de la implementación</i>	78
<i>Figura 27. Área después de la implementación</i>	79
<i>Figura 28. Dashboard Mostrando los datos en tiempo real</i>	80
<i>Ilustración 1. Diseño estructural para la base de datos.</i>	51
<i>Ilustración 2. Diseño de la estructura para el funcionamiento y comunicación del servidor para riego automatizado.</i>	52

*Ilustración 3. Diseño sobre el planteamiento inicial del funcionamiento para el monitoreo del riego.* 64

<i>Anexo 1. Diseño Hidrico.</i>	91
<i>Anexo 2. Circuito Electrónico.</i>	92
<i>Anexo 3. Código de librerías y declaración de variables nodo receptor.</i>	93
<i>Anexo 4. Función para configuración de conexiones en el nodo receptor.</i>	94
<i>Anexo 5. Código recepción y procesamiento de mensajes nodo receptor.</i>	95
<i>Anexo 6. Código función para la conexión de wifi nodo receptor o servidor.</i>	96
<i>Anexo 7. Código función para la reconexión en el receptor o servidor.</i>	97
<i>Anexo 8. Código de librerías y declaración de variables nodo emisor.</i>	98
<i>Anexo 9. Función para la configuración del nodo emisor.</i>	99
<i>Anexo 10. Función para extraer y enviar los valores de sensores del nodo emisor.</i>	100
<i>Anexo 11. Código del Dashboard en Node-Red.</i>	101
<i>Anexo 12. Código para nodos de conexión a MaraDB y LoRa.</i>	102
<i>Anexo 13. Código para añadir el medidor de presión atmosférica.</i>	103
<i>Anexo 14. Código para añadir los datos del sensor de caudal y medidor de humedad.</i>	104
<i>Anexo 15. Código para temporizador que recolecte datos cada 5 minutos.</i>	105
<i>Anexo 16. Código para visualizar los valores del total de mililitros del sensor de caudal.</i>	106
<i>Anexo 17. Código para ver alerta si esta funcionando la electroválvula.</i>	107
<i>Anexo 18. Código para añadir los datos de conexión a la base de datos al nodo.</i>	108
<i>Anexo 19. Código para dividir los nodos en grupos.</i>	109
<i>Anexo 20. Código para añadir el título del dashboard.</i>	110
<i>Anexo 21. Código para la creación de la base de datos y las tablas.</i>	110
<i>Anexo 22. Código para la creación del disparador (trigger).</i>	111
<i>Anexo 23. Instalación de tubería de 1" pulgada.</i>	111
<i>Anexo 24. Instalación de circuito eléctrico.</i>	112
<i>Anexo 25. Instalación de Sonda Temperatura.</i>	112
<i>Anexo 26. Instalación del servidor.</i>	113
<i>Anexo 27. Servidor Instalado.</i>	113
<i>Anexo 28. Tubería de 1" pulgada y manguera de 16 mm.</i>	114

<i>Anexo 29. Cable concéntrico.</i>	114
<i>Anexo 30. Modelado del Diseño hídrico.</i>	115
<i>Anexo 31. Materiales para comunicación.</i>	115
<i>Anexo 32. Kali Linux.</i>	116

## Resumen

Este trabajo de titulación se llevó a cabo mediante la integración de tecnologías IoT como los microcontroladores ESP32 con comunicación LoRa, utilizando sensores de humedad del suelo, electroválvulas y un servidor Raspberry Pi, con los cuales se implementó un sistema de riego automatizado que optimiza la gestión del agua y reduce los costos operativos.

En el cual se propone un sistema que incluye un modelo de riego por goteo diseñado para asegurar una distribución uniforme y precisa del agua, minimizando pérdidas por evaporación o escurrimiento. La arquitectura técnica del proyecto está conformada por nodos sensores conectados a través de LoRa, que envían datos al servidor Raspberry Pi, donde se procesan y visualizan en tiempo real mediante un dashboard accesible para los usuarios autorizados. Adicionalmente, el sistema integra funcionalidades de análisis de datos históricos para identificar patrones y optimizar los ciclos de riego.

Para la metodología aplicada se combinó investigación documental, observación directa y encuestas estructuradas. Estas últimas permitieron determinar la aceptación del proyecto por parte de la comunidad universitaria, así como su percepción sobre la viabilidad técnica y los beneficios en sostenibilidad. Los resultados demostraron un alto nivel de apoyo hacia la automatización del riego, destacando su potencial para reducir el consumo de recursos, mejorar la estética del campus y establecer un modelo replicable para otras instituciones.

Este proyecto no solo representa un avance tecnológico, sino también una iniciativa sostenible que promueve el cuidado del medio ambiente y la innovación en la gestión de recursos naturales. Asimismo, se propone "introducir la conciencia ecológica en la vida universitaria" y por tanto se convierte en un punto esencial para volver a la ULEAM en pionera en este tipo de proyectos sostenibles que pueden replicarse en diversos Campus universitarios.

## **Abstract**

This thesis was carried out by integrating IoT technologies such as ESP32 microcontrollers with LoRa communication, using soil moisture sensors, solenoid valves and a Raspberry Pi server, with which an automated irrigation system was implemented that optimizes water management and reduces operating costs.

In which a system is proposed that includes a drip irrigation model designed to ensure uniform and precise water distribution, minimizing losses due to evaporation or runoff. The technical architecture of the project is made up of sensor nodes connected through LoRa, which send data to the Raspberry Pi server, where they are processed and displayed in real time through a panel accessible to authorized users. In addition, the system integrates historical data analysis functionalities to identify patterns and optimize irrigation cycles.

For the applied methodology, documentary research, direct observation and structured surveys are combined. The latter allowed determining the acceptance of the project by the university community, as well as their perception of technical feasibility and sustainability benefits. The results showed a high level of support for irrigation automation, highlighting its potential to reduce resource consumption, improve the aesthetics of the campus and establish a replicable model for other institutions.

This project not only represents a technological advance, but also a sustainable initiative that promotes environmental care and innovation in the management of natural resources. It also aims to “introduce ecological awareness into university life” and therefore becomes an essential point for ULEAM to become a pioneer in this type of sustainable projects that can be replicated on various university campuses.

## CAPÍTULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente del riego en espacios verdes urbanos es indispensable para preservar la salud y la estética de los árboles que adornan nuestras ciudades. La Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí (ULEAM), frente al Bloque de Informática, posee un área verde en las veredas externas de su Cancha Olímpica. Este espacio no solo embellece el entorno, sino que también aporta beneficios ecológicos y recreativos para la comunidad universitaria. En este caso, es crucial implementar un sistema de riego automatizado para mejorar el cuidado de estos árboles ornamentales.

Automatizar el riego de los árboles ornamentales ofrece beneficios, como la optimización del uso del agua, la reducción de costos operativos y el mantenimiento perfecto de las plantas. Con un sistema que integra sensores de humedad del suelo, controladores programables y una aplicación web, se puede conseguir un riego eficiente.

Además, el sistema de riego y las plantas de mango y el vetiver realza la belleza del paisaje por donde transitan estudiantes, docentes y personal que labora en la universidad. Con la aplicación del sistema automatizado de riego se fomenta prácticas sostenibles y responsables con el medio ambiente, que en el momento actual que conlleva el país debemos reducir el gasto del suministro hídrico y eléctrico.

## **1.2 PRESENTACIÓN DEL TEMA**

Automatización del riego y circuito eléctrico en exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática, mediante aplicación web.

## **1.3 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) se encuentra estratégicamente ubicada en la ciudad de Manta, en la provincia de Manabí, Ecuador. La dirección específica de la universidad es Av. Circunvalación, Manta. Esta universidad se ha destacado por su infraestructura moderna y su compromiso con la excelencia académica y el desarrollo sostenible.

En los exteriores del bloque de la facultad de informática, a un costado podemos encontrar el departamento de Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio (DIOP) el cual en su parte posterior encontramos un espacio de terreno el cual está ocupado por un cierto número de árboles frutales y plantas distribuidas en formas estratégicas.

Lo que se pudo observar que este tipo de terreno tiene un suelo árido y arenoso el cual no retiene mucha humedad, a partir de esta necesidad y sumado a que el personal debe estar constantemente pendiente y realizar las labores de riego manualmente lo cual puede resultar algo repetitivo y laborioso durante periodos de extenuante sol, que también podrían conllevar a desarrollar descompensaciones a su salud en general. Se procederá a resolver este problema mediante un sistema de riego automatizado que permita controlar y monitorizar este sector.

Este proyecto exhibirá el compromiso de la universidad con la innovación tecnológica y la sostenibilidad ambiental, mejorando la calidad de vida de la comunidad universitaria y siendo referente en procesos de innovación tecnológica, con este planteamiento se espera que mediante el uso de tecnología se mejore de manera óptima la vida y crecimientos de los árboles y plantas para que en un futuro no muy lejano los integrantes universitarios puedan gozar de los frutos que lleguen a generar estos árboles y que esto contribuya a favorecer el bienestar común.

*Figura 1. Ubicación satelital del área de estudio.*



*Nota: Departamento DIOP-ULEAM, caso de estudio parte posterior.*

*Fuente: (Google Maps, 2024).*

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), departamento de Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio (DIOP) Frente a la Cancha Olímpica, se enfrenta una problemática significativa en relación con el mantenimiento de las áreas verdes. Actualmente, el riego de las plantas en estos espacios se lleva a cabo de manera manual, lo que implica un consumo considerable de tiempo y recursos humanos.

Esta práctica manual de riego no solo es “laboriosa”, sino que también carece de eficiencia, ya que puede resultar en una distribución irregular de agua aumentando así su consumo considerablemente, afectando la salud y el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la ausencia de un circuito eléctrico en estos exteriores limita las posibilidades de implementar soluciones tecnológicas avanzadas para el mantenimiento de las áreas verdes.

En la actualidad estamos en una era donde la automatización ha llegado a las empresas y ha aumentado la productividad ya que está haciendo procesos de manera rápida y ágil mediante sistemas automatizados. Por lo que es necesario hacer procesos cada vez más seguros y guiados a el ahorro del agua ya que es el principal recurso que se

utiliza, así cuidamos el medio ambiente, el agua y energía y así podemos utilizar a un trabajador que antes se dedicaba a un trabajo repetitivo a otra labor.

En los sembradíos actuales, donde lo IoT desempeña un rol cada vez más importante, la medición de los valores hídricos ha sido y será clave para tomar decisiones sobre el cultivo y poder tener así éxito en la siembra y crecimiento de estos. Así mismo la medición de la humedad de suelo sirve para ajustar con precisión la cantidad de agua que debemos proveer a los diferentes cultivos, a medida que vamos hacia el futuro el impacto del ahorro del agua será crucial para las siguientes generaciones (Revista Fortuna, 2023).

La implementación del sistema propuesto no solo resolverá estos problemas, sino que también traerá numerosos beneficios adicionales. Mediante el uso de tecnología avanzada, se optimizará el uso del agua, se reducirán los costos operativos y se garantizará un mantenimiento adecuado y sostenible de los árboles frutales. Este proyecto no solo mejorará la calidad y la estética del entorno universitario, sino que también establecerá un modelo de gestión eficiente y sostenible que podría replicarse en otras áreas urbanas. Al integrar sistemas inteligentes de riego, la universidad demostrará su compromiso con la innovación tecnológica y la sostenibilidad ambiental, contribuyendo así al bienestar de la comunidad universitaria y al desarrollo sostenible del mismo.

#### **1.4.1 Problematización**

En la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), podemos encontrar una problemática significativa en relación con el mantenimiento de las áreas verdes. Actualmente, el riego de las plantas en estos espacios se lleva a cabo de manera manual, lo que implica un consumo considerable de tiempo y recursos. En el caso de la ausencia de un circuito eléctrico en el sector de la implementación, limita las posibilidades de implementar soluciones tecnológicas.

#### **1.4.2 Génesis del Problema**

La Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM) enfrenta una serie de desafíos significativos en relación con el mantenimiento de las áreas verdes, particularmente en la parte posterior del departamento de Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio (DIOP). Actualmente, el riego de estas áreas se realiza de manera manual, lo cual no solo consume una cantidad considerable de tiempo y recursos humanos, sino que también resulta ineficaz y puede llevar a una distribución desigual del agua.

Un obstáculo adicional es la ausencia de un circuito eléctrico en los exteriores del predio del DIOP, lo que limita las posibilidades de implementar soluciones tecnológicas avanzadas para el riego y para futuras implementaciones tecnológicas

La implementación de un sistema automatizado de riego ofrecería una solución integral a los problemas actuales. Este sistema optimizaría el uso del agua, aseguraría una distribución uniforme, reduciría los costos operativos y mejoraría la estética del entorno universitario. Además, serviría como un modelo de gestión eficiente y sostenible, alineado con los principios de responsabilidad social y cuidado del medio ambiente, que podría replicarse en otras áreas de la Universidad.

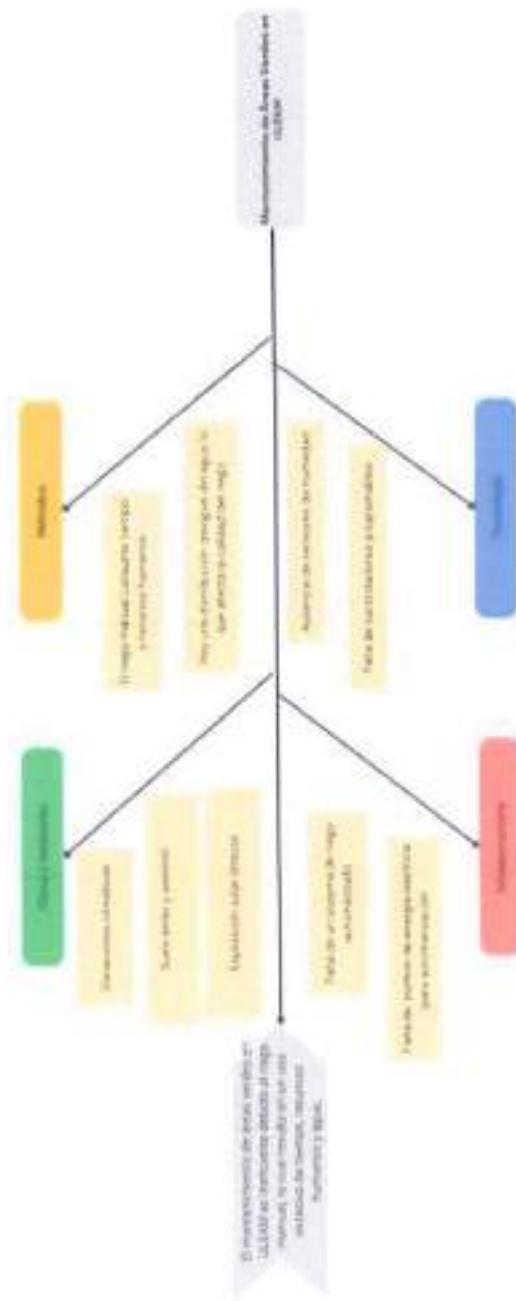
#### **1.4.3 Estado actual del problema**

En la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en la Av. Circunvalación en Manta, el mantenimiento y gestión de las áreas verdes, presenta varios desafíos significativos. Estos desafíos han impactado negativamente tanto en la eficiencia operativa como en la estética universitaria.

El estado actual del problema en la ULEAM refleja la necesidad de adoptar tecnologías avanzadas para la automatización del riego. El funcionamiento de estos sistemas no solo resolverá los problemas actuales de mantenimiento, sino que también promoverá un uso más eficiente y sostenible de los recursos y promoverá la replicación en otras áreas de la Universidad.

## 1.5 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO

Figura 2. Diagrama causa – efecto



Nota: El diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado.

Fuente: Elaboración Propia de autores

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 Objetivo General**

Desarrollar un aplicativo web para a la automatización del riego y circuito eléctrico en exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- 1) Aplicar el levantamiento de procesos e información para la automatización del sistema de riego.
- 2) Desarrollar un dashboard para el monitoreo del sistema de riego, asegurando una interfaz intuitiva y accesible para los usuarios autorizados.
- 3) Desarrollar la programación en el ESP32 y la implementación del sistema eléctrico de control con los respectivos sensores.
- 4) Realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para asegurar la correcta operación del sistema.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema automatizado como el propuesto se justifica por varias razones:

1. Optimización del uso de recursos: La automatización del sistema de riego permitirá una distribución más eficiente del agua, evitando desperdicios y asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en el tiempo preciso.
2. Mejora en la eficiencia y calidad del riego: Al implementar un sistema automatizado, se reducirá la dependencia de métodos de riego manuales, que pueden ser propensos a errores y resultar en una distribución irregular del agua. Esto contribuirá a mejorar la salud y el crecimiento de las plantas.
3. Avance tecnológico y sustentabilidad: La implementación de tecnologías automatizadas y sistemas inteligentes no solo representa un avance en la modernización de las infraestructuras, sino que también contribuye a la sustentabilidad al reducir el consumo de recursos como el agua y la energía eléctrica.

La implementación de un sistema automatizado de riego responde a la necesidad de mejorar la eficiencia, optimizar el uso de recursos y promover el avance tecnológico y la sustentabilidad en la gestión de áreas verdes.

## **1.8 IMPACTOS ESPERADOS**

### **1.8.1 Impacto Tecnológico**

La implementación de un sistema automatizado en los exteriores de la facultad de informática específicamente tras el DIOP representa un avance en la gestión de espacios verdes mediante tecnologías inteligentes. Utilizar sensores de humedad del suelo, controladores programables y un dashboard para el monitoreo del riego, evidenciará cómo la tecnología puede mejorar la eficiencia operativa y reducir el consumo de recursos. Este proyecto se perfilará como un modelo tecnológico replicable en otras instituciones y facultades, fomentando la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas en la gestión de recursos naturales y energéticos.

### **1.8.2 Impacto Social**

El proyecto tendrá un impacto notable en la comunidad universitaria: Perfeccionar la estética y funcionalidad de los espacios verdes creará un entorno más agradable y seguro para estudiantes, profesores y visitantes. La iluminación adecuada de las veredas exteriores no solo mejorará la visibilidad y seguridad durante las horas nocturnas, sino que también incentivará un mayor uso de estos espacios para actividades recreativas y de esparcimiento. Además, la adopción de prácticas sostenibles en la gestión del riego y la iluminación promoverá una mayor conciencia ambiental entre los miembros de la comunidad universitaria.

### **1.8.3 Impacto Ecológico**

El sistema automatizado de riego apoyará a un uso más eficiente y sostenible del agua, minimizando el desperdicio y garantizando que los árboles frutales reciban la cantidad adecuada de agua para su crecimiento saludable. Al optimizar el uso del agua, se preservará este recurso vital, promoviendo la sostenibilidad ambiental.

## CAPÍTULO II

### 2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

#### 2.1.1 Desde cuando existe la automatización en riego

La relación entre el recurso de agua y la producción agrícola es directamente proporcional, debido a que dicho recurso es el que permite el buen crecimiento de los cultivos, vale destacar que también se debe acompañar de unos cuidados básicos, a medida que se han realizado estudios acerca de las propiedades de cada tipo de cultivo se ha evidenciado que cada uno tiene necesidades distintas, cada uno se desarrolló en temperaturas ideales específicas, algunas requieren más cantidad de agua que otras, por lo cual es fundamental garantizar que el cultivo sea regado según sus necesidades (Cdauid & García, 2020).

La implementación de sistemas de riego automatizado en entornos educativos, como jardines y áreas verdes en universidades, es crucial para mantener la salud y el crecimiento de las plantas sin necesidad de intervención constante por parte del personal. Estos sistemas permiten una distribución eficiente y controlada del agua, asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada según sus necesidades específicas.

Según Demin (2014) citada la apreciación por (Ortiz Cáceres, 2021), un sistema de riego eficiente permite la disposición constante de agua y debe ser adaptado a las características ambientales del contexto. En un entorno educativo, esto implica considerar factores como la exposición al sol, el tipo de plantas y las condiciones climáticas locales.

Un sistema de riego ineficiente puede generar una serie de problemas graves, tales como la escasez de agua, la contaminación, la erosión del suelo y la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Gran parte de los recursos hídricos se desperdician debido a la falta de eficiencia en los sistemas de riego. La necesidad del agua queda expuesta por el hecho de que, como consecuencia del crecimiento de la población, los recursos de agua dulce disponibles por persona han disminuido más de un 20% en los últimos 20 años. La producción agrícola de regadío es responsable de más del 70% de las extracciones mundiales de agua y, en general, el 41% de las extracciones no son compatibles con el sostenimiento de los servicios ecosistémicos (ONU, 2020).

Los impactos negativos de un sistema de riego ineficiente no se limitan solo a la

agricultura, sino que también influyen en el medio ambiente y la salud pública. En el contexto de una institución educativa, como una universidad, un sistema de riego ineficaz puede llevar a un uso excesivo de agua, desperdicio de recursos, y problemas de mantenimiento de las áreas verdes. Además, la escasez de agua puede ser crítica, especialmente en regiones donde el recurso es limitado.

## **2.2 DEFINICIONES CONCEPTUALES (CONTEXTO TEÓRICO)**

### **2.2.1 Árboles y plantas ornamentales**

Una planta ornamental es aquella que se cultiva, o se utiliza en la decoración con la intención de adornar o embellecer un espacio. Las plantas ornamentales regularmente se cultivan de diversas formas, en el campo al aire libre, en semilleros, o invernaderos bajo varios controles. Estas se las puede comercializar en macetas o sin ellas para así ser trasladadas al jardín o como planta de interior. Además, existen algunas especies ornamentales que han sido utilizadas tradicionalmente como medicinales, por lo que las características propias que poseen le otorgan singular importancia que puede ser aprovechada con fines económicos. (Huerta, 2022)

### **2.2.2 Mango**

El mango es una fruta del trimestre intertropical, de pulpa carnosa y semiácida. Puede ser o no fibroso, existiendo variedades con mayor cantidad de fibra. Es una fruta de coloración verde al inicio, y amarilla o naranja mientras está madura, de sabor medio ácido mientras no está absolutamente madura. De origen asiático, principalmente de la India, el mango es bajo en calorías, contiene antioxidantes, vitamina C y B5. Adecuado para el metabolismo de los hidratos de carbono y problemas dentro de la epidermis. Podría ser muy fácil de digerir, aunque podría tener resultados laxantes mientras se consume en exceso (Marquines Torres , 2022).

### **2.2.3 Vetiver**

Vetiver es una planta muy conocida en la agricultura y en la obra civil, por las características de sus raíces profundas y ramificadas que la hacen ideal para usarla en la conservación de suelos, estabilización de taludes, recuperación de laderas con deslizamientos, incluso más recientemente se ha promovido su uso como parte de los componentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a los reportes que indican que sus raíces son capaces

de remover contaminantes persistentes de las aguas residuales de origen industrial. Sus raíces pueden alcanzar los 4 metros de longitud, con fibras de alta resistencia y flexibilidad, que las hacen ideales para elaborar artesanías tales como escobas, abanicos, canastos, entre otros (AGEXPORT, 2021).

#### **2.2.4 Sistema de Riego**

Un sistema de riego es aquel que con ayuda de distintos mecanismos se encarga de suministrar a sembradíos y parcelas de cultivo el agua que requieren las plantas para garantizar su correcto desarrollo. En el ámbito de la implementación de estructuras de automatización, es crucial enfatizar que la finalidad principal de estas es supervisar y regular la distribución de agua. Esto se realiza de tal manera que elimina la necesidad de invertir tiempo o esfuerzo excesivo, facilitando así la tarea de los individuos durante su ejecución. Este enfoque optimiza la eficiencia y mejora la productividad en diversas aplicaciones (Sergio, 2021).

Estas funciones se logran con el trabajo de un microcontrolador que funge como elemento maestro de los cuales dependen los esclavos como actuadores, elementos de maniobra, módulos de acondicionamiento, elementos de visualización de la información, entre otros elementos. (Simbaña, 2023)

Se puede decir que la implementación de estas estructuras automatizadas dentro de los sistemas de riego no solo facilita y mejora la eficiencia de la distribución del agua a los cultivos, sino que también permite optimizar la productividad en el campo.

