



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño de un sistema de potencia y control automatizado
para riego en beneficio de los agricultores del distrito de
Paramonga - 2021

PRESENTADO POR

Rojas Ipanaqué, Helen Josselin

ASESOR

Lara Herrera, Juan Francisco

Lima, Perú, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD ANTIPLAGIO TURNITIN

Mediante la presente, Yo:

1. Rojas Ipanaqué, Helen Josselin : DNI: 70095853,

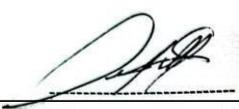
Soy egresado de la Escuela Profesional de INGENIERÍA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES del año 2014- 1, y habiendo realizado¹ la Tesis para optar el Título Profesional de ² INGENIERIA ELECTRONICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES, se deja constancia que el trabajo de investigación fue sometido a la evaluación del Sistema Antiplagio Turnitin el 22 de febrero de 2023, el cual ha generado el siguiente porcentaje de originalidad³:

Resumen de coincidencias

23 %

Rank	Source	Percentage
1	biblioteca2.ucab.edu.ve	6 %
2	repositorio.ufadech.edu.ve	2 %
3	repositorio.uch.edu.pe	2 %
4	docplayer.es	1 %
5	repositorio.ug.edu.ec	1 %
6	kupdf.net	<1 %
7	www.redicces.org.sv	<1 %

En señal de conformidad con lo declarado, firmo el presente documento a los 03 días del mes de noviembre del año 2022.


Firma
DNI: 70095853


Nombre del Asesor(a)
DNI 41344704

Egresado 2

Egresado 3

¹ Especificar qué tipo de trabajo es: tesis (para optar el título), artículo (para optar el bachiller), etc.

² Indicar el título o grado académico: Licenciado o Bachiller en (Enfermería, Psicología ...), Abogado, Ingeniero Ambiental, Químico Farmacéutico, Ingeniero Industrial, Contador Público ...

³ Se emite la presente declaración en virtud de lo dispuesto en el artículo 8°, numeral 8.2, tercer párrafo, del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD, modificado por Resolución de Consejo Directivo N° 174-2019-SUNEDU/CD y Resolución de Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por darme la oportunidad de seguir en el camino que me ha otorgado. A mi papá que está en el cielo y sé que me estará cuidando de donde esté. A mi madre por sus sabios consejos y su preocupación por avanzar en mis metas.

RESUMEN

El Perú en la actualidad, es uno de los países con mayor exportación de alimentos en los últimos años en América Latina, esto debido a que en los postremos años la agricultura se ha perfeccionado aplicando diferentes tipologías de tecnología que sirven para incrementar la producción; sin embargo, en algunas zonas de cultivo a lo largo del país resulta complicado el avance productivo debido a las diferentes condiciones tanto climáticas como de suelo. Se requiere la creación de una técnica de control y energía para automatizar el método de riego propuesto. Dicho sistema incluirá una interfaz de monitoreo que será responsable de analizar y enviar los datos obtenidos por el PLC a un ordenador personal. Este último tomará decisiones de riego mediante la red, utilizando protocolos Ethernet, siempre y cuando se hayan establecido los parámetros adecuados. Además, se dará la opción de manejar el sistema de manera manual, permitiendo al usuario corroborar si el riego se ha llevado a cabo o no. La delineación de este método de revisión y potencia será fundamental para garantizar una eficiente automatización del proceso de riego. Para tener en cuenta en el sistema de irrigación, es importante tomar en consideración múltiples factores, tales como el nivel de humedad del suelo, la cantidad mínima de agua en el tanque principal y la precipitación. Este sistema está dividido en dos sub-sistemas: el primero está conformado por una red de cañerías, una bomba de presión, electro-válvulas, rociadores y un depósito de agua. Su función es dirigir la cantidad adecuada de agua hasta la plantación. El segundo sub-sistema se encarga de controlar el primero. A través del PLC, el segundo conjunto de componentes envía señales para activar o desactivar la bomba de presión y las electroválvulas. Además, se puede controlar este sub-sistema de forma local o remota mediante una interfaz de usuario. La interfaz de usuario permite la monitorización de las mediciones de los sensores de humedad, lluvia y nivel de agua en el tanque principal.

Palabras Claves: Sistema de Riego, Sensores, PLC, Monitorización.

ABSTRACT

Currently, Peru is one of the countries with the largest food exports in recent years in Latin America, this is due to the fact that in recent years agriculture has been developed by applying different types of technology that serve to increase production; however, in some cultivation areas throughout the country, productive progress is complicated due to the different climatic and soil conditions. The Design of a control and power system for the automation of the irrigation system that is proposed, includes the design and development of a monitoring interface that obtains, analyzes and sends the data from the PLC to a personal computer that is responsible for taking Irrigation decisions through the network using Ethernet protocols, if this is automated with previously established parameters, or if it is worked manually, then the user decides whether to irrigate or do nothing. The data collected from the Irrigation System are: soil moisture, minimum level of water in the main tank and rainfall. The system consists of two subsystems, the first is the network of pipes, pressure pump, solenoid valves, sprinklers, water tank, this subsystem is responsible for guiding the amount of water to the plantation. The second subsystem is the control of the first subsystem, which is responsible for sending the signal to turn on or off the pressure pump and the solenoid valves through the PLC and which is controlled locally or remotely by the user interface, but always doing reading of humidity, rain and low level of stored water sensors

.

Keywords: Irrigation System, Sensors, PLC, Monitoring.

CONTENIDO

RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
CONTENIDO.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABLAS	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	4
1.1.1 Planteamiento y descripción del problema	4
1.1.2 Formulación del problema general.	6
1.1.3 Formulación de los problemas específicos.....	6
1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.2.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.3.1 Justificación técnica	7
1.3.2 Justificación económica.	8
1.3.3 Justificación social.....	9
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.4.1 Alcances.....	9
1.4.2 Limitaciones.....	9
CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION FUNDAMENTO TEÓRICO .	11
2.1 ANTECEDENTES.....	12
2.1.1 Internacionales	12
2.1.2 Nacionales.....	14
2.1.3 Regionales.....	15
2.2 MARCO TEÓRICO	17
2.2.1 Riego	17
2.2.2 Tipos de Riego.....	17
2.2.3 Fuentes de Presión	23
2.2.4 Motores	23
2.2.5 Unidad de Filtraje	24
2.2.6 Unidad de Fertilización.....	25
2.2.6.1 Sistemas de fertirriego	25
2.2.6.2 Tanques de fertilización	25
2.2.7 Inyectores.....	27
2.2.8 Bomba del sistema.....	29

2.2.9	Elementos de Programación y Control de Flujo	29
2.2.10	Red de Distribución	29
2.2.11	Tuberías.....	30
2.2.11.1	Tubería de PVC.....	30
2.2.11.2	Tuberías de PE.....	31
2.2.12	Controlador Lógico Programable.....	32
2.2.13	SCADA	34
2.2.14	Funciones del sistema SCADA.....	35
2.2.15	Comunicaciones Industriales	35
2.2.16	Ethernet.....	36
2.3.	MARCO METODOLÓGICO	37
2.3.1	Tipo de investigación.....	37
2.3.2	Metodología de la investigación	38
2.3.3	Investigación y Levantamiento de información.	38
2.3.4	Fase I: Diseño del Sistema y Selección de Equipos.....	39
2.3.5.	Fase II: Diseño de Interfaz Gráfica y Código del PLC	39
2.3.6	Fase III: Evaluación del Sistema Diseñado	39
2.3.7	Fase IV: Ajustes del Sistema.....	39
2.3.8	Aportes del Proyecto de Investigación	39
CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN		41
3.1	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: RECONOCER LAS CARACTERÍSTICAS DE UN TERRENO UBICADO EN EL DISTRITO DE PARAMONGA PARA SER USADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	42
3.1.1.	Descripción General.....	42
3.1.2.	Población de Paramonga.....	42
3.1.3.	Conocer el área de estudio.....	43
3.2.	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: ESTABLECER LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA LLEVAR A CABO EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.	45
3.2.1	Características del Riego Manual.....	46
3.2.2	Requerimientos para el riego manual	46
3.2.3	Condiciones para el riego manual	46
3.2.4	Características del Riego Automático	47
3.2.5	Requerimientos para el riego automático	47
3.2.6	Condiciones para el riego automático	47
3.2.7	Modalidad de fertilización.....	49
3.2.8	Condiciones técnicas.....	49
3.3.	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: EVALUAR EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO DISEÑADO A TRAVÉS DE SIMULADORES DE PLC.....	50
3.3.1	Bomba de Riego	50
3.3.2	Tuberías	51
3.3.3	Goteros	51
3.3.4	Sensor de Humedad.....	52
3.3.5	Inyector tipo Venturi.....	53
3.3.6	Flotante de Agua	53
3.3.7	Sensor de Lluvia.....	54

3.3.8 Electroválvulas	55
3.3.9 CPU del PLC	55
3.3.10 Chasis del PLC	56
3.3.11 Módulo de Entradas del PLC	56
3.3.12 Módulo de Salidas del PLC.....	57
3.3.13 Selección de Software	57
3.3.14 Software de Programación del PLC	57
3.3.16 Software de Comunicaciones.....	58
3.3.17 Software de la Interfaz con el Usuario	58
3.3.18 Selección de la solución para la comunicación con el sistema remoto... 58	
3.4. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: DETERMINAR EL TIPO DE CONEXIÓN DE RED PARA EL MONITOREO REMOTO DEL SISTEMA.....	61
3.4.1 Diagrama de red	61
3.4.2 Interfaz Gráfica y Pruebas del Sistema.....	62
3.5. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5: DISEÑAR EL SISTEMA DE MONITOREO ADECUADO PARA LA SUPERVISIÓN DEL PROCESO.	67
3.5.1 Simulaciones del sistema de monitoreo.....	67
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIOS.....	72
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS.....	73
4.1.1. Recursos humanos.....	73
4.1.2. Recursos materiales	73
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS	75
4.2.1. Beneficios tangibles	75
4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio	75
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	76
4.3.1. Desarrollo del flujo de caja.....	76
4.3.2. Análisis del parámetro VAN	77
4.3.3. Análisis del parámetro TIR	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	81

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. RIEGO POR ASPERSION	16
FIGURA 2. ASPERSION MOVIL	18
FIGURA 3. ASPERSION FIJO	18
FIGURA 4. RIEGO POR GOTEO	19
FIGURA 5. Goteo de botón insertado	20
FIGURA 6. Filtro de arena (izquierda) y de malla (derecha)	22
FIGURA 7. INYECTOR TIPO VENTURI	24
FIGURA 8. INYECTOR TIPO VENTURI	24
FIGURA 9. FERTILIZACION CON TANQUE EN PARALELO	25
FIGURA 10. INYECTOR HIDRÁULICO	26
FIGURA 11. INYECTOR ELÉCTRICO	26
FIGURA 12. RED DE DISTRIBUCIÓN DE RED DE RIEGO LOCALIZADO	30
FIGURA 13. MÓDULO DE UN PLC	31
FIGURA 14. PLC S7-1200	32
FIGURA 15. MODELO DE UN SISTEMA SCADA	33
FIGURA 16. COMUNICACIONES INDUSTRIALES	34
FIGURA 17. RED INDUSTRIAL ETHERNET	35
FIGURA 18. TANQUE PRINCIPAL DE LA TERRENO CON MEDIDAS	46
FIGURA 19. ESQUEMA DE DISEÑO GENERAL	47
FIGURA 20. BOMBA DE AGUA IPT DE HP	54
FIGURA 21. TUBERIA DE POLIETILENO	54
FIGURA 22. GOTERO RAINBIRD	55
FIGURA 23. SENSOR DE HUMEDAD WATERMARK200SS-V	55
FIGURA 24. INYECTOR VENTURI MAZZEI-75	56
FIGURA 25. FLOTANTE DE AGUA ALS HYSKLO4	56
FIGURA 26. SENSOR DE LLUVIA RAIMBIRD RSD-BEX	57
FIGURA 27. ELECTROVALVULA RAINBIRD 150-PEB	57
FIGURA 28. CPU DEL PLC CONTROLLOGIX1756	58
FIGURA 29. CHASIS DEL PLC CONTROLLOGIX	58
FIGURA 30. MODULO DE ENTRADA PLC 1756	59
FIGURA 31. MODULO DE SALIDAS PLC 1756	59
FIGURA 32. PUERTO DE CONFIGURACION DE EQUIPOS REMOTOS	61
FIGURA 33. RSLOGIX EMULATE 5000 CHASIS	62
FIGURA 34. INTERFACES GRAFICA MODO DE OPERACIÓN MANUAL	63
FIGURA 36. INTERFACES GRAFICA MODO DE OPERACIÓN AUTO	64
FIGURA 37. VENTANA DE PARAMETROS DE SIMULACION	64
FIGURA 38. INTERFACE GRAFICA MODO DE FERTILIZACION	66

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TRABAJO Y PRESION DE RUPTURA DE TUBOS PVC	29
Tabla 2. Materiales y Presupuesto del Proyecto	40
Tabla 3. Cronograma de Actividades del proyecto	41
TABLA 4. CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS REMOTOS	61

INTRODUCCIÓN

En el presente, la agricultura se destaca como uno de los sectores económicos del país que se ha habituado a un gran y notable aumento en los últimos tiempos. Esto se debe en parte a la exportación de productos, lo que ha impulsado la realización de inversiones importantes tanto en el ámbito económico como en el tecnológico, con el fin de optimizar la producción. Se han implantado sistemas de irrigación que facilitan el regado de los cultivos generando al menos dos cosechas al año lo cual aumenta la producción.

El crecimiento constante de las tecnologías de automatización y comunicación ha sido evidente desde la invención de la máquina imprenta hasta la actualidad, donde se pueden observar sistemas de control de eficiencia óptima en industrias embotelladoras gracias al uso del PLC. En el Perú, el aumento de la actividad agrícola ha generado la necesidad de desarrollar sistemas de control y automatización de riego, con el fin de mejorar la calidad y cantidad de la producción de las cosechas. Esta tendencia ha impulsado a un aumento en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en la agricultura, que permitan el uso eficaz de los recursos y una producción agrícola más sostenible. En definitiva, la automatización y control en el sector agrícola desempeñan un papel crítico en la mejora de la productividad y la rentabilidad del campo.

Un estudio que se llevó a cabo anteriormente ha detallado que para mejorar el manejo del recurso hídrico en un terreno determinado, con el objetivo de desarrollar un sistema integral que permita alcanzar dicho objetivo. Este trabajo se estructura en cuatro capítulos, cada uno de los cuales se enfoca en un aspecto específico del análisis planteado.

En el primer apartado del documento se plantea el problema a resolver, los objetivos que se persiguen, las limitaciones y el alcance del estudio, además de la justificación del mismo. En el segundo apartado se aborda el marco teórico del proyecto, donde se explican los conceptos y dispositivos relacionados con los

sistemas de irrigación y protocolos de comunicación, el funcionamiento y herramientas del sistema de gestión, así como las técnicas de riego para la producción. Se explica con detalle la técnica de investigación empleada y se presenta un minucioso relato de las actividades llevadas a cabo en cada etapa del proyecto.

En síntesis, este estudio representa un esfuerzo significativo para mejorar la gestión del agua en un área específica mediante la implementación de un sistema de riego más eficiente y sostenible. El éxito de este proyecto dependerá en gran medida de la aplicación precisa de los conceptos y técnicas descritos en cada capítulo.

En el capítulo tres, se abordan los aspectos administrativos de la investigación, junto con el cronograma de actividades utilizado para llevar a cabo una metodología organizada y sistemática, lo que garantiza el cumplimiento de los objetivos establecidos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento y descripción del problema

Uno de los recursos primordiales que conforman el cuerpo humano es el agua. La supervivencia humana depende de su ingesta, ya que no es posible pasar más de seis días sin beberla sin correr el peligro de arriesgar la subsistencia. Según lo señalado por Arambulo Marin & Salazar Tapia (2017), el sector agrícola es una parte vital del país, representando la principal fuente de empleo y aportando importantes ingresos económicos a nivel nacional (p. 45).

Debido a que el agua es el recurso más afectado por los cambios climáticos, a pesar de ser uno de los más abundantes en el planeta con una capacidad de 1.41 billones de km³, solo el 2% es agua dulce, y la mayor parte (alrededor del 87%) se localiza en forma de hielo, neveros y acuíferos subterráneos. Sólo alrededor del 13% (unos 2000 km³) de agua dulce es accesible en ríos, lagos y distintos cuerpos de agua.

A través de la historia, la agricultura ha enfrentado uno de sus mayores desafíos: el desequilibrio hídrico, ya sea por la falta o el exceso de agua, lo que ha dado lugar a graves pérdidas económicas en el sector. La sequía ha sido una de los motivos primordiales del quebranto de los cultivos debido al aumento de la radiación solar, mientras que las fuertes lluvias han causado daños a las plantas y han resultado en la pérdida de muchas hectáreas de cosechas. Por lo tanto, es crucial utilizar eficientemente el agua no renovable para obtener cosechas exitosas. Asimismo, es importante destacar que las necesidades de agua varían según las diferentes especies vegetales y el suelo debe mantener una humedad apropiada y constante para favorecer el desarrollo saludable de las plantas.

