



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE
PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA DE ALAQUEZ**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA ELECTROMECÁNICA**

AUTORA:

ANA CRISTINA QUINAUCHO

TUTOR:

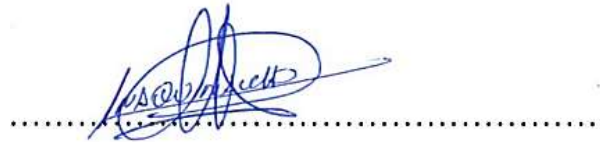
ING. CRISTIAN FABIAN GALLARDO MOLINA MSc.

LATACUNGA, MARZO 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Ana Cristina Quinaucho declaro ser autora de la presente propuesta tecnológica **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”**, siendo el Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina MsC. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presentepropuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.



Ana Cristina Quinaucho

C.I. 0503830226

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA ALÁQUEZ”, de Quinaucho Ana Cristina, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicha propuesta tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico - técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2025



Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina MsC.
C.I. 050284769-2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, la postulante: Quinaucho Ana Cristina, con el título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar el CD correspondiente, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2025

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (presidente)

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel
C.I.:050178243-7

.....
Lector 2

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina
C.C. 050205622-9

.....
Lector 3

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis
C.C. 175836725-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la vida, por guiarme a lo largo de mi vida y ser mi fortaleza en mis momentos más difíciles y débiles. Agradezco también a mi querida madre, a mi Padrino Ing. Ramiro Vásquez y su Familia, a la persona que me ha acompañado en mi camino Marco Vinicio a nuestros hijos Ana Belén y Jeremy y amigos quienes me apoyaron de alguna manera e inculcando buenos valores y principios para poder alcanzar mi meta. A la UTC, por abrirme las puertas y permitir obtener los conocimientos más que suficientes durante mi formación profesional a la vez conocer buenos amigos con quienes compartí muchas experiencias y momentos inolvidables. Agradezco de manera especial a mi tutor de tesis Ing. Cristian Gallardo quien con su dirección, conocimiento y enseñanza fue posible el desarrollo de este trabajo.

Ana Cristina

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de Titulación a mi querida madre María Carmen Quinaucho por creer en mí desde un principio y me su apoyo incondicional en cada momento con buenos valores y sabios consejos en lo primordial el apoyo económico para mi estudio universitario. A mi Padrinito ing. Ramiro Vásquez y familia su hija (+) Ing. Paulina Vásquez y a mi esposo Marco Vinicio que siempre me han estado apoyando durante la carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

Ana Cristina

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ

Autora:

Quinaucho Ana Cristina

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se basa en la implementación de un sistema de riego semiautomático por aspersión para el pasto del ganado y el cultivo de papas en la Finca Jerbel, ubicada en la parroquia de Aláquez. El objetivo principal fue mejorar la distribución de agua hacia los cultivos, evitando desperdicios y asegurando un riego uniforme en el terreno. Para ello, se determinó la disponibilidad hídrica y las necesidades de riego de los cultivos, diseñando un sistema compuesto por bombas, tuberías, válvulas de control y aspersores automatizados según la demanda de agua y las condiciones climáticas. Los resultados muestran error cuadrático medio de 2,41% al activar las 2 electroválvulas, indicando precisión en el rango de aspersión esperado de 7 metros. La implementación permitió reducir el tiempo de maduración de la papa en 24 días y aumentar la altura del pasto en un 35,48%, optimizando el crecimiento de los cultivos. En términos de consumo hídrico, se logró una reducción de 660 a 540 litros de agua, representando un ahorro significativo. Asimismo, la cosecha de papa incrementó su producción en un 18,18 %. Estos resultados demuestran que el sistema de riego semiautomático mejora la eficiencia en el uso del agua, optimiza los tiempos de cultivo y contribuye a la sostenibilidad del sector agropecuario de la finca.

Palabras claves:

Sistema de riego, aspersión, pasto, cultivo, automatización, manual.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME:

IMPLEMENTATION OF A SEMI-AUTOMATIC SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM FOR LIVESTOCK GRASSING AND POTATO CULTIVATION ON THE JERBEL FARM IN THE ALÁQUEZ PARISH

ABSTRACT

The present investigative work is based on the implementation of a semi-automatic sprinkler irrigation system for livestock grazing and potato cultivation on the Jerbel Farm, located in the Aláquez parish. The main objective was to improve the distribution of water to the crops, avoiding waste and ensuring uniform irrigation on the ground. To do this, the water availability and irrigation needs of the crops were determined, designing a system composed of pumps, pipes, control valves and automated sprinklers according to water demand and climatic conditions. The results show a mean square error of 2.41% when activating the 2 solenoid valves, indicating precision in the expected spray range of 7 meters. The implementation made it possible to reduce the ripening time of the potato by 24 days and increase the height of the grass by 35.48%, optimizing the growth of the crops. In terms of water consumption, a reduction from 660 to 540 liters of water was achieved, representing significant savings. Likewise, the potato harvest increased its production by 18.18%. These results demonstrate that semi-automatic irrigation system improves water use efficiency, optimizes cultivation times and contributes to the sustainability of the farms agricultural sector.