Además, mediante el uso de tecnologías como la de los microcontroladores y diversos componentes, permiten un control y regulación más precisa del suministro de agua. Esto elimina o reduce significativamente la necesidad de intervención manual, lo que permite ahorrar tiempo y esfuerzo.

En cuanto a la tecnología de estos microcontroladores sugiere una visión de sistemas de riego inteligentes y altamente eficientes. Estos sistemas no solo proporcionan agua de manera efectiva, sino que también se adaptan y responden a las necesidades específicas de los cultivos, lo que puede incluir la regulación del agua en función de variables como la humedad del suelo, las condiciones climáticas, y las etapas de crecimiento de las plantas.

### **2.2.5 Riego por aspersión**

El suministro de agua se realiza mediante un sistema de tuberías que generalmente funciona mediante bombeo. Después, se dispersa en el aire a través de rociadores para que se descomponga en pequeñas gotas que caen al suelo. Es esencial que el sistema de bombeo, los rociadores y las condiciones operativas estén diseñados para lograr una distribución uniforme de agua en todo el cultivo. El riego por aspersión ha experimentado un rápido avance y una amplia adopción a nivel mundial, con un enfoque destacado en países desarrollados como Israel, Estados Unidos y España, así como en otros países europeos. Este método de riego es extremadamente versátil, abarcando desde sistemas manuales de baja presión, como una manguera y una boquilla, hasta sistemas automáticos y de alta presión más complejos, como los sistemas de pivote central. (García, 2021)

Este método de suministro de agua es utilizado para la agricultura cuya finalidad consiste en elaborar un sistema de riego que utilice tuberías y rociadores para distribuir el agua en forma de pequeñas gotas, asegurando una distribución uniforme sobre los cultivos. Destaca la importancia de un diseño adecuado del sistema de bombeo y los rociadores para lograr eficiencia en el riego.

La evolución y adopción global del riego por aspersión, resaltando su uso en países desarrollados como Israel, Estados Unidos, España y otros en Europa. Se enfatiza la versatilidad del método, que va desde sistemas manuales de baja presión hasta sistemas automáticos y de alta presión más complejos, como los sistemas de pivote central.

La idea que el autor quiere transmitir es la eficacia y adaptabilidad del riego por aspersión en la agricultura moderna, así como su importancia en la gestión eficiente del agua y la producción agrícola en diversas partes del mundo.

### **2.2.6 Riego por goteo**

Es adecuado para ser utilizado en todo tipo de climas, ya que aplica el agua en la superficie del suelo bajo el follaje de los cultivos, disminuyendo de esta manera la evaporación del agua; además, no sufre ninguna distorsión en su aplicación por acción de los vientos. Desde el punto de vista de los suelos este método se lo puede aplicar en todos los tipos de suelo, desde suelos arenosos hasta suelos arcillosos. Considerando la topografía o pendiente de los terrenos, este método tiene grandes ventajas, ya que los goteros modernos emiten la misma cantidad de

agua con distintos desniveles del terreno. Es apto para huertos, para hortalizas sembradas en hileras; para plantas perennes como frutales: cítricos, banano. Su desventaja es su alto costo inicial de instalación. (IICA, 2020)

### 2.2.7 Riego por superficie

Según (Tubay, 2022) el riego por superficie es un método agrícola que se trata de regar el agua en la superficie del suelo para que este se vaya de manera natural hacia las raíces de las plantas este es un método de riego muy antiguo y utilizado en la agricultura, aunque es de muy bajo costo y fácil de implementar tiene la desventaja de que no es un riego controlado y esto podría causar daño en el cultivo.

### 2.2.8 Electroválvula

En un sistema de riego, las electroválvulas son las encargadas de abrir y cerrar el paso de agua siguiendo las órdenes de un programador. Son por tanto una de las partes más importantes de la automatización de un sistema de riego ya que de ellas dependerán el control del flujo de agua (Austudillo & Carpio, 2022).

Son dispositivos electromecánicos que se emplean para regular el flujo de diversos tipos de fluidos, como el gas o el agua. Estas válvulas pueden operar en dos estados: abierto o cerrado. El funcionamiento de la electroválvula se basa en una bobina solenoide que transforma la energía eléctrica en energía mecánica a través del uso del magnetismo.

*Figura 3. Electroválvula.*



*Nota. Las electroválvulas son válvulas electromecánicas diseñadas y utilizadas para controlar el paso de cualquier tipo de fluido.*

*Fuente: (Amazon, 2025).*

### **2.2.9 Sensor de Humedad**

Es un sensor cuya característica primordial es detectar la humedad del suelo mediante dos sondas incorporadas.

Un sensor de humedad y temperatura que se caracteriza por su alta confiabilidad y resistencia para aplicaciones industriales. Está construido con acero inoxidable lo que le hace adecuado para aplicaciones de riego. Rango de medición de temperatura:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ . Rango de medición de humedad: 0%-100%. Precisión de temperatura:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Precisión de humedad:  $\pm 5.0\% \text{RH}$ . Tipo de interfaz: Digital (two wire) (Chugá Rosero , 2022).

Este sensor tiene como función principal medir la humedad del suelo a través de dos sondas integradas. El dispositivo transmite corriente entre las sondas a través del suelo y luego mide la resistencia generada por la humedad presente en el suelo para determinar un nivel de humedad. En otras palabras, una mayor humedad en el suelo permite una mejor conducción de la corriente entre las sondas (lo que se traduce en una menor resistencia), mientras que un suelo seco presenta una baja conductividad y, por lo tanto, una mayor resistencia.

### **2.2.10 Fuente de energía**

La energía que alimenta un sistema de riego automatizado puede variar dependiendo de la magnitud del sistema y los recursos disponibles en la ubicación específica. En zonas urbanas o rurales que tienen acceso a la red eléctrica, la electricidad convencional es una opción habitual. Los componentes electrónicos de los sistemas automatizados, como bombas, válvulas y sensores, suelen funcionar con energía eléctrica.

### **2.2.11 Automatización**

La automatización es un componente esencial de cualquier modelo que se ocupe de la implementación de cualquier tipo de elemento que involucre robots, funcionando de manera adecuada gracias a sensores, procesadores, los actuadores realizan diferentes procesos, mecánicos e informáticos a través de un programa (Ripipsa, 2021).

### **2.2.12 IOT**

Es un término denominado a la interconexión de objetos cotidianos (termostatos, iluminación, automóviles, edificios) a internet para la obtención de datos, que posteriormente son analizados y visualizados apoyándose en tecnologías como: big data, cloud computing, servidores con capacidad de evaluar datos estadísticos de valores máximos y mínimos de las

muestras (Acosta, 2022).

### 2.2.13 Arquitectura IOT

Generalmente la arquitectura IoT se conforma de cuatro capas las que se muestran a continuación:

*Tabla 1.*

*Arquitectura Iot*

ARQUITECTURA IoT	
Capa de detección	Sensores, los objetos físicos y la obtención de datos.
Capa de Intercambio de Datos	Transmisión transparente de datos a través de redes de comunicación.
Capa de integración de la información	El procesamiento de la información incierta adquirida de las redes, filtrado de datos no deseados e integración de información principal en conocimiento útil para los servicios y los usuarios finales.
Capa de servicio de aplicación	Da servicios de contenido a los usuarios.

*Nota. Arquitectura IoT descrita en 4 capas.*

*Fuente: (Salazar & Santiago, 2022)*

### 2.2.14 Red de sensores Inalámbricos (WSN)

Los dispositivos de una WSN, conocidos como nodos sensores, son unidades autónomas, capaces de realizar algún tipo de procesamiento, recopilación de información sensorial y la comunicación con otros nodos de la red. Están distribuidos en un área geográfica determinada. Constan de un microprocesador, una fuente de energía, un radio transceptor y un elemento sensor. Estos dispositivos permiten medir determinadas condiciones físico-ambientales en distintos entornos (vibraciones en el caso de estudio). Además, tienen la capacidad de auto restauración, es decir, si se avería un nodo, la red encontrará nuevas vías para encaminar los paquetes de datos. Las capacidades de auto diagnóstico, auto configuración, auto organización, auto restauración y reparación, son propiedades que se han desarrollado para este tipo de redes para solventar problemas que no eran posibles con otras tecnologías. Las WSN se caracterizan por ser redes desatendidas, es decir sin intervención humana y

habitualmente construidas ad hoc para resolver un problema muy concreto. Ad hoc es el modo más sencillo para crear una red, un tipo de red formada por un grupo de nodos móviles que forman una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura externa (Molina & Zhagñay, 2020).

#### 2.2.15 Heltec WiFi LoRa 32 V2

El WiFi LoRa ESP32 es una placa de desarrollo IoT que destaca por su versatilidad y alto nivel de integración, creada por Heltec Automation (TM). Este dispositivo combina las capacidades de Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE) y LoRa, además de contar con un sistema de gestión de baterías de litio y una pantalla OLED de 0,96 pulgadas. Es ideal para proyectos de ciudades inteligentes, granjas automatizadas, hogares conectados, y cualquier desarrollo en el ámbito del Internet de las Cosas (IoT). Su capacidad para operar en diversos canales, específicamente en el rango de 963 MHz a 970 MHz dentro de la banda 0G, lo convierte en una herramienta clave para la comunicación inalámbrica. Además, es capaz de gestionar la conexión directa de varios dispositivos, lo que facilita la creación de una red eficiente y flexible (Guamán Requenes , 2022).

*Figura 4. Heltec WiFi LoRa 32 V2.*



*Nota. Imagen del microcontrolador Heltec Wifi LoRa 32*

*Fuente: (Dynamo Electronic, 2021)*

### 2.2.16 WIFI

WiFi es un protocolo de salto-único para redes ad-hoc que provee algunas funcionalidades de ahorro de energía, en general está orientado a altas tasas de transmisión, y los transceptores disponibles requieren una cantidad mayor de energía. Se requiere que los nodos estén permanentemente escuchando al medio, ya que podrían tener que recibir un frame en cualquier momento (Santos Benavides, 2019).

Este protocolo diseñado para redes permite un único salto entre nodos. Aunque ofrece ciertas características para la conservación de energía, su principal enfoque es facilitar altas velocidades de transmisión. Los transceptores que se utilizan en este protocolo suelen consumir una cantidad significativa de energía. Además, los nodos en una red WiFi deben estar en constante estado de alerta, ya que pueden recibir un frame en cualquier instante.

### 2.2.17 Tecnología LoRa

LoRa es un sistema de comunicación inalámbrico que transmite datos a través de grandes distancias con un uso mínimo de energía. Esta tecnología es adecuada para aplicaciones de IoT (Internet de las cosas) que requieren monitoreo remoto y transmisión de datos a través de grandes distancias. LoRa utiliza modulación de espectro ensanchado, lo que lo hace resistente a las interferencias y adecuado para situaciones ruidosas (Chasipanta Gualpa, 2024).

LoRa es una tecnología de radiofrecuencia que posibilita comunicaciones de larga distancia con bajo consumo de electricidad. Incluso el nombre LoRa proviene de Long Range, un acrónimo adecuado por su funcionamiento (Bertoletti, 2019).

También encontramos la tabla de frecuencias de funcionamiento en bandas dedicadas según las regiones del planeta.

**Tabla 2. Bandas de frecuencias.**

REGIÓN	BANDA
Estados Unidos y América	De 902 a 928 MHz
Europa	De 863 a 870 MHz
China (Asia)	De 779 a 787 MHz

*Nota. Banda de frecuencia LoRa.*

*Fuente: (Bertoletti, 2019).*

La tecnología LoRa, junto con TTN y nuestro proyecto, posibilita la creación de un inventario de datos de cultivos con bajo consumo energético y un alcance de hasta 15 km. Estos avances en telecomunicaciones, combinados con el despliegue de nuestra aplicación, nos permiten desarrollar un sistema de monitoreo y riego, tanto manual como automatizado, para múltiples cultivos, a un costo accesible. (Nieto, 2021).

#### **2.2.18 Protocolo LoRaWAN**

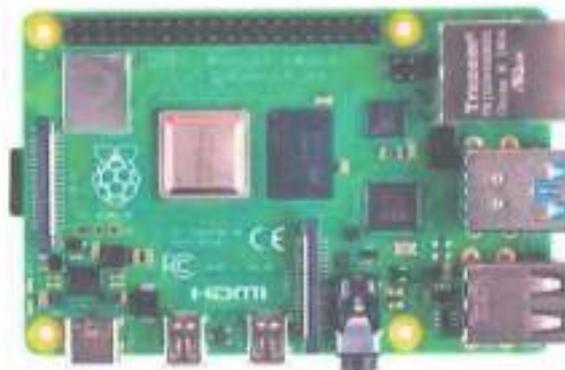
El protocolo LoRaWAN es un estándar de red de bajo consumo y largo alcance, conocido como LPWAN. Funciona con dispositivos de bajo consumo, que son comúnmente utilizados en el desarrollo de aplicaciones de IoT y IIoT. Una red LoRaWAN tiene una topología llamada “Estrella de Estrellas”, que consta de cuatro elementos principales: dispositivos finales, Gateway, un servidor de red y un servidor de aplicación. Los dispositivos finales suelen ser sensores o actuadores que comparten información con el gateway utilizando la capa física LoRa. El gateway recibe esta información y la comparte con el servidor de red a través de una comunicación basada en el protocolo IP. LoRaWAN tiene características que permiten recoger datos de varios nodos situados a diferentes distancias, incluso kilómetros, a través de una comunicación unidireccional. Sin embargo, en algunos casos, se ha optado por la comunicación bidireccional entre el nodo y el gateway, y también existe la posibilidad de tener más de un gateway. Los gateways envían la información recogida de cada dispositivo final, sin procesar, a un servidor de red a través de una interfaz de backhaul de mayor rendimiento como Ethernet, 3G/4G, satélite o Wi-Fi. El servidor de red recibe la información enviada en forma de paquetes desde los nodos, los decodifica y realiza su protocolo de seguridad. De esta manera, cada una de las aplicaciones que se ejecutan en los servidores de aplicaciones puede recibir los datos desde el servidor de red y utilizar esa información según sea conveniente (Heredia, Astudillo, Lucero, & Vázquez, 2020).

#### **2.2.19 Raspberry Pi**

Es una tarjeta utilizada como miniordenador con disposición de diferentes puertos evidenciando mejoras en relación con versiones antecesoras además permite decodificar por hardware para códec H 265, es decir soporta hasta dos monitores 4K y permite sea utilizada como mediacenter. Se adapta a múltiples versiones de librerías y distribuciones de Linux como sistemas operativos Open Source, permitiendo la adaptación de cualquier interfaz creado con numerosas funcionalidades (Zárate, 2023, p. 12).

En su estructura encontraremos un circuito integrado potenciado por un procesador ARM11 con varias frecuencias de funcionamiento con un máximo de 1Gh, además un procesador grafico VideoCore y diferentes valores de memoria RAM dependiendo del modelo de la tarjeta Raspberry. Debido a sus características y prestaciones la Raspberry paso de ser solo una tarjeta de uso educativo a ser una herramienta de uso industrial en el área de tecnología y desarrollo de proyectos. Hoy en día encontramos al menos 7 modelos de Raspberry, en el proyecto de titulación presentado se desarrolla con el Raspberry Pi 4 modelo B.

*Figura 5. Raspberry Pi 4 modelo B.*



*Nota. Microcomputadora Raspberry Pi está en un principio tenía la intención de promover las habilidades informáticas de los niños.*

*Fuente: (DroneBot, 2023)*

#### **2.2.20 Protocolo MQTT**

El protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport) tiene como principal función la de mensajería asíncrona, usado en el ámbito de las comunicaciones machine-to-machine (M2M), en el campo de IoT (Internet de las cosas). Su funcionamiento se basa en el intercambio de mensajes mediante el modelo de publicación y suscripción. Este protocolo liviano permite su implementación en redes con un ancho de banda limitado y con alta latencia. Por otra parte, su flexibilidad, permite su aplicación en distintos dispositivos y servicios de IoT (Mahedero Biot, 2020).

Es una herramienta primordial para la comunicación en el ámbito de la tecnología del IoT, operando sobre el protocolo de control de transporte TCP23. Desarrollado originalmente

por IBM como un protocolo de comunicación máquina a máquina, ahora está estandarizado por ISO/IEC 20922.

*Figura 6. Protocolo MQTT.*



*Nota. Este protocolo de mensajería es particularmente eficiente ya que no requiere actualizaciones frecuentes.*

*Fuente: (CREATEDB, 2024)*

#### **2.2.21 Eclipse Mosquitto**

Eclipse Mosquitto es un agente de mensajes de código abierto con licencia EPL/EDL que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Este software es ligero y se adapta a una amplia gama de dispositivos, desde computadoras de placa única hasta servidores completos.

El protocolo MQTT ofrece un método liviano para transportar mensajes salientes a través de un modelo de publicación/suscripción. Esta característica lo convierte en una opción idónea para la comunicación en el ámbito de Internet de las Cosas (IoT), siendo útil en contextos como sensores de potencia o dispositivos móviles, como teléfonos, computadoras o microcontroladores.

Además del agente Mosquitto, el proyecto proporciona una biblioteca C para la implementación de clientes MQTT, así como las populares herramientas de línea de comandos `mosquitto_pub` y `mosquitto_sub` para interactuar con el protocolo MQTT (Eclipse Mosquitto™, 2021).

### **2.3 CONCLUSIONES RELACIONADAS AL MARCO TEORICO EN REFERENCIA AL TEMA PLANTEADO**

En el capítulo de analizamos los antecedentes históricos y conceptos teóricos de la automatización en sistemas de riego, subrayando su relevancia tanto en la agricultura como en entornos educativos. Se señala la relación crucial entre el uso eficiente del agua y la productividad agrícola, y cómo los avances en estudios agronómicos han llevado al desarrollo de sistemas de riego automatizados que optimizan el crecimiento de los cultivos. En entornos educativos, estos sistemas no solo potencian la eficiencia hídrica, sino que también reducen la intervención manual, promoviendo un mantenimiento más sostenible.

El capítulo plantea tecnologías de riego como el riego por aspersión y por goteo, y la incorporación de tecnologías como electroválvulas y sensores de humedad, que proporcionan un control preciso y automatizado del riego. Además, se introducen tecnologías emergentes como IoT y redes de sensores inalámbricos, que aumentan la eficiencia mediante la recolección y análisis de datos en tiempo real. La integración de tecnologías como LoRa y Bluetooth que ayudan a la comunicación en áreas remotas, haciendo que los sistemas de riego sean más robustos y sostenibles.

## CAPÍTULO III

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirá el diseño metodológico empleado para la realización de la investigación sobre la automatización del riego en los exteriores de la facultad de informática en la parte posterior del DIOP en la ULEAM. Se detallarán los tipos y métodos de investigación utilizados, las fuentes de información, la estrategia de recolección de datos y el análisis de los resultados obtenidos. Este enfoque permitirá una comprensión integral del proceso investigativo y la validez de los hallazgos para la posterior realización del proyecto de automatización.

### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de titulación es una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, diseñada para abordar los retos específicos relacionados con la automatización del riego en los exteriores de la Facultad de Informática, específicamente en la parte posterior del DIOP en la ULEAM. Este tipo de investigación tiene como objetivo principal generar soluciones prácticas y funcionales que contribuyan a la optimización del uso de agua y energía en las áreas verdes de esta zona del campus.

La investigación aplicada busca transferir conocimientos teóricos hacia un escenario real, desarrollando un sistema automatizado de riego. Este sistema está diseñado para atender las particularidades del entorno local, asegurando una distribución eficiente del agua y promoviendo el uso sostenible de los recursos disponibles.

El enfoque cuantitativo es clave en este proyecto, ya que permite recopilar y analizar datos medibles sobre el consumo de agua, las condiciones climáticas, y la eficiencia del sistema de riego. A través de herramientas como encuestas a la comunidad universitaria y la recopilación de datos mediante sensores, se identificaron patrones y tendencias que respaldaron el diseño, implementación y evaluación del sistema automatizado. Los análisis estadísticos derivados de estos datos permiten validar la hipótesis de que la automatización mejora significativamente la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de recursos.

El sistema propuesto responde a tres objetivos clave:

1. **Reducción del desperdicio de agua:** Mediante el uso de sensores que monitorean condiciones como la humedad del suelo y el clima, se garantiza una distribución precisa y controlada del agua en función de las necesidades reales del terreno.
2. **Optimización de costos operativos:** La automatización minimiza la intervención manual, reduciendo tanto el tiempo como los costos asociados al mantenimiento de las áreas verdes.
3. **Promoción de un entorno seguro y funcional:** La integración de un sistema complementario de iluminación automatizada mejora la seguridad y la funcionalidad de los espacios exteriores.

Además, el modelo desarrollado es adaptable a otros contextos dentro del campus de la ULEAM o incluso en otras instituciones educativas con necesidades similares. Este carácter replicable fortalece la visión de sostenibilidad ambiental del proyecto y posiciona a la universidad como un referente en la implementación de tecnologías avanzadas para la gestión eficiente de recursos.

### **3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto se obtuvo las siguientes modalidades de la investigación:

#### **3.3.1 Investigación aplicada:**

El presente proyecto se considera como una investigación aplicada, porque se realizará la implementación física del sistema de riego en los exteriores de la facultad de informática en la parte posterior del DIOP en la ULEAM<sup>®</sup> y el cumplimiento de los objetivos.

#### **3.3.2 Investigación documental/bibliográfica:**

Se efectuó una investigación documental/bibliográfica utilizando fuentes de información primaria y secundaria como libros, revistas, manuales, artículos científicos y la base de datos bibliográfica, que aportan con el diseño, estudio de los parámetros, resultados experimentales y tecnologías para el desarrollo del proyecto.

### **3.3.3 Investigación experimental:**

La investigación experimental se utilizará para elaborar un prototipo temporal, el cual muestre en forma aproximada el comportamiento de los circuitos electrónicos, los enlaces inalámbricos de los nodos con el objetivo de depurar los errores que se puedan presentar para evitar los posibles fallos en el sistema que será implementados en el área verde.

## **3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN DE DATOS**

Para abordar la problemática relacionada con el mantenimiento de las áreas verdes y la puesta en marcha de un sistema automatizado de riego y la aplicación de un circuito eléctrico en la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí (ULEAM), se utilizarán las siguientes fuentes de información:

### **3.4.1 Fuentes Primarias**

#### **3.4.1.1 Encuesta**

Se diseñó una encuesta estructurada para recolectar datos de los usuarios de los alrededores del área del estudio, incluyendo estudiantes, profesores y personal administrativo. La encuesta se conforma de preguntas cerradas para obtener información sobre sus percepciones y experiencias con respecto al riego y la iluminación de área verde. Este método permite obtener una visión amplia y representativa de las necesidades y expectativas de la comunidad universitaria.

#### **3.4.1.2 Observación**

Se llevo una observación detallada del área para tener puntos de referencias y como emprender nuestra investigación y posterior implementación del proyecto.

Los datos recolectados proporcionan una visión detallada de los problemas actuales y ayudan a identificar oportunidades de mejora.

### **3.4.2 Fuentes Secundarias**

#### **3.4.2.1 Revisión de literatura**

Se realizo una revisión exhaustiva de la literatura existente, incluyendo artículos, tesis similares y documentos técnicos de sistemas automatizados de riego e iluminación. La literatura abarcó temas relacionados con temas hídricos, uso eficiente del agua y tecnologías

para la automatización de espacios similares y además hablo de beneficios ecológicos y económicos que nos proporcionan estos sistemas automatizados.

### **3.5 Estrategia operacional para la recolección de datos.**

#### **3.5.1 Población - Segmentación - Técnica de muestreo - Tamaño de la muestra**

La población seleccionada como objetivo de este estudio estará compuesta por estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología del Bloque de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Esto incluye a estudiantes de todos los niveles académicos (pregrado, posgrado) y programas ofrecidos dentro de la facultad. La elección de esta población se debe al interés en comprender aspectos específicos relacionados con su experiencia educativa, sus percepciones sobre la calidad de la enseñanza y su preparación para el entorno laboral.