El Para lograr un mayor desarrollo en la industria agrícola, es esencial que se emplee el agua de forma eficiente y productiva. La técnica de riego es crucial para alcanzar este propósito y se encuentra entre las más importantes prácticas agronómicas. Dado que el agua cada vez es un recurso muy limitado, es fundamental instalar sistemas de riego que permitan su uso óptimo y eficaz. Como

señalan Macías, Vergara, Macías y Bazurto (2011) en su tesis, el malgasto de agua es una práctica que debe evitarse en la agricultura, y la implementación de sistemas de riego eficientes puede mejorar la productividad de los cultivos (p. 4).

Incluso, después de tantos años, esto sigue siendo un problema complejo para todos los que aspiren irrumpir en el universo de la agricultura pero gracias a las nuevas tecnologías y el actual crecimiento de la ingeniería electrónica, es posible controlar los factores que participan de una cosecha de manera eficiente, aunque muchos terrenos aún no se han familiarizado con estas tecnologías, siguen bajo la técnica de riego manual que implica la manipulación directa de los aspersores por parte de un individuo, sin la ayuda de herramientas tecnológicas y basándose únicamente en su criterio y conocimiento.

La automatización se refiere al proceso de transferir las tareas de producción que antes eran realizadas por seres humanos a un conjunto de tecnologías que emplean sistemas mecánicos, electrónicos y computacionales para controlar y gestionar la producción (Maldonado Silvestre, 2014, p. 28). Por lo tanto, se va a crear un sistema de control y suministro de energía para un sistema de riego automatizado en un terreno específico, que permitirá monitorear diferentes variables como la humedad del suelo para garantizar un crecimiento óptimo de los cultivos. El área de cultivo posee una extensión de 236.53 m², ubicada en las Av. Ramón Castilla Mz A-1 Lote 20 zona 3 puentes - distrito de Paramonga - provincia de Barranca - Lima y fundado por VICENTA GUERRERO DE ROJAS Y TEODORO MAXIMO ROJAS. Las áreas de cultivo suelen ser de condiciones áridas, lo que requiere un diseño específico y adaptado a las características del suelo. Para lograrlo, se utilizará un sistema centralizado de control, como puede ser un PLC, junto con diversos sensores que se distribuirán por diferentes áreas del terreno con el fin de obtener los datos necesarios. Además, se integrarán al sistema los controles necesarios para llevar a cabo el riego de los cultivos de manera eficiente y efectiva.

El propósito de implementar este sistema automatizado es alcanzar una cosecha abundante mediante la irrigación uniforme del suelo con el aumento de

agua adecuada. Además, se podrá ajustar el riego en caso de lluvias o sequías y Si el suelo alcanza el nivel de humedad deseado, reduzca el tiempo de riego. Con esto, se busca maximizar la eficiencia en el uso de este valioso recurso natural y evitar la pérdida de la cosecha.

Mediante el uso de una interfaz gráfica remota, el administrador del terreno será capaz de supervisar el sistema en su totalidad y los parámetros ya mencionados. De esta manera, podrá tomar decisiones informadas y apoyarse en la tecnología para realizar una acción o dejar que el sistema automatizado continúe operando sin problemas. En resumen, este sistema se diseñará para llevar a cabo monitoreos continuos en toda la producción, lo que resultaría en un uso eficiente del agua, un recurso no renovable, y se utilizaría solamente la cantidad necesaria.

1.1.2 Formulación del problema general.

¿Cómo se puede reducir el tiempo de la cosecha para el aprovechamiento de recursos no renovables como el agua y dar oportunidades en el sector agrícola y optimizar el progreso socioeconómico de los pobladores de la región de Paramonga?

1.1.3 Formulación de los problemas específicos.

- **P.E.1:** ¿Cómo es el proceso de distribución de agua en los terrenos ubicados en la jurisdicción de Paramonga?
- **P.E.2:** ¿Cuáles son las medidas que se debe discurrir para realizar la optimización del proceso de riego de cultivos?
- **P.E.3:** ¿Cuál sería el proceso de simulación más adecuado que permita evaluar el desempeño del diseño planteado?
- **P.E.4:** ¿Cuál sería el tipo de conectividad que tendría el sistema para el monitoreo?
- **P.E.5:** ¿Con qué sistema podrá verificar el usuario que el cultivo presente óptimas condiciones?

1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un método de potencia y control computarizado para riego de una propiedad ubicada en la jurisdicción de Paramonga para beneficiar a los agricultores del distrito de Paramonga.

1.2.2 Objetivos específicos

- **O.E.1:** Reconocer las características del terreno ubicado en el distrito de Paramonga para poder utilizarlo en el diseño del sistema en mención.
- **O.E.2:** Establecer los parámetros precisos para realizar la delineación del sistema automatizado.
- **O.E.3:** Valuar el procedimiento de riego computarizado trazado a través de simuladores de PLC.
- **O.E.4:** Determinar el tipo de conexión de red para el monitoreo remoto del sistema.
- **O.E.5:** Delinear la técnica de monitoreo adecuado para la supervisión del proceso.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

Este estudio, plantea como fundamento técnico los aspectos que involucran el empleo de un sistema automatizado de irrigación, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia del proceso de cultivo. En consecuencia, se exponen los beneficios que se derivarían de la realización del propósito en la superficie denominada ROJAS GUERRERO, tales como:

1. Establecer un mecanismo capaz de regular adecuadamente el suministro de agua para el cultivo resulta esencial. La implementación de un sistema basado en controladores lógicos programables (PLC) garantizará el abastecimiento hídrico, incluso en temporadas de escasez de lluvia.

2. Supervisar y regular el índice de humedad presente en el sustrato del cultivo a través de la información captada por diversos sensores constituye una tarea crucial. Gracias a esta labor de monitoreo, se logrará una gestión más eficiente y racional del recurso hídrico disponible.

3. Ser capaz de regular y detener la irrigación en caso de que se produzcan precipitaciones pluviales en el área de cultivo representa una funcionalidad relevante.

4. La prevención de daños al sistema durante el inicio del riego del cultivo se logrará mediante la ejecución de medidas de supervisión que aseguren la presencia de las condiciones requeridas para llevar a cabo estas labores de manera óptima. Estas medidas se basarán en la verificación de cifras y datos precisos.

El procedimiento de supervisión y potencia del riego se halla fundamentado en la tecnología de controladores lógicos programables (PLC), lo que le confiere un alto nivel de eficacia y rendimiento. Este sistema se integra con una interfaz gráfica que permite su monitoreo y control a través de una sala de operaciones remota. Esta funcionalidad ofrece las siguientes ventajas:

1. Los trabajadores podrán efectuar una supervisión constante del proceso de riego en el terreno, sin requerir de su presencia física, gracias al sistema de monitoreo automatizado implementado.

2. El sistema cuenta con la capacidad de automatizar el inicio o la suspensión del riego de manera autónoma.

1.3.2 Justificación económica.

Los métodos de control automatizados actualmente están siendo comercializados en otros países puesto que es una alternativa que pueden realizarse en ambientes pequeños, medianos o grandes. Por ende, se convierte en una solución que puede utilizarse en las diferentes zonas destinadas a la cosecha que tiene nuestro país ya que sabemos que muchas tierras no cuentan con las condiciones que faciliten la siembra o también en caso de desastres naturales. La alternativa propuesta sería ideal en el distrito de Paramonga ya que falta apoyo

tecnológico, y se convertiría en el manejo adecuado de recursos no renovables más expeditos para la humanidad.

1.3.3 Justificación social

El distrito Paramonga posee grandes áreas que son destinadas para cosechas de diferentes productos; sin embargo, no ha generado un desarrollo considerable ya sea porque no tienen los medios suficientes y/o el desconocimiento de nuevas tecnologías aplicada para zonas de cultivo. Los agricultores de este distrito realizan sus siembras de manera tradicional, lo cual no les permite obtener grandes cosechas de los productos a sembrar.

Este proyecto tiene como finalidad beneficiar a los agricultores del distrito de Paramonga, optimizando sus procesos de cultivos e incrementando sus cosechas anuales y aumentar los tipos de productos a plantar y ahorrar o distribuir agua en forma más eficiente.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Alcances

La actual investigación involucrará la elaboración de un diagrama de control en lenguaje Ladder para el PLC, mediante la utilización del software Zeliosoft. Este diseño incorporará diversas interfaces necesarias para su verificación, lo que permitirá al usuario acceder al monitoreo global del procedimiento de riego instalado en la propiedad ubicada en la Av. Ramón Castilla, distrito de Paramonga, provincia de Barranca.

Asimismo, se desarrollará un procedimiento de riego eficiente que garantice el suministro de la cuantía necesaria de agua para mantener la humedad óptima del suelo en el área de cultivo.

1.4.2 Limitaciones

En esta investigación será únicamente de diseño, y más adelante será la implementación del sistema en sí bajo la autorización de los dueños del terreno donde se realizará la investigación.

Este sistema de riego será específico para el terreno donde se desarrolla la investigación como tal.

Las Licencias para el uso de los programas simuladores como el *Zeliosoft* de *Automotion* son de alto costo, por lo que no se cuentan con todas las características y/o parámetros que comprenden del programa.

CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

A lo largo de los años, los agricultores han tenido que adecuarse a las permutas en los mercados y a los avances tecnológicos para mantenerse al día en la producción agrícola. Han tenido que realizar ajustes en sus sistemas de producción y utilizar nuevas tecnologías para mejorar la cantidad y la calidad de sus cosechas.

Con el objetivo de optimizar la manufactura agraria en el contexto de la evolución tecnológica y las fluctuaciones del mercado, se han desarrollado a lo largo del tiempo sistemas de control y potencia basados en tecnologías innovadoras. Un ejemplo de ello son los sistemas de riego automatizados, los cuales optimizan el uso del agua mediante sensores que monitorean la humedad y temperatura del suelo, permitiendo regar únicamente cuando sea necesario. De esta forma, se reduce el desperdicio del agua, se aumenta la producción y se logra un ahorro significativo en la mano de obra. En el presente estudio, se revisan distintos proyectos relacionados con esta temática que han sido tomados en cuenta como antecedentes.

2.1.1 Internacionales

Los autores Vásconez Cuzco y Chamba Tenemaza (2019) presentaron su tesis de pregrado titulada *“Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para un terreno ubicado en el sector popular de Balerio Estacio”*. La metodología empleada fue experimental y se recolectó información en tiempo real para implementar del método de riego automatizado. Según el autor, el técnico planteado es idóneo de funcionar de manera automática gracias a los sensores que recogen datos del suelo. Además, también puede funcionar de manera manual, lo que permite al usuario seleccionar las zonas del terreno que desea regar.

Este estudio tiene correlación con la presente averiguación debido a que el autor diseña un sistema automatizado de riego controlado inalámbricamente y sienta las bases a desarrollar para la prosecución de los objetivos general y

específicos por tanto se convierten en un aporte importante para el desarrollo de la misma.

Durante el año 2020, el investigador Laverde Mena llevó a cabo una tesis de pregrado titulada *“Sistema automatizado de riego por aspersión para el jardín ubicado en la parte lateral del bloque de aulas #2 de Uniandes Quevedo”*. La investigación se basó en una metodología experimental que utilizó diversas técnicas teóricas, empíricas y estadísticas para analizar el problema y proponer una solución. Como resultado, se desarrolló un modelo de procedimiento computarizado para el riego de jardines, que se implementó y probó con éxito en el jardín de la Universidad Uniandes Quevedo.

El presente análisis histórico documenta el surgimiento de los procedimientos de regadío por aspersión en el contexto humano, desde sus inicios hasta su creciente popularidad en América Latina, lo que ha impulsado proyectos y estudios para llevar esta tecnología a la agricultura ecuatoriana, en busca del progreso del país. El apoyo de países amigos en el asesoramiento y la implementación de metodologías evolucionados, como el regadío por aspersión, podría tener un impacto significativo en la economía del Ecuador.

En la actualidad, se utiliza el término control automático, sistemas de riego automatizados y sistemas de climatización para hacer referencia a los invernaderos que se manipulan en la labranza de bienes en otros países. Para realizar este proyecto de esta envergadura, se necesita una metodología o proceso lógico que abarca desde la selección del lugar hasta la cantidad de productos que se obtendrán anualmente. Además, es necesario considerar la automatización del proceso, ya sea mediante la creación de un invernadero desde cero o mediante la implementación de tecnologías avanzadas. Es importante tener en cuenta que la investigación previa es fundamental para conseguir las sapiencias necesarias para realizar un proyecto exitoso. También es necesario tener en cuenta los beneficios y el retorno de inversión a mediano plazo.

Durante el año 2020, los autores J. Martínez y D. Pérez llevaron a cabo una tesis titulada *“Desarrollo de un sistema de control para el riego y la iluminación en*

una granja vertical” en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, como parte de su programa de estudios en la Universidad Autónoma de Occidente. La técnica empleada en la averiguación fue de arquetipo práctico y experimental. Los resultados obtenidos se centraron en la recopilación de datos, ya que se esperaba una respuesta específica en cuanto a la humedad y la temperatura.

Se constató que la intensidad lumínica sigue el patrón previsto. La calibración del PID con el sensor de lluvia del suelo permitió la implementación exitosa del control de riego, lo que aseguró la cantidad de agua necesaria para el crecimiento del Cilantro Precoso según su guía de cuidados, incluso bajo diferentes condiciones ambientales. Además, la conectividad a Internet habilitó al usuario para monitorear la actualización del sistema y detectar fallas de energía. Si el sistema se reinicia, se debe sincronizar la fecha y hora.

2.1.2 Nacionales

En la Universidad Agraria La Molina, en 2017, Takaezu, D., presentó su tesis *“Diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado en el campamento Villa Cuajone, Southern Peru Copper Corporación, Moquegua, Perú”*. Para ello, se aplicó una metodología experimental que incluyó la recopilación de datos meteorológicos para determinar la evapotranspiración. Como resultado, se desarrolló e instaló un sistema de riego por aspersión que utiliza rociadores y rotores para regar una superficie de 2.705Ha, que incluye 60 viviendas. Se elaboró el diseño agronómico empleando el software Cropwat 8.0 y considerando los datos climáticos disponibles, determinando una lámina de riego máxima de 7.8mm/día. Para mantener el correcto funcionamiento del sistema de riego, se sugiere llevar a cabo limpiezas periódicas en los filtros de emisores de riego y evitar la manipulación de los controladores de riego para no interferir con la programación de los turnos de riego asignados a cada vivienda.

Este proyecto se basa en los principios de la Ingeniería Electrónica con el fin de desarrollar un Sistema de Automatización y Control que mejore el proceso de producción.

En el año 2018, Apaza D. y La Torre I. llevaron a cabo un estudio con el título *“Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME 2018”* en la Universidad Nacional del Altiplano, en el departamento de Puno. La investigación se basó en una metodología experimental que permitió obtener datos teóricos y prácticos para el desarrollo del sistema automatizado de riego. Los resultados obtenidos indicaron que se logró un uso eficiente del agua gracias al balance de humedad del suelo. Se concluye que el sistema diseñado e implementado permitió obtener un óptimo balance hídrico en el suelo, así como el monitoreo en época real del agua en la superficie.

En 2018, Lazo W. y Campos R. exhibieron su tesis denominada *“Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle pampas”*. Utilizaron una metodología de investigación aplicada para aplicar conocimientos de sistemas embebidos, circuitos digitales, sistemas de control y telecomunicaciones. Según los hallazgos obtenidos por el estudio, se encontró que existe una relación prácticamente proporcional entre la disminución del error máximo y el aumento de la frecuencia de riego, además de que la frecuencia de riego aumenta cuando se incrementa el nivel de humedad programado. Los autores concluyeron que el retardo del sistema, desde que se envía la señal a la electroválvula hasta que el sensor detecta el cambio, es de 5 minutos, o posiblemente 10 minutos si se considera el periodo de muestreo de 5 minutos. Por lo tanto, se recomienda realizar monitoreo de la humedad de las raíces del maíz cada 5 minutos como práctica adecuada.

2.1.3 Regionales

En 2016, el estudioso Castillo V. presentó una investigación titulada *“Optimización del uso del agua del canal principal en el riego del valle de Nepeña, Ancash”*, en la que utilizó una metodología descriptiva y básica. Los resultados indicaron que el caudal del canal principal en el valle de Nepeña es de aproximadamente 4.00m³/s. Además, se concluyó que el riego por goteo es más eficiente que el riego por gravedad tradicional, y que el riego por aspersión y goteo

consume menos agua que el riego por gravedad. Es recomendable implementar programas de mejora en la distribución del agua de riego en el valle de Nepeña, trabajando de manera conjunta con la junta de usuarios y el proyecto especial CHINECAS. Asimismo, se sugiere promover el uso de técnicas de riego presurizado, con el fin de mejorar la productividad del valle de Nepeña y maximizar el aprovechamiento del agua.

En 2017, el autor Salcedo A. llevó a cabo una tesis titulada *“Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para paltas Hass”*. El resultado final fue la integración exitosa del circuito, lo que mejoró la automatización del sistema de riego y permitió el funcionamiento del diseño propuesto. La delineación electrónica se simuló e implementó en un perímetro de adiestramiento y se lograron los objetivos de diseño iniciales. El autor recomendó la selección de materiales capaces de soportar las condiciones de trabajo del sistema de riego y sugirió la adopción de una caja de ayuda IP 67. Además recomendó valorar la contingencia de usar un sensor menos costoso para reducir los costos de implementación, como el sensor VH400 del constructor VEGETRONIX.