Keywords:

Irrigation system, sprinkler, grass, cultivation, automation, manual.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto tecnológico cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICO PARA EL PASTO DE GANADO Y CULTIVO DE PAPAS EN LA FINCA JERBEL EN LA PARROQUIA ALÁQUEZ”** presentado por: **Quinaucho Ana Cristina**; egresada de la carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente Aval para los fines académicos legales.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Latacunga, 20 de febrero del 2025

Atentamente



Mg. Pacheco Pruna Edison Marcelo
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS- UTC
CI: 050261735-0



1 Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.3.1 Objeto de Investigación	4
2.3.2 Campo de Acción:.....	4
2.4 BENEFICIARIOS	4
2.4.1 Beneficiarios directos	4
2.4.2 Beneficiarios indirectos	4
2.5 JUSTIFICACIÓN	5
2.6 OBJETIVOS	6
2.6.1 OBJETIVO GENERAL	6
2.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2.7 SISTEMA DE TAREAS	7
3. MARCO TEÓRICO.....	8
3.1 ANTECEDENTES	8
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	10
3.2.1 El suelo	10
3.2.2 Parámetros climatológicos del lugar de implementación.....	13
3.2.3 El riego en la agricultura	15

3.2.4	Cultivo de pastos (alfalfa).....	15
3.2.5	Cultivo de papa.....	16
3.2.6	Etapas fenológicas	18
3.2.7	Requerimiento hídrico	19
3.2.8	Sistemas de riego	19
3.2.9	AUTOMATIZACIÓN	22
3.2.10	Automatización de sistema de riego por aspersión	24
3.2.11	AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS	25
3.2.12	Elementos de un sistema automatizado	26
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	26
4.1	DISEÑO CONCEPTUAL	27
4.2	MATRIZ DE RELACIÓN DE VARIABLES	28
4.3	CÁLCULOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	29
4.3.1	Cálculo de riego por aspersión	29
4.3.2	Espaciamiento entre aspersores	30
4.4	Selección de materiales para un sistema de riego semiautomático.....	34
4.4.1	Selección de controlador PLC	34
4.4.2	Selección del sensor de humedad	35
4.4.3	Selección de bomba de agua.....	36
4.4.4	Selección de electroválvulas.....	37
4.4.5	Selección de aspersor de agua.	38
4.4.6	Selección de interruptor termo magnético.....	39
4.5	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIAUTOMÁTICO	40
4.5.1	Elementos hidráulicos	41
4.6	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	42
4.7	DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIAUTOMÁTICO.....	44
4.8	PROGRAMACIÓN DEL PLC	47
4.9	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	48
4.9.1	Ubicación de implementación	48
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	53
5.1	ANÁLISIS DE BOMBA DE AGUA	53
5.2	ANÁLISIS DE INCREMENTO DE HUMEDAD.....	53
5.3	ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO POR LOS ASPERSORES	55

5.4	ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN SECTOR 1.....	55
5.5	ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN SECTOR 2.....	56
5.6	ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN AMBOS SECTORES.....	57
5.7	ANÁLISIS DE SISTEMA DE RIEGO EN CULTIVO DE PAPAS.....	58
5.8	ANÁLISIS DE SISTEMA DE RIEGO EN CRECIMIENTO DE PASTO.....	60
5.9	ANÁLISIS DE CONSUMO DE AGUA.....	61
5.10	ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN.....	62
5.11	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	63
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6.1	CONCLUSIONES.....	67
6.2	RECOMENDACIONES.....	68
7.	REFERENCIAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Diagrama de Ishikawa causa efecto del sistema de riego.....	4
Figura 3-1:	Triangulo textual modificado.....	11
Figura 3-2:	Triangulo textual modificado.....	12
Figura 3-3:	Propiedades hídricas del suelo.....	13
Figura 3-4:	Temperaturas máximas y mínimas promedio en Latacunga.....	14
Figura 3-5:	Promedio mensual de lluvia en Latacunga.....	14
Figura 3-6:	Cultivos de alfalfa.....	16

Figura 3-7: Cultivo de papas en floración	17
Figura 3-8: Etapas fenológicas del cultivo de la papa	18
Figura 3-9: Sistemas de riego	19
Figura 3-10: La automatización una convergencia de tecnologías.....	22
Figura 3-11: Ejemplo de laso abierto empleado en los sistemas agrícolas	25
Figura 3-12: Diagrama referencial de semiautomatización.....	26
Figura 4-1: Diagrama de funcionamiento básico	27
Figura 4-2: Distribución de aspersores.....	33
Figura 4-3: Cuadro de comparación de curva de altura del sistema y la curva de la bomba ...	53
Figura 4-4: Interruptor termomagnético de 2 polos	40
Figura 4-5: Diagrama de funcionamiento básico	41
Figura 4-6: Especificaciones técnicas de elementos hidráulicos.....	42
Figura 4-7: Diagrama de control del sistema eléctrico.....	45
Figura 4-8: Diagrama de fuerza del sistema eléctrico.....	46
Figura 4-9: Diseño del tablero de control.....	43
Figura 4-10: Conexiones internas tablero de control.....	44
Figura 4-11: Diagrama de flujo de programación en Logo Soft	47
Figura 4-12: Ubicación por coordenadas.....	49
Figura 4-13: Conexión hidráulica desde la bomba de agua hasta las válvulas.....	49
Figura 4-14: Medición de longitud de sistema hidráulico.....	50
Figura 4-15: Ubicación de las bailarinas de riego	51
Figura 4-16: Ubicación del tablero de control.....	51
Figura 4-17: Programación del PLC logo.....	52
Figura 4-18: Bailarina del sistema de riego en funcionamiento.....	52
Figura 5-1: Curva sensor humedad.....	54
Figura 5-2: Curva de aspersión.....	56
Figura 5-3: Aspersión sector 2.....	57
Figura 5-4: Aspersión en ambos sectores	58
Figura 5-5: Curva de crecimiento de cultivo de papas	59
Figura 5-6: Curva de crecimiento de cultivo de papas	61
Figura 5-7: Diagrama de barras sobre el consumo de agua.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Sistema de tareas en relación a los objetivos	7
Tabla 3-1: Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño.....	11
Tabla 3-2: Sistemas de riego	20
Tabla 4-1: Variables independiente y dependientes	28
Tabla 4-2: Matriz de variables de entrada	28
Tabla 4-3: Matriz de variables de salida.....	29
Tabla 4-4: Tabla de viscosidad, densidad.....	31
Tabla 4-5: Especificaciones técnicas de PLC.....	35