Para este caso de estudio, la segmentación se realizó incluyendo una pregunta específica en la encuesta donde los encuestados debían seleccionar el grupo al que pertenecen. Los grupos definidos fueron:

- **Estudiante:** Miembros activos del cuerpo estudiantil de la Facultad de Informática.
- **Docente ULEAM:** Profesores y personal académico de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM).
- **Ingeniero Agrónomo o afines:** Profesionales con formación en Ingeniería Agrónoma o disciplinas relacionadas.
- **Agricultor:** Personas que se dedican a la agricultura, ya sea de forma profesional o empírica.

Esta segmentación permite analizar las respuestas en función de los diferentes perfiles de los encuestados, lo que enriquece el análisis al permitir identificar diferencias y similitudes entre los distintos grupos.

Para la recolección de datos en este estudio, se emplearon dos técnicas principales de muestreo: la encuesta y la observación. Estas técnicas permiten obtener una visión integral y detallada sobre las percepciones y conocimientos de diferentes grupos relacionados con la automatización del riego en la universidad.

El tamaño de la muestra seleccionada para este estudio fue de 110 encuestados, distribuidos entre los siguientes grupos: Estudiante, Docente ULEAM, Ingeniero Agrónomo o

afines, y Agricultor. Esta muestra fue elegida para asegurar una representación adecuada, permitiendo así obtener resultados significativos en relación con la implementación de un sistema automatizado de riego en la universidad.

### **3.5.2 Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar**

#### **3.5.2.1 Encuesta - Observación / Otras**

Para nuestro proyecto se utilizaron las técnicas de encuestas y observación como principales herramientas para la recolección de datos. Estas metodologías fueron fundamentales para obtener la información necesaria y comprender las necesidades del proyecto desde diferentes perspectivas.

A continuación, se detalla cada uno de los métodos utilizados:

La encuesta que se utilizó consta de varias preguntas estructuradas que abordan temas clave como el conocimiento sobre automatización, la percepción sobre su impacto, y la viabilidad técnica y aceptación de la tecnología en la comunidad universitaria. Las preguntas están diseñadas para capturar tanto las opiniones como las expectativas de los encuestados, utilizando un formato de respuesta simple (Sí/No) que facilita el análisis de los resultados.

La encuesta no solo segmenta a los encuestados en función de su ocupación (Estudiante, Docente ULEAM, Ingeniero Agrónomo o afines, Agricultor), sino que también explora su familiaridad y percepción sobre la automatización del riego. Esta segmentación ayuda a identificar diferencias en las respuestas entre los distintos grupos, lo que puede revelar cómo cada grupo percibe la automatización y su impacto potencial en la universidad.

La observación directa complementó los datos obtenidos a través de las encuestas al permitir un análisis en tiempo real de cómo se utilizan actualmente los sistemas de riego y alumbrado en la cancha olímpica. A través de sesiones de observación, se identificaron patrones de uso, ineficiencias en los sistemas actuales y las necesidades de automatización en diferentes condiciones climáticas y horarios. Esta información fue crucial para ajustar los parámetros del sistema propuesto, asegurando que respondiera a las condiciones reales de uso y maximizara la eficiencia.

### 3.5.2.2 Estructura de lo(s) instrumento(s) de recolección de datos aplicados

#### 1. Seleccione su ocupación actual:

- Estudiante
- Docente ULEAM
- Ingeniero Agrónomo o afines
- Agricultor

El objetivo de esta pregunta es segmentar a los encuestados según su ocupación para identificar la relación entre su perfil profesional o académico y la percepción que tienen sobre los sistemas de riego automatizados. Esto permitiría determinar necesidades, conocimientos previos y expectativas particulares de cada grupo frente a la tecnología propuesta, y personalizar estrategias de implementación y capacitación para maximizar su impacto en la comunidad universitaria y el sector agrícola.

#### 2. ¿Está familiarizado/a con el concepto de automatización del riego?

- Si
- No

Esta pregunta tiene como objetivo determinar si los encuestados conocen el concepto de automatización del riego. Esto permitirá evaluar el nivel de conocimiento general sobre esta tecnología en el público objetivo y establecer si es necesario incluir información introductoria o capacitación básica como parte de la implementación del proyecto. Además, ayudará a identificar posibles barreras de comprensión que puedan influir en la aceptación o el uso del sistema propuesto.

#### 3. ¿Considera que la implementación de esta tecnología tendrá un impacto positivo en la imagen de la ULEAM?

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es identificar la percepción de los encuestados sobre el impacto que la implementación de la automatización del riego podría tener en la imagen institucional de la ULEAM. Esto permitirá evaluar si la comunidad universitaria y otros actores consideran que el proyecto contribuye al fortalecimiento del compromiso de la universidad con la sostenibilidad, la innovación tecnológica y la eficiencia en el uso de recursos, factores que

podrían mejorar su prestigio y reconocimiento en el ámbito académico y social.

**4. ¿Está usted de acuerdo con la implementación de un sistema automatizado de riego en los exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM frente al Bloque de Informática?**

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es medir el nivel de aceptación de los encuestados hacia la implementación de un sistema automatizado de riego en un área específica de la ULEAM. Esto permitirá determinar el grado de apoyo que tiene el proyecto dentro de la comunidad universitaria y otros grupos de interés, identificando posibles resistencias o preocupaciones que podrían abordarse para garantizar una implementación exitosa y alineada con las expectativas de los usuarios.

**5. ¿Cree usted que la automatización del riego mejorará el mantenimiento de las áreas verdes?**

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es evaluar la percepción de los encuestados sobre el impacto que la automatización del riego podría tener en el mantenimiento de las áreas verdes. Esto permitirá determinar si se reconoce la eficiencia y efectividad del sistema propuesto para optimizar el cuidado de estas zonas, reduciendo el esfuerzo manual y mejorando la sostenibilidad en el uso de recursos como el agua y la energía. Los resultados servirán como indicador del respaldo hacia la tecnología en términos de su utilidad práctica.

**6. ¿Cree que la automatización del riego y la iluminación podría reducir los costos operativos?**

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es conocer la percepción de los encuestados sobre el impacto económico de implementar un sistema automatizado de riego e iluminación. Esto permitirá evaluar si consideran que la automatización contribuirá a reducir los costos operativos asociados al mantenimiento de estas áreas, como el consumo de agua, electricidad y mano de obra. Los resultados ayudarán a justificar el proyecto desde una perspectiva

económica y a reforzar su viabilidad como solución sostenible y eficiente.

**7. ¿Considera que la implementación de esta tecnología podría contribuir a un uso más eficiente del agua y la energía?**

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es evaluar si los encuestados perciben que la automatización del riego y la iluminación puede optimizar el uso de recursos esenciales como el agua y la energía. Esto permitirá identificar el grado de reconocimiento de los beneficios ambientales y operativos del sistema propuesto, fortaleciendo su justificación como una solución sostenible para la gestión de recursos en la ULEAM.

**8. ¿Considera que la automatización del riego y la iluminación podría mejorar la sostenibilidad del campus universitario?**

- Si
- No

El objetivo de esta pregunta es medir la percepción de los encuestados sobre el impacto de la automatización del riego y la iluminación en la sostenibilidad del campus universitario. Esto permitirá determinar si la comunidad reconoce el potencial de estas tecnologías para fomentar prácticas más responsables con el medio ambiente, optimizando el uso de recursos y promoviendo un entorno más ecológico y eficiente en la ULEAM.

**9. ¿Cree que es técnicamente viable instalar un sistema automatizado de riego en la Cancha Olímpica?**

- Si
- No

Esta pregunta tiene como objetivo determinar la percepción de los encuestados sobre la viabilidad técnica de implementar un sistema automatizado de riego en la Cancha Olímpica, con el fin de evaluar las condiciones y los recursos necesarios para su instalación y funcionamiento efectivo, así como identificar posibles desafíos o barreras técnicas en la implementación del sistema.

**10. ¿Cree que la comunidad universitaria aceptará y apoyará el uso de un sistema**

### **automatizado de riego y circuito eléctrico?**

- Si
- No.

La finalidad de esta pregunta es evaluar la disposición de la comunidad universitaria para aceptar y apoyar la implementación de un sistema automatizado de riego y circuito eléctrico, con el fin de identificar posibles factores que influyan en su aceptación, como la percepción de los beneficios, la confianza en la tecnología y el impacto en la sostenibilidad del campus.

#### **3.5.2.3 Plan de recolección de datos**

El plan de recolección de datos permitió iniciar la investigación del proyecto de automatización del riego y el circuito eléctrico en los exteriores de la facultad de informática. Para ello, se identificaron las herramientas más adecuadas para obtener información valiosa que ayudara a comprender el problema y formular soluciones efectivas. Se optó por dos métodos principales: la observación directa y las encuestas estructuradas.

En las encuestas, se emplearon preguntas de selección múltiple para simplificar la recopilación y el análisis de las respuestas. Este formato facilitó la tabulación de los datos y permitió identificar rápidamente las tendencias y preferencias de los usuarios, quienes principalmente eran estudiantes y personal de la universidad. Las respuestas obtenidas proporcionaron una visión clara de las necesidades y expectativas en cuanto a la automatización del riego y el control del sistema eléctrico.

Por otro lado, la observación permitió registrar el comportamiento de los sistemas actuales de riego e iluminación en diferentes condiciones, como horarios de uso y variaciones climáticas. A través de esta metodología, se recogieron datos que reflejan el uso real de estos sistemas y las ineficiencias presentes. Los datos obtenidos fueron anotados cuidadosamente y clasificados según su relevancia para el proyecto.

Una vez recopilada la información tanto de las encuestas como de la observación, se procedió a analizar y comparar los resultados con los problemas detectados en el sistema actual. Este análisis ayudó a definir mejoras específicas en el riego automatizados, asegurando que el nuevo sistema fuera eficiente y adaptado a las necesidades identificadas.

Para la tabulación y el análisis de los datos, se utilizó Microsoft Excel, lo que permitió organizar la información en gráficos y cuadros estadísticos que facilitaron su interpretación. Con esto, se logró obtener una base sólida para el diseño del sistema de automatización, enfocada en mejorar la eficiencia del riego y el uso de energía en los exteriores de la cancha, al mismo tiempo que se maximizaba el confort y la satisfacción de los usuarios.

Las tareas que se realizaron en el proceso incluyeron la recopilación de datos, su análisis, y la propuesta de soluciones, asegurando que la implementación de la automatización cumpla con los objetivos planteados en el proyecto.

**Tabla 3. Pasos para la recolección de datos.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Contacto Inicial</b>	Reunión preliminar con los encargados de mantenimiento de la Cancha Olímpica y personal administrativo de la ULEAM para obtener autorización e identificar las áreas de estudio.
<b>Formato para aplicación de encuestas</b>	Diseño de encuestas estructuradas dirigidas a estudiantes y personal de la ULEAM para obtener información sobre el uso y expectativas del sistema de riego y circuito eléctrico.
<b>Aplicación de encuestas y observación</b>	Encuestas aplicadas a estudiantes y personal, además de la observación directa del sistema de riego e iluminación actuales para identificar problemas de eficiencia y uso.
<b>Preparar instrumentos</b>	Diseño y revisión de preguntas para las encuestas, y organización del plan de observación en las áreas de la cancha para registrar patrones de uso y condiciones climáticas.
<b>Aplicar instrumentos</b>	Implementación de encuestas a estudiantes y personal durante 2 días en la cancha olímpica y observación de las áreas para registrar la efectividad del sistema actual.
<b>Procesar información</b>	Tabulación de los resultados de las encuestas y análisis de los datos observados, utilizando gráficos y estadísticas para identificar los problemas más recurrentes.
<b>Elaborar informes</b>	Presentación de los resultados obtenidos en informes con recomendaciones para mejorar la automatización del riego y el sistema eléctrico en las áreas analizadas.

*Nota: Elaboración propia de autores.*

### 3.6 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.6.1 Tabulación y análisis de los datos

El desenlace de la aplicación de la encuesta se detalla a continuación:

**Pregunta 1:** Seleccione su ocupación actual.

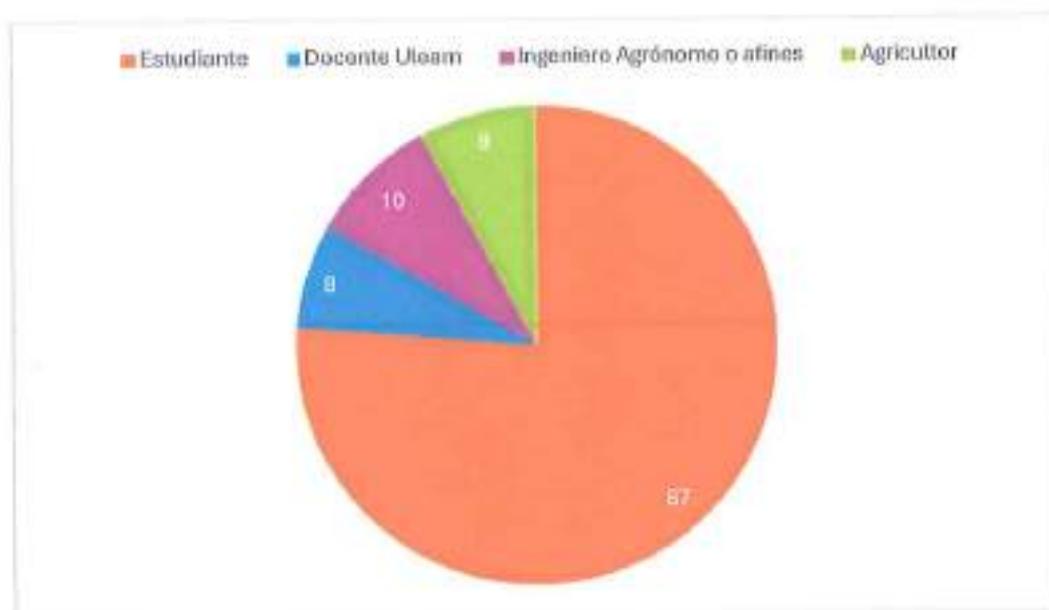
La tabulación de la pregunta 1 puede ser observada en la tabla 4 y en la figura 10 en el siguiente apartado:

*Tabla 4. Conclusiones; pregunta 1.*

ÍTEM	ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
A	Estudiante	87	76,00%
B	Docente ULEAM	8	7,00%
C	Ingeniero Agrónomo o afines	10	9,00%
D	Agricultor	9	8,00%
<b>TOTAL</b>		<b>114</b>	<b>100%</b>

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 7. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 1.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** La pregunta sobre la ocupación actual de los encuestados revela que la mayoría (76%) son estudiantes, indicando que el estudio debe centrarse en satisfacer principalmente sus

necesidades y expectativas. Sin embargo, también se destacan las perspectivas de docentes (7%), ingenieros agrónomos o afines (9%) y agricultores (8%), quienes, aunque en menor proporción, aportan visiones técnicas y prácticas. Esta diversidad sugiere que el proyecto debe ser accesible para los estudiantes, pero también lo suficientemente versátil y técnico para interesar a profesionales del área agrícola y educativa.

**Pregunta 2:** ¿Está familiarizado/a con el concepto de automatización del riego?

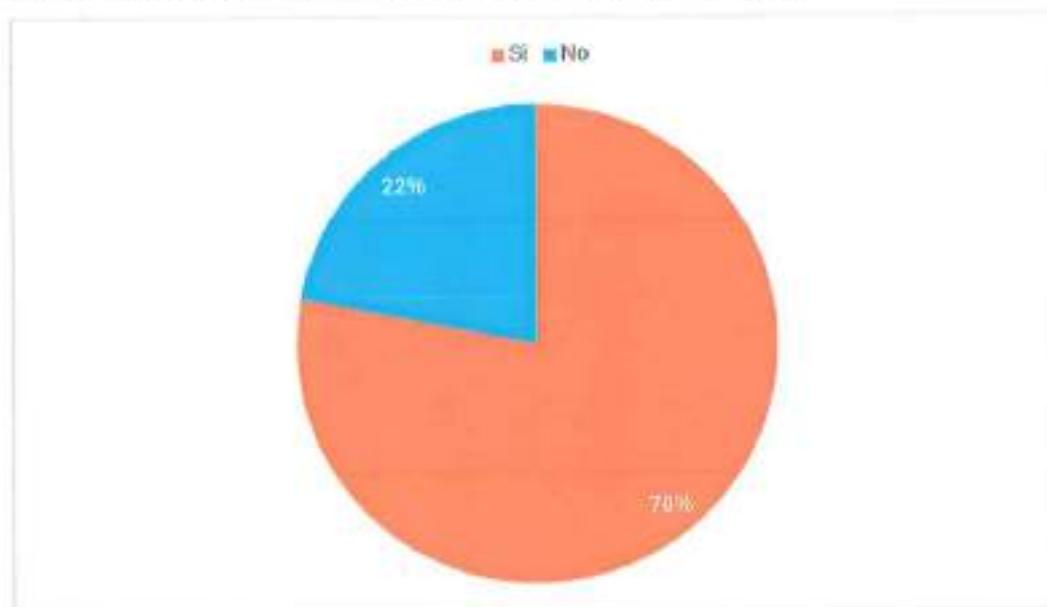
La tabulación de la pregunta 2 puede ser observada en la tabla 5 y en la figura 11 en el siguiente apartado:

**Tabla 5. Conclusiones; pregunta 2.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	89	78,00%
B	No	25	22,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 8. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 2.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** En el análisis de esta pregunta se revela que el 78% de los encuestados están familiarizados con el tema, mientras que el 22% no lo están. Este resultado es relevante para la investigación, ya que muestra que la mayoría tiene conocimiento básico sobre el concepto, lo que facilita la implementación de propuestas tecnológicas como sistemas de riego automatizado. Sin embargo, también resalta que una minoría significativa no está

familiarizada, indicando la necesidad de incluir estrategias educativas o informativas para garantizar que todos los interesados comprendan la utilidad y funcionamiento del sistema. Esto puede fortalecer la aceptación y el impacto del proyecto en la población objetivo.

**Pregunta 3:** ¿Considera que la implementación de esta tecnología tendrá un impacto positivo en la imagen de la ULEAM?

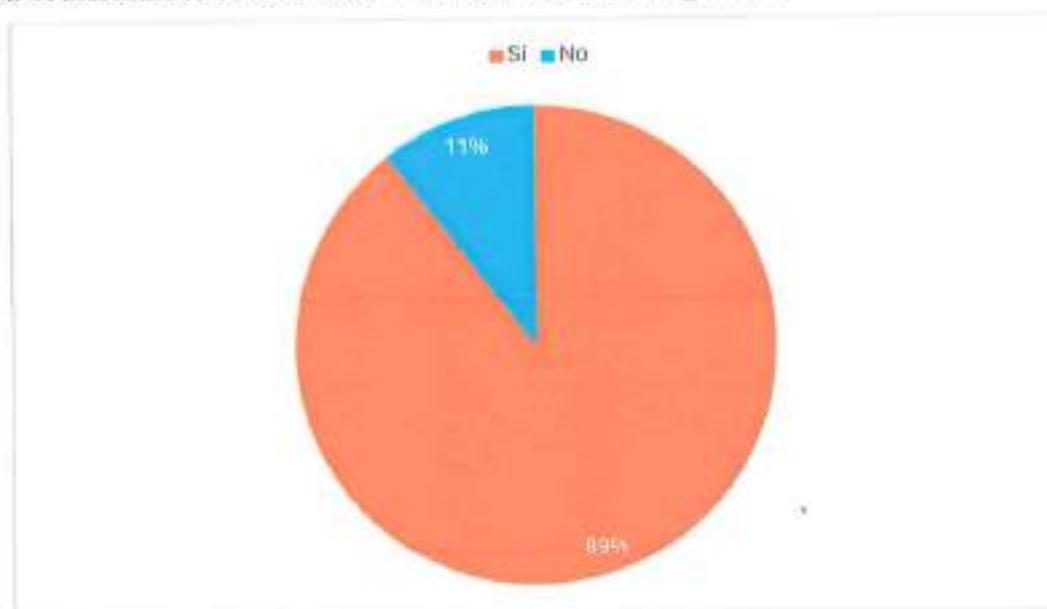
La tabulación de la pregunta 3 puede ser observada en la tabla 6 y en la figura 12 en el siguiente apartado:

**Tabla 6. Conclusiones; pregunta 3.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	102	89,00%
B	No	12	11,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 9. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 3.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** Este análisis muestra que el 89% de los encuestados opinan que la implementación de esta tecnología beneficiará la imagen institucional de la ULEAM, mientras que solo el 11% no lo cree. Este resultado es altamente favorable para el proyecto, ya que refleja un fuerte respaldo de la comunidad hacia la propuesta, destacando su potencial para mejorar la percepción pública de la universidad. Esto podría motivar la inversión y el apoyo institucional para implementar la tecnología, al alinearse con los intereses de la mayoría. El porcentaje

menor que no lo considera positivo sugiere que es importante abordar posibles dudas o resistencias, asegurando una comunicación clara sobre los beneficios del proyecto.

**Pregunta 4:** ¿Está usted de acuerdo con la implementación de un sistema automatizado de riego en los exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM frente al Bloque de Informática?

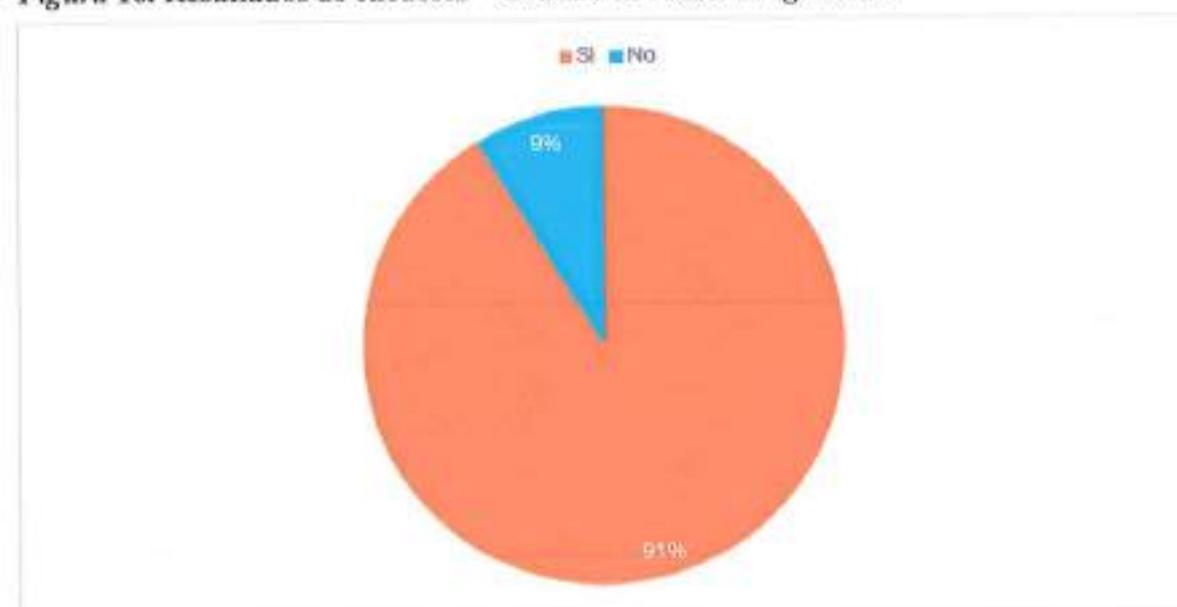
La tabulación de la pregunta 4 puede ser observada en la tabla 7 y en la figura 13 en el siguiente apartado:

**Tabla 7. Conclusiones; pregunta 4.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	104	91,00%
B	No	10	9,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 10. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 4.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta muestra que el 91% de los encuestados están de acuerdo con la propuesta, mientras que solo el 9% no lo están. Este resultado indica un respaldo significativo hacia la implementación del sistema, lo que sugiere que la comunidad percibe esta iniciativa como una mejora relevante para el entorno universitario. La aceptación mayoritaria valida la importancia del proyecto, mientras que el bajo porcentaje de desacuerdo podría reflejar preocupaciones específicas que merecen ser exploradas para garantizar una

implementación exitosa y el consenso general. Este apoyo refuerza la viabilidad social de la propuesta y su alineación con las necesidades y expectativas de los involucrados.