En 2018, el investigador Narvaez J. mostró su tesis *“Diseño de un sistema de riego para el cultivo de alfalfa en la localidad de Cota paraco, Provincia de Recuay, Región Ancash”*, donde se determinó que la evapotranspiración potencial se produce en septiembre y que el diseño propuesto no tuvo precipitación efectiva. La investigación concluyó que el sistema de riego por aspersión fijo con aspersores móviles garantiza el riego de 3.65 hectáreas. Narvaez también recomendó que los agricultores estén bien informados sobre las ventajas y desventajas de los sistemas de riego tecnificados antes de implementarlos. Señaló que la falta de conocimiento puede llevar a actitudes negativas y de desánimo al compararlos con los sistemas de riego tradicionales.

2.2 MARCO TEÓRICO

Para llevar a cabo este proyecto es imprescindible poseer conocimientos fundamentales acerca de la cosecha, por lo cual se lleva a cabo una investigación exhaustiva en todas las áreas relacionadas con el sistema de riego. Es esencial tener una comprensión detallada de los diversos métodos y procedimientos de riego disponibles, así como de los diversos tipos de tuberías y bombas que se utilizan para proporcionar movimiento al agua, entre otras consideraciones importantes.

En este sentido, es crucial analizar las diversas soluciones disponibles para lograr el objetivo de automatizar el área en cuestión y crear un diseño óptimo que incorpore varios componentes, como sensores, módulos de control y comunicación con el usuario, entre otros.

2.2.1 Riego

El acto de regar se describe como la distribución homogénea del agua en un área específica del suelo, en este caso, se aplicará al cultivo. Un riego exitoso no se limita a la simple humectación uniforme de la superficie del suelo, sino que tiene como objetivo aumentar la producción agrícola.

2.2.2 Tipos de Riego

Riego por Aspersión

La técnica de regadío por salpicadura se asemeja al efecto de la lluvia al caer sobre las plantaciones, logrando esto mediante la salida del agua a través de pequeños orificios que requieren una presión significativa, que puede ser obtenida a través de la gravedad o con el uso de bombas de agua. Debido a la gran versatilidad en su uso y monitoreo, este tipo de riego es adecuado para distintos tipos de suelos.

Figura 1

Riego por aspersión



Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

Este método de riego presenta una serie de beneficios significativos, tales como:

- Puede ser utilizado en un 80% de las aplicaciones de riego debido a su capacidad para lograr una distribución uniforme del agua y una buena absorción en la periferia del suelo.
- No está limitado por el prototipo de suelo en el que se utiliza.
- Es posible emplear abonos y otros nutrientes al agua de riego para mejorar la nutrición de las plantas.
- La automatización del sistema no requiere una inversión significativa en mano de obra.
- Puede ser utilizado en terrenos con cualquier grado de pendiente sin necesidad de nivelar el terreno previamente.

Aspersores

Los dispositivos de aspersión son instrumentos que funcionan mediante la expulsión a presión de un líquido en forma de rocío. En el ámbito agrícola, se

emplean ampliamente estos atomizadores para la diligencia de insecticidas, herbicidas, fungicidas y micronutrientes en el cultivo.

Existen distintos tipos de aspersores, que varían en tamaño y funcionamiento. Los aspersores de giro mecánico utilizan la presión del líquido para acumular energía y girar antes de expulsar el líquido, mientras que los aspersores eléctricos se activan por medio de un mecanismo embobinado con el cual se logre el mismo efecto.

Los aspersores son clasificados en diferentes categorías:

- Según el método de rotación:

- Aspersores de impacto: ampliamente utilizados para el riego de superficies según la forma y tamaño a regar.

- Aspersores circulares: utilizados para el riego de superficies circulares.

- Aspersores sectoriales: diseñados para el riego de una sección específica de un área radial.

- Según la presión del trabajo:

- Aspersores de alta presión: trazados para el riego de siembras como el maíz, la caña de azúcar y la alfalfa. El radio del área de riego puede variar de 60 a 150 metros.

- Aspersores de presión media: utilizados para el riego de sectores de cultivo con un diámetro de área de riego de 21 a 39 metros.

- Aspersores de baja presión: ideales para el riego de árboles frutales y otros cultivos similares. Estos aspersores poseen una boquilla con un ángulo de salida bajo.

Figura 2

Aspersor Móvil



Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

Figura 3

Aspersor Fijo



Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

Riego por Goteo

Una técnica que se utiliza para irrigar y fertilizar los cultivos es mediante la aplicación directa de agua filtrada y fertilizantes. Este método emplea una liberación de agua a baja presión en el suelo para permitir que se infiltre y llegue a través de una red de tuberías a cada planta. El agua se dispensa en forma de gotas mediante unos dispositivos llamados goteros, los cuales regulan la presión del agua mediante un orificio de pequeñas dimensiones.

Figura 4

Riego por Goteo



Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

Luego de pasar por el dispositivo de goteo, el agua se dispersa en el área de cultivo debido a la fuerza gravitacional, alcanzando una distribución homogénea gracias al riego por goteo.

Las principales ventajas de esta técnica son:

- Alcanza una eficiencia en el riego entre el 90 y el 95%, logrando una distribución uniforme del agua.
- Se pueden programar los intervalos de aplicación del riego de acuerdo al

tipo de cultivo y al suelo.

- Requiere de una constante supervisión del sistema en su totalidad.
- Aplica agua únicamente en las raíces de la planta para favorecer su crecimiento y prevenir la aparición de maleza y la pérdida de agua.
- Permite la aplicación de abonos y pesticidas accesibles a través del riego.

Goterros

El responsable de transportar el agua desde las conducciones de la red de repartimiento hasta el territorio de manera gradual y homogénea es el procedimiento de riego por goteo. Los dispositivos de goteo han sido diseñados para suministrar un caudal de agua que oscila entre 1 y 10 litros por hora, lo cual depende de la especificación del gotero. Este método de riego facilita la transición de la humedad desde el sistema de riego hasta el suelo, permitiendo que la presión en la salida sea mínima, cercana a cero, a través de pequeños orificios.

Figura 5

Goteo Botón Insertado



Fuente: https://www.ecured.cu/Riego_por_Goteo

Entre los goteros de largo recorrido están:

- Los dosificadores de microtubo: Se colocan en el lateral del riego y son de bajo costo, sin embargo, su principal desventaja radica en su sensibilidad a las diferenciaciones de presión y temperatura, lo que puede afectar la uniformidad del suministro de agua en el sistema.
- Los goteros helicoidales: Son una variante de los dispositivos de goteo de microtubo, pero están enrollados en torno a de un tambor, lo que los hace más macizos.
- Los goteros de laberinto: Son los más recientes entre los dispositivos de goteo de largo alcance. El agua sigue un camino más largo para originar una gran pérdida de carga. Sin embargo, son sensibles a las variaciones de temperatura, presión y obstrucciones.

Entre los dispositivos de goteo de orificio se encuentran los dispositivos de botón de auto compensación, que responden a las variaciones de presión. Aunque son más costosos, su desventaja es la posible degradación de los materiales debido a las variaciones de temperatura y presión. Estos dispositivos se utilizan comúnmente en terrenos con pendientes pronunciadas.

2.2.3 Fuentes de Presión

La fuente de impulsión es el elemento primordial en un sistema de riego, puesto que es la encargada de suministrar la fuerza necesaria para la distribución adecuada del agua y la presión necesaria para su óptimo funcionamiento.

2.2.4 Motores

La forma de aplicación del sistema de riego varía según la ubicación geográfica, considerando si existe suministro eléctrico con la capacidad adecuada en la zona. En la mayoría de los casos, se emplean motores eléctricos para accionar la bomba del sistema de riego.

2.2.5 Unidad de Filtraje

Se trata de un componente esencial en el sistema de riego, el cual garantiza la filtración del agua que se va a distribuir en el terreno. Para llevar a cabo esta tarea, se emplean dos compendios suplementarios.

- Filtro de arena
- Filtro de Malla

En caso de emplear aguas superficiales como canal o vertiente en el procedimiento de riego, es indispensable tener un filtro de arena para su adecuado funcionamiento. Por el contrario, si el agua proviene de un pozo, no se requiere la instalación de dicho filtro.

Figura 6

Filtro de arena (izquierda) y de malla (derecha)



Fuente: <https://www.traxco.es/blog/pivotes-de-riego/filtros-de-malla-para-sistemas-de-riego-pivot>

2.2.6 Unidad de Fertilización

2.2.6.1 Sistemas de fertirriego

El fertirriego se refiere a los fertilizantes que se aplican mediante el agua de riego, y se utiliza comúnmente en sistemas de riego localizados para abastecer los nutrimentos básicos para el progreso del cultivo. Es importante que este equipo se instale después del sistema de filtrado grueso, como el hidrociclón o la arena, y anteriormente del mecanismo de filtrado fino con mallas.

Los fertilizantes solubles son los más adecuados para el fertirriego, aunque otros productos químicos como ácido sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico, fungicidas y desinfectantes también pueden ser aplicados. Es fundamental tener en cuenta los abonos principales del cultivo para incorporarlos en el agua de riego.

Coexisten dos variedades de dispositivos para la afiliación de abonos al agua:

2.2.6.2 Tanques de fertilización

Los recipientes de polinización, por lo usual, son contenedores con capacidad de 20 a 200 litros, destinados a albergar los nutrientes. Según su modo de operación, se pueden clasificar en dos tipos:

Tipo Venturi

Los dispositivos Venturi son sencillos y constan de una pieza en forma de “T” que contiene un componente Venturi integrado. El principio de operación del Venturi se basa en la generación de una zona de baja presión que surge cuando el agua fluye a través de una sección estrecha y luego se ensancha gradualmente. Este fenómeno de Venturi se produce cuando existe una diferencia de presión entre el agua de entrada y la mezcla de agua y fertilizante que se expulsa del sistema de riego.

Normalmente, el Venturi se instala en conjunto con otros dispositivos, debido a que la cantidad de agua que fluye en el sistema excede su capacidad. Es por eso que los dispositivos más utilizados combinan tanto el efecto Venturi como la diferencia de presión. Si se decide instalar el Venturi en paralelo, se necesita una diferencia de presión de al menos el 20% entre la entrada y la salida del dispositivo.

Cabe destacar que los tanques tipo Venturi tienen una capacidad de succión limitada, por lo que se recomienda su uso principalmente en sistemas de riego más pequeños. La principal ventaja de este tipo de fertilizador es su bajo costo y facilidad de mantenimiento.

Según lo mencionado por L. Vergara (2018), “este sistema resulta ideal para incorporar nutrientes, fertilizantes, productos fitosanitarios y control de plagas y enfermedades al agua de riego, gracias al efecto Venturi que succiona la solución y la mezcla con el agua que fluye por la tubería” (p. 45).

Figura 7

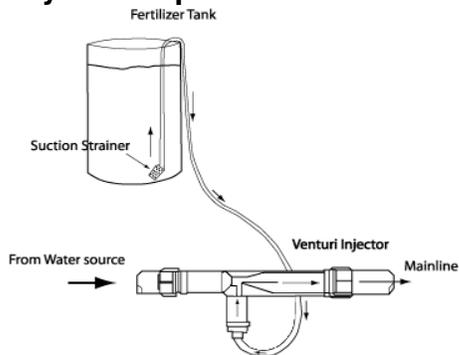
Inyector de fertilizante tipo Venturi



Fuente: elriego.com

Figura 8

Inyector Tipo Venturi



Fuente: elriego.com

- Tipo tanque en paralelo

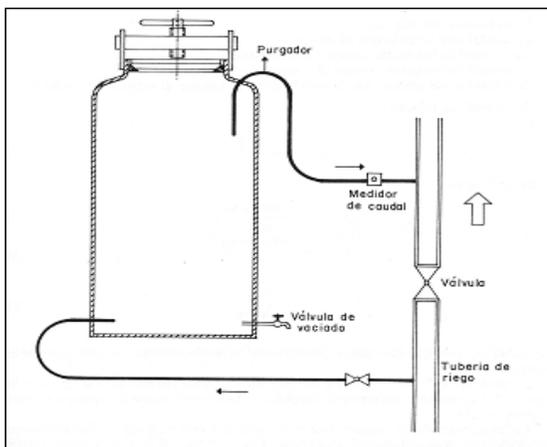
Los tanques en paralelo se utilizan para distribuir la solución concentrada de abono en el sistema de riego. Por lo tanto, se requiere un tanque de material metálico o plástico con revestimiento, que se instalará en paralelo a la tubería principal. El depósito se une a dos conexiones de acople veloz que están divididas por una válvula, lo que produce una disparidad de fuerza entre ambas.

El rendimiento de los tanques es satisfactorio, pero presentan la desventaja de no garantizar una distribución uniforme del abono a lo largo del canal de riego debido a la variación de la concentración del abono en el sistema.

Para superar este problema, se sugiere que se consuma una gabela del tanque por dispositivo de operación de riego. Según J. W. J. de Wekker y V. Charla (2004), una solución eficaz para este inconveniente es la instalación de un tanque elevado en la azotea del edificio, que tenga la altura necesaria para mantener una presión de agua adecuada según las normas aplicables (p. 15).

Figura 9

Fertilización con Tanque en Paralelo



Fuente: elriego.com

2.2.7 Inyectores

El objetivo de estos dispositivos es incorporar la solución que se encuentra almacenada en un contenedor, el cual es accionado por una bomba eléctrica o

hidráulica. El inyector, que se encuentra conectado al dispositivo, se encarga de rociar uniformemente la solución de fertilizante en el agua de riego para mantener una concentración constante.

Figura 10

Inyector Hidráulico



Fuente: Open Course Ware Universidad de Sevilla

Figura 11

Inyector Eléctrico



Fuente: Open Course Ware Universidad de Sevilla

2.2.8 Bomba del sistema

Algunos agricultores e instaladores optan por utilizar la bomba del método de riego por destilo como inyector de fertilizantes. En este método, se coloca la mezcla de fertilizantes en un tanque paralelo que será succionado por la bomba. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este sistema puede generar un desgaste prematuro en el rotor de la bomba.

2.2.9 Elementos de Programación y Control de Flujo

Estos conectores electrónicos permiten la automatización de la trama y el control secuencial de distintos sectores, lo que resulta muy útil en instalaciones de gran tamaño o con difícil acceso. Aunque su uso es opcional, puede ser justificado en situaciones específicas, como el asunto de lavado de los filtros.

Entre los componentes de regulación y gestión del movimiento, se hallan las válvulas de múltiples clases, como las de caudal, manejo de presión, retención (check), hidráulicas, electrónicas, volumétricas, y varias más. Estas válvulas, operadas de forma directa o indirecta mediante programadores, tienen la tarea de gobernar la dinámica del movimiento y la fuerza en la red.

2.2.10 Red de Distribución

La canalización del líquido hacia las plantas se realiza por medio de la red de suministro. El conducto principal es el encargado de trasladar el líquido desde la fuente. Con el fin de lograr una repartición efectiva, se divide la región de riego en unidades basadas en distintos factores, como la extensión, el tipo de cultivo y el tipo de sustrato. Las tuberías de menor diámetro, o porta-emisores, se abastecen mediante una tubería de tercer nivel y es allí donde se sitúan los emisores de riego para llevar a cabo la aplicación adecuada del líquido.

Para Para ejecutar este tipo de riego, se utilizan frecuentemente conductos plásticos, siendo los componentes más comunes el PVC (policloruro de vinilo) y el PE (polietileno). En general, los conductos de menor tamaño y los laterales se fabrican con polietileno, mientras que el conducto principal puede ser de PVC o polietileno. Para plantaciones permanentes que permanecen en el terreno durante un extenso lapso, se aconseja el empleo de tuberías subterráneas de PVC para

resguardarlas de la exposición al sol.

2.2.11 Tuberías

2.2.11.1 Tubería de PVC

Existen cuatro tipos de PVC con diferentes grados de resistencia a la tracción y resistencia química.

Estas tuberías son altamente valoradas en el mercado debido a las ventajas económicas y técnicas que ofrecen, tales como:

- Tenacidad a la erosión.
- Alto aguante químico.
- Aguante mecánico.
- Resistencia elevada al envejecimiento.
- Baja capacidad de fricción.

Se presenta en la tabla siguiente los valores de la coacción de trabajo máxima y de rotura minúscula, según la clase de conducto.

Tabla 1

Presión de trabajo y presión de ruptura para tubos de PVC

Clase	Presión Mínima de Ruptura	Presión Máxima de Trabajo
16	68 kg/cm ² (680 m.c.a)	16 kg/cm ² (160 m.c.a)
10	51 kg/cm ² (510 m.c.a)	10 kg/cm ² (100 m.c.a)
6	28 kg/cm ² (280 m.c.a)	6 kg/cm ² (60 m.c.a)
4	22 kg/cm ² (220 m.c.a)	4 kg/cm ² (4 m.c.a)

Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

2.2.11.2 Tuberías de Polietileno (PE)

El polietileno es un material dúctil que se obtiene a partir del etileno, y los tubos de este tipo se producen mediante extrusión. Los tubos de PE tienen dos beneficios en comparación con las tuberías de PVC:

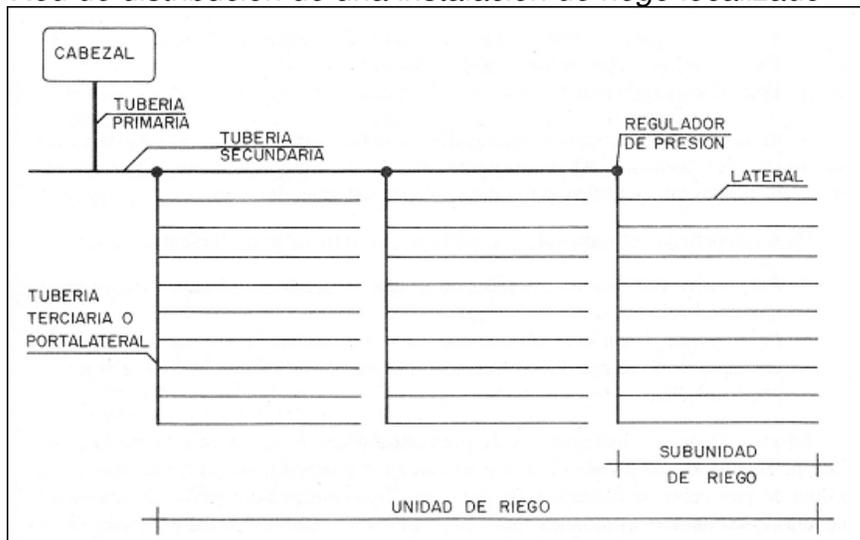
- Es posible su instalación en exteriores.
- Poseen flexibilidad y mayor resistencia.