Tabla 4-6: Especificaciones técnicas del sensor de humedad	36
Tabla 4-7: Especificaciones técnicas bomba de agua.....	36
Tabla 4-8: Selección de electroválvulas	37
Tabla 4-9: Selección de electroválvulas	39
Tabla 4-10 Ubicación sistema de riego	48
Tabla 5-1: Aspersor del sistema de riego en funcionamiento	54
Tabla 5-2: Rango de aspersión en el sector 1	55
Tabla 5-3: Rango de aspersión en el sector 2	56
Tabla 5-4: Rango de aspersión en ambos sectores	57
Tabla 5-5: Tiempos de desarrollo del cultivo de papas limeña	59
Tabla 5-6: Crecimiento del pasto.....	60
Tabla 5-7: Diferencia de consumo de agua	61
Tabla 5-8: Tabla de gastos del sistema.....	63

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto:

Implementación de un sistema de riego por aspersión semiautomática para el pasto de ganado y cultivo de papas en la Finca Jerbel en la parroquia Aláquez.

Modalidad de Titulación:

Propuestas Tecnológicas

X

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Fecha de inicio: octubre 2024

Fecha de finalización: marzo 2025

Lugar de ejecución:

Barrio Santa Elena de Cuchitingue, Parroquia Aláquez.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Proyecto Macro Asociado: Ninguno

Equipo de Trabajo del Trabajo:

Quinaucho Ana Cristina

Estudiante

Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián MsC.

Tutor

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

1. Diseño y construcción de proyectos electromecánicos
2. Automatización y control avanzado de procesos industriales e inteligencia artificial aplicado a la robótica y la industria.
3. Integración de fuentes de energía renovable y eficiencia energética mediante tecnologías de reducción de consumo en la industria.

2. INTRODUCCIÓN

La implementación de tecnologías eficientes en el sector agrícola ha permitido mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos, por lo que uno de los avances más relevantes en la optimización del uso del recurso hídrico es el riego por aspersión, un sistema que permite distribuir el agua de manera uniforme sobre la superficie del suelo, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En este contexto la finca Jerbel, la cual se encuentra ubicada en la parroquia de Aláquez ha optado por la implementación de un sistema de riego por aspersión semiautomática para garantizar el suministro eficiente de agua para el pasto el cual está destinado para la alimentación del ganado y el cultivo de papas.

El riego por aspersión semiautomática es una tecnología que combina la eficiencia del riego mecanizado con la facilidad de operación de un sistema parcialmente automatizado, su diseño permite una distribución homogénea del agua, evitando desperdicios y mejorando la absorción del recurso en el suelo. Además, este sistema facilita el manejo de los cultivos, reduciendo la necesidad de intervención manual constante y optimizando el tiempo de riego según los requerimientos hídricos del lugar donde se dese instalar.

La presente investigación tiene como propósito implementar el diseño, instalación y funcionamiento del sistema de riego por aspersión semiautomática en la finca Jerbel, evaluando su impacto en la producción agrícola y en la eficiencia del uso del agua, para ello, se desarrollará un estudio detallado de los componentes del sistema, como bombas, tuberías, aspersores y válvulas de control, así como su interacción con las características del suelo y el clima de la zona, también se abordará la programación del sistema para optimizar el tiempo y la frecuencia

de riego en función de las necesidades específicas del pasto y el cultivo de papas. El desarrollo de esta investigación permitirá conocer los beneficios de la implementación de este tipo de sistema en la producción agrícola y ganadera, resaltando su importancia en la optimización de los recursos naturales. Además, los resultados obtenidos podrán servir como referencia para futuras aplicaciones de tecnologías de riego en fincas con características similares.

A lo largo del presente documento, se abordarán los fundamentos teóricos del riego por aspersión semiautomática, la metodología empleada para su implementación, los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del estudio. Se espera que esta investigación aporte conocimientos útiles para el mejoramiento de la producción agrícola y ganadera mediante el uso eficiente del agua y la modernización de los sistemas de riego.

2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A nivel mundial el agua constituye un recurso fundamental para la producción agrícola y ganadera, siendo un factor determinante en el desarrollo y rendimiento de los cultivos especialmente en regiones donde las precipitaciones son estacionales o insuficientes. En la parroquia de Aláquez, la finca Jerbel enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad y distribución eficiente del agua para el mantenimiento del pasto destinado a la alimentación del ganado y el cultivo de papas, los cuales son productos fundamentales para la economía local.

Actualmente, los métodos de riego empleados en la finca son manuales o de inundación, los mismos que son considerados poco eficientes, ya que generan desperdicio de agua, un esfuerzo físico considerable y una distribución desigual del recurso hídrico. Por lo que al no existir una automatización y control del riego correcto puede derivar problemas de erosión del suelo, deficiencia en la absorción de nutrientes y un rendimiento desigual de los cultivos

En tal virtud la implementación de un sistema de riego por aspersión semiautomática representa una alternativa tecnológica viable que contribuye a optimizar el uso del agua adaptándose a las condiciones de la finca Jerbel con el propósito de garantizar una producción sostenible de pasto y papa en la parroquia de Aláquez. Sin embargo, es necesario considerar aspectos técnicos como el diseño del sistema, la infraestructura existente, la inversión requerida y la capacitación del personal encargado de su operación y mantenimiento. Es Así que en la figura 2-1 podemos identificar el esquema de Ishikawa de causas y efectos previamente existentes del problema en cuestión.