**Pregunta 5:** ¿Cree usted que la automatización del riego mejorará el mantenimiento de las áreas verdes?

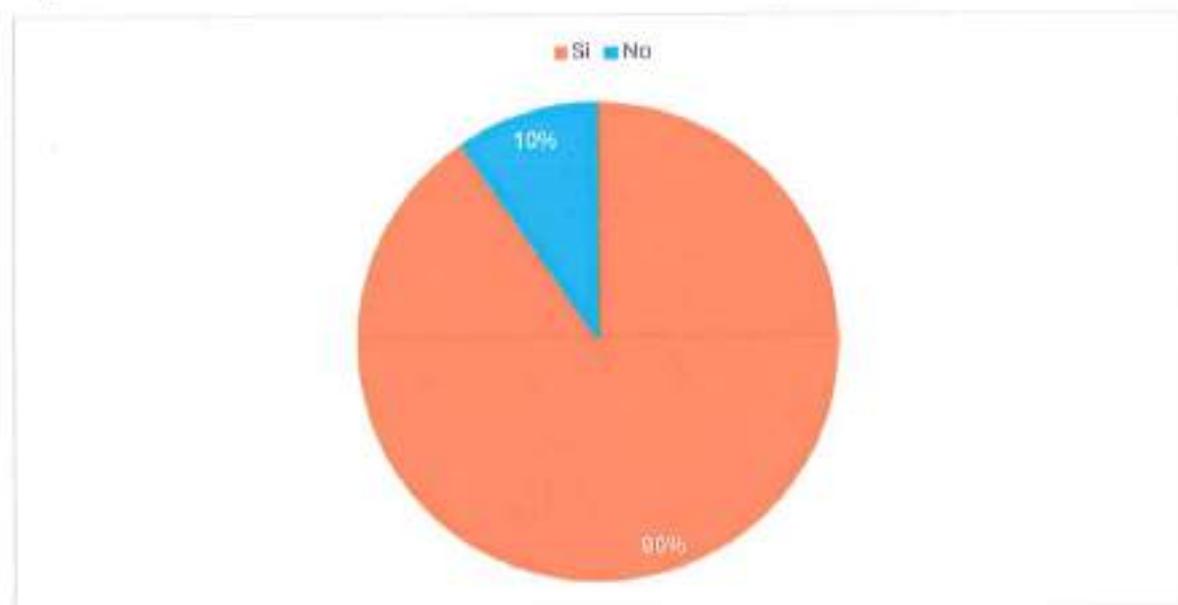
La tabulación de la pregunta 5 puede ser observada en la tabla 8 y en la figura 14 en el siguiente apartado:

**Tabla 8. Conclusiones; pregunta 5.**

ÍTEM	ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
A	Si	103	90,00%
B	No	11	10,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 11. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 5.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis muestra que el 90% de los encuestados consideran que la automatización del riego tendría un impacto positivo en el mantenimiento de las áreas verdes, mientras que solo el 10% opinan lo contrario. Este resultado destaca una percepción generalizada de que la automatización es una solución eficiente para optimizar el cuidado de las áreas verdes, reduciendo posiblemente el esfuerzo humano y garantizando un uso más eficiente de los recursos.

**Pregunta 6:** ¿Cree que la automatización del riego y la iluminación podría reducir los costos operativos?

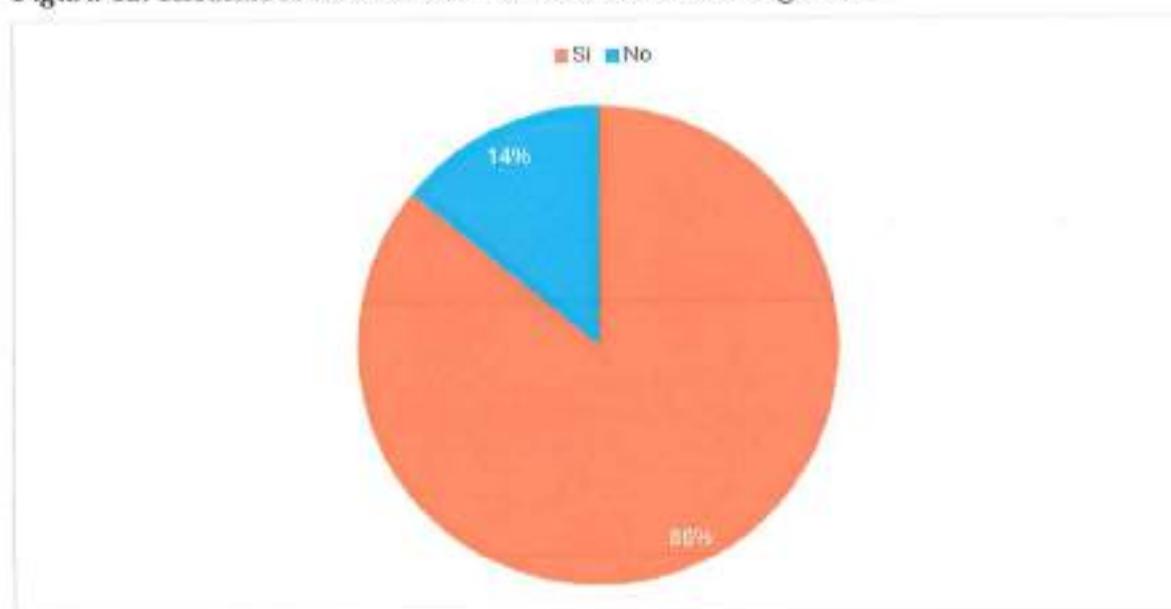
La tabulación de la pregunta 6 puede ser observada en la tabla 9 y en la figura 15 en el siguiente apartado:

**Tabla 9. Conclusiones; pregunta 6.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	98	86,00%
B	No	16	14,00%
TOTAL		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 12. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 6.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta nos revela que el 86% de los encuestados consideran que la automatización contribuiría a disminuir los costos operativos, mientras que el 14% no están de acuerdo. Este resultado resalta que la mayoría percibe beneficios económicos tangibles en la implementación del sistema, lo que respalda la viabilidad del proyecto desde una perspectiva de eficiencia y ahorro de recursos.

**Pregunta 7:** ¿Considera que la implementación de esta tecnología podría contribuir a un uso más eficiente del agua y la energía?

La tabulación de la pregunta 7 puede ser observada en la tabla 10 y en la figura 16 en el siguiente apartado:

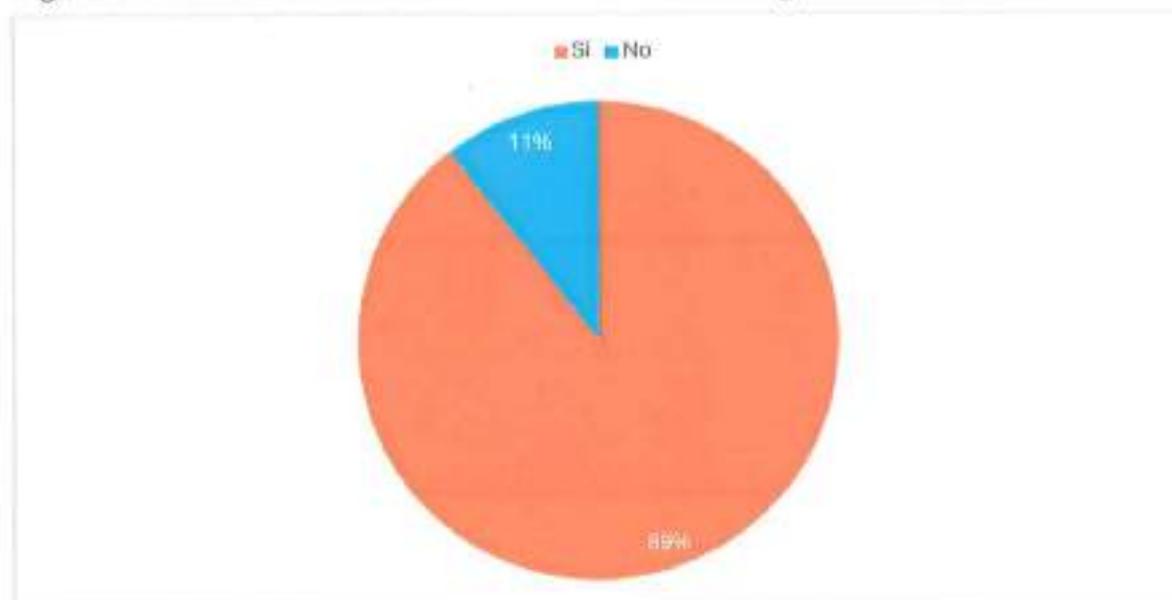
**Tabla 10. Conclusiones; pregunta 7.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
------	-------------	------------	------------

A	Si	102	89,00%
B	No	12	11,00%
<b>TOTAL</b>		<b>114</b>	<b>100%</b>

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 13. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 7.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta muestra que el 89% de los encuestados creen que esta tecnología puede mejorar la eficiencia en el uso de recursos como el agua y la energía, mientras que el 11% opinan lo contrario. Este resultado refleja una percepción mayoritaria de que la automatización tiene el potencial de optimizar el consumo de recursos naturales, lo que la convierte en una iniciativa alineada con principios de sostenibilidad.

**Pregunta 8:** ¿Considera que la automatización del riego y la iluminación podría mejorar la sostenibilidad del campus universitario?

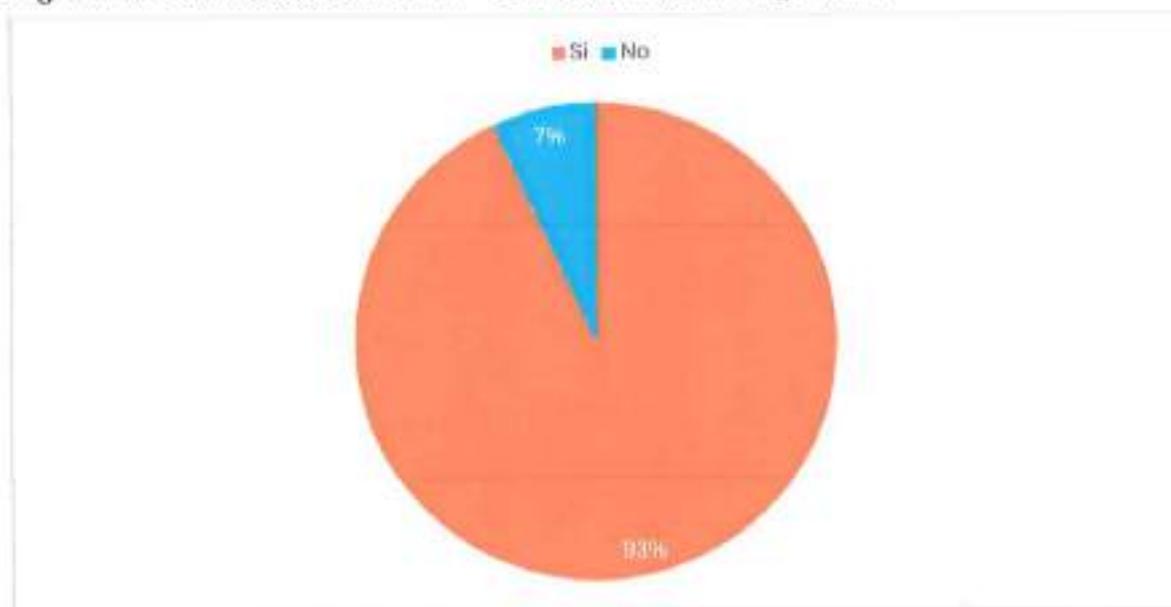
La tabulación de la pregunta 8 puede ser observada en la tabla 11 y en la figura 17 en el siguiente apartado:

**Tabla 11. Conclusiones; pregunta 8.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	106	93,00%
B	No	8	7,00%
<b>TOTAL</b>		<b>114</b>	<b>100%</b>

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 14. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 8.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta indica que el 93% de los encuestados están de acuerdo en que la implementación de estas tecnologías puede contribuir positivamente a la sostenibilidad del campus, mientras que solo el 7% no lo consideran así. Estos resultados destacan un consenso mayoritario sobre el impacto favorable de la automatización en la sostenibilidad institucional, alineándose con objetivos como la eficiencia energética, el ahorro de agua y la reducción de costos operativos.

**Pregunta 9:** ¿Cree que es técnicamente viable instalar un sistema automatizado de riego en la Cancha Olímpica?

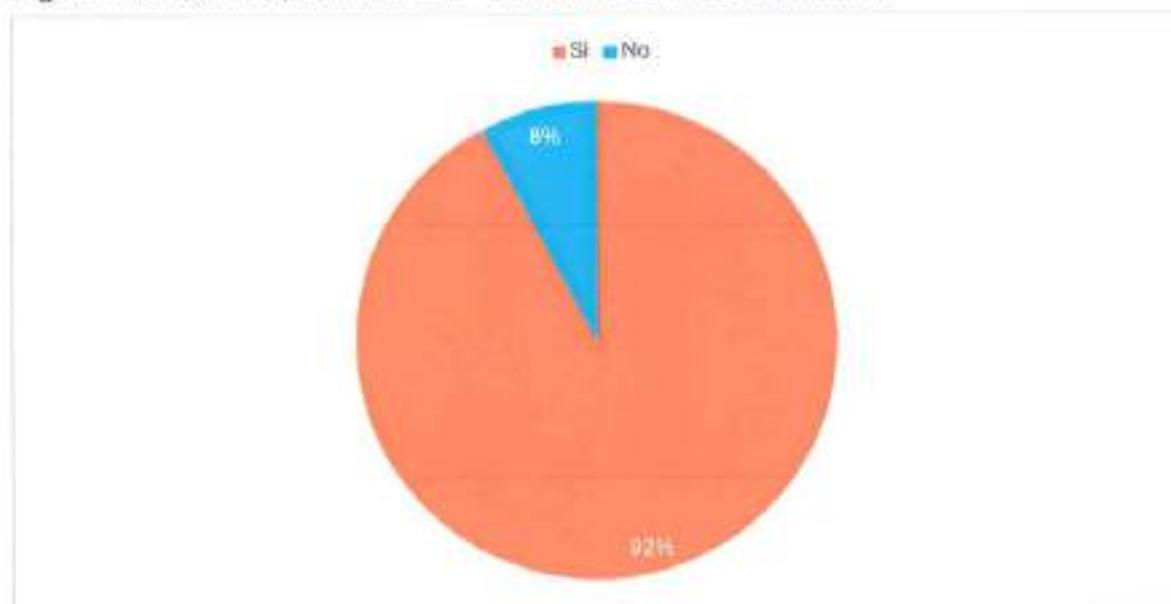
La tabulación de la pregunta 9 puede ser observada en la tabla 12 y en la figura 18 en el siguiente apartado:

**Tabla 12. Conclusiones; pregunta 9.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	105	92,00%
B	No	9	8,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 15. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 9.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta revela que el 92% de los encuestados considera que es técnicamente posible implementar este sistema, mientras que solo el 8% opinan lo contrario. Estos resultados reflejan una alta confianza en la factibilidad técnica del proyecto, lo que indica que la comunidad universitaria percibe que existen los recursos tecnológicos y las condiciones necesarias para llevarlo a cabo. Este apoyo puede basarse en el conocimiento de las capacidades actuales de la tecnología o en experiencias previas relacionadas con sistemas similares.

**Pregunta 10:** ¿Cree que la comunidad universitaria aceptará y apoyará el uso de un sistema automatizado de riego y circuito eléctrico?

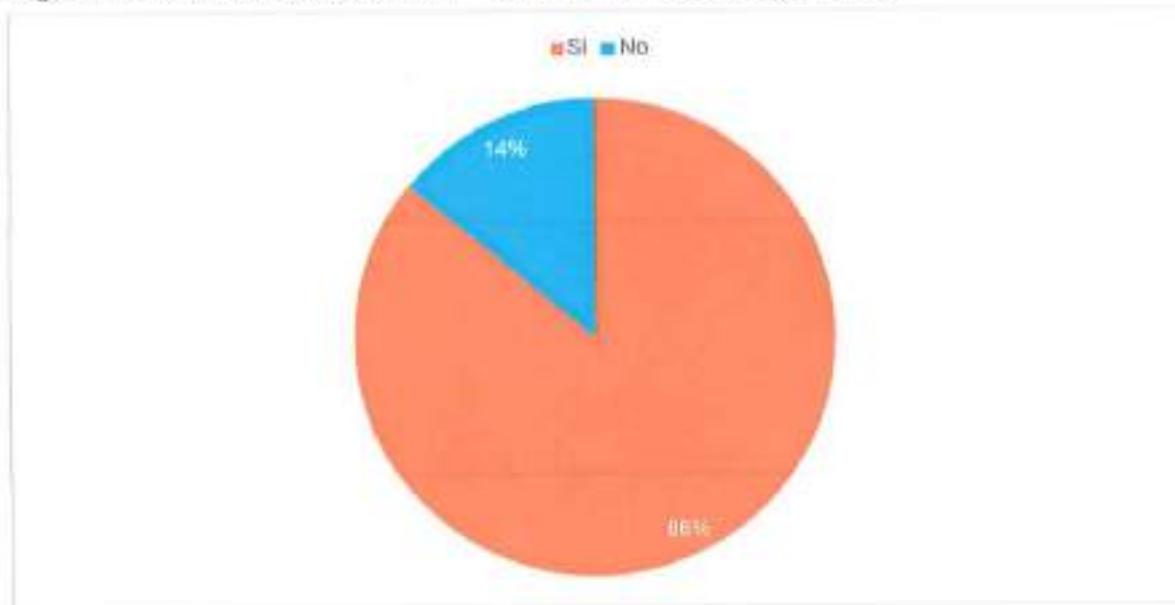
La tabulación de la pregunta 10 puede ser observada en la tabla 13 y en la figura 19 en el siguiente apartado:

**Tabla 13. Conclusiones; pregunta 10.**

Ítem	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
A	Si	98	86,00%
B	No	16	14,00%
<b>TOTAL</b>		114	100%

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Figura 16. Resultados de encuesta – Gráfico de Pastel Pregunta 10.**



*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Análisis:** El análisis de la pregunta muestra que el 86% de los encuestados considera que la comunidad universitaria aceptará y respaldará esta implementación, mientras que el 14% no cree que sea aceptada o apoyada. La percepción positiva del 86% de los encuestados puede ser utilizada como un argumento fuerte para promover la propuesta, ya que demuestra una predisposición favorable dentro de la comunidad universitaria. Por otro lado, el escepticismo del 14% puede ser un indicador de la necesidad de campañas informativas o educativas que resalten los beneficios y disipen posibles preocupaciones.

### **3.6.2 Presentación y descripción de los resultados obtenidos**

En la encuesta realizada para evaluar la viabilidad y aceptación de la implementación de un sistema automatizado de riego e iluminación en los exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, se recopilaron las percepciones de los encuestados sobre diversos aspectos clave relacionados con el proyecto. A continuación, se presentan y describen los resultados obtenidos:

- **Familiaridad con el concepto de automatización del riego:** Un 70% de los encuestados indicó estar familiarizado con el concepto de automatización del riego, lo que refleja un nivel positivo de conocimiento previo en la comunidad universitaria. Sin embargo, el 30% restante manifestó desconocimiento, lo

que señala la necesidad de realizar actividades de difusión para garantizar una comprensión generalizada del proyecto.

- **Impacto en la imagen institucional:**  
El 80% de los encuestados consideró que la implementación de estas tecnologías tendría un impacto positivo en la imagen de la ULEAM, destacando el compromiso de la universidad con la sostenibilidad y la innovación tecnológica. Por otro lado, un 20% expresó dudas sobre este impacto, sugiriendo la importancia de visibilizar los beneficios del proyecto.
- **Aceptación y apoyo de la comunidad:**  
Una amplia mayoría, el 85%, expresó estar de acuerdo con la implementación del sistema automatizado de riego, lo que demuestra un alto nivel de aceptación por parte de la comunidad. Este respaldo refuerza la viabilidad social del proyecto.
- **Mejora del mantenimiento de las áreas verdes:**  
El 90% de los encuestados opinó que la automatización del riego contribuirá significativamente a mejorar el mantenimiento de las áreas verdes, lo que respalda la intención de implementar tecnologías que optimicen los recursos y reduzcan el esfuerzo manual.
- **Reducción de costos operativos:**  
El 75% de los participantes consideró que estas tecnologías podrían reducir los costos operativos relacionados con el consumo de agua y energía. Sin embargo, un 25% señaló incertidumbre, posiblemente relacionada con los costos iniciales de implementación.
- **Uso eficiente de los recursos:**  
Un 88% de los encuestados afirmó que la automatización del riego y la iluminación contribuirá al uso más eficiente del agua y la energía, reflejando una percepción positiva de los beneficios ambientales del proyecto.
- **Sostenibilidad del campus universitario:**  
Finalmente, el 85% de los encuestados consideró que la automatización del riego y la iluminación podría mejorar la sostenibilidad del campus universitario, consolidando esta iniciativa como una solución que promueve prácticas responsables y respetuosas con el medio ambiente.

Estos resultados reflejan un panorama favorable hacia la implementación del sistema automatizado, destacando tanto el interés como el apoyo por parte de la comunidad universitaria. Además, los datos obtenidos servirán como base para desarrollar estrategias de comunicación y capacitación que permitan maximizar el impacto positivo de este proyecto en el ámbito académico y ambiental.

### **3.6.3 Informe final del análisis de los datos**

Se realizaron varios métodos de recolección de datos para analizar la viabilidad, percepción y aceptación de la implementación de un sistema automatizado de riego e iluminación en los exteriores de la Cancha Olímpica de la ULEAM, frente al Bloque de Informática. Uno de los principales instrumentos utilizados fue la encuesta. Esta fue aplicada a un grupo conformado por estudiantes, docentes, ingenieros agrónomos y agricultores, quienes respondieron una serie de preguntas orientadas a evaluar su conocimiento, percepción y disposición hacia el uso de tecnologías automatizadas para el riego y la iluminación.

Los resultados recolectados reflejaron una percepción positiva hacia la implementación de estas tecnologías. La mayoría de los encuestados manifestó estar de acuerdo con que la automatización del riego y la iluminación contribuiría significativamente al ahorro de recursos como el agua y la energía, así como a la sostenibilidad del campus universitario. Además, una gran parte indicó que el uso de estas tecnologías podría mejorar la eficiencia en el mantenimiento de las áreas verdes y reducir los costos operativos relacionados con estas actividades.

Por otra parte, las respuestas también revelaron que algunos encuestados consideraron necesario fortalecer el conocimiento técnico sobre el funcionamiento de los sensores y sistemas utilizados, lo que sugiere una oportunidad para implementar programas de capacitación para la comunidad universitaria.

En el análisis cualitativo de las respuestas, se destacó que la implementación de estas tecnologías no solo impactaría de manera positiva en el ámbito operativo y ambiental, sino también en la imagen de la universidad, posicionándola como una institución comprometida con la innovación y la sostenibilidad.

Conjuntamente, los resultados obtenidos permitirán definir estrategias clave para garantizar el éxito del proyecto, como campañas de sensibilización sobre los beneficios de la

automatización y la integración de talleres informativos sobre las tecnologías involucradas, como LoRa, sensores de humedad y sistemas de control energético.

Este análisis concluye que la implementación de un sistema automatizado de riego e iluminación en la ULEAM es técnicamente viable y cuenta con un respaldo favorable por parte de la comunidad universitaria, consolidando su pertinencia como una solución eficiente y sostenible.