Por otro lado, hay que destacar algunas desventajas de estas tuberías tales como:

- Son más costosas que las tuberías de PVC, debido a que el polietileno es menos resistente a la tracción y necesita un mayor espesor de tubería, lo que implica una mayor suma de material en su producción.
- La imposición de trabajo en el tubo de PE disminuye al acrecentar la temperatura.

Figura 12

Red de distribución de una instalación de riego localizado



Fuente: L. G. Vergara, «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado,» Talca, 2001.

2.2.12 Controlador Lógico Programable

Un supervisor nomológico programable, acreditado también como autómata programable o PLC, es un aparato electrónico que puede manejar de manera programada los circuitos de automatización industrial.

Fernández (2014) proporciona una definición del PLC en la que se le describe como un dispositivo informático que se utiliza en la automatización industrial para controlar procesos electromecánicos, electros neumáticos y electrohidráulicos. El PLC, también conocido como autómata programable, se utiliza para automatizar procesos en fábricas y líneas de montaje, y también se puede utilizar en atracciones mecánicas (p. 15).

Figura 13

Controlador Lógico Programable



Fuente: Siemens Guía práctica de PLC

a. FUNCIONES DEL PLC

- La fase de detección se encarga de leer las señales generadas por los sensores instalados en el sistema de producción.
- La fase de mando consiste en generar y enviar las órdenes necesarias al sistema a través de los actuadores correspondientes.

- El diálogo hombre – máquina es la interacción que se establece entre el operario y el autómata, donde el sistema cumple con las consignas dadas por el usuario y le anuncia sobre la etapa real del asunto.

- La programación se encarga de crear, modificar e introducir el programa que controlará las acciones del autómata. La interfaz de programación debe permitir realizar cambios en el programa de forma fácil y rápida, incluso mientras el autómata se encuentra en pleno funcionamiento.

b. PLC SIEMENS S7-1200

El S7-1200, un autómata programable conocido como controlador lógico programable (PLC), es una herramienta altamente versátil que consiente la misión y la vigilancia de diversos dispositivos en distintas tareas de procesamiento de datos. Su tamaño tupido, disposición adaptable y amplia variedad de erudiciones lo hacen adecuado para controlar un amplio rango de aplicaciones.

Figura 14

Controlador Lógico Programable



Fuente: Siemens Guía práctica de PLC

c. LENGUAJE DE PROGRAMACION STEP 7

STEP 7 es el programa de computadora utilizado como norma para la preparación y codificación de los sistemas de automatización SIMATIC. Este software industrial SIMATIC tiene las siguientes particularidades:

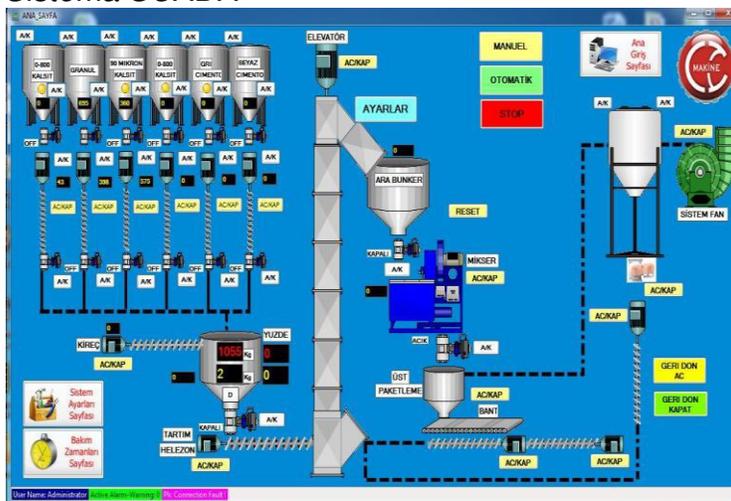
- Se puede configurar y personalizar los bloques de función y comunicación.
- La opción de forzado y modo multiprocesador está disponible en el software industrial SIMATIC, permitiendo el control simultáneo de múltiples procesadores.
- Comunicación de información a nivel global.
- La transferencia de información regulada por sucesos a través de bloques de función y comunicación es posible gracias a STEP 7, que forma parte del software SIMATIC, utilizado para programar y configurar sistemas de automatización industrial.
- Se puede parafrasear como: Ajuste de conexiones.

2.2.13 SCADA

El software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) se utiliza para acceder e inspeccionar de forma remota los datos de un proceso, mediante el uso de herramientas de comunicación adecuadas. Así lo define Aquilino Rodríguez Penin en su obra de 2012.

Figura 15

Sistema SCADA



Fuente: Aquilino Rodríguez Penin, 2018

2.2.14 Funciones del sistema SCADA

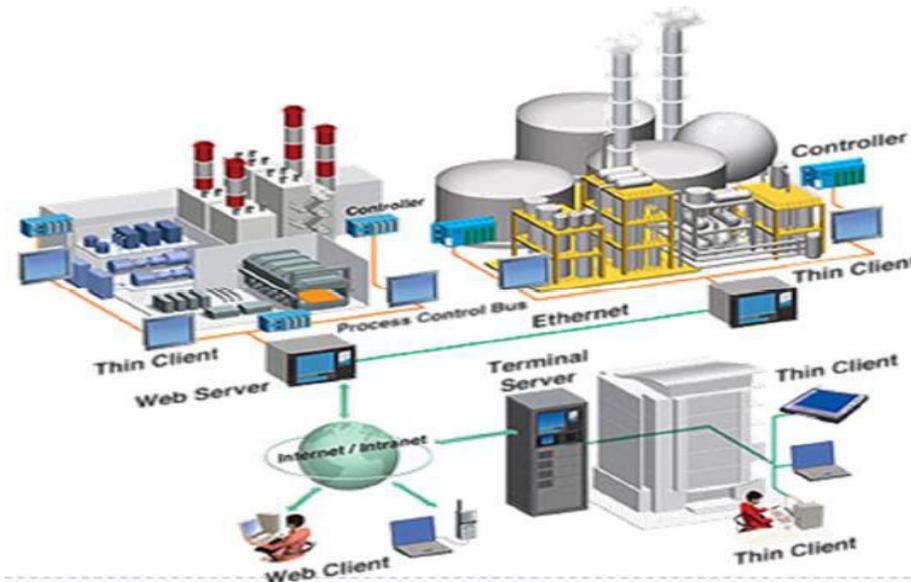
- Permite la creación de sistemas de alerta que producen un historial de eventos.
- Registro y almacenamiento de datos acerca del desempeño de sistemas remotos.
- Interfaz gráfica de usuario (GUI) hombre-máquina.
- Los sistemas SCADA deben ser diseñados con una arquitectura abierta para posibilitar su mejora y modificación en el futuro.
- Capacidad de supervisión y control de todos los sistemas remotos, incluyendo la capacidad de activar y desactivarlos.

2.2.15 Comunicaciones Industriales

Las Comunicaciones Industriales se refieren al ámbito tecnológico que se ocupa de la transmisión de datos entre circuitos y sistemas electrónicos, los cuales se utilizan en el control y la gestión del ciclo de vida de los productos industriales.

Figura 16

Sistemas de comunicaciones industriales



Fuente: Fernández, D. Controles automatizados y sus funciones 2018

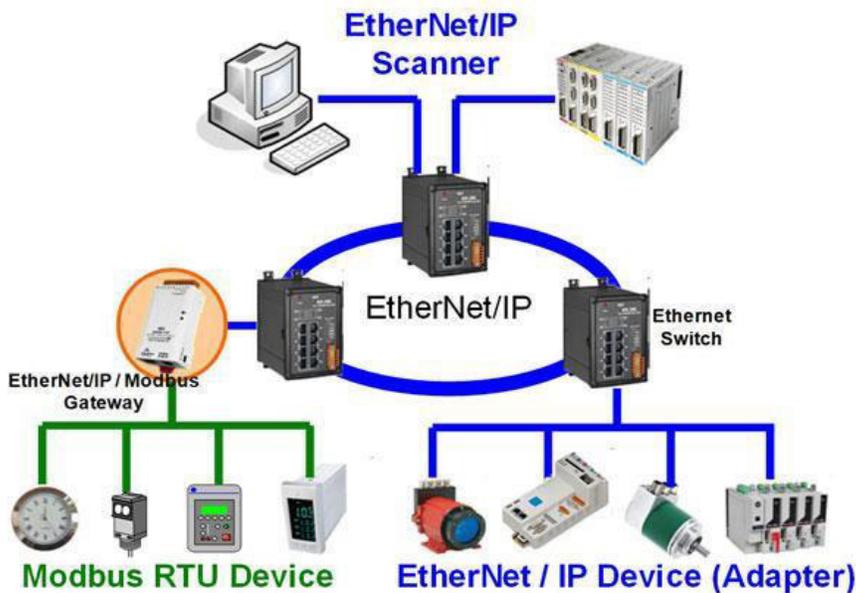
2.2.16 Ethernet

Para lograr una óptima operatividad en cualquier conjunto de computadoras que conformen un sistema laboral, ya sea en una sola oficina o en diversos equipos que intervengan en un proceso productivo, es necesario contar con herramientas que faciliten la interconexión y la reciprocidad de investigación entre los mismos.

La conexión entre dichos equipos se lleva a cabo mediante las conocidas como redes de comunicación, las cuales suelen denominarse redes en el entorno de administración y buses de comunicación en el sector industrial. Si se utiliza Ethernet, se hace referencia a las redes de área local LAN (Local Área Network), las cuales admiten la interconexión de mecanismos cercanos, tales como una oficina o una fábrica, entre otros, como explica Aquilino Rodríguez Penin en su obra de 2008.

Figura 17

Sistemas Ethernet



Fuente: Aquilino Rodríguez Penin, 2018

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1 Tipo de investigación

Por lo tanto la disposición de este método laboral proporciona una guía para ordenar y crear un esquema educativo que permita actualizar todos los aprendizajes adquiridos. En este apartado se desglosarán los fundamentos esenciales para el progreso de este emprendimiento. El proyecto se dividirá en cuatro etapas que han sido analizadas como las más idóneas, tomando como base el Capítulo II, el cual se explica en detalle a continuación.

Según Palella y Martins (2006), el tipo de investigación se refiere a la categoría de estudio que se va a llevar a cabo (p. 97) y su objetivo principal es guiar el análisis y la forma en que se recogerán los datos. En esta misma línea, Ramírez (2006) sostiene que a pesar de “las diversas propuestas existentes en cuanto a la clasificación de las investigaciones según su tipo y nivel, recomendamos adoptar aquella que, por su flexibilidad y amplitud, permita una rápida identificación de alguna de las opciones de investigación disponibles” (p. 74).

Se trata de una investigación tecnológica aplicada, en la que se llevará a cabo una búsqueda previa de información sobre temas relacionados con el proyecto para, posteriormente, proceder con el diseño del sistema de riego automatizado., posteriormente se propondrá el sistema de monitoreo humedad, lluvia, suelos; esto con el fin de optimizar el tiempo de producción de esta hortaliza en el distrito de Paramonga.

Según Vargas C. (2017), autor del libro de Investigación Aplicada, se entiende por investigación aplicada aquella que persigue la producción de “conocimientos que puedan aplicarse directamente a las problemáticas de la sociedad o el ámbito productivo, esta modalidad se apoya principalmente en los descubrimientos tecnológicos de la investigación básica, enfocándose en el proceso de vinculación entre la teoría y el producto” (p.34).

Su enfoque es cuantitativo debido a que la investigación se dedicara a recoger, procesar y analizar los datos de forma numérica. Según Ramírez (2006), la investigación que se realiza sobre el terreno o ambiente natural es conocida como

investigación de campo. Estas investigaciones permiten explorar directamente los efectos que se producen cuando interactúan diferentes tipos de variables. Además, se considera que es fundamental llevar a cabo este tipo de investigaciones en las ciencias, ya que su objeto de estudio es el ser humano y sus acciones, por lo que resulta altamente pertinente estudiar estos fenómenos en su contexto real, donde se producen, con el fin de observar y recopilar información y datos en el lugar mismo de los hechos (p.77).

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), el estudio cuantitativo se caracteriza por ser secuencial y probatoria, ya que cada etapa debe seguir a la anterior sin omitir ningún paso, y el proceso se lleva a cabo en un orden riguroso. Además, los resultados de las medidas se presentan a través de números y se comparan mediante metodologías estadísticas. Por otra parte, dentro del enfoque cuantitativo de la investigación fue considerada de una investigación de corte transversal, porque en la recolección de los datos, por una sola vez en un solo momento del tiempo que fotografió la realidad del momento.

2.3.2 Metodología de la investigación

Este estudio se fundamenta en la exploración y revisión de diversas fuentes de datos, incluyendo bases de datos, repositorios y publicaciones científicas, con el objetivo de fundamentar y respaldar la investigación realizada. En particular, el enfoque de la indagación está basada en el esbozo de una técnica de riego autónomo, el cual, contendrá todos los parámetros pertinentes para el ahorro de agua; en el cual, se podrá realizar un correcto uso de recursos no renovables y donde el suministro de agua y disolución mineral sean uniforme durante el proceso.

2.3.3 Investigación y levantamiento de información.

Se llevó a cabo la investigación pertinente de diversos trabajos de investigación previamente realizados acerca de sistemas de irrigación, al igual que cualquier otro proyecto existente en la materia.

Para ampliar nuestra comprensión acerca de las necesidades de los distintos cultivos, nos centramos en el volumen de agua necesario para obtener una cosecha óptima.

Al llevar a cabo la investigación de diferentes sistemas de riego automatizados que ya están en uso, se obtiene una comprensión más clara de ellos antes de comenzar a trabajar en el proyecto y se pueden obtener ideas para contribuir al desarrollo del mismo.

Para el desarrollo del diseño del sistema, se han empleado herramientas tecnológicas y diferentes programas de control lógico programable (PLC), así como expresiones de sistematización adicionales para la ordenación de los dispositivos que permitan cumplir con los requisitos del sistema y para su simulación.

2.3.4 Fase I: Diseño del Sistema y Selección de Equipos

Se ha desarrollado el diseño del procedimiento de riego que abarca la pulverización del agua y su distribución a lo largo de las tuberías, cumpliendo plenamente con las necesidades del área de cultivo. Es imprescindible seleccionar los equipos que satisfagan los requerimientos técnicos del sistema, en función de sus especificaciones.

2.3.5. Fase II: Diseño de Interfaz Gráfica y Código del PLC

En la creación del símbolo para la configuración del PLC, se ha empleado el lenguaje de programación ladder, utilizando el software Zelio Soft. Además, se ha desarrollado una interfaz gráfica a través del mismo software, lo que permitirá la supervisión y gestión remota y local del sistema de riego por parte del usuario.

2.3.6 Fase III: Evaluación del Sistema Diseñado

Para verificar la operatividad y viabilidad del sistema, se efectuaron pruebas minuciosas empleando un simulador, junto con la evaluación de la efectividad de los sistemas de manejo y transmisión de datos durante las pruebas remotas ejecutadas en el simulador.

2.3.7 Fase IV: Ajustes del Sistema

Se realizaron diversos ajustes para la mejora del diseño con relación al sistema de riego.

2.3.8 Aportes del Proyecto de Investigación

La finalidad del proyecto es otorgar una mejora socio – económica a la comunidad de Paramonga para que pueda desarrollar su sector agrícola, brindando

esta tecnología innovadora acorde a su necesidad de incrementar la productividad de sus cosechas y de esta forma lograr que los pobladores encuentren en esta actividad económica una fuente de desarrollo a mediano y largo plazo.

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Reconocer las tipologías de una propiedad ubicada en la jurisdicción de Paramonga para ser usados en la delineación de una técnica de riego

3.1.1. Descripción General

Paramonga es un distrito ubicado en Barranca, departamento de Lima, que se ha caracterizado por ser uno de los centros de labranza de la caña de azúcar. En este lugar, se encuentra la empresa Agroindustrial Paramonga que pertenece al grupo Wong. La compañía en mención tiene dentro de su capacidad de producción la mayoría de las tierras destinadas a las mieses de los cultivadores de la franja, puesto que el campesino del sitio, no cuenta con economía suficiente para poder desarrollar al 100% sus tierras. Sumado a esto, la empresa Agroindustrial Paramonga, tiene inyección económica privada que le ha autorizado a lo largo de los años desarrollar y aplicar planes agroindustriales automatizados con fines de exportación de productos como lo son la fresa y la quinua que no son oriundos de la zona.