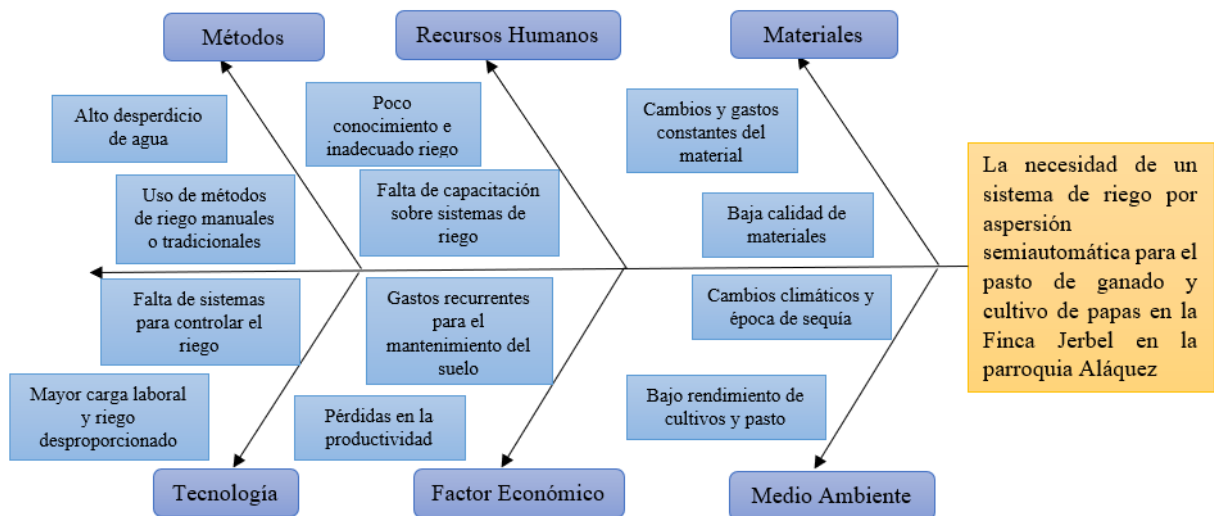


Figura 2-1 Diagrama de Ishikawa causa efecto del sistema de riego.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

la ausencia de un sistema de riego reduce la productividad y aumenta el uso del recurso hídrico en la finca Jerbel.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto de Investigación

Sistema de riego por aspersión semiautomático en la Finca JERBEL ubicado en la parroquia Aláquez.

2.3.2 Campo de Acción:

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331101 Tecnología de Automatización.

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Beneficiarios directos

Los propietarios de la finca Jerbel y la tesista.

2.4.2 Beneficiarios indirectos

Moradores cercanos de la finca Jerbel y los consumidores.

2.5 JUSTIFICACIÓN

El acceso y uso eficiente del agua son factores determinantes para la producción agrícola y ganadera, especialmente en zonas donde las condiciones climáticas presentan variabilidad en la disponibilidad del recurso hídrico. En la finca Jerbel, ubicada en la parroquia de Aláquez, el riego del pasto para ganado y los cultivos de papa se ha llevado a cabo con métodos tradicionales que no garantizan una distribución eficiente del agua, lo que afecta directamente la productividad y sostenibilidad de la finca.

La implementación de un sistema de riego por aspersión semiautomática se presenta como una solución viable para optimizar el uso del agua, reduciendo el desperdicio y mejorando la calidad del riego. Este sistema permitirá una distribución uniforme del recurso hídrico, asegurando que el pasto y los cultivos reciban la cantidad de agua necesaria para su desarrollo sin incurrir en excesos o deficiencias. Además, al ser semiautomático, reduce la necesidad de intervención manual constante, disminuyendo la carga de trabajo y los costos operativos.

Desde un punto de vista económico, la optimización del riego contribuirá a incrementar la producción agrícola y ganadera, garantizando un mayor rendimiento de los cultivos y una mejor calidad del forraje para el ganado, lo que se traduce en mayores ingresos para la finca. Además, el uso eficiente del agua y la reducción de costos en mano de obra permitirán recuperar la inversión en un periodo más corto, aumentando la rentabilidad del sistema.

En términos de sostenibilidad ambiental, la modernización del riego reducirá el impacto sobre los recursos naturales, evitando el desperdicio de agua y previniendo problemas como la erosión del suelo y la sobreexplotación de fuentes hídricas locales. Esto es crucial para la conservación del ecosistema agrícola de la región y para garantizar la continuidad de la producción en el largo plazo.

Desde una perspectiva tecnológica y social, la implementación de este sistema de riego por aspersión semiautomático servirá como un modelo para otros productores de la zona, incentivando el uso de tecnologías innovadoras en la agricultura y la ganadería. Al demostrar los beneficios del sistema, se podrá fomentar la adopción de prácticas más eficientes en otras fincas, contribuyendo al desarrollo agrícola de la parroquia de Aláquez y sus alrededores.

Por lo tanto, la presente investigación es fundamental para evaluar la viabilidad de este sistema y su impacto en la finca Jerbel, con el fin de generar soluciones efectivas que optimicen la

producción, reduzcan costos y promuevan un uso sostenible del agua en la agricultura y ganadería local.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de riego por aspersión semiautomático impulsado por una bomba de agua y controlada con dispositivos electrónicos para el pasto de ganado y cultivo de papas en la finca Jerbel en la parroquia Aláquez.