## **CAPÍTULO IV**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

La agricultura enfrenta desafíos relacionados con la eficiencia del uso de recursos, particularmente en el riego, un factor clave para la producción agrícola sostenible. Implementar sistemas de riego automatizados y con monitoreo en tiempo real constituye una solución que mejora el uso del agua, reduce costos y minimiza el impacto ambiental. Este proyecto plantea el desarrollo de un sistema de riego automatizado utilizando tecnología IoT, donde dispositivos ESP32 y Raspberry Pi serán integrados para monitoreo y control a través de un dashboard. La propuesta busca no solo mejorar la eficiencia del riego, sino también proporcionar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales y del suelo.

Este proyecto tiene como objetivo principal implementar un sistema de riego automatizado utilizando tecnología IoT, optimizando el uso del agua en la zona de estudio que es la parte posterior detrás de DIOP, dicho departamento se encuentra frente a la Cancha Olímpica de la ULEAM.

### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

A través del uso de tecnologías IoT, como microcontroladores ESP32 y Raspberry Pi lo que a su vez pasa a visualizarse en el tablero de monitoreo establecido en el Raspberry Pi a través de Node-RED, se busca diseñar un sistema automatizado que no solo reduzca los costos operativos, sino que también facilite la toma de decisiones informadas gracias a datos en tiempo real sobre variables clave como temperatura, humedad y flujo de agua. Este sistema no solo se alinea con los principios de sostenibilidad, sino que también aprovecha tecnologías accesibles y de bajo costo, fomentando su replicabilidad en otros contextos.

### **4.3 OBJETIVO**

Diseñar e implementar un sistema automatizado de riego con un enfoque en eficiencia, sostenibilidad y modernización tecnológica, mejorando la gestión hídrica de Mango y Vetiver en los exteriores de la Facultad de Informática de la ULEAM, detrás del departamento del DIOP, con el objetivo de mejorar el riego de Mango (*Mangifera indica*) y Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

### **4.4 BENEFICIO**

- Optimización en el uso del agua, reduciendo desperdicios del recurso hídrico.
- Reducción de costos operativos asociados al riego manual.
- Mejora en la salud de las plantas, promoviendo su crecimiento adecuado.
- Facilitar el monitoreo del riego en tiempo real.
- Servir como modelo educativo para proyectos tecnológicos sostenibles.

#### 4.5 DETERMINACIÓN DE RECURSOS

##### 4.5.1 Humanos

El desarrollo de este sistema requerirá un equipo multidisciplinario, incluyendo:

*Tabla 14. Recursos humanos.*

Nombre	Rol desempeñado
López Bailón Luis David	Autores de trabajo de titulación
Palacios Pincay Michael Javier	
Ing. Mero Briones Henry Neurio	Tutor del trabajo de titulación

*Nota: Elaboración propia de autores.*

##### 4.5.2 Tecnológicos

Los recursos tecnológicos necesarios incluyen:

*Tabla 15. Recursos tecnológicos.*

NOMBRE DEL MATERIAL	CANTIDAD	PROPÓSITO/ USO
Esp32 LoRa V2 OLED	2	Monitoreo de la Automatización
Kit Raspberry Pi 4B	1	Servidor para monitoreo
Sonda sensor de temperatura DS18B20	1	Medir la temperatura del suelo
Módulo BME680	1	Medir la presión, temperatura y humedad
Módulo relé 5V	1	Encender o apagar dispositivos

Orbit 57280 Válvula de rociador ¼	1	Permitir paso del agua
Sensor de flujo de agua de 3/4	1	Medir el caudal del agua
Transformador 110 a 24V	1	Para alimentar la válvula.
Reloj Digital	1	Para la sincronización del sistema.

*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### 4.5.3 Económicos

Como propuesta de solución al problema de riego y después de un análisis exhaustivo, damos como solución una codificación con MQTT y Json, como servidor un Raspberry Pi 4B conectado a él un Esp32 que funge como receptor de Esp32 nodo el cual está a su vez conectado a sensores u actuadores para un riego automatizado.

*Tabla 16. Recursos Económicos.*

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Tecnológicos	372,01
2	Materiales para instalación	298,83
3	Sistema de riego	140,00
4	Utilitarios	500,00
6	Gastos adicionales	70,00
7	Total	1,380.84

*Nota: Elaboración propia de autores.*

## **4.6 UBICACIÓN**

El sistema se implementará en los exteriores de la Facultad de Informática de la ULEAM, en una zona cercana al departamento del DIOP, donde encontramos un destinada a ciertos cultivos donde plantamos vetiver y mango para que el suelo tenga un mejor agarre.

## **4.7 TIPO DE RIEGO**

### **4.7.1 Riego por goteo**

Luego de un estudio bibliográfico y con un experto dimos como conclusión optar por un riego debido a su alta eficiencia en la distribución de agua, minimizando el desperdicio y permitiendo un suministro uniforme y constante a las raíces de las plantas.

## **4.8 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA**

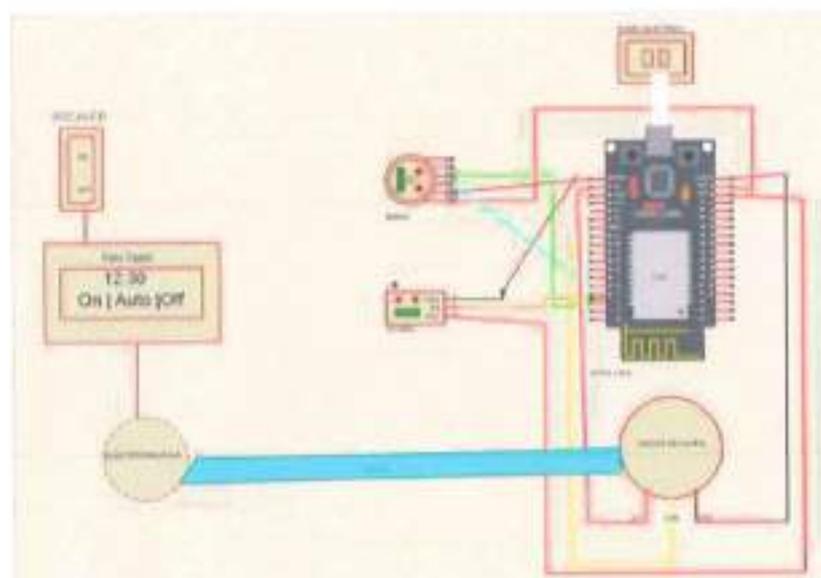
### **4.8.1 Diseño hídrico**

El presente plano hemos representado la forma en la que pondremos la tubería Raíz de una pulgada y de allí saldrán las ramificaciones de maguera de 16 mm las cuales contarán con goteros auto compensantes para la distribución de agua, como se presenta en el Anexo 1.

### **4.8.2 Diseño electrónico**

El diseño electrónico se da como la columna vertebral del proyecto donde se ve la integración de sensores ya actuadores ubicado estratégicamente para el monitoreo del riego como se muestra en el Anexo 2.

**Figura 17** Diseño electrónico



*Nota: Diseño en Proteus 8 del circuito Electrónico a desarrollar. Elaboración propia de autores.*

Una vez activado el Reloj digital se activará la Electroválvula y los datos son leídos por el microcontrolador Heltec WiFi LoRa 32 V2 (emisor) este envía los datos por el protocolo Lora a el Heltec WiFi LoRa 32 V2 (receptor) que procesa y pasa los datos por protocolo MQTT al Raspberry Pi para el tratamiento de los datos y su posterior visualización en el Dashboard.

#### **4.8.3 Diseño estructural de la base de datos**

El diseño estructural de la base de datos se efectuó con relación a las necesidades según los valores y los tipos de datos a almacenar, considerando los requerimientos específicos del sistema y asegurando una organización eficiente y escalable. Cada tabla fue diseñada con el propósito de garantizar la integridad y consistencia de la información, así como facilitar el acceso y análisis de los datos.

Se seleccionaron los tipos de datos adecuados para cada campo en función de las características de los valores a registrar. Por ejemplo, se emplearon tipos de datos flotantes (Float) para representar mediciones como temperatura, humedad, presión y tasa de flujo, debido a su capacidad para manejar valores numéricos con decimales, lo cual es esencial para garantizar la precisión de las lecturas. Para identificar de manera única los registros, se incluyeron claves primarias (Primary Key), como el campo id, que permite gestionar los datos de forma ordenada y eficiente.

Adicionalmente, se contempló la inclusión de campos como `device_id` para distinguir entre los datos provenientes de diferentes dispositivos y un campo de marca temporal (`timestamp`) que asegura el registro del momento exacto en que se generaron los datos. Esto resulta clave para aplicaciones que requieren análisis históricos o monitoreo en tiempo real.

El diseño también tuvo en cuenta la escalabilidad del sistema, permitiendo la incorporación de nuevos dispositivos o sensores sin necesidad de realizar cambios estructurales significativos. La normalización de las tablas ayudó a evitar redundancias, garantizando un almacenamiento eficiente y minimizando posibles inconsistencias.

Finalmente, el diseño estructural buscó no solo cumplir con las necesidades inmediatas del sistema, sino también ofrecer flexibilidad para adaptarse a futuros requerimientos, como la implementación de reportes avanzados, integración con herramientas de visualización de datos o expansión hacia otros módulos relacionados.

**Ilustración 1. Diseño estructural para la base de datos.**

esp2_data			
<u>id</u>	<pi>	Integer	<M>
device_id		Variable characters (50)	
temperature		Float	
humidity		Float	
pressure		Float	
flow_rate		Float	
total_milliliters		Float	
timestamp		Date & Time	
Identifier_1	<pi>		

*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### 4.8.4 Diseño de comunicación



*Ilustración 2. Diseño de la estructura para el funcionamiento y comunicación del servidor para riego automatizado.*

*Nota: Estructura sobre el funcionamiento de los elementos involucrados para la comunicación del sistema de riego automatizado.*

*Fuente: Elaboración propia de autores.*

##### 4.8.4.1 Introducción al Sistema

El diseño presentado integra tecnologías avanzadas en cuanto a la implementación de sensores para el monitoreo, comunicación y procesamiento de datos para un sistema de riego automatizado. Su arquitectura está orientada a optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos mediante la recopilación y análisis de datos en tiempo real. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce el impacto ambiental y los costos asociados al riego en entornos agrícolas.

##### 4.8.4.2 Sensores y Transmisión de Datos

El sistema comienza con la recopilación de datos ambientales críticos a través de sensores estratégicamente colocados. Estos sensores monitorean variables como temperatura, humedad del suelo y niveles de agua. Los datos recolectados son enviados a un módulo emisor-

transmisor basado en ESP32 con LoRa, que los transmite de manera inalámbrica mediante el protocolo LoRa. Este protocolo es ideal para entornos agrícolas debido a su capacidad de comunicación de largo alcance con bajo consumo energético, lo que garantiza la conectividad incluso en áreas remotas.

#### **4.8.4.3 Canal de Comunicación y Recepción**

La información viaja a través del canal de comunicación LoRa hacia un receptor de datos, un dispositivo Heltec ESP32 LoRa equipado con antena. Este receptor toma los datos enviados por los emisores y los transfiere a un servidor central mediante el protocolo MQTT. MQTT es una solución de mensajería ligera y eficiente, diseñada específicamente para entornos IoT, que asegura la transferencia confiable y rápida de datos desde múltiples nodos.

#### **4.8.4.4 Procesamiento y Almacenamiento de Datos**

El núcleo del sistema es un **servidor procesador de datos** basado en una Raspberry Pi, que actúa como centro de operaciones. Este servidor utiliza Node-RED, una herramienta visual de desarrollo de flujos, para gestionar los datos recibidos, tomar decisiones automatizadas y activar acciones específicas, como la apertura o cierre de válvulas de riego. Además, los datos procesados se almacenan en una base de datos relacional MariaDB, lo que permite su análisis posterior. Este almacenamiento histórico es esencial para identificar patrones de consumo de agua y condiciones climáticas, facilitando la optimización del sistema a largo plazo.

#### **4.8.4.5 Representación Visual e Interacción**

La interfaz gráfica del sistema está desarrollada en Node-RED, lo que permite a los usuarios monitorear en tiempo real los valores capturados por los sensores y las decisiones tomadas por el sistema. El dashboard final incluye indicadores visuales, gráficos y controles interactivos, ofreciendo una experiencia intuitiva para supervisar y gestionar el sistema de riego. Esto permite que el usuario tome decisiones informadas o ajuste parámetros específicos desde cualquier dispositivo conectado.

#### **4.8.4.6 Impacto y Beneficios del Diseño**

Este diseño tiene múltiples ventajas para entornos agrícolas. Por un lado, su capacidad para operar de forma remota y en tiempo real reduce la necesidad de intervención manual, ahorrando tiempo y esfuerzo. Por otro lado, al optimizar el uso del agua, contribuye

significativamente a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de costos operativos. Su estructura modular también permite una fácil escalabilidad, lo que hace posible incorporar más sensores y emisores para cubrir áreas más grandes o agregar nuevas funciones según las necesidades específicas del usuario.

El diseño del sistema de riego automatizado combina tecnologías en cuanto a la implementación de sensores para el monitoreo, comunicación eficiente y procesamiento inteligente para ofrecer una solución robusta y escalable. Su implementación permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos, mejora la productividad agrícola y fomenta la sostenibilidad ambiental. Este enfoque es un claro ejemplo de cómo la tecnología IoT puede revolucionar procesos tradicionales, aportando beneficios económicos y ecológicos significativos.

## **4.9 CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO**

### **4.9.1 Heltec wifi lora 32 v2**

**Tipo:** Microcontrolador con comunicación LoRa

**Funciones:** Procesamiento de datos de sensores

**Características:**

- Módulo LoRa integrado
- Pantalla OLED
- Bajo consumo energético
- Comunicación inalámbrica de largo alcance

### **4.9.2 Raspberry Pi 4B**

**Tipo:** Computadora de placa única (SBC)

**Funciones:**

- Servidor central
- Procesamiento de datos
- Interfaz de usuario
- Almacenamiento de información
- Características:
- Alto rendimiento
- Múltiples puertos de comunicación

- Capacidad de ejecutar sistemas operativos complejos

#### 4.9.3 Sensores

Sonda sensor de temperatura DS18B20

**Tipo:** Sensor de temperatura digital

**Características:**

- Rango: -55°C a 125°C
- Precisión: ±0.5°C
- Protocolo de comunicación: One-Wire

Sensor BME680

**Tipo:** Sensor multiparamétrico

**Funciones:**

- Medición de temperatura
- Medición de humedad
- Medición de presión atmosférica
- Sensor de calidad de aire
- Características:
- Comunicación I2C
- Alta precisión
- Integración de múltiples sensores

Sensor de flujo de agua de 3/4

**Tipo:** Caudalímetro

**Funciones:**

- Medición de caudal de agua
- Monitoreo de consumo

**Características:**

- Precisión en la medición
- Rango de medición: 1-30 L/min
- Salida de pulsos

#### 4.9.4 Orbit 57280 Válvula de rociador 3/4.

**Tipo:** Electroválvula de riego

**Características:**

- Tamaño de conexión: 3/4 pulgada

- Control eléctrico
- Diseño compacto
- Alta durabilidad

#### 4.9.5 Alimentación y temporización

Transformador 110 a 24V

**Tipo:** Transformador de voltaje

**Funciones:**

- Conversión de voltaje
- Alimentación de electroválvulas

**Características:**

- Entrada: 110V AC
- Salida: 24V DC
- Aislamiento eléctrico

#### 4.9.6 Temporización

Reloj Digital

**Tipo:** Módulo de sincronización

**Funciones:**

- Programación de ciclos de riego

**Características:**

- Precisión en la temporización
- Múltiples modos de programación

#### 4.9.7 Componentes complementarios

- Riel Din
- Breaker para Riel Din
- Tablero de metal 60x40x20
- Tablero Plástico 20x15x10
- Canaleta 40x40
- Prensa estopa
- Cable Flexible 14 y 16
- Tomacorriente sobrepuesto
- Cinta Aislante
- Borneras

- Espadines hembra
- Placa perforada 10x10
- Broca y tornillos

#### **4.10 ETAPAS DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

##### **4.10.1 Metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta**

Scrum es un marco ágil diseñado para gestionar proyectos de manera iterativa e incremental, ideal para desarrollos tecnológicos como el sistema de riego automatizado propuesto.

Como señalan (Schwaber & Sutherland, 2020), "Scrum es un marco liviano que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptativas para problemas complejos". Este enfoque ha sido clave para gestionar de manera eficiente los recursos humanos, tecnológicos y de tiempo en el desarrollo del sistema.

En el contexto del proyecto, este marco permite una mejor adaptación a cambios, como ajustes en la ubicación de sensores o mejoras en la interfaz del dashboard, promoviendo la transparencia mediante reuniones diarias (Daily Scrum) para evaluar avances y obstáculos. Al final de cada sprint, se realizan revisiones y retrospectivas para asegurar que el sistema cumpla con los requerimientos de nuestro trabajo de titulación.

##### **4.10.2 Nombre del Proyecto**

Sistema de riego automatizado y monitoreo mediante dashboard para los exteriores de la facultad de informática en la parte posterior del DIOP en la ULEAM.

##### **4.10.3 Roles**

Scrum tiene tres roles clave que garantizan que el equipo cumpla los principios y prácticas del marco ágil. Estos roles están diseñados para fomentar la colaboración, la responsabilidad compartida y la entrega incremental de valor:

###### ***Product owner (propietario del producto):***

El Product Owner es responsable de maximizar el valor del producto que el equipo de desarrollo está creando.

**Responsable:** Autores de trabajo de titulación.

###### ***Scrum máster:***

El Scrum Master es un facilitador que asegura que el equipo entiende y sigue los principios y prácticas de Scrum.

**Responsable:** Tutor del trabajo de titulación.

***Development team (equipo de desarrollo):***

El Equipo de Desarrollo es un grupo multifuncional y autoorganizado que se encarga de entregar incrementos funcionales del producto en cada sprint.

**Responsable:** Autores de trabajo de titulación.

#### **4.10.4 Usuarios**

**Administrador:** Encargado de manejar el producto y controlar las diversas actualizaciones que deban realizarse según futuros requerimientos.

Nombre: Ing. Mero Briones Henry Neurio.

**Desarrollador:** Encargado de cumplir los requerimientos planteados en las reuniones de trabajo con el Product Owner.

Nombre: López Luis - Palacios Michael

**Visualizador:** Podrá visualizar los datos al conectarse mediante Red LAN e ingresando a una dirección ip asignada al dashboard mas no hacer cambios.

Nombre: Usuarios Asignados según el Administrador.

#### **4.10.5 Fase de Desarrollo de la propuesta**

##### **4.10.6 Fase I: Requerimientos**

Estos nodos llevarán sensores y actuadores los cuales cualquier novedad en las variables serán reflejadas en el dashboard del servidor, utilizaremos electroválvulas, sensores de caudal, sensores de ambiente y sensor de Temperatura del suelo.

Una de las principales ventajas del proyecto es su capacidad para proporcionar lecturas precisas y confiables en tiempo real. A diferencia de muchos sistemas que solo ofrecen datos básicos o que requieren intervenciones manuales para obtener información actualizada, nuestro sistema se basa en una red de sensores precisos que monitorizan constantemente variables críticas como la humedad del suelo y la temperatura ambiente. Esta información se recopila y

se presenta al usuario de manera inmediata a través de una interfaz web fácil de usar, lo que permite tomar decisiones informadas sin demora.

Nuestro objetivo es demostrar que la tecnología avanzada no tiene por qué ser inaccesible o costosa. Al contrario, creemos firmemente que es posible desarrollar un sistema de riego que sea tanto innovador como de costo moderado, facilitando su adopción por una amplia gama de usuarios.

#### 4.10.7 Épicas

Las Épicas describen una meta amplia que se puede dividir en tareas o historias más específicas, está alineada con los objetivos principales del proyecto.

*Tabla 17. Épicas.*

Épicas
Épica 1. Definición de Requerimientos.
Épica 2. Diseño inicial del sistema
Épica 3. Implementación del sistema y Pruebas
Épica 4. Documentación y entrega

*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### 4.10.8 Fase II: Casos de Uso

En este caso las historias de Usuario serán para las épicas 2 y 3 la épica 1 y 4 no requieren.

*Tabla 18 Caso de Uso I.*

Diseño Lógico Del Circuito: Electrónico	
<b>Código:</b> CU1	
<b>Usuario:</b> Desarrollador	
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Media
<b>Desarrolladores:</b> López Luis - Palacios Michael	
<b>Descripción:</b> El desarrollador tendrá la responsabilidad de diseñar el circuito electrónico que permita establecer una comunicación efectiva entre el	<b>Observaciones:</b> Este paso es esencial, ya que, sin una configuración e integración adecuada del circuito lógico, no sería posible llevar a cabo las tareas posteriores vinculadas al monitoreo del

microcontrolador Heltec WiFi LoRa 32 V2 y los diversos sensores que conforman el sistema de riego automatizado, incluyendo el sensor DS18B20, el BME680 y el sensor de flujo de agua (Anexo 2).	sistema de riego automatizado. Si no cumple lo requerimientos itera nuevamente en el siguiente Sprint
---	--

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Tabla 19. Caso de Uso 2.**

<b>Diseño Lógico Del Circuito: Hídrico</b>	
<b>Código:</b> CU2	
<b>Usuario:</b> Desarrollador	
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Media
<b>Desarrolladores:</b> López Luis - Palacios Michael	
<b>Descripción:</b> El desarrollador tendrá la responsabilidad de diseñar el circuito Hídrico donde se diseñarán la forma como irán distribuidas de las tuberías de agua como se muestra en el Anexo 1.	<b>Observaciones:</b> Este paso es esencial, ya que sin un plano establecido no se pudo llevar a cabo una correcta instalación de tuberías. Si no cumple lo requerimientos itera nuevamente en el siguiente Sprint

*Fuente: Elaboración propia de autores.*

**Tabla 20. Caso de Uso 3.**

<b>Base de Datos</b>	
<b>Código:</b> CU3	
<b>Usuario:</b> Desarrollador	
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alta
<b>Desarrolladores:</b> López Luis - Palacios Michael	
<b>Descripción:</b> El Desarrollador tendrá que crear y configurar la base de datos MariaDB para manejar el almacenamiento de la información recibida de los sensores a través del Protocolo LoraWAN y MQTT que estará conectada a su vez al Node-RED.	<b>Observaciones:</b> Es fundamental asegurarse de que los datos recolectados por los sensores sean almacenados adecuadamente en la base de datos y que puedan ser fácilmente visualizados y analizados mediante la interfaz de Node-RED.

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Tabla 21. Caso de Uso 4.**

---

**Diseño del sistema y pruebas de funcionamiento**

---

**Código:** CU4

**Usuario:** Desarrollador

**Prioridad:** Alta

**Riesgo en Desarrollo:** Alta

**Desarrolladores:** López Luis - Palacios Michael

**Descripción:** El Desarrollador será el encargado de configurar el protocolo MQTT y el Node-RED, una vez hecho los Caso de uso 1,2,3 y realizará pruebas de funcionamiento de las partes implicadas.

**Observaciones:**

Este proceso llevara varias iteraciones para poder realizarla en su totalidad.

---

*Nota: Elaboración propia de autores.*

*Tabla 22. Caso de Uso 5.*

---

**Monitoreo de datos en el dashboard**

---

**Código:** CU5

**Usuario:** Todos.

**Prioridad:** Alta

**Riesgo en Desarrollo:** Media

**Desarrolladores:** López Luis - Palacios Michael

**Descripción:** El usuario puede acceder al dashboard a través de una red LAN para observar en tiempo real los datos proporcionados por los sensores.

**Observaciones:** Todos los usuarios podrán visualizar el dashboard si están conectados a la misma red LAN que el servidor mediante la dirección del dashboard.