Para dar un marco más general, se puede sustentar que la zona de Paramonga, si bien tiene tierras provechosas para los cultivos, tienen el factor económico como principal problema para optimizar el uso de sus chacras. Para indicar ello, se realizó la visita al huerto ubicado en las Av. Ramon Castilla Mz A-1 Lote 20 zona 3 puentes - distrito de Paramonga - provincia de Barranca – Lima que fue fundado por Vicenta Guerrero De Rojas Y Teodoro Máximo Rojas, en donde se ha registrado que disponen de un método de riego que se realiza de manera manual. El sistema actualmente en uso no logra una eficiencia satisfactoria ya que no utiliza adecuadamente los recursos hídricos y tampoco optimiza la distribución de fertilizantes.

3.1.2. Población de Paramonga

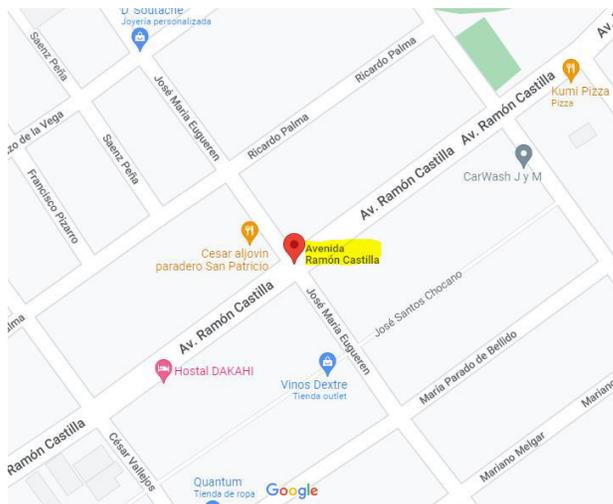
Según el INEI, para el CENSO realizado en el 2017, Paramonga tiene un total de 21,453 habitantes. (INEI, Censo Nacional 2017 Tomo nro. 04, p. 1278)

3.1.3. Conocer el área de estudio

Esta investigación realizó el estudio en el huerto ubicado en las Av. Ramon Castilla Mz A-1 Lote 20 zona 3 puentes - distrito de Paramonga - provincia de Barranca – Lima que fue fundado por VICENTA GUERRERO DE ROJAS Y TEODORO MAXIMO ROJAS, el cual se encuentra en cese de producción debido a que el sistema que manejaban era por proceso manual.

Figura 18

Ubicación del huerto ROJAS GUERRERO



Fuente: Google Maps

El estudio comienza con la evaluación del depósito de agua del cultivo, situado a una altura de 15 metros desde el punto donde empieza la zona de riego. El depósito, con extensiones de 6 metros de longitud, 4 metros de ancho y 2.5 metros de altura, fue analizado para determinar su capacidad de almacenamiento de agua. Se empleó un formulario para calcular su volumen.

$$\begin{aligned} V &= L(\text{largo}) \times W(\text{ancho}) \times H(\text{alto}) = 6\text{mts} \times 4\text{mts} \times 2,5\text{mts} \\ &= 60\text{metros cúbicos de agua o } 60.000 \text{ litros de agua.} \end{aligned}$$

Utilizando la cabida de acaparamiento de agua y la elevación del tanque con respecto al área de cultivo, se determinó la presión en la salida del punto de agua mediante la fórmula de presión hidrostática $P = \rho gh$, donde ρ es la densidad del agua en kg/m^3 , g es la aceleración debida a la gravedad en m/s^2 y h es la altura del agua sobre la válvula en metros. Para el agua a nivel del mar, la densidad del agua es de $1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ y la aceleración debida a la gravedad es de $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$. Para convertir la presión a psi, se divide entre 6.894,76. La presión en pascales del tanque ubicado en la propiedad es la subsiguiente:

$$P = (1000\text{kg}) \times (9,81\text{mts}/\text{seg}^2) \times (2,5\text{mts}) = 24.525 \text{ kg.mts}^2/\text{seg}^2.$$

En relación a la unidad de medida de libras por pulgada cuadrada, se obtiene una presión de 3,55 psi al dividir la presión en pascales (24.525) entre 6.894,76. Esta cantidad no es adecuada para el uso de aspersores en el riego del cultivo.

Figura 18

Tanque principal de agua del Terreno con medidas



Fuente: *Elaboración Propia*

El conducto de 1,5 pulgadas de diámetro que se localiza en excelentes ambientes, se extiende desde el estanque de agua hasta la bombilla de regadío, sin embargo, su estado cambia en cuanto llega a la bomba.

Las tuberías que salen de la bomba de agua están en muy mal estado, lo que resulta en pérdidas de agua a lo largo de todo el trayecto. Además, la distribución de estas tuberías es incorrecta, lo que significa que, incluso si funcionaran correctamente, no se cubriría adecuadamente toda la zona de cultivo.

Se lleva a cabo la labor manualmente mediante el uso de mangueras acopladas rectamente a las conducciones, sin emplear una bomba de agua para aumentar la coacción, lo que provoca un desperdicio de agua y fertilizantes, además de requerir un considerable tiempo de trabajo humano que se traduce en un gasto económico.

3.2. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Establecer las cuantificaciones necesarias para llevar a cabo el diseño del sistema de riego.

Para lograr un sistema de riego automatizado que cumpla con los objetivos deseados en el trabajo de campo, es necesario considerar ciertos parámetros cruciales.

Se han identificado diversas inconstantes para instaurar los razonamientos de riego, siendo las más relevantes la precipitación, la altura de agua en el estanque de almacenamiento, la calentura del motor y, sobre todo, la humedad del suelo. Estas variables deben estar interconectadas y operar bajo un algoritmo cuidadosamente diseñado para evitar posibles daños en la infraestructura del sistema.

En este estudio, se estableció como meta efectuar un método de control y energía que será controlado a través de una interfaz de usuario para regar el terreno. El factor determinante para activar o desactivar el riego será la altura de humedad actual en el suelo, el cual se medirá mediante un sensor de agua conectado derechamente al PLC, que interpretará los valores de voltaje y los traducirá en porcentajes. Además, el sistema permitirá la fertilización remota del terreno. El sistema debe desempeñar son las siguientes funciones:

3.2.1 Características del Riego Manual

El control manual del sistema de riego es una funcionalidad esencial que se debe contemplar, esto es necesario ya que, en algún momento, el sistema puede presentar alguna falla y el operador presente en el terreno podría cancelar la operación, por otro lado, cabe la peripecia de que se ocasione un error en la lectura de los datos provenientes de los sensores de humedad, lo que podría impedir el funcionamiento correcto del sistema.

3.2.2 Requerimientos para el riego manual

Con En caso de que falle el sistema automatizado de riego, es necesario contar con la opción de riego manual, en la cual el operador pueda controlar directamente el riego del terreno tanto en el campo como mediante la interfaz gráfica.

Para esto, el operante deberá tener la capacidad de cerrar o abrir la electroválvula correspondiente al conducto que riega la siembra a través de los goteros y también activar o desactivar la bomba según sea necesario.

3.2.3 Condiciones para el riego manual

Fue definido un contiguo de requisitos para la técnica de riego operado manualmente, entre los cuales se incluyen:

- **Nivel del agua:** Es necesario que la bomba realice una verificación previa antes de su activación para fijar la apariencia de agua en el tanque, con el fin de prevenir posibles daños en su funcionamiento. En cuestión de que el tanque contenga agua, la bombilla podrá ser puesta en marcha sin inconvenientes.

- **Electroválvulas:** Es imprescindible que la electroválvula ubicada en el conducto de riego se encuentre en posición abierta antes de activar la bomba, ya que si se halla cerrada, el sistema no podrá ser puesto en marcha y la bomba no funcionará. Si se desea detener el sistema que se encuentra en pleno funcionamiento, es necesario detener la bomba antes de cerrar la electroválvula. En caso contrario, si la electroválvula es cerrada primero, el sistema automáticamente detendrá la bombilla que prevenga algún daño en el procedimiento. Para permitir la apertura de la electroválvula de riego, es esencial que la electroválvula de

fertilización se encuentre en posición cerrada.

3.2.4 Características del Riego Automático

La gestión del régimen de riego se llevará a cabo de forma independiente, sin requerir de la intervención de un operario en el terreno que prenda o apague el riego, sino que se basará en el agua de la superficie. De esta manera se podrá aprovechar y ahorrar el agua, un recurso escaso en el terreno durante las temporadas de sequía. Además, el procedimiento de riego podría ser monitoreado y controlado mediante una interfaz gráfica, accesible en el terreno como desde cualquier parte del mundo a través de internet.

3.2.5 Requerimientos para el riego automático

Bajo la modalidad de riego automatizado, el sistema estará capacitado para llevar a cabo el riego del terreno sin intervención humana, considerando los datos brindados por los medidores de humedad que se instalarán en el terreno. Dichos datos serán analizados por el PLC, y en función de ellos y las necesidades particulares de humedad del terreno, se iniciará o detendrá el riego de la cosecha, mediante la activación o desactivación de la bomba y la electroválvula correspondiente. Será posible asignar un umbral de humedad, por debajo del cual el sistema iniciará el riego y por encima del cual lo suspenderá.

Es necesario que el sistema de riego incluya un parámetro adicional para la automatización del riego: la lluvia. La presencia de lluvia se detectará Por medio de un detector de precipitaciones, enlazado al PLC. Si el dispositivo detecta la presencia de lluvia, el riego tendrá que ser interrumpido de forma automática.

3.2.6 Circunstancias para el riego automático

Se han definido una serie de requisitos para el correcto ejercicio de la técnica de riego automático, entre los cuales se incluyen:

- **Nivel del agua:** Previo a su activación, se debe verificar la existencia de agua en el tanque por parte de la bomba, con el propósito de evitar cualquier perjuicio. Si se detecta la presencia de agua en el contenedor, se podrá proceder a encender la bomba sin contratiempos.
- **Electroválvulas:** Es esencial que la válvula eléctrica, situada en la

tubería de riego, esté abierta antes de poner en marcha la bomba, ya que de lo contrario, el sistema no operará y la bomba no se encenderá. Para asegurar una interrupción adecuada del riego, se debe seguir un procedimiento específico: en primer lugar, se debe detener la bomba y, posteriormente, cerrar la válvula eléctrica correspondiente. Si se realizara la operación en orden inverso, la integridad del sistema podría verse comprometida.

Para evitar posibles fallas en la electroválvula, se debe tener en cuenta que no se puede encender y apagar de forma consecutiva sin un tiempo de espera establecido. Además, es importante asegurarse de que la electroválvula del sistema de fertilización se halle sellada para evitar complicaciones.

- **Bomba:** El sistema de riego automático solo activará la bomba si los valores de humedad del suelo están por debajo del mínimo establecido. Además, es importante destacar que la bomba no debe encenderse y apagarse de manera consecutiva, sino que se debe esperar un tiempo específico para evitar su mal funcionamiento. También es necesario monitorear la temperatura de la bomba, ya que un aumento excesivo en su temperatura puede ocasionar su mal funcionamiento. Si se detecta una temperatura mayor a la permitida, el sistema debe apagar la bomba de manera inmediata para evitar daños en la misma.

- **Sensor de humedad:** Es necesario monitorear continuamente la humedad del suelo, ya que esto será determinante para el riego de los cultivos, por lo que se requerirá de un sensor para medirla y comunicarla al PLC, con el fin de activar o desactivar el sistema de riego automáticamente.

El sistema deberá contar con la capacidad de establecer un rango de humedad específico que funcione como referencia para iniciar o suspender el riego. Es importante que los límites de humedad sean flexibles y personalizados para cada tipo de cultivo. Si el sensor de humedad detecta un nivel de humedad por debajo del límite inferior establecido, el sistema activará el riego mediante la bomba y la electroválvula, siempre que se cumplan las condiciones previas. En caso contrario, si el nivel de humedad detectado es superior al límite superior definido, el sistema debe detener el riego, apagar la bomba y cerrar la electroválvula después de

verificar las condiciones preestablecidas.

- **Sensor de Lluvia:** La detección de lluvia por parte del sensor permitirá el cese automático del riego, sin importar su estado previo. De esta manera, se garantiza la prevención del exceso de agua en la siembra y se promueve un uso eficiente del recurso hídrico.

- **Fertilización:** La propuesta de diseño posee la habilidad de controlar el riego y la fertilización de forma autónoma y remota, sin requerir la presencia física en el terreno. Esto conlleva a una mayor economía de recursos y una gestión más efectiva del proceso de cultivo.

3.2.7 Modalidad de fertilización

Durante el modo de fertilización, el sistema debe habilitar la bomba y la electroválvula para permitir la combinación del agua del depósito principal con el agua fertilizante contenida en el tanque específico, donde los productos químicos para la fertilización son agregados mediante el inyector Venturi. Este proceso se puede llevar a cabo de manera remota, sin requerir la presencia física en el área de cultivo.

3.2.8 Condiciones técnicas

- **Nivel del agua:** Antes de poner en funcionamiento la bomba, es necesario que esta verifique la presencia de agua en el depósito principal, a fin de evitar posibles daños. En caso de que se detecte agua en el estanque, la bombilla podría ser activada sin inconvenientes.

- **Electroválvulas:** Antes de activar la bomba, la electroválvula que se encuentra en la tubería de fertilización debe estar abierta, de lo contrario el sistema no se podrá poner en marcha. Es importante mencionar que la electroválvula no debe ser encendida y apagada en intervalos cortos de tiempo, ya que esto puede causar daños en la misma. Si se desea detener el proceso de fertilización mientras los aspersores estén en funcionamiento, es necesario primero extinguir la bombilla y después taponar la electroválvula correspondiente. Es importante destacar que ambas electroválvulas no pueden estar abiertas al mismo tiempo, y la electroválvula del sistema de riego debe permanecer cerrada.

3.3. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Valuar el procedimiento de riego automatizado diseñado a través de simuladores de PLC.

Luego de establecer el diseño, se procedió a escoger los dispositivos óptimos que se adaptan de manera más efectiva al plan diseñado. A continuación, se detallan los equipos seleccionados.

3.3.1 Bomba de Riego

Se optó por emplear un tipo de bomba centrífuga de la marca IPT que cuenta con una capacidad de 7200 galones por hora y una potencia de 2 caballos de fuerza, específicamente el modelo 2828-IPT-95.

Cada modelo de bomba tiene una curva característica que determina su caudal y altura máxima en litros por minuto, no obstante, en este diseño, la altura no resulta crucial debido a que la bomba se ubica en un punto elevado con respecto a la zona de riego, lo que permite seleccionar una bomba de menor potencia.

Figura 20

Bomba de Agua IPT de 2HP



Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/Bomba-centr%C3%ADfuga-autocebante-hierro-fundido/dp/B000N4T7UC>

3.3.2 Tuberías

Se eligieron rollos de 100 metros de longitud de tuberías de polietileno con un diámetro de 1,5 pulgadas para este diseño.

Figura 21

Tubería de Polietileno



Fuente: <https://iberogarden.com/tuberia-polietileno/168-tuberia-polietileno-agricola-20-mm-varias-presiones.html>

3.3.3 Goteros

Se eligieron dosificadores de botón implantados de la marca Rain Bird para aplicar el riego inmediato a las plantas, con una disposición de cuatro goteros por planta, lo que permite mantener una humedad óptima alrededor de cada una de ellas.

Figura 22

Gotero RainBird



Fuente: <https://www.rainbird.com/es/products/goteros-en-linea-goteros-boton-compensacion-de-presion>

3.3.4 Sensor de Humedad

El modelo seleccionado para el sensor de humedad es el Watermark 200SS-V de la marca IRROMETER, el cual tiene la capacidad de medir la humedad del suelo mediante salidas de voltaje que enviarán señales al sistema automatizado en caso de detectar una disminución en el nivel de humedad.

Figura 23

Sensor de Humedad Watermark 200SS-V



Fuente: <https://hydrocultura.com/products/sensor-humedad-watermark-200ss>

3.3.5 Inyector tipo Venturi

Se decidió seleccionar el inyector de la estampilla Mazzei, específicamente el modelo Venturi-75, el cual cuenta con un dispositivo de aspiración que facilita la incorporación del fertilizante al método sin requerir el uso de una bomba para su inyección.

Figura 24

Inyector Venturi Mazzei Venturi-75



Fuente: <https://corporacions3.com/product/inyector-venturi-mazzei/>

3.3.6 Flotante de Agua

Se optó por elegir un interruptor de nivel de agua eléctrico, el cual enviará una señal al controlador lógico programable (PLC) para detener el sistema en caso de que el agua en el tanque alcance su altura mínima. Esto evitará cualquier daño a la bomba debido a la falta de agua. El interruptor de nivel de agua seleccionado es de la marca ALS, con el modelo HYSK104.

Figura 25

Flotante de Agua ALS HYSK104



Fuente: <https://listado.mercadolibre.com.ve/plomeria-tanques-niveles-flotantes/carabobo/>

3.3.7 Sensor de Lluvia

Se eligió el dispositivo de detección de precipitaciones de la marca Rain Bird, concretamente el modelo RSD-BEX, que proporcionará un ahorro de agua al detener automáticamente el riego en caso de lluvia.

Figura 26

Sensor de Lluvia RainBird RSD-BEX



Fuente: <https://www.rainbird.com/es/products/sensor-de-lluvia-de-la-serie-rsd>

3.3.8 Electroválvulas

Se eligieron las válvulas electromagnéticas de la serie PEB de RainBird, con modelo 150-PEB y un diámetro de 1,5 pulgadas. Estas válvulas tienen una característica de cierre gradual que evita los golpes de ariete, lo que protege el sistema contra posibles daños.