2.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre los sistemas de riego que se utilizan en la actualidad y cuáles son sus resultados
- Diseñar un sistema de riego adecuado que cumpla con los requerimientos hídricos que necesita el cultivo en la finca Jerbel
- Implementar un sistema semiautomático para el control de riego por aspersión con sensores que permitan mantener la humedad en pastos y ayuden al cultivo de papas.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2-1: Sistema de tareas en relación a los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Investigar en fuentes bibliográficas como textos, páginas web y monografías sobre la semiautomatización de sistemas de riego.	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y recolección de información sobre temas relacionados a la automatización de sistemas de riego. • Analizar la información obtenida a través de fuentes bibliográficas • Seleccionar la información útil que ayude a desarrollar el tema de tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos, documentos e información que aporte al conocimiento sobre sistemas de riego • Información relevante que sustente el tema propuesto • Tesis bien estructurada que avale el desarrollo del tema 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes bibliográficas como libros, escritos, etc. • Documentos que sustenten el objetivo planteado
Diseñar un sistema de riego adecuado que cumpla con los requerimientos hídricos que necesita el cultivo en la finca Jerbel	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las necesidades hídricas del pasto y cultivo • Selección de un sistema de riego adecuado y apto para la finca • Diseño del sistema a fin de cumplir las expectativas deseadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades de riego bien identificadas • Sistema de riego seleccionado y óptimo para el cumplimiento de la producción • Cumplimiento del riego evitando desperdicios de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Visita a los propietarios de la finca Jerbel • Elementos necesarios para establecer el sistema de riego • Lugar escogido y seleccionado listo.
Implementar un sistema semiautomático para el control de riego por aspersión con sensores que permitan mantener la humedad en pastos y ayuden al cultivo de papas.	<ul style="list-style-type: none"> • Selección y adquisición de sensores, bombas y equipos correctos • Instalación del sistema de sensores y controladores • Configuración y validación del sistema de riego instalado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores y equipos aptos para implementar el sistema de riego • Sistema correcto de riego correctamente instalado • Funcionamiento del sistema cumpliendo las expectativas del dueño de la finca 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro de comparación de equipos a seleccionar • Información del manejo del sistema • Capacitación para el control adecuado del sistema de riego

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

Actualmente preservar el recurso hídrico se ha convertido en una necesidad prioritaria que afronta la humanidad, debido a que las reservas hídricas cada día son más escasas, un uso responsable del líquido vital, permitirá que exista un equilibrio adecuado entre el agua destinada al uso potable y el agua destinada al riego de cultivos.

Los datos de la ONU indican que actualmente cerca de una de cada tres personas carece de acceso a agua potable y proyectan que para 2050 hasta 5700 millones de personas vivirán en zonas donde el agua escasea al menos un mes al año [1].

Por tal razón la protección del recurso hídrico se debe considerar como una prioridad; al medir de manera adecuada la cantidad de agua que se emplea para el sistema de regadío de cultivos, se reduce el gasto innecesario de agua, y evitar el desperdicio del agua, por tanto, se realizó la investigación de proyectos relacionados al tema los cuales se exponen a continuación:

Pruna Cristian y Reinoso José de la universidad técnica de Cotopaxi en el año 2016 “Análisis del sistema actual de riego y productividad para la implementación de un sistema automático de riego controlando los parámetros de temperatura y humedad mediante sistema HMI en la finca “San Nicolas” sector de Illuchi ubicado en el barrio Juan Pablo Segundo en el cantón Latacunga” Este trabajo tiene la finalidad de ofrecer un método de fácil aplicación y mayor aprovechamiento del recurso hídrico en las labores de riego para mayor producción de pasto [2].

Cortes Valeria y Vargas Marco, de la Universidad Católica de Colombia en el año 2020, en su tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin”, Este trabajo de grado se desarrolla con el fin de implementar los conocimientos adquiridos para la automatización del riego y el monitoreo de variables ambientales, como la humedad del suelo y la temperatura ambiente en un cultivo urbano. Beneficiando a la fundación sin ánimo de lucro Marie Poussepin con la implementación de nuevas tecnologías y capacitando a la comunidad para maximizar el conocimiento empírico y mejorar la calidad del producto cultivado, obteniendo mejores beneficios [3].

Vásconez Juan y Chamba Felipe, en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil en el año 2013, plantea la utilización de un Microcontrolador para el procesamiento de datos, recolectados por medio de sensores de humedad para realizar un proceso de análisis, comparación y así decidir si los diferentes actuadores deberán ser activados, la activación del sistema se realiza de manera remota teniendo como desventaja la utilización de elementos electrónicos sensibles al daño provocado por un voltaje que supere el porcentaje de tolerancia establecido en su valor nominal [4].

Guaña Juan y Manobanda Christian, en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2019 “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado para un invernadero de producción de tomate riñón en el cantón Ambato parroquia Unamuncho”. Para el cual se realizó una selección de equipos y elementos aplicando la metodología propuesta en el proyecto, esto nos permite controlar con mayor eficiencia el tiempo y la cantidad de riego requerido para el desarrollo del tomate de riñón [5].

Cuvi Manuel y Ruiz David, en la universidad técnica de Cotopaxi en el año 2022 “Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales ALUMIS, norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, la Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi” El índice de permeabilidad no reflejó ningún cuerpo de agua situado en la clase III en ambas épocas. La calidad del agua de riego depende principalmente de la concentración total de constituyentes disueltos, indicando que las agua son aptas para el riego siempre y cuando se utilice cultivos tolerables al sodio y a la salinidad [6].

Tomando en cuenta los temas anteriormente mencionados se puede decir que un sistema de riego para el cultivo de papa y pasto es una alternativa eficiente que optimiza el uso del agua, mejora la productividad y reduce costos operativos. Además, permite una distribución uniforme del agua, asegurando el desarrollo óptimo de los cultivos y garantizando un suministro adecuado de forraje para el ganado. Por otra parte, la semiautomatización facilita el manejo del riego, minimizando el esfuerzo manual y mejorando la sostenibilidad agrícola al evitar desperdicios y degradación del suelo. Su implementación aumenta la rentabilidad, protege los recursos hídricos y mejora la eficiencia de la producción agrícola y ganadera.

En términos ambientales, el sistema de riego diseñado permite una gestión más sostenible del agua, evitando su sobreexplotación y reduciendo los impactos negativos asociados a métodos

de riego tradicionales, como la erosión del suelo y la salinización, promoviendo el uso responsable de los recursos naturales, alineándose con prácticas de agricultura sostenible.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 El suelo

El suelo es la porción más superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie.