Si no cumple lo requerimientos itera nuevamente en el siguiente Sprint

---

*Nota: Elaboración propia de autores.*

*Tabla 23. Caso de Uso 6.*

---

**Acceso al Sistema**

---

**Código:** CU6

**Usuario:** Administrador

**Prioridad:** Alta

**Riesgo en Desarrollo:** Medio

**Desarrolladores:** López Luis - Palacios Michael

**Descripción:** El administrador puede acceder mediante Red LAN al sistema a través de

**Observaciones:** Se debe asegurar que las credenciales de acceso estén correctamente

---

RealVNC Viewer para gestionar y supervisar el servidor Raspberry Pi.	configuradas y almacenadas de forma segura.
--	---

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Tabla 24. Caso de Uso 7.**

Acceso a Node-RED y Gestión de Flujos	
<b>Código:</b> CU7	
<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Medio
<b>Desarrolladores:</b> López Luis - Palacios Michael	
<b>Descripción:</b> El administrador puede acceder a Node-RED para revisar, modificar o añadir flujos de trabajo para gestionar el sistema de riego automatizado.	<b>Observaciones:</b> Asegurarse de que los cambios realizados en Node-RED sean actualizados (Deploy)

*Nota: Elaboración propia de autores.*

**Tabla 25. Caso de Uso 8.**

Mantenimiento y Actualización del Sistema	
<b>Código:</b> CU8	
<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Prioridad:</b> Media	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Bajo
<b>Desarrolladores:</b> López Luis - Palacios Michael	
<b>Descripción:</b> El administrador es responsable de realizar mantenimiento regular y actualizaciones del sistema ya sean a la Base de datos MariaDB, al Node-RED y la parte física de sistema implementado.	<b>Observaciones:</b> Planificar las actualizaciones para evitar interrupciones en la operación del sistema durante las horas críticas de riego.

*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### 4.10.9 Fase III: Criterios de Terminado

**Tabla 26 Criterios de Terminado**

CASO DE USO	Criterios de Terminado	
	CÓDIGO	CRITERIOS DE TERMINADO

<b>Diseño Lógico Del Circuito: Electrónico</b>	<b>CU1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El circuito electrónico está correctamente diseñado, con la correcta conexión entre el microcontrolador y los sensores.</li> <li>2. La simulación del circuito ha sido exitosa, y los datos se transmiten correctamente.</li> </ol>
<b>Diseño Lógico Del Circuito: Hídrico</b>	<b>CU2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El diseño de las tuberías está completado y documentado.</li> <li>2. El flujo de agua y distribución están optimizados.</li> </ol>
<b>Base de Datos</b>	<b>CU3</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La base de datos está correctamente configurada y los datos se almacenan adecuadamente.</li> <li>2. Las consultas funcionan sin problemas y los datos pueden ser visualizados en Node-RED.</li> </ol>
<b>Diseño del Sistema y Pruebas de Funcionamiento</b>	<b>CU4</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sistema de MQTT y Node-RED está configurado correctamente.</li> <li>2. Los datos se transmiten y reciben sin problemas.</li> </ol>
<b>Monitoreo de Datos en el dashboard</b>	<b>CU5</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El dashboard muestra los datos de los sensores en tiempo real.</li> <li>2. Los usuarios pueden acceder al dashboard desde la red LAN.</li> </ol>
<b>Acceso al Sistema</b>	<b>CU6</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador puede acceder al sistema mediante RealVNC Viewer sin errores.</li> <li>2. Las credenciales de acceso están configuradas de forma segura.</li> </ol>
<b>Acceso a Node-RED y Gestión de Flujos</b>	<b>CU7</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador puede acceder a Node-RED y gestionar los flujos.</li> <li>2. Los cambios realizados en los flujos se despliegan correctamente.</li> </ol>
<b>Mantenimiento y Actualización del Sistema</b>	<b>CU8</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador ha realizado mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema.</li> <li>2. Las actualizaciones de software se han</li> </ol>

*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### **4.10.10 Fase IV: Diseño y construcción.**

Para la fase de diseño y construcción de la propuesta la dividiremos de la siguiente manera que se muestra en la ilustración 3:

##### **Servidor Receptor de Datos**

Configura un Raspberry Pi para recibir y procesar los datos del sistema de riego. Este dispositivo actuará como el servidor que almacenará la información de los sensores. Utiliza el módulo ESP32 Lora V2 en el servidor para establecer comunicación inalámbrica de largo alcance con el nodo emisor de datos.

##### **Nodo Emisor de Datos**

Montaremos un EP32 LoRa V2 en un armario eléctrico para exteriores, protegiendo los componentes electrónicos de las condiciones climáticas, conectamos a su vez la electroválvula que se encargará de controlar el flujo e incorporamos los sensores necesarios: Sonda DS18B20 para medir la temperatura del ambiente o suelo, Sensor de humedad para monitorear la cantidad de agua en el suelo, optimizando el riego y Sensor de caudal para medir el flujo de agua, lo que permite monitorear el consumo del agua.

**Desarrollaremos un dashboard** para el de monitoreo que permita al usuario final visualizar los datos recolectados en tiempo real, facilitando el control y la toma de decisiones, lo configuraremos para mostrar datos relevantes como la humedad del suelo, la temperatura y el flujo de agua. Esto permite al usuario monitorear el estado del sistema.

*Ilustración 3. Diseño sobre el planteamiento inicial del funcionamiento para el monitoreo*

del riego.



*Nota: Elaboración propia de autores.*

#### 4.10.11 Fase V: Implementación del Sistema Completo

Para la implementación del sistema completo, comenzamos instalando la tubería principal, utilizando una línea de 1 pulgada para distribuir el agua desde la fuente, que es la electroválvula, hacia las diferentes zonas de riego. Nos aseguramos de que esta tubería estuviera bien sellada y sin fugas, para mantener una presión constante en todo el sistema. Luego, agregamos extensiones con mangueras de 16 mm, conectándolas a la tubería principal para dirigir el agua hacia áreas específicas de cultivo. Cada manguera fue instalada con adaptadores y conectores apropiados para garantizar que el flujo se mantuviera estable en todas las ramas del sistema.

En las mangueras de 16 mm, insertamos goteros autocompensantes de 2 litros por hora, ubicándolos cerca de las raíces de las plantas de mango y vetiver. Antes de esto, ya habíamos instalado el nodo emisor, ya que la electroválvula se encuentra dentro del cajetín eléctrico, donde se encuentra el punto eléctrico y el IoT, y el nodo receptor (servidor) está en la parte alta de la facultad de informática para monitorear el sistema de forma remota. El nodo emisor, equipado con sensores de humedad, temperatura y caudal, se colocó en el área de cultivo para captar datos en tiempo real sobre el estado del riego. Para recibir estos datos, ubicamos el nodo receptor, un Raspberry Pi, en una ubicación central donde pudiera procesar la información y enviarla al sistema de monitoreo. Así, verificamos que existiera una comunicación fluida entre ambos nodos, permitiendo un seguimiento constante del sistema.

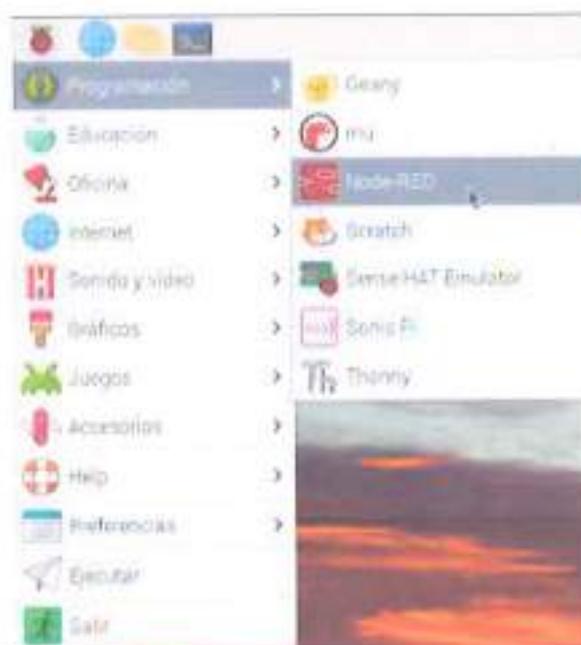
Activamos el sistema y comprobamos que cada gotero liberara agua a la tasa deseada, ajustando cualquier conexión si era necesario para evitar fugas y asegurar una cobertura

completa en las áreas de cultivo, Este proceso nos permitió implementar un sistema de riego automatizado y eficiente, con monitoreo en tiempo real, garantizando así que las plantas recibieran el agua adecuada y el sistema funcionara de manera óptima y sostenible.

#### 4.10.12 Fase VI: Funcionamiento

Al entrar en nuestro RaspberryPi por medio de RealVNC o conectando una pantalla al mismo damos clic en el icono de Raspberry después nos dirigimos a programación y damos clic en Node-RED como en la Figura 18.

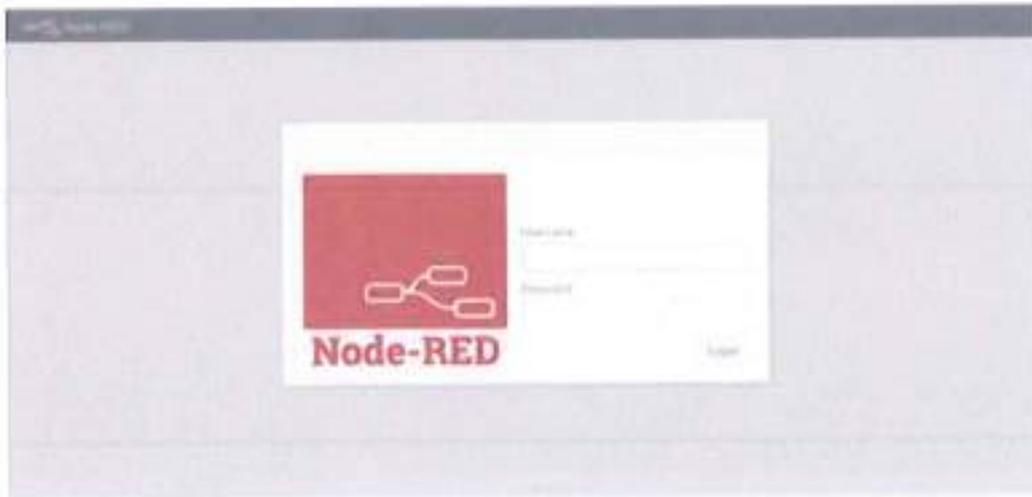
*Figura 18. Acceder a Node-RED.*



*Nota. Captura de pantalla de Node-RED Mostrando paso 1 para ingresar a Node-RED.*

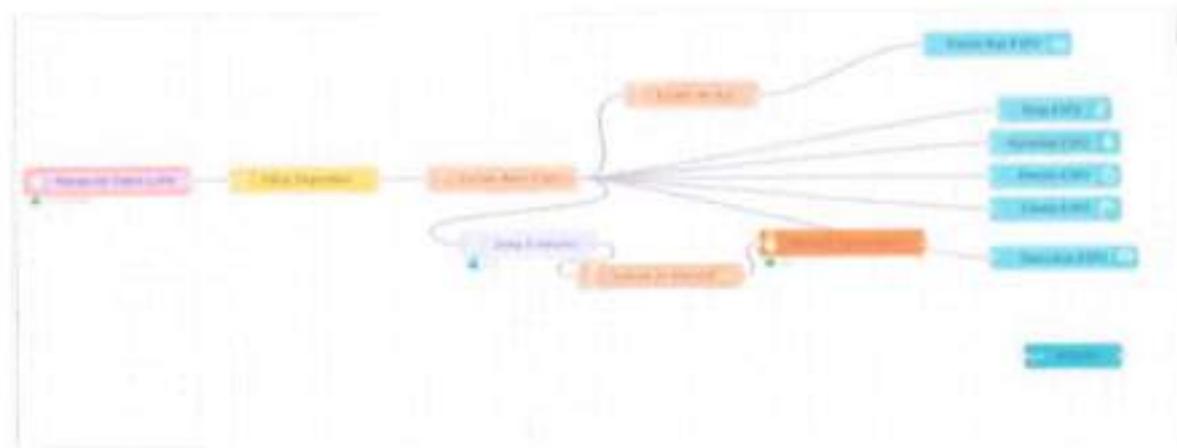
Ingresaremos las credenciales de acceso que son Usuario tesis y la contraseña es FCVT\_2024

*Figura 19. Ingreso de credenciales de acceso.*



*Nota. Captura de pantalla de Node-RED Mostrando paso 2 para ingresar a Node-RED.*

*Figura 20. Nodos.*



*Nota. Captura de pantalla de Node-RED los Nodos utilizados para la representación gráfica de los datos receptados.*

A continuación, se detallará que función realiza cada uno de los nodos y cuál es el propósito que cumplen en cuanto a la contribución del monitoreo de riego por medio del dashboard:

#### ***Recepción Datos LoRa (Nodo MQTT In).***

- Función: Recibe los datos transmitidos desde dispositivos LoRa mediante el protocolo MQTT.

- Propósito: Actúa como punto de entrada para los datos enviados por los dispositivos conectados, en este caso ESP2.

#### ***Filtrar Dispositivo (Nodo Switch).***

- Función: Evalúa el mensaje recibido y filtra los datos según el dispositivo que los envía (ESP2).
- Propósito: Permite procesar únicamente los datos provenientes del ESP2 para este flujo.

#### ***Extraer datos ESP2 (Nodo Function).***

- Función: Toma el payload del mensaje y extrae las variables de temperatura, humedad, presión, flujo, y total de litros en un objeto estructurado.
- Propósito: Formatea y separa los datos para su uso en los demás nodos del flujo.

#### ***Temp ESP2 (Nodo Gauge).***

- Función: Muestra un gráfico tipo "donut" que indica la temperatura en grados Celsius enviada por el ESP2.
- Propósito: Proporciona una representación visual de la temperatura actual.

#### ***Humedad ESP2 (Nodo Gauge).***

- Función: Visualiza la humedad como un gráfico de onda, expresado en porcentaje.
- Propósito: Monitorea la humedad medida por el ESP2.

#### ***Presión ESP2 (Nodo Texto UI).***

- Función: Muestra el valor de presión en hPa en formato de texto.
- Propósito: Permite visualizar fácilmente la presión atmosférica enviada por el ESP2.

#### ***Caudal ESP2 (Nodo Texto UI)***

- Función: Muestra el flujo en litros por minuto (L/min) como texto.
- Propósito: Permite monitorear la cantidad de flujo que mide el sensor.

#### ***Total, Litros ESP2 (Nodo Texto UI).***

- Función: Muestra el total de mililitros procesados acumulados desde el inicio.

- Propósito: Ofrece una lectura acumulativa del volumen total registrado.

#### ***Guardar en MariaDB (Nodo Function).***

- Función: Prepara los datos formateados para ser almacenados en una base de datos MariaDB.
- Propósito: Registra históricamente los datos para análisis posterior.

#### ***MariaDB Connection (Nodo Database).***

- Función: Establece la conexión con MariaDB y realiza la operación de inserción de datos.
- Propósito: Guarda los datos procesados en la base de datos.

#### ***Delay 5 minutos (Nodo Delay).***

- Función: Introduce una pausa de 5 minutos antes de almacenar datos en la base de datos.
- Propósito: Controla la frecuencia de escritura para evitar sobrecarga en la base de datos.

#### ***Estado del flujo (Nodo Texto UI).***

- Función: Proporciona información sobre el estado actual del flujo del dispositivo ESP2.
- Propósito: Permite monitorear si los datos están siendo enviados y procesados correctamente.

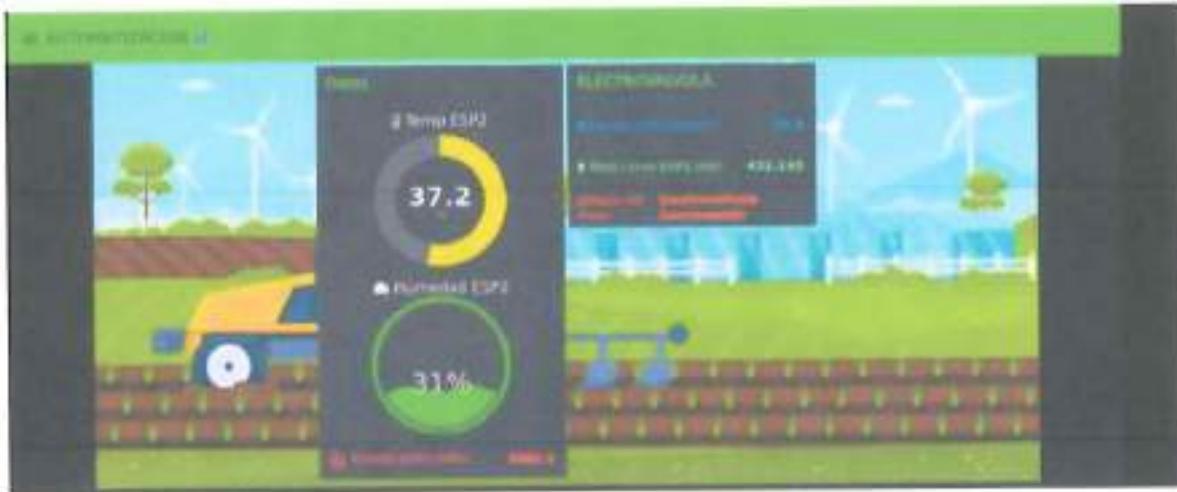
#### ***Template (Nodo UI Template).***

- Función: Modifica el diseño de la interfaz de usuario agregando un fondo personalizado.
- Propósito: Mejora la estética del tablero donde se muestran los datos del ESP2.

Daremos clic en Deploy e ingresaremos por medio de enlace:  
<http://10.200.200.37:1880/ui>

De esa manera entraremos a el dashboard.

Figura 21. Dashboard de control



Nota. Captura de pantalla de Node-RED del Dashboard en funcionamiento

#### 4.10.13 Gestión de la Base de datos

Para poder ingresar a nuestra base de datos debemos ingresar el siguiente comando:

```
— sudo mysql -u tesis -p
```

Ahora digitamos la siguiente contraseña la cual hemos asignado a este usuario para conceder el acceso:

```
— tesis123
```

A continuación, debemos ingresar el siguiente código para indicar la base de datos a la cual nos debemos conectar en nuestro caso se la denominó como `iot_data`:

```
— USE iot_data;
```

Bueno ahora para conocer los atributos y entidades de la tabla que creamos debemos ingresar el siguiente comando, el cual debe contener al final el nombre de la tabla la cual asignamos al momento de crearla en este caso es la `esp2_data`:

```
— DESCRIBE esp2_data;
```

Figura 22. Entidades y atributos de las tablas en la base de datos.

```

MariaDB [iot_data]> DESCRIBE esp2_data;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field          | Type          | Null | Key | Default          | Extra          |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id             | int(11)       | NO   | PRI | NULL             | auto_increment |
| device_id     | varchar(50)   | YES  |     | NULL             |                |
| temperature    | float         | YES  |     | NULL             |                |
| humidity       | float         | YES  |     | NULL             |                |
| pressure       | float         | YES  |     | NULL             |                |
| flow_rate     | float         | YES  |     | NULL             |                |
| total_milliliters | int(11)       | YES  |     | NULL             |                |
| timestamp     | datetime      | YES  |     | current_timestamp() |                |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
8 rows in set (0.003 sec)

MariaDB [iot_data]>
    
```

Nota. Captura de pantalla del listado de entidades y atributos de la tabla en la base de datos.

Ahora para consultar el almacenamiento de los datos que están siendo recibidos y mostrados en el dashboard de node-red debemos ingresar el siguiente comando:

```
— SELECT * FROM esp2_data;
```

Figura 23. Consulta de datos almacenados en la tabla.

```

MariaDB [iot_data]> SELECT * FROM esp2_data;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | device_id | temperature | humidity | pressure | flow_rate | total_milliliters | timestamp          |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1  | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 0                 | 2024-12-11 11:40:24 |
| 2  | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 0                 | 2024-12-11 11:50:52 |
| 3  | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 0                 | 2024-12-11 11:55:52 |
| 4  | ESP2      | 36.2        | 32.9     | 1002.4   | 15        | 15                | 2024-12-11 14:38:44 |
| 5  | ESP2      | 30.5        | 28.4     | 1002.3   | 10        | 10                | 2024-12-11 14:58:59 |
| 6  | ESP2      | 32.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 25                | 2024-12-11 15:00:52 |
| 7  | ESP2      | 32.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 25                | 2024-12-11 15:05:52 |
| 8  | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 25                | 2024-12-11 15:38:52 |
| 9  | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 25                | 2024-12-11 15:55:52 |
| 10 | ESP2      | 33.9        | 27.8     | 1005.7   | 0         | 25                | 2024-12-11 15:58:52 |
| 11 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 15        | 149000           | 2024-12-11 15:23:28 |
| 12 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 12.5     | 149200           | 2024-12-11 15:30:28 |
| 13 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 12.1     | 149500           | 2024-12-11 15:35:28 |
| 14 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 10.8     | 149821           | 2024-12-11 15:40:28 |
| 15 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 15.7     | 149937           | 2024-12-11 15:45:28 |
| 16 | ESP2      | 34.1        | 27.8     | 1005.3   | 17.3     | 149954           | 2024-12-11 15:50:28 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
16 rows in set (0.005 sec)
    
```

Nota. Captura de pantalla sobre la consulta de datos almacenados en la tabla esp2\_data.

#### 4.10.14 Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado

Este manual detalla los procedimientos para gozar del correcto funcionamiento y prolongar la vida útil del sistema de riego automatizado:

#### 4.10.14.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo debe realizarse periódicamente para evitar fallos inesperados. Se recomienda realizar inspecciones mensuales y un mantenimiento exhaustivo cada 6 meses.

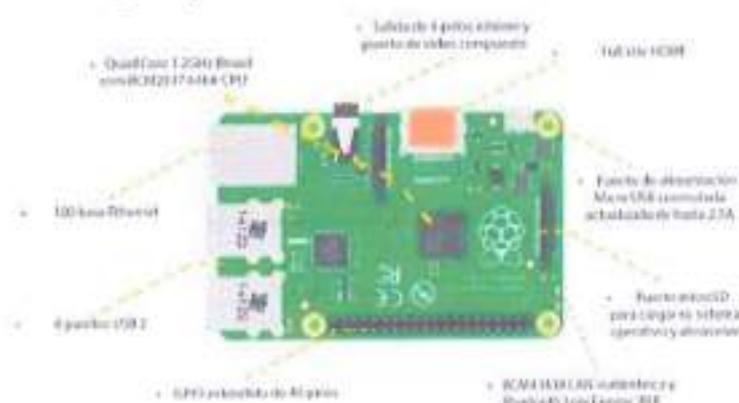
##### Microcontrolador Heltec WiFi LoRa 32 V2

- Frecuencia: Cada 3 meses
- Procedimientos:
  - Verificar las conexiones eléctricas para evitar falsos contactos.
  - Comprobar que la antena del módulo LoRa esté firmemente conectada.
  - Limpiar el dispositivo para evitar acumulación de polvo.

##### Raspberry Pi 4B

- Frecuencia: Cada 3 meses
- Procedimientos:
  - Limpiar los puertos USB y GPIO con aire comprimido para evitar obstrucciones.
  - Verificar que el sistema operativo esté actualizado.
  - Revisar la tarjeta SD para detectar posibles errores de almacenamiento.

Figura 24 Esquema del Raspberry 4B.



*Nota. Esquema señalado de la estructura del Raspberry Pi 4B*

*Fuente: (Ponce Jara, Velásquez Figueroa, Tonato Peralta, & Paredes Morillo, 2020)*

#### Sonda DS18B20 y Sensor BME680

- Frecuencia: Mensual
- **Procedimientos:**
  - Inspeccionar visualmente los sensores para asegurarse de que no estén dañados o corroídos.
  - Limpiar la sonda con un paño húmedo si están sucias o con residuos.
  - Verificar los valores reportados para detectar lecturas anómalas.

#### **Sensor de Flujo de Agua**

- Frecuencia: Mensual
- **Procedimientos:**
  - Inspeccionar las conexiones para evitar fugas.
  - Desmontar y limpiar el sensor si se detecta acumulación de sedimentos.

#### **Electroválvula Orbit**

- Frecuencia: Cada 6 meses
- **Procedimientos:**
  - Verificar que no haya obstrucciones en la válvula.
  - Comprobar el estado del diafragma y las juntas internas (Desmontar de ser necesario).
  - Probar el funcionamiento eléctrico activando y desactivando la válvula.