Figura 27

Electroválvula RainBird 150-PEB



3.3.9 CPU del PLC

Se optó por el procesador ControlLogix 1200 de Rockwell Automation porque satisface las necesidades de gestión de entradas y salidas, potencia de procesamiento, habilidad para controlar de manera remota mediante una interfaz Ethernet y semejanza con el software de ficción ZELIOsoft.

Figura 28

CPU del PLC ControlLogix 1756

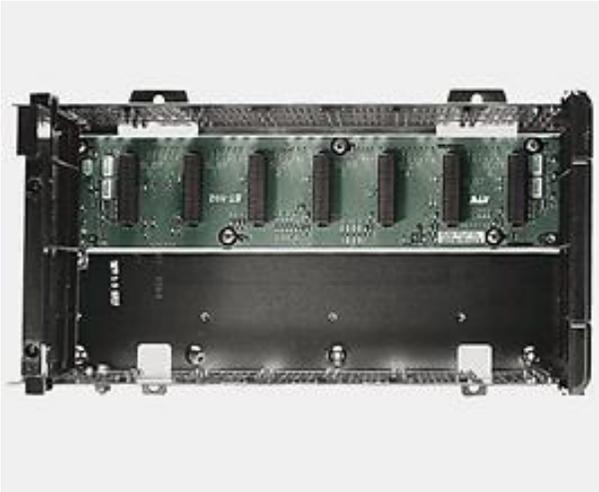


3.3.10 Chasis del PLC

Se seleccionó un chasis de la marca Rockwell Automotion para el modelo de ControlLogix PLC, en el que se instalarán los módulos del PLC, incluyendo la unidad central de procesamiento (CPU) y los módulos de entrada y salida.

Figura 29

Chasis del PLC ControlLogix



3.3.11 Módulo de Entradas del PLC

El módulo de entrada seleccionado para el sistema es el modelo 1756 ControlLogix Digital/Analog VAC Input Module de Rockwell Automotion, el cual es capaz de administrar hasta 16 entradas y conectarse directamente al chasis. Su propósito es recolectar información de las variables que se medirán.

Figura 30

Módulo de Entradas del PLC 1756 ControlLogix Digital/Analog VAC Input Module



3.3.12 Módulo de Salidas del PLC

Se optó por el canon de salidas modelo 1756 ControlLogix Digital VAC 2 Amp Output Module de la marca Rockwell Automotion, el cual ofrece hasta 8 salidas y se conecta directamente al chasis. Su función será agilizar la bombilla y las electroválvulas del sistema.

Figura 31

Módulo de Salidas del PLC 1756 ControlLogix Digital VAC 2 Amp Output Module



3.3.13 Selección de Software

Para realizar la programación del sistema se necesita escoger un lenguaje de programación adecuado para cada dispositivo, lo que permitirá alcanzar los objetivos del proyecto de manera eficiente. Para ello, es necesario programar tanto la aplicación del PLC como la interfaz de usuario con el ordenador que controla el sistema.

3.3.14 Software de Programación del PLC

Se decidió utilizar el software ZELIOsoft de Rockwell Automotion, debido a que tiene la capacidad de dividir la aplicación en programas más pequeños, lo que permitirá su reutilización en el futuro.

Además, ofrece la opción de crear rutinas e instrucciones utilizando diferentes expresiones de programación, tales como lógica de escala, diagrama de bloques de ocupaciones y texto organizado.

El software está diseñado específicamente para los servicios de la serie ControlLogix de Rockwell Automotion, pero también es relacionado con la serie

Logix de Simmes de controladores programables de automatización (PAC).

3.3.15 Software Emulador del PLC

El programa ZELIOsoft de la compañía Rockwell Automotion fue elegido para el monitoreo del chasis. Este software es una herramienta de escritorio para Windows que permite emular un PLC ControlLogix 1756, lo que facilita la ejecución y prueba del código de aplicación sin la necesidad de conectarse físicamente al hardware. Esta herramienta puede utilizarse conjuntamente con el software Zeliosoft para disminuir los errores de programación que podrían surgir al momento de implementar el proyecto en el campo de trabajo.

3.3.16 Software de Comunicaciones

La elección recayó en la herramienta de software RSLinx para administrar la interconexión de los diferentes dispositivos. Dicha herramienta permite que los controladores de la marca Rockwell Automotion tengan acceso a diversas aplicaciones de la misma empresa, tales como RSLogix 5000, RSLogix Emulate y Factory Talk View, como se explica en los documentos adjuntos G y H.

3.3.17 Software de la Interfaz con el Usuario

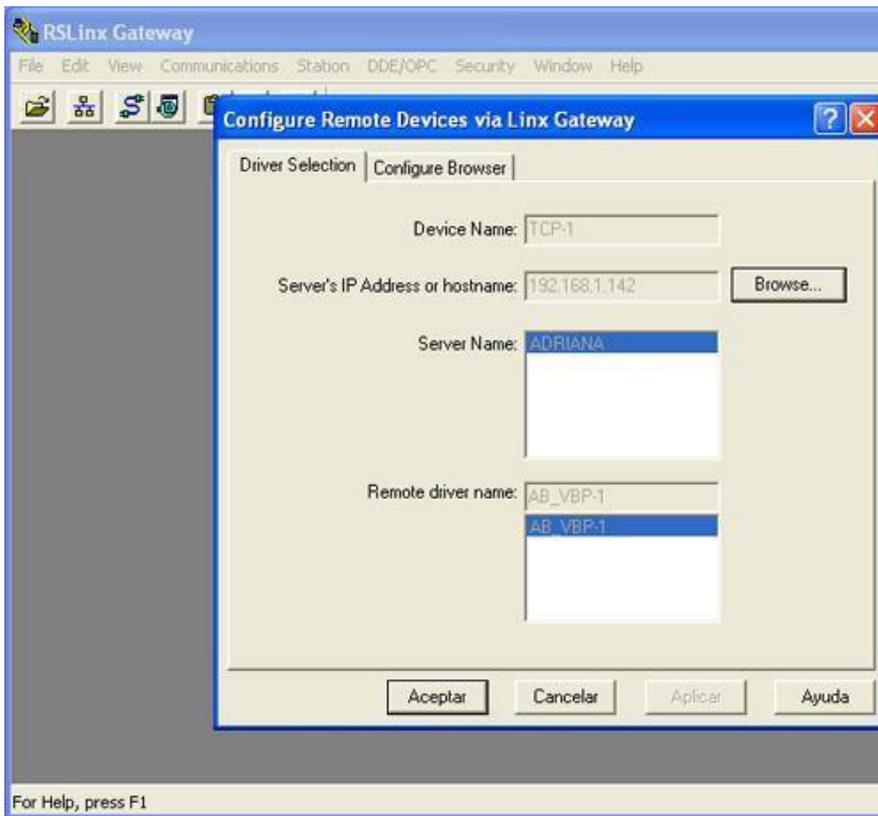
Se ha decidido emplear el software Factory Talk View de Rockwell Automotion para desarrollar la interfaz de usuario del proyecto. Esta herramienta permitirá crear una interfaz gráfica que imita el comportamiento de la aplicación final, programada en RSLogix 5000. Aunque existen otras alternativas para la creación de interfaces gráficas, como Visual Basic, la elección de Factory Talk View se hizo por consideraciones económicas relacionadas con las licencias del software.

3.3.18 Selección de la solución para la comunicación con el sistema remoto

Se optó por emplear el software de comunicaciones RSLinx con el objetivo de establecer una conexión entre la aplicación que corre en el PLC y la interfaz remota. Dicho software utiliza un protocolo TCP/IP para establecer una comunicación eficiente entre los distintos dispositivos, previa configuración de la dirección IP de cada computador. Se describen A continuación, detalladamente los caminos que se llevaron a cabo para lograr la configuración necesaria:

Figura 32

Puerta de configuración de equipos remotos vía Linx



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 32 se puede apreciar la disposición de los dispositivos remotos mediante el uso de RSLinx, el cual fue configurado desde la máquina a distancia. La tabla siguiente proporciona la descripción de cada uno de los parámetros.

Tabla 4

Configuración de equipos remotos

Device Name	Se configura por defecto “TCP-1”
Server’s IP Address	Dirección IP de la maquina servidora
Server Name	Nombre del equipo servidor
Remote driver Name	Se configura por defecto “AB_VBP-1”

Fuente: Elaboración Propia

Al introducir la dirección IP de la máquina que aloja la aplicación, es posible administrarla mediante el software Factory Talk View desde un aparato remoto, utilizando la red de internet disponible. Esta información ha sido creada por el autor de manera autónoma.

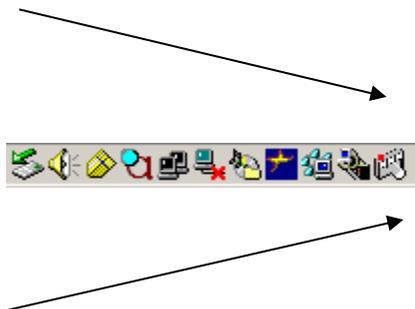
La presente práctica está orientada a aquellos usuarios que dudan acerca de la viabilidad de implementar EtherNet/IP en sus aplicaciones. Aunque es una ventaja tener experiencia previa con RSLogix 5000 y RSLinx, no es un requisito indispensable para llevar a cabo la práctica.

Antes de comenzar

Para iniciar esta sesión, se deben realizar los subsiguientes procedimientos de disposición en el mecanismo:

1. Cerrar todas las diligencias en funcionamiento.

2. Hacer clic derecho en el icono de RSLinx en la fuente del servicio ubicada en la esquina inferior derecha del escritorio, y seleccionar la opción "Cerrar RSLinx".



3. Verifique que el Directorio de Servicios RSI también haya sido detenido al apagar RSLinx, ya que debe finalizar su funcionamiento.

4. Haga clic dos veces en el acceso directo "Batch Files" en el escritorio.



(archivos Batch).

1. Haga doble clic en el archivo **Intro to EthernetIP.bat**



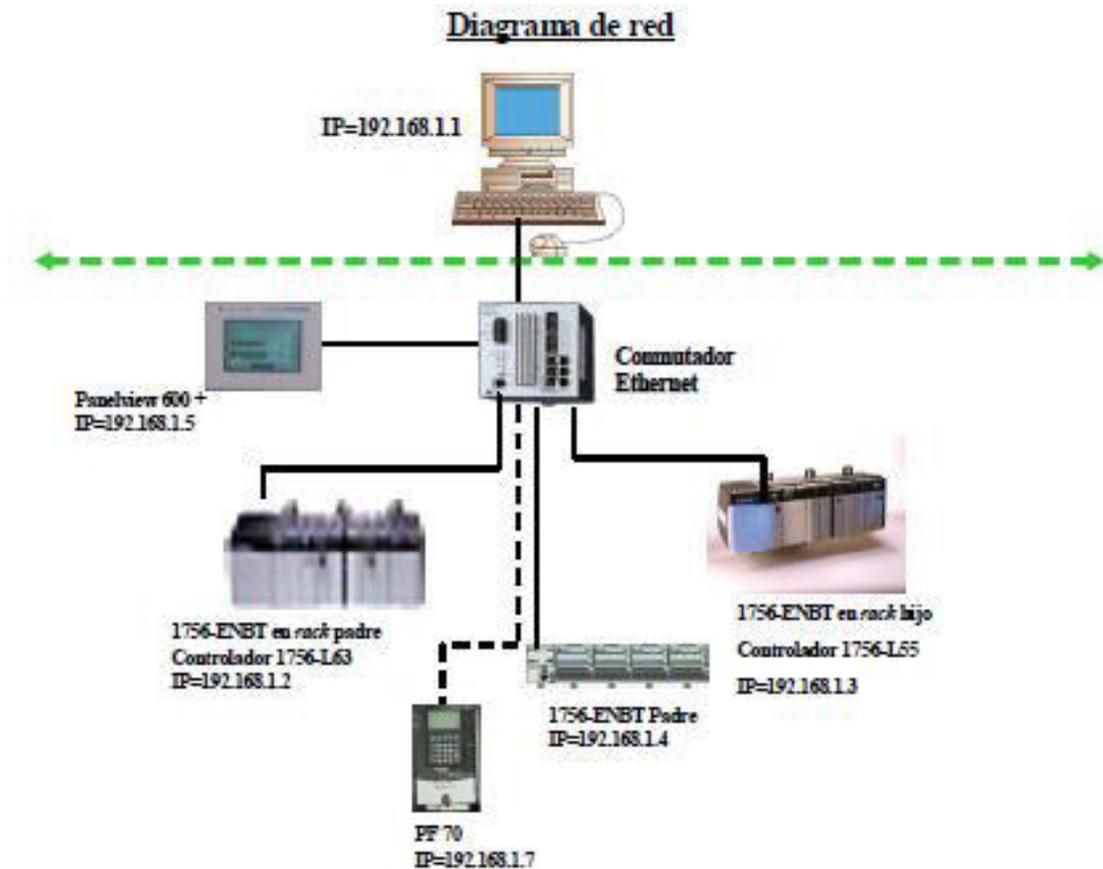
3. Si los controladores ControlLogix no están en modo Remote Program (programa remoto) todavía, es necesario usar la

llave para cambiar al modo correspondiente.

3.4. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Determinar el tipo de conexión de red hacia el monitoreo remoto del procedimiento

3.4.1 Diagrama de red

El enlace para la red de monitoreo se hará con red EtherNet/IP:



Por favor, debe revisar en la tabla proporcionada las direcciones IP que serán empleadas en la reunión que tendrá lugar en un futuro próximo. Utilice esta información como referencia para garantizar una conexión adecuada.

Dispositivos de red	Direcciones IP	Ubicación
PC	172.16.x.1	Autónomo
1756-ENBT/B	172.16.x.2	Chasis "padre"
1756-ENBT/B	172.16.x.3	Chasis "hijo"
1794-AENT	172.16.x.4	Flex I/O
VersaView CE 1000H	172.16.x.5	Autónomo
Variador PowerFlex70	172.16.x.7	Autónomo

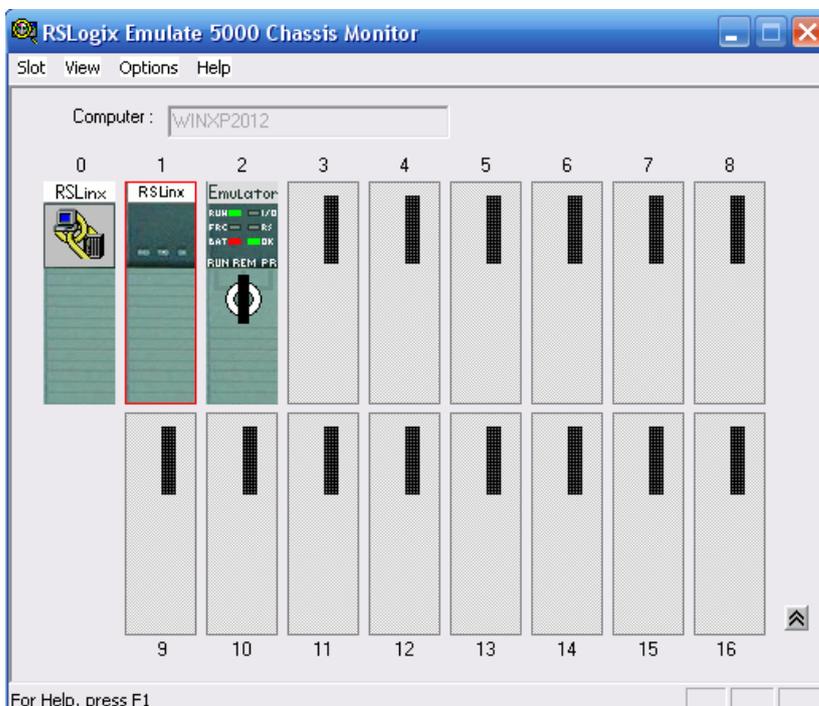
3.4.2 Interfaz Gráfica y Pruebas del Sistema

Con el objetivo de administrar y supervisar el método de riego construido desde una ubicación remota, se precisó el desarrollo de una plataforma visual, que permitiera al usuario manejar el riego del área de manera sencilla, amable e instintiva, ya sea de manera manual o automática. Asimismo, esta herramienta debía tener la capacidad de encender o apagar la aplicación de fertilizantes.

Para llevar a cabo la creación de esta plataforma visual, se requirió la utilización del programa Factory Talk View de Rockwell Automation, el cual permitió desarrollar diversos comandos interconectados directamente con el Controlador Lógico Programable (PLC) a través de etiquetas (TAGs). Es importante destacar que el PLC operó mediante el uso del simulador RSLogix Emulate, el cual debió ser activado para llevar a cabo los experimentos, ya que simula el comportamiento del PLC RSLogix5000.

Figura 33

RSLogix Emulate 5000 Chassis Monitor



Fuente: Elaboración Propia

La plataforma visual de manera que siempre se pudiera monitorear en tiempo real el estado actual del sistema, permitiendo verificar de manera rápida

si el riego está en proceso, mediante el uso de una representación gráfica del flujo en los dosificadores, o si la bombilla o las electroválvulas están activas, indicado por un código de colores, ya sea verde o rojo, entre otros. Para mantener la situación presente del procedimiento visible y evitar recargar la pantalla con inspecciones y opciones, se emplearon ventanas para ajustar los distintos parámetros.

Se ubicó en la parte inferior derecha de la interfaz gráfica un panel destinado a exhibir las notificaciones generadas por el sistema, como la baja cantidad de agua en el tanque, la temperatura elevada del motor o la presencia de lluvia. Adicionalmente, se incluyó un botón "Borrar todo" que permite eliminar el historial de las alertas.