3.2.1.1 Tipos de suelo

Existen diversos tipos de suelo, cada uno fruto de procesos distintos de formación, fruto de la sedimentación, la deposición eólica, la meteorización y los residuos orgánicos [7].

- **Suelos arenosos.**

Incapaces de retener el agua, son escasos en materia orgánica por lo tanto poco fértiles [7].

- **Suelos calizos.**

Abundan en minerales calcáreos y por lo tanto en sales, lo cual les confiere dureza, aridez y color blanquecino [7].

- **Suelos humíferos.**

De tierra negra, en ellos abunda la materia orgánica en descomposición y retienen muy bien el agua, siendo muy fértiles [7].

- **Suelos arcillosos.**

Compuestos por finos granos amarillentos que retienen muy bien el agua, por lo que suelen inundarse con facilidad [7].

- **Suelos pedregosos.**

Compuestos por rocas de distintos tamaños, son muy porosos y no retienen en nada el agua [7].

- **Suelos mixtos.**

Suelos mezclados, por lo general entre arenosos y arcillosos [7]. Tomando referencia a los diferentes tipos de suelo el lugar donde se va a implementar el sistema de riego por aspersión semiautomático corresponde a un suelo franco arenoso

Tomando en consideración estos tipos de suelo se toma como referencia las partículas las cuales está compuesto el suelo, en la Tabla N°3-1 se puede observar la cantidad de partículas que componen el suelo.

Tabla 3-1: Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño

TIPO	DIÁMETRO
Arena gruesa	2.000-0.2000 mm
Arena fina	0,200-0,020 mm
Limo	0,020-0,002mm
Arcilla	Inferior a 0,002 mm

3.2.1.2 Determinación de la textura del suelo

Existen métodos más sencillos para determinar la textura de un suelo sin complicaciones mayores, entre estas se puede seguir la siguiente

Piense en un triángulo textural modificado en la figura 3-1 observe que, básicamente, está constituido por suelos con textura arcillosa, franco-arcillosa, y franca (siga el eje vertical del triángulo) [8].

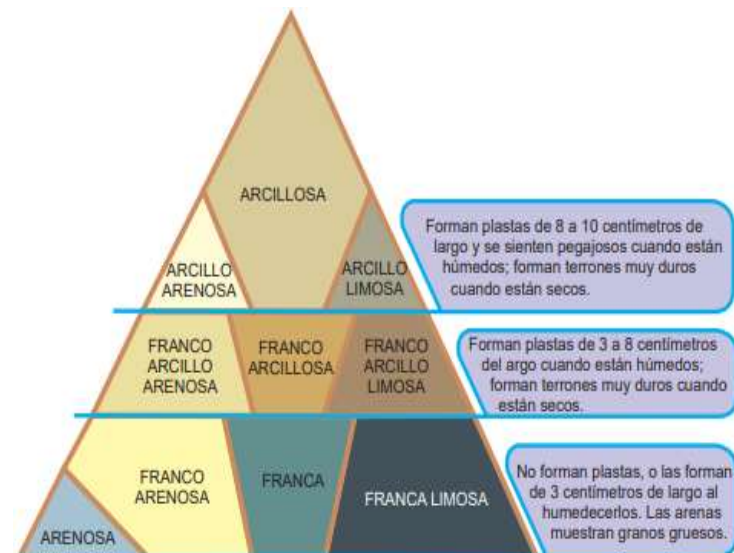


Figura 3-1: Triangulo textural modificado.

Tome una porción del suelo y haga una pelota humedeciéndola hasta llegar al punto pegajoso. El punto pegajoso se logra cuando la pelota de suelo no está tan húmeda y se quiebra pegada en la mano, ni tan seca que no se sienta pegajosa. Cuando el suelo esté en su punto, presiónelo

entre el dedo pulgar y el índice y trate de formar una plastina lo más larga posible (Figura 3-2) [8].

De acuerdo al triángulo textual modificado podemos realizar y determinar el suelo que disponemos en cada uno de los sectores agrícolas que desempeñemos para la implementación de un sistema de riego por aspersión, de acuerdo al tipo de suelo y la cantidad de agua que requiera cada una de ellos. Por otro lado, nos permite conocer la estructura del suelo y la cantidad de agua y humedad que puede retener de acuerdo a la topografía de los terrenos.






TIPO	CARACTERÍSTICAS	FIGURA
Arenosa	El suelo permanece suelto y separado y puede ser acumulado sólo en forma de pirámide.	A 
Arenosa franca	El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace.	B 
Franco limosa	Parecido a arena franca, pero se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro.	C 
Franca	Contiene casi la misma proporción de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 15 centímetros de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla.	D 
Franco arcillosa	Parecido al franco, aunque puede ser doblado en forma de "U" sin excederse y no se quiebra.	E 
Arcillosa fina	El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas.	F 
Arcillosa pesada	El suelo puede tomar forma de círculo sin mostrar ninguna grieta.	G 

Figura 3-2: Triángulo textual modificado.

Si las partículas son más finas, es decir suelo arcilloso o barroso, la capacidad de retención del agua de ese suelo es mayor y por el contrario las partículas más gruesas, es decir un suelo arenoso puede retener menos agua. Para efectos de riego, nos dicen que si tengo un terreno arcilloso el tiempo de riego puede ser mayor que el de un suelo arenoso, pero la frecuencia de riego (el tiempo que transcurre entre un riego y el siguiente), puede ser mayor. En un suelo arenoso el tiempo de riego será más corto, pero los riegos serán más frecuentes [8].

3.2.1.3 Velocidad de infiltración del suelo

La velocidad de infiltración está en dependencia según las características de cada tipo de suelo como se muestra en la figura N° 3-3 [9].