#### **Transformador 110 a 24V**

- Frecuencia: Cada 6 meses
- **Procedimientos:**
  - Revisar los cables de entrada y salida para detectar daños o desgaste.
  - Confirmar que el transformador no emita ruidos anómalos durante su operación.

#### **Reloj Digital**

- Frecuencia: Cada 3 meses
- **Procedimientos:**
  - Revisar la precisión del reloj y ajustar si es necesario.
  - Verificar que las configuraciones de inicio y apagado sean correctas con las necesidades del riego.

#### **Componentes Complementarios**

- Frecuencia: Cada 6 meses
- **Procedimientos:**
  - Inspeccionar el estado del riel DIN, breaker y tableros para detectar corrosión

de ser así eliminar óxido y corrosión.

- Comprobar que las canaletas estén libres de polvo y residuos.
- Asegurar que las conexiones eléctricas estén firmes y aisladas.

#### **4.10.14.2 Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo debe realizarse cuando se detecte un problema en el sistema.

##### **Diagnóstico de Problemas Comunes**

- Falla en la comunicación entre nodos:
  - Verificar la antena y las conexiones del módulo LoRa.
  - Reiniciar el sistema y comprobar la señal inalámbrica.
- Lecturas inexactas de los sensores:
  - Inspeccionar las conexiones de los sensores.
  - Limpiar los sensores y reemplazarlos si el problema persiste.
- Fuga de agua en el sistema:
  - Revisar las conexiones de las tuberías y los goteros.
  - Sustituir los adaptadores o mangueras dañados.
- Electroválvula no activa:
  - Comprobar el suministro eléctrico al transformador.
  - Verificar la integridad del cableado y el funcionamiento del solenoide.
  - Constatar que la energía llegue hasta el punto eléctrico del cual está conectado nuestro sistema de riego.

##### **Recomendaciones Generales**

1. Documentar cada acción de mantenimiento realizada para llevar un control histórico del sistema.
2. Mantener siempre a la mano repuestos clave como sensores, goteros, y conectores.
3. Realizar inspecciones adicionales después de lluvias intensas o condiciones climáticas extremas.

## **CAPÍTULO V**

### **EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se describen los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del sistema de riego automatizado. Su objetivo principal es analizar lo alcanzado desde el punto de vista de los objetivos planteados al inicio del proyecto y determinar qué direcciones prometen una mayor optimización del sistema en el futuro. Esto implica realizar una reflexión no solo técnica, sino también sobre la eficiencia, usabilidad y efectividad del sistema en su conjunto.

La evaluación se realiza desde varias perspectivas clave para ofrecer una visión integral de los resultados. En primer lugar, se examina el desempeño técnico del sistema, valorando su capacidad para gestionar el riego de manera automatizada y eficiente, considerando factores como el monitoreo de los sensores, la precisión de las mediciones y la interacción entre los componentes del sistema. Se pone especial atención en la fiabilidad de los sensores instalados,

como el DS18B20, el BME680 y el sensor de flujo de agua, así como en la correcta integración de la comunicación a través del protocolo LoRaWAN y MQTT.

En segundo lugar, se analiza la efectividad de la interfaz de usuario, especialmente el dashboard que permite el monitoreo en tiempo real de los parámetros relevantes del sistema. Este análisis considera la facilidad de uso, la claridad de la información presentada y la capacidad del dashboard para representar los datos de los sensores de manera precisa y oportuna. Además, se evalúa la capacidad del sistema para adaptarse a los cambios y ajustar los parámetros de riego en función de las necesidades de las plantas, lo cual es fundamental para garantizar la sostenibilidad y eficiencia del riego.

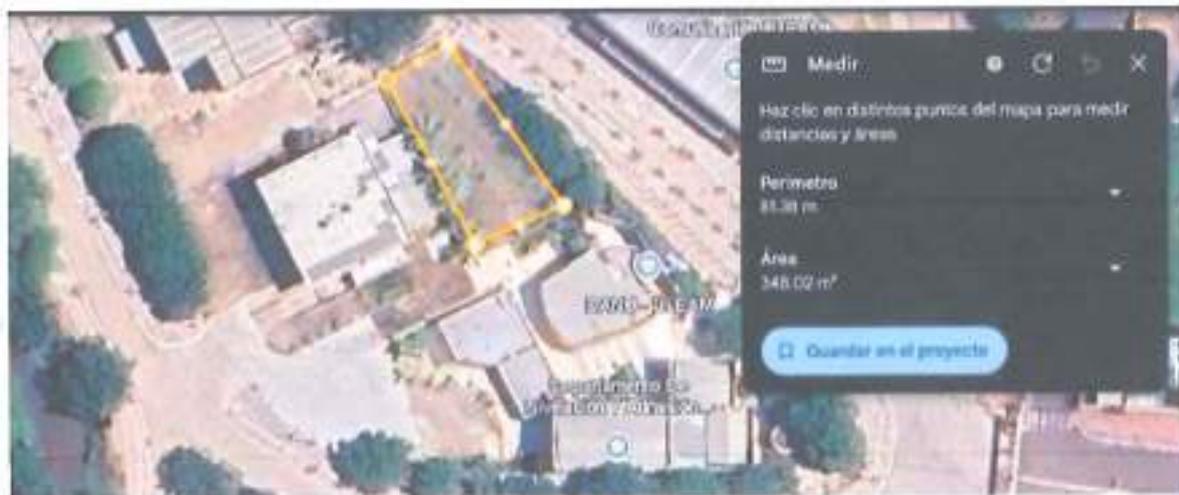
Otra dimensión importante de la evaluación será el análisis del impacto del sistema en el entorno agrícola. Se estudia cómo el sistema de riego automatizado contribuye a mejorar la gestión hídrica, reducir el desperdicio de agua y proporcionar un riego más preciso y eficiente para los cultivos de Mango (*Mangifera indica*) y Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Este aspecto no solo considera el desempeño técnico del sistema, sino también su impacto en la sostenibilidad ambiental y el ahorro de recursos.

## **5.2 PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE RESULTADOS**

### **5.2.1 Área de Trabajo.**

El área marcada en la imagen representa el terreno de **348.02 m<sup>2</sup>** con un perímetro de **81.38 m**, que será trabajado para instalar el sistema de riego automatizado. Según lo descrito, el diseño hidráulico incluirá una configuración centralizada y ramificada para la distribución del agua.

**Figura 25. Área delimitada para realizar el Sistema de riego automatizado.**



*Nota. Captura de pantalla desde Google Earth del área a trabajar.*

### **5.2.2 Antes de la implementación del sistema de riego**

En esta etapa, el terreno muestra condiciones de aridez, falta de vegetación adecuada y ausencia de un sistema eficiente de distribución de agua.

Los árboles y plantas presentan un crecimiento limitado debido a la escasez de riego y la falta de infraestructura para optimizar el suministro hídrico.

Esta situación refleja la necesidad urgente de una solución que permita mantener la vegetación en condiciones óptimas y prevenir la erosión del suelo en la pendiente.

**Figura 26. Área antes de la implementación**



*Nota. Foto tomada antes de la implementación.*

### **5.2.3 Instalación del sistema de riego**

Aquí se resalta la implementación del sistema de tuberías raíz de 1" con mangueras de 16 mm que se distribuyen estratégicamente por toda el área (Anexo 8).

Se instaló una electroválvula y un sistema automatizado dentro de una caja metálica impermeable para proteger el sistema electrónico que optimiza el uso del agua, garantizando una cobertura uniforme en toda la zona delimitada, como se muestra en el Anexo 9.

Este sistema no solo incrementa la eficiencia en el riego, sino que también disminuye el desperdicio de agua, siendo una solución sostenible y económica.

### **5.2.4 Después de la implementación**

Tras un periodo de funcionamiento del sistema de riego, se observa el impacto positivo en el terreno. El vetiver, una planta conocida por su capacidad para controlar la erosión, presenta un crecimiento saludable y denso, proporcionando una cobertura verde uniforme.

El paisaje ahora muestra una mejora significativa tanto estética como funcional, con un suelo más protegido y una vegetación que contribuye a la estabilidad del terreno.

Este resultado confirma el éxito del proyecto, cumpliendo los objetivos de sostenibilidad, optimización del agua y mejora de las condiciones del terreno.

*Figura 27. Área después de la implementación*



*Nota. Foto tomada después de la implementación.*

#### **5.2.5 Monitoreo en tiempo real**

El dashboard desarrollado constituye una herramienta tecnológica avanzada que facilita el monitoreo en tiempo real de parámetros críticos para el desarrollo óptimo de cultivos de mango y vetiver. A través de esta interfaz, se ofrece una visualización precisa de la temperatura y la humedad, lo que permite la evaluación instantánea de las condiciones microclimáticas y ajustar dinámicamente las estrategias de riego, previniendo así posibles estreses hídricos.

Además, el monitoreo de la electroválvula es fundamental, ya que permite medir el flujo de agua en litros por minuto y registrar el consumo hídrico acumulado, lo que contribuye a una gestión hídrica inteligente. Esta funcionalidad garantiza una dosificación precisa del riego y un control exhaustivo del consumo de agua, además de detectar tempranamente posibles disfuncionalidades en el sistema.

Por otro lado, el análisis de la presión atmosférica se convierte en una herramienta predictiva que anticipa cambios climáticos. En conjunto, el dashboard no solo provee una visualización de datos, sino que se posiciona como un recurso estratégico para la toma de decisiones informadas, la optimización de recursos y la gestión sostenible del ecosistema agrícola.

Figura 28. Dashboard Mostrando los datos en tiempo real



Nota. Captura de pantalla de Node-RED del dashboard en funcionamiento

### 5.3 INTERPRETACIÓN OBJETIVA

El desarrollo e implementación del sistema de riego automatizado en los exteriores de la Facultad de Informática de la ULEAM representa un logro significativo en términos de innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental. Este proyecto no solo atiende la necesidad de optimizar el riego de los cultivos de Mango (*Mangifera indica*) y Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), sino que también establece un precedente para la adopción de tecnologías inteligentes en la gestión hídrica y la preservación del medio ambiente en espacios académicos.

En primer lugar, el diseño e instalación del sistema de riego reflejan un enfoque técnico integral, basado en un levantamiento de información exhaustivo y una planificación precisa. La implementación de tuberías principales, mangueras de distribución y electroválvulas automatizadas ha permitido garantizar una cobertura uniforme del riego en una zona delimitada de 348.02 m<sup>2</sup>. Además, la incorporación de sensores avanzados como el DS18B20, el BME680 y el sensor de flujo de agua ha resultado en un sistema altamente eficiente, capaz de monitorear y ajustar los parámetros de riego en tiempo real. Esto asegura un suministro hídrico adecuado, previniendo el desperdicio de agua y disminuyendo el impacto ambiental.

El impacto positivo del sistema se evidencia en la transformación del área de trabajo. Antes de la implementación, el terreno presentaba condiciones de aridez, erosión y un

crecimiento vegetal limitado debido a la falta de infraestructura hídrica. Después de la instalación y un periodo de funcionamiento, se observó un crecimiento saludable y denso del vetiver, planta seleccionada estratégicamente por su capacidad para prevenir la erosión del suelo. Este cambio no solo mejora la estética del paisaje, sino que también contribuye a la estabilidad del terreno, demostrando la efectividad del sistema en cumplir con los objetivos ambientales y funcionales del proyecto.

Otro aspecto fundamental es la creación del Dashboard para el monitoreo del sistema de riego. Esta herramienta tecnológica avanzada permite visualizar en tiempo real parámetros clave como la temperatura, la humedad del suelo, el flujo de agua y la presión atmosférica. Su diseño intuitivo y accesible facilita la toma de decisiones informadas, optimizando el riego en función de las necesidades específicas de los cultivos. Además, el Dashboard ofrece un control detallado del consumo de agua, fomentando una gestión hídrica inteligente y sostenible.

El análisis de los resultados obtenidos confirma que el proyecto ha cumplido ampliamente con los objetivos planteados. Desde el desarrollo técnico del sistema hasta su implementación y operación, cada etapa refleja un compromiso con la innovación y la sostenibilidad. Sin embargo, el proyecto también identifica áreas de mejora, como el análisis continuo de los datos recopilados para optimizar aún más el desempeño del sistema y explorar nuevas funcionalidades que puedan ser incorporadas en el futuro.

En conclusión, este sistema de riego automatizado no solo resuelve las necesidades inmediatas del área de trabajo, sino que también establece una base sólida para futuras investigaciones y proyectos en el campo de la automatización agrícola. La combinación de tecnología, sostenibilidad y eficiencia asegura que el sistema no solo sea funcional, sino que también genere un impacto positivo duradero en el entorno académico y ambiental.

## CAPÍTULO VI

### 6.1 CONCLUSIONES

Gracias a la implementación del sistema automatizado de riego en los exteriores de la Facultad de Informática de la ULEAM, concretamente en la parte posterior del DIOP, esto nos permitió alcanzar de manera efectiva los objetivos planteados, demostrando cuales son los beneficios de integrar tecnología IoT y protocolos de comunicación inalámbrica para la gestión de recursos.

En definitiva, logramos aprender que en un terreno de superficie árida con la implementación de un riego constante y continuo se consiguió el desarrollo correcto de las especies de plantas sembradas como son el Mango (*Mangifera indica*) y el Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), sin la necesidad de ocupar cambiar otro tipo de tierra o añadir algún tipo de fertilizante invasivo el cual podría afectar los parámetros necesarios para un crecimiento saludable. Este levantamiento de información permitió diseñar un sistema eficiente que incluya sensores de humedad y electroválvulas, asegurando una irrigación precisa y adaptada a las características hídricas del terreno.

El servidor de Raspberry Pi fue configurado con protocolos MQTT, lo cual permitió desarrollar un Dashboard funcional para visualizar el monitoreo y control del sistema de riego en tiempo real. Este panel indica información clave sobre los factores de humedad del suelo, el estado de las válvulas y el consumo hídrico, facilitando la gestión operativa y la toma de decisiones por parte de los usuarios autorizados.

En cuanto al análisis de las pruebas realizadas se confirmó la viabilidad técnica del sistema automatizado, destacando la eficacia del protocolo LoRa para la comunicación inalámbrica en espacios exteriores. Además de su capacidad para cubrir largas distancias con bajo consumo energético garantiza una conectividad estable en toda el área de la Facultad de Informática. También, se verificó la funcionalidad del sistema mediante los ciclos controlados de riego, validando su capacidad para optimizar el uso del agua y reducir su desperdicio.

Por otra parte, a lo largo del desarrollo de la propuesta pudimos encontrar y percatarnos de cierto tipo de inconvenientes como fue que el servidor necesitaba de una dirección ip estática y el internet de la universidad al estar configurado de cierta manera por un protocolo de seguridad nos cambiaba constantemente la dirección registrada por ende nuestro servidor no

recibía los datos emitidos por los sensores.

Para poder conseguir una solución viable a este inconveniente se tuvo que hablar con los encargados de departamento del DIIT, el cual nos ayudó configurando una dirección ip estática, por consiguiente el servidor debía estar conectado al internet de forma cableada también tuvimos que negar el acceso por medio de WiFi por temas de seguridad del servidor por el mismo motivo el servidor de este proyecto se encuentra en la sala de servidores de la FCVT del bloque de informática de la ULEAM, ya que de esta manera nos aseguramos de que estuviera seguro de la manipulación de alguien externo y también asilarlo factores como el polvo u humedad presentes en el ambiente lo cual podría averiar su funcionamiento, también ya que esta sala esta acondicionada para almacenar estos equipos las 24 horas, por consiguiente solo se podría acceder al dashboard de monitoreo estando conectado a la misma red cableada ya que debíamos estar al mismo rango de red, pero gracias a esto ya quedo totalmente funcional el monitoreo del riego.

Este proyecto contribuyó directamente a la sostenibilidad ambiental del campus universitario, promoviendo conciencia para realizar prácticas responsables en la gestión de recursos hídricos y eléctricos. Además, el modelo diseñado es replicable, lo que permite su adaptación en otras áreas del campus con necesidades similares, fortaleciendo la visión de la ULEAM como institución comprometida con la innovación tecnológica y la protección del medio ambiente.

En definitiva, este sistema desarrollado para la automatización de riego no solo cumple con los objetivos y necesidades planificadas, sino que también posiciona a la ULEAM como un referente en la implementación de tecnologías avanzadas para la gestión eficiente de recursos naturales.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Es importante realizar los mantenimientos preventivos periódicamente para lograr garantizar el funcionamiento continuo de los respectivos sensores, las electroválvulas, y la conectividad de los dispositivos LoRa y el servidor Raspberry Pi.

Realizar un análisis para la exploración de nuevas áreas verdes en el campus a través de la expansión del sistema automatizado, maximizando el alcance de la tecnología implementada.

En cuanto a la posibilidad evaluar nuevas formas para alimentar los nodos ESP32 y el servidor Raspberry Pi con fuentes de energía renovable, como paneles solares, para reducir aún más el impacto ambiental.

Para el surgimiento de posibles nuevos avances tecnológicos, se recomienda evaluar la adopción de sensores más avanzados o protocolos alternativos esto lo que le permitirá es mejorar la eficiencia y la precisión al sistema.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, A. (2022). SISTEMA HIDROPÓNICO INTELIGENTE APLICADO A LA PRODUCCIÓN DEL FORRAJE VERDE CON ARQUITECTURA IoT. (*Proyecto de Investigación*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/1ddab2ff-8875-4f94-bd62-bf2a8d4d3996/download>
- AGEXPORT. (2021). Vetiver, *Vetiveria zizanioides*. (3), 1-34.
- Altamirano, J., & Chávez, J. (2019). CREACION DE PROTOTIPO DE SENSOR DE AIRE CON CONEXIÓN A BASE DE DATOS BASADO EN ARDUINO. (*TRABAJO DE TITULACIÓN*). UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, MILAGRO. Obtenido de <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4780/1/CREACION%20DE%20PROTOTIPO%20DE%20SENSOR%20DE%20AIRE%20CON%20CONEXIO%CC%81N%20A%20BASE%20DE%20DATOS%20BASADO%20EN%20ARDUINO.pdf>
- Amazon. (2025). *Orbit - Válvula de riego en línea automática roscada hembra de 1 pulgada (2 unidades)*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Orbit-V%C3%A1lvula-autom%C3%A1tica-roscada-unidades/dp/B077T7VZ7N>
- Austudillo, J., & Carpio, B. (2022). DISEÑO DE UN SISTEMA MODULAR AUTOMÁTICO DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO, DE AGUA Y MINERALES PARA PLANTACIONES DE ÁRBOLES FRUTALES. (*DISEÑO DE UN SISTEMA MODULAR AUTOMÁTICO DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO, DE AGUA Y MINERALES PARA PLANTACIONES DE ÁRBOLES FRUTALES*). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22344/1/UPS-CT009677.pdf>
- Bertoleti, P. (2019). *Proyectos con ESP32 y LoRa*. Sao Paulo, Brasil: Newton C. Braga. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=Doi0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Doi0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Cdavid, V. C., & García, M. F. (2020). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES*

- MEDIANTE IOT. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5d8e9100-e30b-4c32-a627-a0492baa7f56/content>
- Chasipanta Gualpa, R. (2024). Implementación de un prototipo de alerta por detección de llamas basado en LORA y Telegram: implementación de un prototipo de alerta por detección de llamas basado en LORA y Telegram. (*REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO*). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25971/1/CD%2014517.pdf>
- Chicaiza, D. (2020). DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN HÍBRIDA E-COMMERCE PARA LA GESTIÓN DE VENTAS DE LA EMPRESA "CALZADO ANABEL", (*Trabajo de Grado*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30726/1/Tesis\\_t1678si.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30726/1/Tesis_t1678si.pdf)
- Chugá Rosero , M. A. (2022). Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Inteligente y Monitoreo de Variables Edafológicas y Meteorológicas Activado por IoT. (*OBTENCIÓN DE TÍTULO DE MAGISTER EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS*). Universidad Internacional SEK, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4876/1/Chug%C3%A1%20Rose%20Mar%C3%ADa%20Alejandra%20.pdf>
- CREATEDB. (2024). *CrateDB se asocia con HiveMQ para ofrecer una arquitectura de gestión de datos sin problemas para IoT*. Obtenido de Generación IoT: <https://internetdelascosas.xyz/articulo.php?id=5242&titulo=CrateDB-se-asocia-con-HiveMQ-para-ofrecer-una-arquitectura-de-gestion-de-datos-sin-problemas-para-IoT>
- DroneBot. (2023). *Raspberry Pi*. Obtenido de <https://dronebotworkshop.com/raspberry-pi-microcomputer/>
- Dynamo Electronic. (2021). Obtenido de Lora 32 (Lora 915-Wifi-Ble-Oled-Lipo): <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/lora-32-lora-915-wifi-ble-oled-lipo/>
- Eclipse Mosquitto™. (2021). *Eclipse Mosquitto™ Un broker MQTT de código abierto*. Obtenido de <https://mosquitto.org/>
- García, L. (2021). Propuesta de un sistema de riego por inundación. (*Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas*). Universidad de Piura, Piura.
- Google Maps. (2024). Obtenido de [https://www.google.com/maps/@-0.9525219,-80.7451876,116m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDEwOC4wIKXMDSoJLDEwMjExMjM0SAFQAww%3D%3D](https://www.google.com/maps/@-0.9525219,-80.7451876,116m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEwOC4wIKXMDSoJLDEwMjExMjM0SAFQAww%3D%3D)