Si hubiera más de tres alertas, se podría desplazar a través del marco con un selector para visualizar las más antiguas.

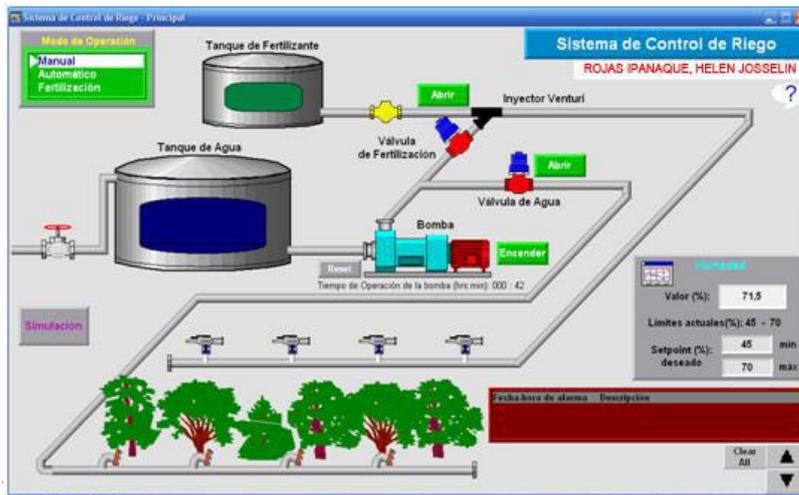
En la esquina superior izquierda de la pantalla se ha instalado un control de selección que permite cambiar el modo de operación según sea necesario, como el riego manual, automático o la fertilización.

En el modo de operación "Manual", se agregaron tres botones adicionales, uno para la bomba de agua y dos para las electroválvulas. Estos botones funcionan como interruptores para encender o apagar manualmente la bomba y las electroválvulas sin tomar en cuenta la lectura del sensor de humedad.

Al seleccionar el modo de operación "Manual", es posible iniciar el riego mediante la activación de la bomba y la electroválvula que controla el flujo de agua hacia los goteros. Del mismo modo, se puede aplicar fertilizante mediante la activación de la bomba y la electroválvula que controla el flujo de agua hacia los aspersores.

Figura 34

Interfaz gráfica, modo de operación "Manual"

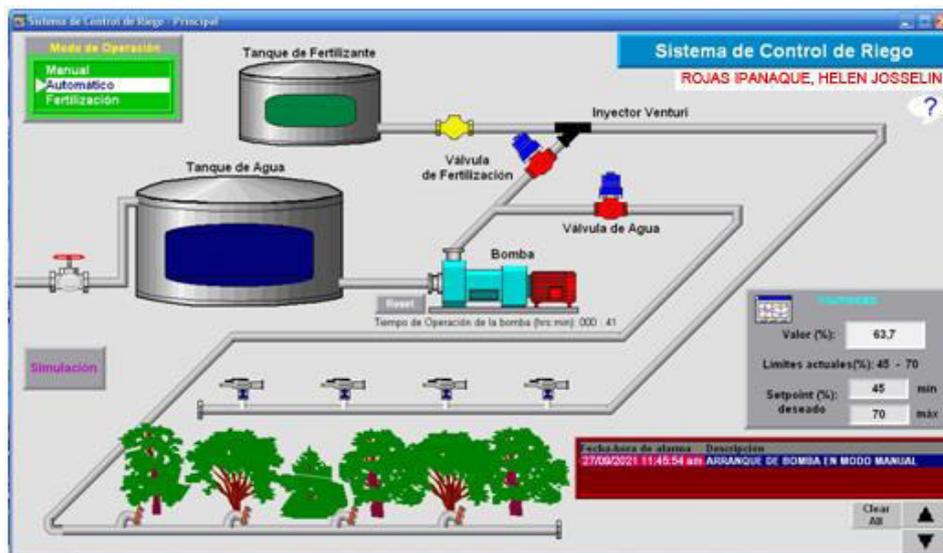


Fuente: Elaboración Propia

Una vez habilitado el modo "Automático", los botones que controlan las electroválvulas y la bomba se ocultan, en su lugar aparece un cuadro denominado "Humedad" ubicado en la esquina inferior derecha de la interfaz. Este cuadro muestra la lectura actual de humedad del suelo obtenida por los sensores en tiempo real y se acompaña con dos campos para establecer el valor mínimo y máximo de humedad permitido por el sistema, los cuales pueden ser ajustados por el usuario para adaptarse a las necesidades específicas del cultivo.

Figura 35

Interfaz gráfica, modo de operación "Automática"

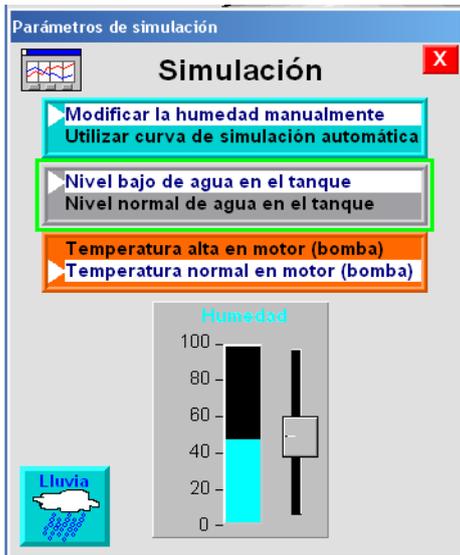


Fuente: Elaboración Propia

Cuando se está en el modo maquinal, es posible ingresar a la ventana de "Configuración de parámetros" haciendo clic en el botón "Simulación" situado en la parte izquierda de la pantalla.

Figura 36

Ventana parámetros de simulación



Fuente: Elaboración Propia

Se habilitó una ventana denominada "Parámetros de simulación" al hacer clic en el botón "Simulación" que se sitúa en el lado izquierdo de la interfaz. En la sección superior de la pantalla, se pueden apreciar tres recuadros que habilitan la edición de diversos parámetros para simular el sistema. El primer cuadro permite simular la fluctuación de la humedad de forma análoga a la naturaleza, utilizando una fórmula matemática para su incremento y otra para su disminución. Al utilizar esta alternativa, la humedad se ajusta automáticamente y se refleja en el indicador correspondiente en la parte inferior de la pantalla.

En el marco inicial, se puede escoger la alternativa "Modificar humedad manualmente", que permitió establecer distintos porcentajes de humedad mediante el selector en la parte inferior de la ventana. A diferencia de antes, donde solamente se podía visualizar la humedad, ahora es posible modificarla y variar estos valores para asegurar el correcto desempeño del procedimiento.

En la segunda sección de la ventana de "Simulación", se tuvo la capacidad de recrear una situación en la que el flotador del tanque de agua indica que el nivel de agua es bajo, lo que evitará que la bomba se encienda y prevendrá

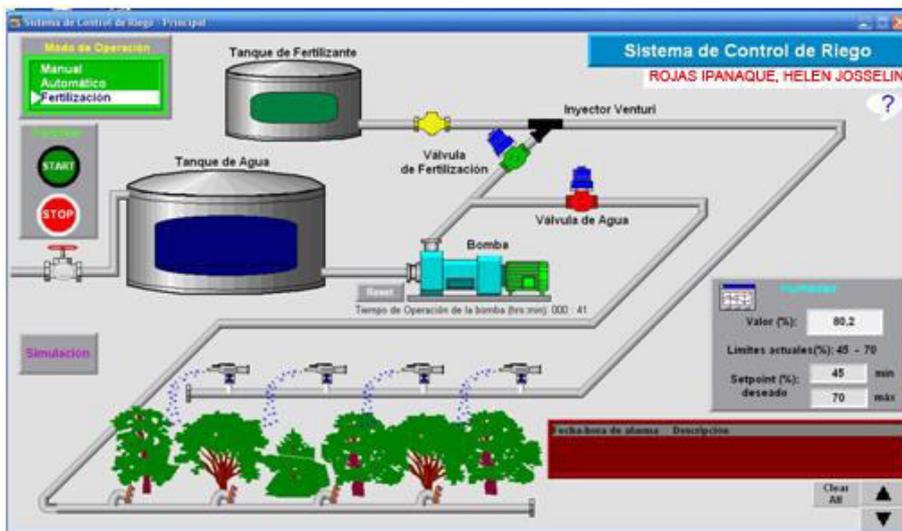
posibles daños.

En el tercer cuadro de la ventana de "Simulación", se consiguió imitar el contexto de alta temperatura en la bomba de agua. Al activar esta opción, se pudo comprobar cómo el sistema detectaba y evitaba la pérdida de la bomba al detenerse automáticamente en caso de un recalentamiento.

En la esquina inferior izquierda de la pantalla, se localiza un botón con el nombre "Lluvia", que al ser presionado permite simular la apariencia de lluvia en el terreno, la cual sería detectada por un sensor. Al activar esta opción, se pudo observar cómo el sistema interrumpía el riego automáticamente en respuesta a la lluvia.

Figura 37

Interfaz gráfica, modo de operación "Fertilización"



Fuente: Elaboración Propia

Al optar por la opción de funcionamiento denominada "Fertilización", se puede percibir la aparición de un recuadro situado en la parte siniestra de la pantalla, que exhibe dos botones claramente visibles: Start y Stop, mediante los cuales se logró llevar a cabo la simulación del proceso de fertilización, permitiendo que la válvula electromagnética correspondiente se abra de forma adecuada, al igual que la bomba de agua.

3.5. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5: Diseñar el sistema de monitoreo adecuado para la supervisión del proceso.

3.5.1 Simulaciones del sistema de monitoreo

Después de la creación del programa en escalera que guía el PLC en la intervención de las variables del diseño y la creación de la interfaz gráfica para controlar remotamente el sistema de riego, se realizó el estudio de los efectos derivados.

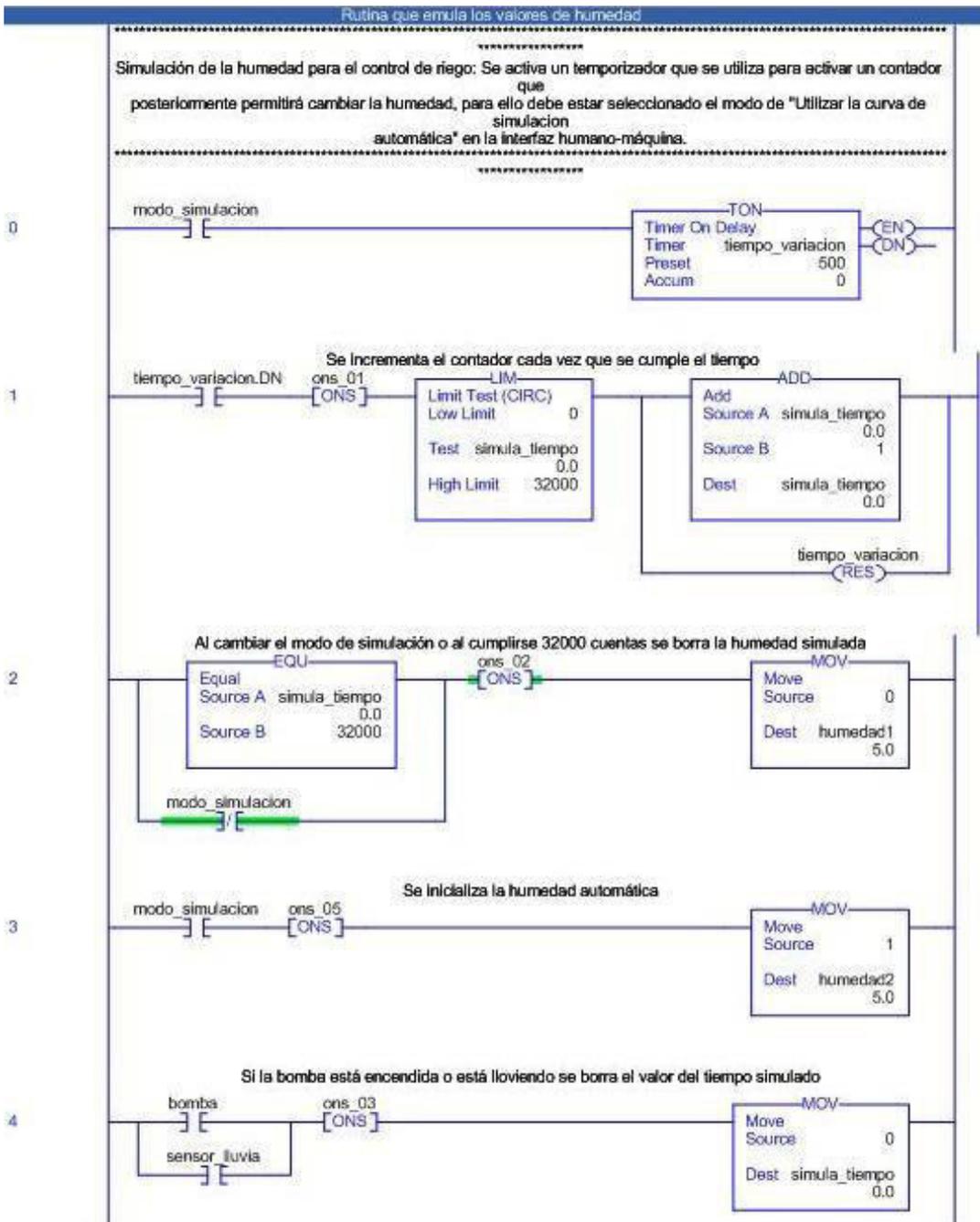
El diseño incluye una variedad de elementos, tanto electrónicos como mecánicos, así como software, el cual es el componente esencial del sistema.

Durante las pruebas efectuadas en los programas RSLogix 5000 y RSLogix Emulate 5000 Chasis Monitor, se evidenció la operación adecuada del sistema en su totalidad, permitiendo el manejo a distancia del riego y fertilización.

Se llevaron a cabo diferentes simulaciones, incluyendo:

- **Bajo nivel de humedad en el suelo:** Se realizó con éxito la simulación de la disminución de la humedad adecuada para el crecimiento de las plantas, lo que provocó una respuesta automática del sistema. La bomba de agua y la electroválvula fueron activadas, permitiendo el flujo del agua a través del conducto hacia los dosificadores situados en la base de las plantas.

Rutina de Simulación de Valores de Humedad – primera parte

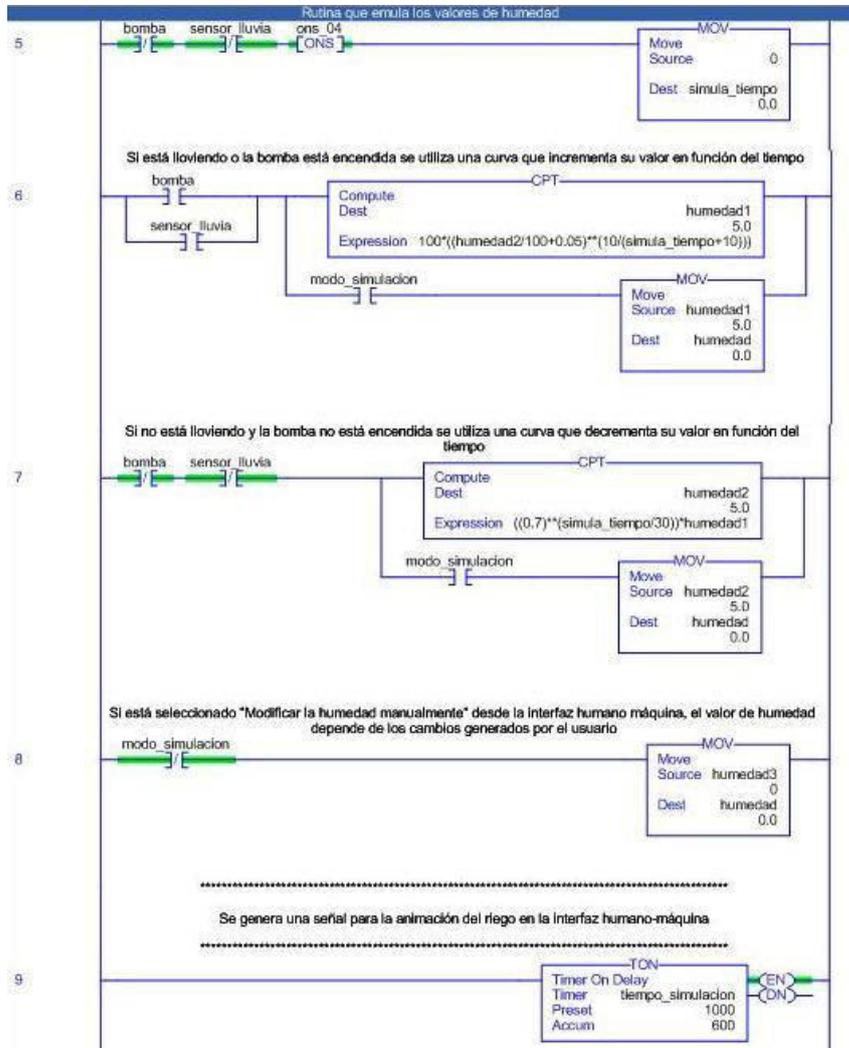


Alto nivel de humedad en el suelo: Además, se logró emular el incremento de la humedad en el suelo y se pudo visualizar su evolución en la interfaz gráfica en función del tiempo, hasta que alcanzó el valor máximo establecido en el programa del PLC como límite superior. En ese momento, el sistema procedió a detener la irrigación de forma eficaz, apagando la bomba y cerrando la electroválvula correspondiente.