Textura	Velocidad de infiltración (mm/h)	Porosidad (%)	Gravedad específica aparente	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez (%)
Arenoso	25 – 50	38	1.65	9	4
Franco arenoso	25	43	1.50	14	6
Franco	7,5 – 20	47	1.4	22	10
Franco arcilloso	2 – 15	49	1.35	27	13
Arcilloso	5	53	1.25	35	17

Figura 3-3: Propiedades hídricas del suelo

3.2.2 Parámetros climatológicos del lugar de implementación.

El proyecto se implementó en la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, en la cual se considera necesario identificar las condiciones climáticas del sitio.

Weatherspark, señala que, en Latacunga, los veranos son cortos y nublados y los inviernos son cortos, frescos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 8 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 23 °C [10].

Es necesario identificar el comportamiento climático de la zona debido a que la humedad presente en el suelo es una variable que se verá afectada por las variaciones climáticas que ocurren en el lugar.

3.2.2.1 Temperatura del suelo

Para la recolección de datos de temperatura se empleó una base existente, la cual se puede apreciar en la Figura 3-4 donde nos muestra los valores de cada temporada tomando en cuenta el mes cálido y el frío.

La temporada templada dura 2,1 meses, del 16 de octubre al 21 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El mes más cálido del año en Latacunga es diciembre, con una temperatura máxima promedio de 19 °C y mínima de 9 °C [10].

La temporada fresca dura 2,7 meses, del 4 de junio al 27 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El mes más frío del año en Latacunga es agosto, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima de 17 °C [10].

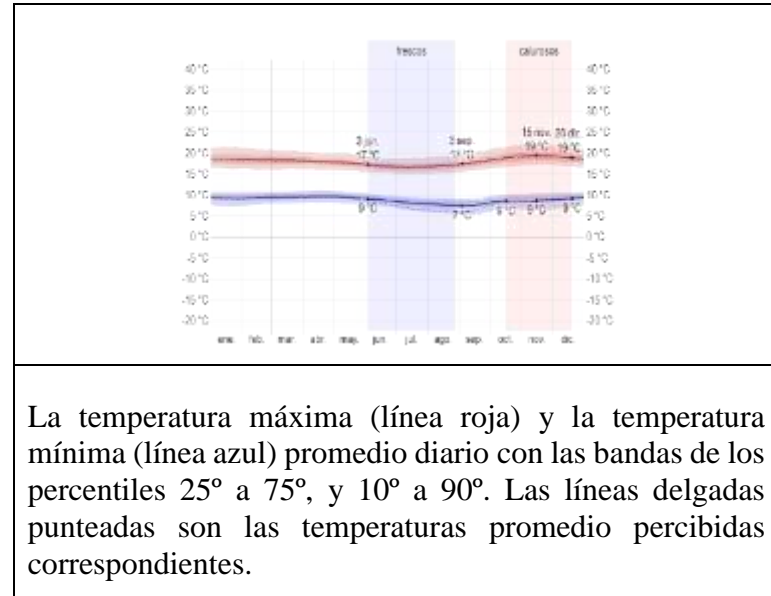


Figura 3-4: Temperaturas máximas y mínimas promedio en Latacunga

3.2.2.2 Precipitación atmosférica

La precipitación se define en meteorología, la forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, (tormenta) llovizna, nieve, aguanieve, etc. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico. La precipitación se conoce generalmente como precipitaciones, en plural, para reflejar la diversidad de estos eventos climáticos [10].

Conociendo la presencia y ausencia de precipitaciones en el lugar y además del historial y pronóstico a futuro en la zona de implementación representa un factor determinante ya que contribuye a establecer un rango a tomar en cuenta dentro de la programación diseñada para el sistema riego, también se debe tener en cuenta que la probabilidad de días mojados en Latacunga sería considerablemente durante el año como se aprecia en la Figura 3-5

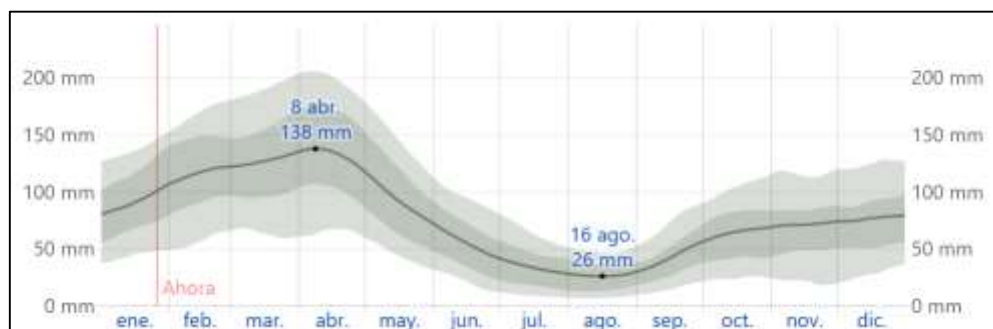


Figura 3-5: Promedio mensual de lluvia en Latacunga

La temporada más lluviosa dura 6,0 meses, de 2 de diciembre a 2 de junio, con una probabilidad de más del 49 % de que cierto día será un día lluvioso. El mes con más días lluviosos en Latacunga es abril, con un promedio de 21,7 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. [10]. Mientras que la temporada más seca dura 6,0 meses, del 2 de junio al 2 de diciembre. El mes con menos días mojados en Latacunga es agosto, con un promedio de 7,2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación [10].

3.2.3 El riego en la agricultura

El riego se define como el sistema a partir del cual se logra un aporte de agua en los cultivos, capaz de suplir las necesidades hídricas de las plantas, que no se ven cubiertas únicamente por las precipitaciones. Este aporte puede realizarse con el fin de incrementar la producción de una parcela, transformando zonas agrícolas de secano en zonas de regadío [11].