- Guamán Requenes, G. A. (2022). "IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED LORAWAN PARA EL APRENDIZAJE DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN EL PERIODO ABRIL – SEPTIEMBRE 2022.". (*PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN LA TECNOLOGÍA SUPERIOR DE ELECTRÓNICA*). INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO, Loja. Obtenido de <http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/608/1/Proyecto%20de%20titulaci%C3%B3n%20Gerardo%20Guam%C3%A1n.pdf>
- Heredía, A., Astudillo, F., Lucero, P., & Vázquez, A. (2020). Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores con tecnología LoRa para monitoreo industrial. *LATIN-AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING (LAJC)*, Vol VII, 53.
- Huerta, J. (2022). *TRES TIPOS DE FERTILIZANTES FORMULADOS EN CUATRO TIPOS DE PLANTAS ORNAMENTALES DE VIVERO (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR)*. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HUERTA%20JIBAJA%20JUAN%20CARLOS.pdf>
- IICA. (2020). *Sistemas de riego por goteo, microaspersión y aspersión: Módulo 1*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21092>
- Macas Muevecela, M., & Paredes Rosado, A. (2022). *DISEÑO DE SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE RIEGO EN HUERTOS URBANOS POR MEDIO DE SENSORES (Bachelor's thesis)*. Obtenido de [https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/2/simple-search?query=&sort\\_by=score&order=desc&rpp=10&filter\\_field\\_1=subject&filter\\_type\\_1>equals&filter\\_value\\_1=ARDUINO&filter\\_field\\_2=subject&filter\\_type\\_2>equals&filter\\_value\\_2=DASHBOARD&filter\\_field\\_3](https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/2/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=subject&filter_type_1>equals&filter_value_1=ARDUINO&filter_field_2=subject&filter_type_2>equals&filter_value_2=DASHBOARD&filter_field_3)
- Mahedero Biot, F. (2020). Desarrollo de una aplicación IoT para el envío de imágenes mediante el protocolo MQTT (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). (*Trabajo Fin de Grado*). Universitat Politècnica de València, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152408/Mahedero%20-%20Desarrollo%20de%20una%20aplicación%20IoT%20para%20el%20envío%20de%20imágenes%20mediante%20el%20protocolo%20MQTT..pdf?sequence=1>
- MANAGRI. (2015). *MANUAL DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA PARA SISTEMAS DE RIEGO*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual->

riego/manual\_determinacion\_eficiencia\_riego.pdf

- Marquines Torres, C. A. (2022). Situación actual de la comercialización del cultivo de mango. (*TRABAJO DE TITULACIÓN*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, BABAHOYO, Ecuador. Recuperado el 08 de Noviembre de 2024, de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11320/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000365.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Melgar, C., & Alberto, C. (15 de Octubre de 2021). *Diseño de un sistema de riego automatizado para cultivos de ciclo corto con Arduino. Estudio de caso Pimiento*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6306/1/UPSE-TIA-2021-0034.pdf>
- Molina, J., & Zhagñay, D. (2020). Diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del estado estructural de un puente. (*Trabajo de titulación*). Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/7ea8de8b-298a-4747-b0dc-947c6370a541>
- MQTT. (2022). Obtenido de Use Cases: <https://mqtt.org/use-cases/>
- Nieto, W. (2021). *Desarrollo de aplicativo Web & Android para monitoreo y control a largo alcance de dispositivos LoRaWAN para integración con The Things Network*. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9860/PF-PlantZilla.org-DanielMarquez-SidharAraujo-SebastianRoyero.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- ONU. (2020). EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d3a6e93a-26b6-41b4-9b36-39f674618b7c/content>
- Oracle, C. (29 de Octubre de 2023). *¿Qué es una base de datos?* Obtenido de <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- Ortiz Cáceres, J. L. (Abril de 2021). *Desarrollo de un prototipo de un sistema de riego automatizado para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos utilizando lógica difusa en tiempo real e IoT para optimizar el uso de agua aplicada en el cultivo*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20299>
- Ponce Jara, M., Velásquez Figueroa, C., Tonato Peralta, D., & Paredes Morillo, G. (2020). Diseño de una estación meteorológica automática para registrar las variables solar y cólica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*. doi:10.35381/r.k.v5i2.1072
- Revista Fortuna. (17 de Octubre de 2023). La importancia de medir la humedad del suelo: clave para el éxito agrícola. Mexico. Obtenido de <https://revistafortuna.com.mx/2023/10/17/la-importancia-de-medir-la-humedad-del->

suelo-clave-para-el-exito-agricola/

- Ripipsa. (2021). *AUTOMATIZACIÓN*. Obtenido de <https://ripipsacobots.com/automatizacion/>
- Rodríguez Chicaiza, J., & Ulcuango Llumiquinga, P. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero "Clara Llumiquinga" sector de Patután provincia de Cotopaxi*. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/35b063bc-3db0-444e-ada8-56aa706be121/content>
- Salazar, J., & Santiago, S. (2022). INTERNET DE LAS COSAS. (*Revista Científica*). TechPedia, Technická. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf)
- Santos Benavides, P. (2019). "RED INALÁMBRICA DE SENSORES (WSN) DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA ESTANQUES DE TRUCHAS." (*Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO., AMBATO. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/4eec8c8b-a5b4-4412-9706-0333b07c344e>
- Schwaber, k., & Sutherland, J. (Noviembre de 2020). *Adaptado al Español*. Obtenido de The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game : <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>
- Sergio. (13 de Abril de 2021). *Automatización en sistemas de riego*. Obtenido de <https://mundoriego.es/automatizacion-de-sistemas-de-riego/>
- Simbaña, A. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO CON REALIMENTACIÓN DE VARIABLE DE HUMEDAD. (*TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR*). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23793>
- Tubay, J. (2022). Evaluación de la eficiencia y uniformidad de tres tecnologías de riego en cultivo de naranja (*Citrus x sinensis*). (*TRABAJO DE TITULACIÓN*). UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABI, Jipijapa.
- Zárate, L. S. (2023). *Sistema de comunicación para la gestión y control de la seguridad electrónica dentro de una vivienda por medio de registros de eventos mediante Raspberry Pi (Bachelor's thesis)*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24064/1/UPS-GT004178.pdf>

## **ANEXOS**

*Anexo 1. Diseño Hidrico.*



*Nota: Diseño en AUTO-CAD del sistema Hidrico planteado. Elaboración propia de autores.*



### Anexo 3. Código de librerías y declaración de variables nodo receptor.

```
1 #include <WiFi.h>
2 #include <PubSubClient.h>
3 #include <LoRa.h>
4 #include <Wire.h>
5 #include <Adafruit_GFX.h>
6 #include <Adafruit_SSD1306.h>
7
8 // Definiciones de pines
9 #define SS 10
10 #define RST 14
11 #define DIO 26
12 #define BAND 400000
13
14 // Definiciones de la pantalla OLED
15 #define SCREEN_WIDTH 128
16 #define SCREEN_HEIGHT 64
17 #define OLED_RESET 16
18 #define OLED_SDA 4
19 #define OLED_SCL 15
20
21 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
22
23 // WiFi y MQTT
24 WiFiClient espClient;
25 PubSubClient client(espClient);
26
27 char msg[128]; // Buffer para manejar el mensaje en formato JSON
28
29 String esp1_data = ""; // Para almacenar los datos de ESP1
30 String esp2_data = ""; // Para almacenar los datos de ESP2
```

#### Anexo 4. Función para configuración de conexiones en el nodo receptor.

```
1  void setup() {
2      Serial.begin(9600);
3
4      // Inicializar la pantalla OLED
5      pinMode(OLED_RESET, OUTPUT);
6      digitalWrite(OLED_RESET, LOW);
7      delay(20);
8      digitalWrite(OLED_RESET, HIGH);
9
10     Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
11
12     if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 128*32)) {
13         Serial.println(F("Fallo iniciando SSD1306"));
14         while (true);
15     }
16
17     display.clearDisplay();
18     display.setTextColor(WHITE);
19     display.setTextSize(1);
20     display.setCursor(0, 0);
21     display.display();
22
23     // Inicializar LoRa
24     SPI.begin(5, 19, 27, SS); // Pines de LoRa
25     LoRa.setPins(SS, RST, DI0);
26     if (!LoRa.begin(BAND)) {
27         Serial.println("Error al inicializar LoRa");
28         display.clearDisplay();
29         display.setCursor(0, 0);
30         display.print("Error al inicializar LoRa");
31         display.display();
32         while (1);
33     }
34     Serial.println("LoRa iniciado");
35     display.clearDisplay();
36     display.setCursor(0, 0);
37     display.print("LoRa iniciado");
38     display.display();
39
40     // Configurar WiFi y MQTT
41     setup_wifi();
42     client.setServer("IP_Servidor_RaspberryPI", 1883);
43     client.setCallback(callback);
44 }
```



*Anexo 6. Código función para la conexión de wifi nodo receptor o servidor.*

```
1 void setup_wifi() {
2   display.clearDisplay();
3   display.setCursor(0, 0);
4   display.print("Conectando a WiFi...");
5   display.display();
6
7   WiFi.begin("Nombre_Wifi", " Contraseña_Wifi ");
8   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
9     delay(500);
10    Serial.print(".");
11    display.print(".");
12    display.display();
13  }
14  Serial.println("");
15  Serial.println("WiFi conectado");
16  Serial.println("Dirección IP: ");
17  Serial.println(WiFi.localIP());
18
19  display.clearDisplay();
20  display.setCursor(0, 0);
21  display.print("WiFi conectado!");
22  display.setCursor(0, 10);
23  display.print("IP:");
24  display.setCursor(30, 10);
25  display.print(WiFi.localIP());
26  display.display();
27 }
```

Anexo 7. Código función para la reconexión en el receptor o servidor.

```
1  void reconnect() {
2      // Intentar conectarse al servidor MQTT
3      while (!client.connected()) {
4          Serial.print("Intentando conexión MQTT...");
5          display.clearDisplay();
6          display.setCursor(0, 0);
7          display.print("Conectando a MQTT...");
8          display.display();
9
10         if (client.connect("LDRA32Client")) { // Nombre del cliente MQTT
11             Serial.println("conectado");
12             display.clearDisplay();
13             display.setCursor(0, 0);
14             display.print("Conexión MQTT OK");
15             display.display();
16         } else {
17             Serial.print("falló, rc=");
18             Serial.print(client.state());
19             Serial.println(" intentando de nuevo en 5 segundos");
20             display.setCursor(0, 10);
21             display.print("Reintentando...");
22             display.display();
23             delay(5000);
24         }
25     }
26 }
27
28 void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
29     // Manejo de mensajes recibidos en el servidor MQTT
30 }
```

Link del repositorio del código: [https://uileam-my.sharepoint.com/:t/g/personal/e1314745835\\_live\\_uileam\\_edu\\_cc/EWk72EVueABlk9zimirjs8X4BFgmWSpsGbudl5LJMEfRf6Q?e=blAnPr](https://uileam-my.sharepoint.com/:t/g/personal/e1314745835_live_uileam_edu_cc/EWk72EVueABlk9zimirjs8X4BFgmWSpsGbudl5LJMEfRf6Q?e=blAnPr)



## Anexo 9. Función para la configuración del nodo emisor.

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(115200);
3
4   // Inicializar Loba
5   SPI.begin(1, 20, 20, 50); // Pines para Loba
6   loba.setPins(55, RST, DIR);
7   if (!loba.begin(BAUD)) {
8     Serial.println("Error al inicializar loba");
9     while (1);
10  }
11  Serial.println("loba iniciado");
12
13  // Inicializar I2C y pantalla OLED
14  Wire.begin(I2C_SDA, I2C_SCL);
15  pinMode(OLIO_RESET, OUTPUT);
16  digitalWrite(OLIO_RESET, LOW); // Reset de la pantalla
17  delay(20);
18  digitalWrite(OLIO_RESET, HIGH); // Fin del reset
19
20  if (!Adafruit.begin(SDA1386_SWITCHCAPXCC, SCREEN_ADDRESS)) {
21    Serial.println("No se pudo encontrar una pantalla OLED.");
22    while (true);
23  }
24
25  display.clearDisplay();
26  display.setTextColor(SDA1386_AOFT);
27  display.setTextSize(1);
28  display.setCursor(0, 0);
29  display.display();
30
31  // Inicializar el sensor BMP280
32  if (!BMP.begin(BP280_ADDR, Wire.begin(4077))) {
33    Serial.println("No se encontró un sensor BMP280 válido, (verifique la conexión)");
34    while (1);
35  }
36  BMP.setTemperatureOversampling(BMP280_OS_16);
37  BMP.setHumidityOversampling(BMP280_OS_25);
38  BMP.setPressureOversampling(BMP280_OS_4);
39  BMP.setIIRFilterSize(BMP280_FILTER_SIZE_3);
40  BMP.setMode(BMP_MODE_NORMAL); // 120°C por 100 ms
41
42  // Inicializar el sensor DS18B20
43  pinMode(ONE_WIRE_PIN, INPUT_PULLUP);
44  sensors.begin();
45
46  // Inicializar el sensor de flujo de agua
47  pinMode(FLOW_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);
48  attachInterrupt(digitalReadToAnalogWritePin(FLOW_SENSOR_PIN),
49  }
50 }
```



*Anexo 11. Código del Dashboard en Node-Red.*



**Link del repositorio del código:** [https://uleam-my.sharepoint.com/:x/g/personal/e1314745835\\_live\\_uleam\\_edu\\_ec/EYs3OFquFHRAqWnD-DIERy6cBBkyHZSfUzBpQ1jBlf99EQg?e=b7mBzG](https://uleam-my.sharepoint.com/:x/g/personal/e1314745835_live_uleam_edu_ec/EYs3OFquFHRAqWnD-DIERy6cBBkyHZSfUzBpQ1jBlf99EQg?e=b7mBzG)

## Anexo 12. Código para nodos de conexión a MariaDB y LoRa.

```
47     "x": 900,  
48     "y": 120,  
49     "wires": [  
50       [  
51         "b3eaeeee2dbd0d83"  
52       ]  
53     ],  
54   },  
55   {  
56     "id": "b3eaeeee2dbd0d83",  
57     "type": "mysql",  
58     "x": "38871b1316254e6a",  
59     "y": "019f2c1ec5bdc002",  
60     "name": "MariaDB Connection",  
61     "x": 1100,  
62     "y": 180,  
63     "wires": [  
64       []  
65     ]  
66   },  
67   {  
68     "id": "1253b9118fca14ea",  
69     "type": "mqtt in",  
70     "x": "38871b1316254e6a",  
71     "name": "Recepción datos LoRa",  
72     "topic": "canal",  
73     "qos": "0",  
74     "datatype": "auto",  
75     "broker": "mqtt_broker",  
76     "aki": false,  
77     "rai": false,  
78     "inputs": 0,  
79     "x": 150,  
80     "y": 200,  
81     "wires": [  
82       [  
83         "88f3bf32ac2ed269"  
84       ]  
85     ],  
86   },  
87   {  
88     "id": "88f3bf32ac2ed269",  
89     "type": "switch",  
90     "x": "38871b1316254e6a",  
91     "name": "Filtrar Dispositivo",  
92     "property": "payload",  
93     "propertytype": "msg",  
94     "rules": [  
95     ]
```

Anexo 13. Código para añadir el medidor de presión atmosférica.

```
96         {
97             "t": "cont",
98             "v": "ESP2",
99             "vs": "str"
100         }
101     },
102     "checkAll": "true",
103     "repair": false,
104     "outputs": 1,
105     "x": 490,
106     "y": 200,
107     "wires": [
108         {
109             "id": "bebeb0fd89eb8109"
110         }
111     ]
112 },
113 {
114     "id": "ebc9ac59bc1489ab",
115     "type": "ui_text",
116     "x": "38871h1316254e6a",
117     "group": "47b7c302.203e5c",
118     "order": 3,
119     "width": "6",
120     "height": "1",
121     "name": "Presi\u00c3n ESP2",
122     "label": "<i class='material-icons'>speed</i> Presi\u00c3n ESP2 (hPa):",
123     "format": "{{(msg.payload.pressure)}}",
124     "layout": "row-spread",
125     "className": "",
126     "style": true,
127     "font": "",
128     "fontSize": "",
129     "color": "#f66151",
130     "x": 1400,
131     "y": 200,
132     "wires": [],
133     "icon": "font-awesome/fa-clock-o"
134 },
135 {
136     "id": "518158ab778353c1",
```

*Anexo 14. Código para añadir los datos del sensor de caudal y medidor de humedad.*

```
136     "type": "ui_text",
137     "z": "38871b1316254e6a",
138     "group": "92985c034307475a",
139     "order": 4,
140     "width": "6",
141     "height": "1",
142     "name": "Caudal ESP2",
143     "label": "<i class='fa fa-tint'></i> Caudal ESP2 (l/min):",
144     "format": "{{msg.payload.flow}}",
145     "layout": "row-spread",
146     "className": "",
147     "style": true,
148     "font": "",
149     "fontSize": "",
150     "color": "#3584e4",
151     "x": 1400,
152     "y": 240,
153     "wires": [],
154     "icon": "Font-awesome/fa-shower"
155   },
156   {
157     "id": "557ecd050d038e08",
158     "type": "ui_gauge",
159     "z": "38871b1316254e6a",
160     "name": "Humedad ESP2",
161     "group": "47b7c302.203e5c",
162     "order": 2,
163     "width": "6",
164     "height": "4",
165     "gtype": "wave",
166     "title": "<i class='fa fa-cloud'></i> Humedad ESP2",
167     "label": "X",
168     "format": "{{msg.payload.humidity}}",
169     "min": "0",
170     "max": "100",
171     "colors": [
172       "#00b500",
173       "#e6e600",
174       "#ca3838"
175     ],
176     "svg1": "25",
```

*Anexo 15. Código para temporizador que recolecte datos cada 5 minutos.*

```
177     "seg2": "50",
178     "diff": false,
179     "className": "",
180     "x": 1400,
181     "y": 160,
182     "wires": [],
183     "icon": "font-awesome/fa-tint"
184   },
185   {
186     "id": "68a0b46a6b88859a",
187     "type": "delay",
188     "z": "38871b1316254e6a",
189     "name": "Delay 5 minutos",
190     "pauseType": "rate",
191     "timeout": "5",
192     "timeoutUnits": "minutes",
193     "rate": "1",
194     "nbRateUnits": "5",
195     "rateUnits": "minute",
196     "randomFirst": "1",
197     "randomLast": "5",
198     "randomUnits": "seconds",
199     "drop": false,
200     "allowrate": false,
201     "outputs": 1,
202     "x": 760,
203     "y": 280,
204     "wires": [
205       [
206         "4cef495436de0754"
207       ]
208     ]
209   },
210   {
211     "id": "29e8131a69bbfd12",
212     "type": "ui_template",
213     "z": "38871b1316254e6a",
214     "group": "92905c034307475a",
215     "name": "",
216     "order": 0,
217     "width": 0,
```





*Anexo 18. Código para añadir los datos de conexión a la base de datos al nodo.*

```
298         "741d7df9f260858c"
299     ]
300 }
301 },
302 {
303     "id": "741d7df9f260858c",
304     "type": "ui_text",
305     "z": "38871b1316254e6a",
306     "group": "92905c034307475a",
307     "order": 6,
308     "width": "6",
309     "height": "1",
310     "name": "Estado flujo ESP2",
311     "label": "Estado del Flujo:",
312     "format": "{{msg.payload.status}}"
313     "layout": "row-spread",
314     "className": "",
315     "style": true,
316     "font": "",
317     "fontSize": "",
318     "color": "#ff5722",
319     "x": 1330,
320     "y": 40,
321     "wires": []
322 },
323 {
324     "id": "019f2cfec5bdc0b2",
325     "type": "MySQLdatabase",
326     "name": "MariaDB",
327     "host": "localhost",
328     "port": "3306",
329     "db": "iot_data",
330     "tz": "America/Guayaquil",
331     "charset": "UTF8"
332 },
333 {
334     "id": "mqtt_broker",
335     "type": "mqtt-broker",
336     "name": "MQTT Broker",
337     "broker": "10.42.5.58",
```

Anexo 19. Código para dividir los nodos en grupos.

```
338     "port": "1883",
339     "clientId": "",
340     "autoConnect": true,
341     "usetls": false,
342     "protocolVersion": "4",
343     "keepalive": "60",
344     "cleansession": true,
345     "autoUnsubscribe": true,
346     "birthTopic": "",
347     "birthQos": "0",
348     "birthPayload": "",
349     "birthMsg": {},
350     "closeTopic": "",
351     "closeQos": "0",
352     "closePayload": "",
353     "closeMsg": {},
354     "willTopic": "",
355     "willQos": "0",
356     "willPayload": "",
357     "willMsg": {},
358     "userProps": "",
359     "sessionExpiry": ""
360   },
361   {
362     "id": "47b7c302.203e5c",
363     "type": "ui_group",
364     "name": "Datos",
365     "tab": "07e7804ac319f6e9",
366     "order": 1,
367     "disp": true,
368     "width": "6",
369     "collapse": false,
370     "className": ""
371   },
372   {
373     "id": "92905c034307475a",
374     "type": "ui_group",
375     "name": "ELECTROVALVULA",
376     "tab": "07e7804ac319f6e9",
377     "order": 1,
378     "disp": true,
```

*Anexo 20. Código para añadir el título del dashboard.*

```
378     "disp": true,  
379     "width": "6",  
380     "collapse": false,  
381     "className": ""  
382   },  
383   {  
384     "id": "07e7804ac319f6e9",  
385     "type": "ui_tab",  
386     "name": "AUTOMATIZACION dYsa",  
387     "icon": "dashboard",  
388     "disabled": false,  
389     "hidden": false  
390   }  
391 ]
```

*Anexo 21. Código para la creación de la base de datos y las tablas.*

```
1 CREATE DATABASE IF NOT EXISTS iot_data;  
2 USE iot_data;  
3  
4 CREATE TABLE esp2_data (  
5     id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
6     device_id VARCHAR(50),  
7     temperature FLOAT,  
8     humidity FLOAT,  
9     pressure FLOAT,  
10    flow_rate FLOAT,  
11    total_milliliters INT,  
12    timestamp DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP  
13 );
```

*Nota. Código para la creación de la base de datos y generación de las tablas.*

## Anexo 22. Código para la creación del disparador (trigger).

```
1 DELIMITER //
2
3 CREATE TRIGGER before_insert_esp2
4 BEFORE INSERT ON esp2_data
5 FOR EACH ROW
6 BEGIN
7     DECLARE last_total INT DEFAULT 0;
8
9     SELECT total_milliliters INTO last_total
10    FROM esp2_data
11    ORDER BY id DESC
12    LIMIT 1;
13
14     SET NEW.total_milliliters = last_total + NEW.flow_rate;
15 END;
16 //
17
18 DELIMITER ;
```

*Nota. Código para la creación del trigger que realizará la sumatoria total del caudal.*

## Anexo 23. Instalación de tubería de 1" pulgada.



*Nota. Instalación de la tubería de 1" pulgada y manguera de 16 mm.*

#### **Anexo 24. Instalación de circuito eléctrico.**



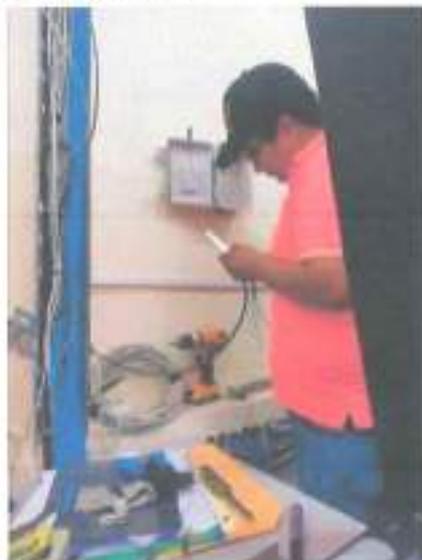
*Nota. Instalación del circuito eléctrico con todos sus componentes dentro.*

#### **Anexo 25. Instalación de Sonda Temperatura.**



*Nota. Instalación de la Sonda de temperatura.*

**Anexo 26. Instalación del servidor.**



*Nota. Montaje de caja que almacenara el servidor Raspberry Pi modelo 4B.*

**Anexo 27. Servidor Instalado.**



*Nota. Servidor Instalado con Cable LAN y Microcontrolador Esp32 para obtener datos del Nodo.*

**Anexo 28. Tubería de 1" pulgada y manguera de 16 mm.**



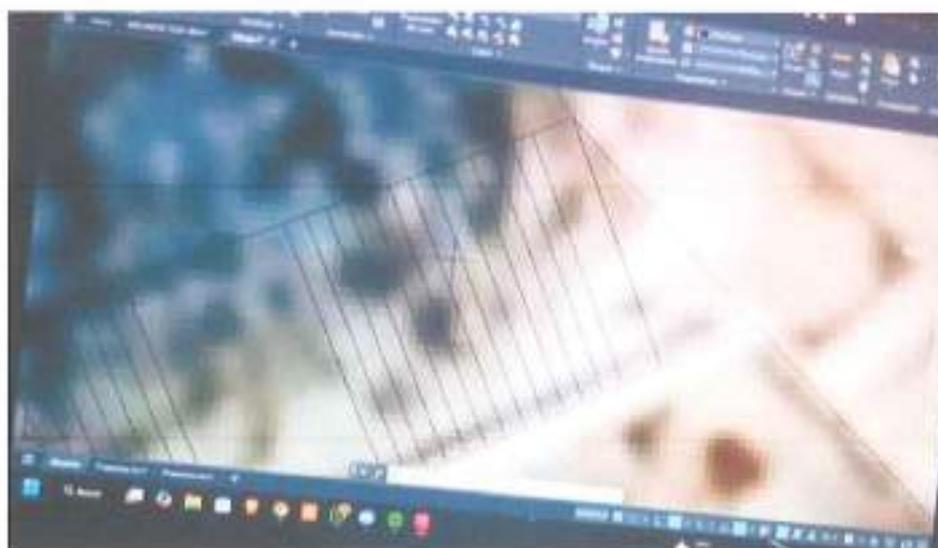
*Nota. Manguera utilizada para sistema de riego.*

**Anexo 29. Cable concéntrico.**



*Nota. Cable concéntrico para ingreso de energía al circuito eléctrico.*

### **Anexo 30. Modelado del Diseño hídrico.**



*Nota. Diseño hídrico por utilizar.*

### **Anexo 31. Materiales para comunicación.**



*Nota. Materiales comprados para comunicaciones entre nodo y servidor.*

### Anexo 32. Kali Linux.



*Nota. Prueba de diferente sistema operativo para escoger el correcto.*