Riego y presencia de lluvia: Se simuló una situación donde el sistema estaba regando y de repente comenzó a llover, lo que activó el sensor de lluvia

y permitió observar cómo se detuvo automáticamente el riego para evitar un exceso de agua en las plantas.

Rutina de Simulación de Valores de Humedad (Parte 2)

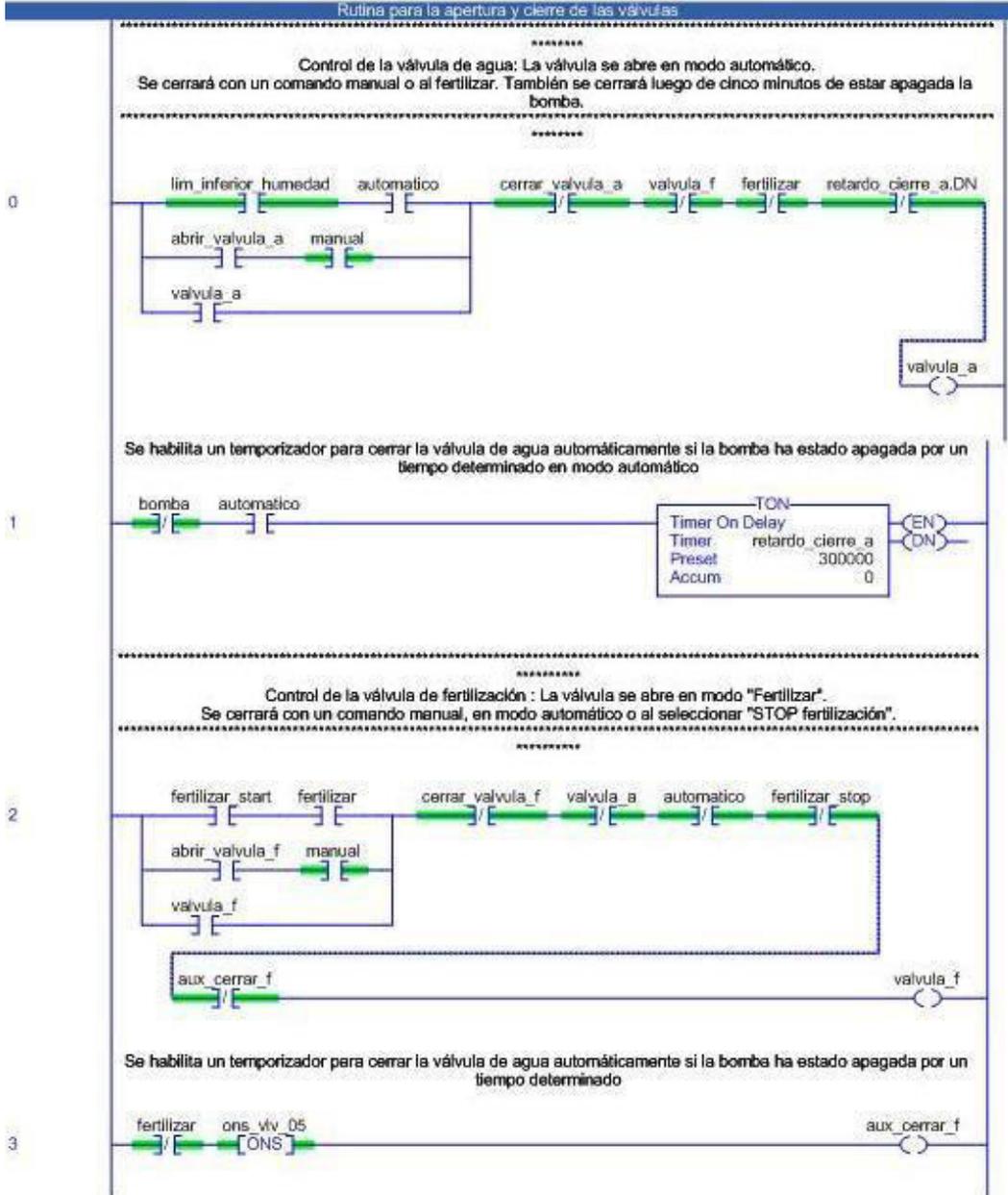


Control manual: Se realizó una simulación del control manual, mediante un selector que habilitó el encendido y apagado del sistema, verificando su correcto funcionamiento, ya que permitió detener o iniciar el riego independientemente de lo que estuviera ocurriendo en ese momento.

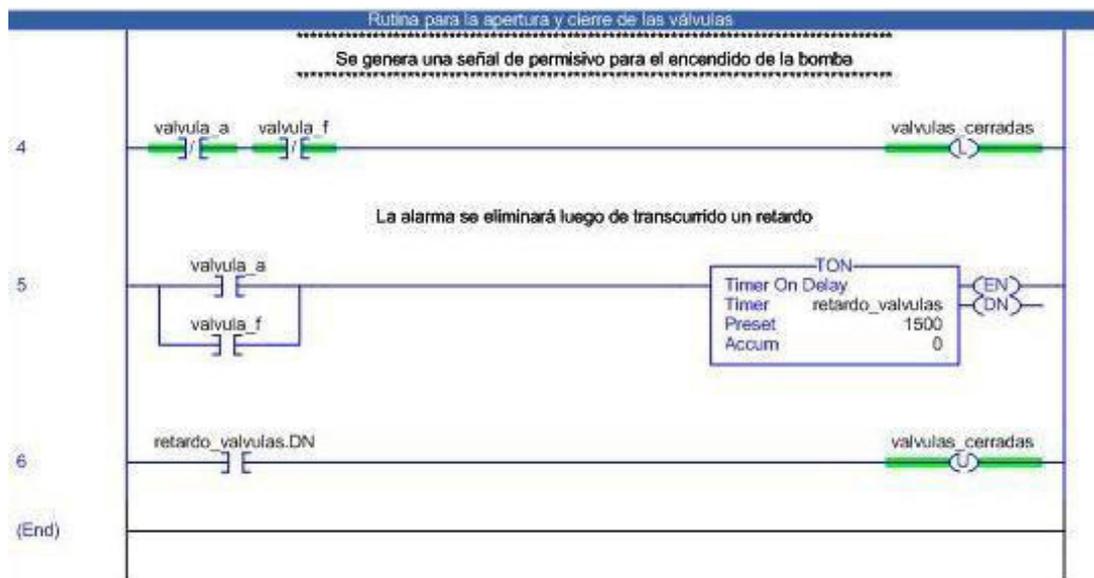
Fertilización: Se realizó una simulación del proceso de fertilización, en la cual se pudo observar La correcta operación de la electroválvula ubicada en la cañería que proporciona agua a los aspersores, junto con el desempeño adecuado de la bomba que distribuye el fertilizante. En caso de activarse, se

abrió la electroválvula y la bomba, mientras que en caso de apagarse, se cerraron ambos componentes.

Rutina Apertura y Cierre de Electroválvulas (Parte 1)



Rutina Apertura y Cierre de Electroválvulas (Parte 2)



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIOS

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

Durante la investigación realizada, se llevaron a cabo múltiples procesos necesarios para la implementación del sistema automatizado. Estos procesos incluyeron la utilización de diferentes recursos, Con el propósito de llevar a cabo una evaluación rigurosa tanto del sistema de gestión como del sistema de supervisión, con el fin de asegurar el logro de los objetivos establecidos en el estudio.

Tabla 1

Recursos Humanos

ACTIVIDAD	COSTO	MONTO (S/.)
Viajes a la zona de investigación	400	400.00
Diseño del sistema de automatización	700	700.00
TOTAL		1100.00

Los valores tomados en cuenta fueron determinados en base al gasto efectuado durante la ejecución de la tarea.

4.1.2. Recursos Materiales

A: Costo de los materiales

Se han tomado en cuenta los costos de los insumos que fueron empleados en la etapa de diseño del sistema, se requieren los medios adecuados para llevar a cabo su elaboración, junto con los recursos necesarios para su producción, con el fin de asegurar que su precio en el sector agrícola sea competitivo.

Tabla 2*Costos de equipos y sensores*

SENSOR	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
Electroválvula de agua	30	30.00
Electroválvula de fertilización	30	30.00
Sensores de humedad	290	290.00
Bombas de riego	890	890.00
Tuberías de polietileno de 1.5"	170	680.00
Goteros	50	200.00
Inyector tipo Venturi	115	115.00
Flotantes de Agua	90	360.00
Sensor de Lluvia	60	60.00
PLC Control Logix 1200	1100	1100.00
TOTAL		3755.00

Los costos asociados a los componentes del sistema electrónico, descritos en el diseño, han sido incluidos en el presupuesto de equipos y sensores del proyecto de automatización.

B: Costo de recursos de software

Los recursos de software considerados muestran una compatibilidad y desarrollo con los equipo y sensores que el diseño establece una futura implementación de la exploración.

Tabla 3*Costos de recursos de software*

EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (S/.)
Zelio Soft de Schneider Electric	150	150.00
TOTAL		150.00

El costo señalado incluye el programa que incluye internamente el uso de sistemas SCADA en forma de diagramas de bloques funcionales.

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

El diseño de este estudio está encaminado a alcanzar un sistema de riego automatizado y que se pueda monitorear con el fin de establecer un patrón que apruebe poder ejecutarse en diversos tipos de riego y que pueda tener una respuesta óptima en cualquier parte del país.

Tabla 4*Descripción con la utilidad aplicada*

DESCRIPCIÓN	COSTO
Inversión total (S/.)	S/ 5005.00
Utilidad del 20%	S/ 1001.00
Precio total + Utilidad 20%	S/ 6006.00

4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio

Al realizar una comparativa a mediano plazo entre las técnicas de riego utilizados en la zona de Paramonga y el sistema automatizado presentado en esta investigación, se busca analizar el costo-beneficio y comprobar la eficacia de este proyecto en relación con las últimas técnicas y procesos de mejora en la agricultura. Con este propósito, se lleva a cabo el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{S/6006.00}{S/5005.00} = 1.20$$

Este cálculo da un resultado de 1.20, lo que a primera mano indica que existe la viabilidad para generar la implementación de este sistema y que es robusto frente a otros procesos de riego alternativos que se utilizan en desemejantes franjas del país, con el fin de preservar la calidad de los cultivos asegurando una cultura de mejora en los numerosos métodos agrícolas que se realizan en la costa peruana. Además, se generará un análisis de sensibilidad mayor que buscará la ratificación de los índices de viabilidad que el estudio de coste y gracia ofrecen.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo del flujo de caja

Con el objetivo de reafirmar la estimación anteriormente obtenida y asegurar la viabilidad a largo plazo, se procederá a calcular el flujo de efectivo proyectado para la potencial implementación del proyecto en un horizonte temporal de doce períodos mensuales.

Tabla 5

Flujo de caja

PERIODO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE EFECTIVO NETO
	A	B	A - B
1	5005.00	6012.00	-1007.00
2	6006.00	7262.00	-1256.00
3	7207.20	8512.00	-1304.80
4	8648.64	9762.00	-1113.36
5	10378.37	11012.00	-633.63

6	12454.04	12262.00	192.04
7	14944.85	13512.00	1432.85
8	17933.82	14762.00	3171.82
9	21520.58	16012.00	5508.58
10	25824.70	17262.00	8562.70
11	30989.64	18512.00	12477.64
12	37187.57	19762.00	17425.57
TOTAL	198100.41	154644.00	

4.3.2. Análisis del parámetro VAN

Con el propósito de calcular el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, se emplearán los registros del flujo de caja neto y se aplicará el software de Microsoft Excel.

Datos:

- Tasa de interés (i) = 10%
- Número de periodos (t) = 12
- Inversión inicial (I_0) = S/5005

La fórmula teórica del parámetro VAN es:

$$VAN = I_0 \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^n}$$

Realizando el análisis de los datos a través del software mencionado y tomando en cuenta los valores establecidos, se logra obtener los siguientes resultados:

$$VAN = S/ 8793.83$$

4.3.3. Análisis del parámetro TIR

Se empleará el software Microsoft Excel para deducir la Tasa Interna de

Retorno (TIR) con base en los datos del VAN. En términos teóricos, la TIR corresponde a la tasa de interés que resulta en un VAN igual a cero. La fórmula de TIR es:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{t=1}^n F_t}{\sum_{t=1}^n (i * F_t)}$$

Realizando el análisis de los datos a través del software mencionado y tomando en cuenta los valores establecidos, se logra obtener los siguientes resultados:

$$TIR = 18.37\%$$

Se acepta el proyecto para el periodo de doce meses establecido ya que el valor obtenido para el parámetro TIR es mayor que la tasa de descuento de flujos seleccionada para el parámetro VAN mediante el uso del software correspondiente.

CONCLUSIONES

1. El sistema control y potencia para la gestión de riego está dirigido al terreno ubicada en la Avenida Ramón Castilla No 20 Mza. A-1 Lote 20, zona Tres Puentes y fundado por VICENTA GUERRERO DE ROJAS Y TEODORO MAXIMO ROJAS, este sistema tiene como objetivo una gestión eficiente del periodo de cosecha, permitiendo la administración adecuada de los recursos de agua y fertilizantes mediante el uso de diversos sensores que monitorean ciertos parámetros y transmiten la información a la aplicación final.
2. Los dispositivos empleados en el proyecto fueron escogidos en base a especificaciones teóricas, no obstante, al unirlos se alcanzaron todas las metas planteadas, lo que indica que el desarrollo del sistema de administración de riego con control y potencia se realizó sin inconvenientes y arrojó resultados satisfactorios.
3. El RSLogix 5000 de Rockwell Automotion fue el software elegido para programar el controlador lógico programable (PLC), donde se establecieron las instrucciones necesarias para controlar el riego y visualizar los parámetros requeridos en la interfaz de control. Se diseñó la interfaz utilizando Factory Talk View, otro software de Rockwell Automotion, y se estableció la conexión mediante el puerto de red.
4. Es relevante señalar que debido a la simplicidad de los lenguajes de programación utilizados, es posible ajustar los parámetros de los sensores y las herramientas del sistema según las necesidades que surjan en el terreno en un futuro.
5. Es posible ajustar los límites de riego desde la interfaz de control remoto en función de los objetivos del terreno y el tipo de cultivo.
6. Durante la elaboración de la tesis, se pudo constatar que los controladores programables (PLC) son una tecnología versátil que puede aplicarse en numerosos campos, dependiendo del criterio del beneficiario. En el caso de este plan, se logró una perfecta adaptación de esta tecnología con todas las herramientas empleadas, sin mayores inconvenientes.
7. El sistema de irrigación puede estar en funcionamiento continuo, durante las 24 horas y los 7 días de la semana, sin insuficiencia de contar con personal altamente capacitado para su manejo.

RECOMENDACIONES

1. En materia de establecer el propósito, se sugiere adquirir los dispositivos específicos elegidos para este propósito.
2. Al ubicar los programas de Rockwell Automotion, se aconseja la lectura detallada del manual de usuario antes de iniciar cualquier operación.
3. Antes de utilizar el sistema de control, es imprescindible proporcionar capacitación a los trabajadores del terreno para asegurar un uso eficiente del mismo.
4. En caso de expandir el sistema para incluir más cultivos en una misma plataforma, se sugiere la compra de cánones de acceso y salida de máxima cabida para garantizar su funcionamiento óptimo.
5. Se aconseja la instalación de un generador eléctrico como medida preventiva ante posibles interrupciones del suministro de energía eléctrica.
6. Se recomienda encarecidamente la implementación de una técnica de seguridad para evitar posibles riesgos y asegurar el buen funcionamiento del sistema. Asimismo, se sugiere la instalación de filtros en las tuberías para evitar obstrucciones y problemas en las partes mecánicas del sistema debido a la apariencia de restos macizos en el agua.

REFERENCIAS

- AguaMarket. (2013). <https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=16745&nombr%20eproducto=gotero>.
- Allen Bradley, «Rockwell Automotion. (2013). <http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers>.
- elRiego.com (2023) <https://elriego.com/informacion-tecnica/materiales/>
- Enciso, J (2018). *Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego, Sistema universitario Texas A&M. 2018*
- Global Market. (2013). <https://www.worldmagnetics.com/product-info/news-articles/>
- Global Market. (2013). <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/large-controllers/controllogix.html>
- Irrrometer Company. (2013). <http://www.irrometer.com/sensors.html>.
- Maricarmen, S. (2012), *Manipulación de sistemas de control lógico*. <https://es.scribd.com/document/65586556/EI-PLC>
- Open Course Ware Universidad de Sevilla (2010) http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-yriegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_06.htm.
- Osorio, A. (2017). *Validación de Tecnologías de riego en el valle del Huasco, 2017*.

RainBird Corporation. (2013).
<http://www.rainbird.com/landscape/products/controllers/RSD.htm>.

RainBird Corporation. (2013).
http://www.rainbird.com/landscape/products/valves/PEB_PESBseries.htm.

RainBird Corporation. (2013).
<http://www.rainbird.com/landscape/products/controllers/RSD.htm>.

RainBird Corporation. (2013).
http://www.rainbird.com/landscape/products/valves/PEB_PESBseries.htm.

Soto, J. (2003) Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Revista Digital CENIAP.
http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n5/arti/esoto.%20html.

TodoAgua. (2013). <https://purificadoragua.tododeagua.mx/filtro/generadores-de-ozono-inyector-venturi-3-4-color-negro-polipropileno-reforzado-venturi-75>

Vergara, L (2001) *Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado*, Talca, 2001.

Villajulca, J. (2009), *Instrumentación y Control*.
<https://instrumentacionycontrol.net/>