3.2.3.1 Importancia del riego en la agricultura

El riego de agua en diferentes cultivos sea por aspersión o cualquier otro método es muy importante ya que ayuda al crecimiento y demás etapas fenológicas de las plantas, permitiendo la producción y buenos resultados de los mismo.

Un adecuado sistema de riego, aporta la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que requiera el cultivo. Se ha comprobado que la forma de regar, puede generar mejores cosechas y mayores ingresos, sabiendo que el vital líquido es un recurso cada vez más escaso, del cual hay que hacer el mejor uso posible [11].

Teniendo en cuenta los conceptos de la importancia de riego se opta por un sistema el cual permite un riego adecuado en los cultivos, optimizando el recurso hídrico.

3.2.4 Cultivo de pastos (alfalfa)

La alfalfa es una hierba que se utiliza sobre todo como forraje, verde o seca, para el ganado vacuno, ovino, porcino, caballos y aves de corral. Por su valor nutritivo, también tiene cabida en la cocina familiar. Sus brotes tiernos se usan en ensaladas y para preparar agua de sabor [12].



Figura 3-6: Cultivos de alfalfa

3.2.4.1 Necesidades hídricas del cultivo de alfalfa

Debido a su prolongado período vegetativo, su extenso sistema radicular y su densa cubierta vegetal, la alfalfa requiere una gran cantidad de agua. La cantidad de agua necesaria para el crecimiento del cultivo de alfalfa depende de factores ambientales como la temperatura, la velocidad del viento, la humedad, la radiación solar, la altitud, la capacidad de retención de agua del suelo y otros. Entre 500 y 1,170 mm (20-46 pulgadas) de agua por temporada de crecimiento es el intervalo normal cuando se habla de cuánta agua necesita exactamente la alfalfa para su cultivo [13].

3.2.4.2 Requisitos del suelo para el cultivo de alfalfa

Aunque no es un cultivo demasiado exigente, el tipo de suelo ideal para el cultivo de alfalfa son suelos profundos, bien drenados y arcillosos. El pH del suelo para la alfalfa debe estar entre 6,5 y 7,0, ya que esto permite la fijación simbiótica del nitrógeno. En la preparación del suelo para el cultivo de alfalfa, si el suelo es demasiado ácido, añadiendo cal se puede elevar el pH del suelo a un nivel deseable [13].

El cultivo de la planta de alfalfa se puede incorporar otros pastos como son potreros así teniendo una fuente nutritiva de alimento para animales en producción de carne y leche.

3.2.5 Cultivo de papa

El cultivo de la papa tiene el potencial de conseguir grandes ingresos, pero la producción de tubérculos de alta calidad a gran escala plantea ciertos desafíos. Desde los momentos previos a la siembra hasta la cosecha, el proceso de cultivo de la papa requiere mucha atención por parte

del agricultor, obligándole a conocer bien todo el ciclo de crecimiento y a usar técnicas eficientes que le otorguen una ventaja competitiva. Los sistemas de agricultura de precisión, la maquinaria agrícola guiada por GPS, las técnicas de gestión integrada de maleza y plagas o un aporte regular son algunos de los conceptos que los agricultores centrados en el cultivo de papa deben dominar para lograr un rendimiento excelente y grandes [14].



Figura 3-7: Cultivo de papas en floración

Para cultivar tubérculos de alta calidad, es necesario mantener la humedad del suelo adecuados y constantes. Es de suma importancia preservar una hidratación uniforme en toda la zona radicular sin dejar que se humedezca demasiado, sobre todo después de la etapa de floración como se muestra en la Figura 3-7.

El riego de la papa o patata debe aportar en torno a una pulgada (25 mm) de agua a la semana en la mayoría de los suelos. Sin embargo, en suelos arenosos y pobres en materia orgánica, puede ser necesario regar hasta 50 mm por semana [14].

En Ecuador, de acuerdo con los datos del INEC-ESPAC 2020, en el año 2020 la superficie cultivada fue de 24880 hectáreas (ha) con una producción de 408.313 toneladas métricas (Tn) y un rendimiento de 16,41 T/ha. Aproximadamente el 81% de la producción se comercializa para consumo en fresco y el resto es utilizado por la industria de procesamiento [15].

El cultivo de papas siendo un producto de primera necesidad se ha visto bastante afectada en su producción debido a las fuertes temperaturas ocasionando prolongaciones en las cosechas como también siendo más vulnerables a enfermedades.

3.2.6 Etapas fenológicas

Es el estudio de las etapas de los seres vivos y su relación con los factores climáticos. Existen etapas en los cultivos donde estos presentan mayor sensibilidad a determinados factores, por ello los cambios en las condiciones climáticas repercuten en el desarrollo y rendimiento, esto será variante dependiendo del cultivo, tales factores deben estar dentro de los límites de utilidad, siendo los excesos como las carencias circunstancias que afecten de forma negativa, como en el caso de la temperatura. La fenología de los cultivos toma gran importancia cuando se relaciona con el momento del riego, ya que la sensibilidad al estrés hídrico varía con la etapa fenológica del cultivo, estas etapas son:

- **Etapas inicial:** Es un período después de siembra o trasplante, en que las plantas crecen lentamente, cubriendo hasta un 10 % de la superficie. Para cultivos anuales, la ET en esta etapa corresponde exclusivamente a la evaporación directa del suelo, por lo que el valor del K_c está determinado por la frecuencia de riego o lluvia.
- **Etapas de Desarrollo:** Desde el 10 % de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta, hasta la emisión de la primera flor.
- **Etapas media:** Entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70- 80 % de cobertura máxima de cada cultivo.
- **Etapas Final:** Es la etapa que comprende entre la maduración y la senescencia [15].

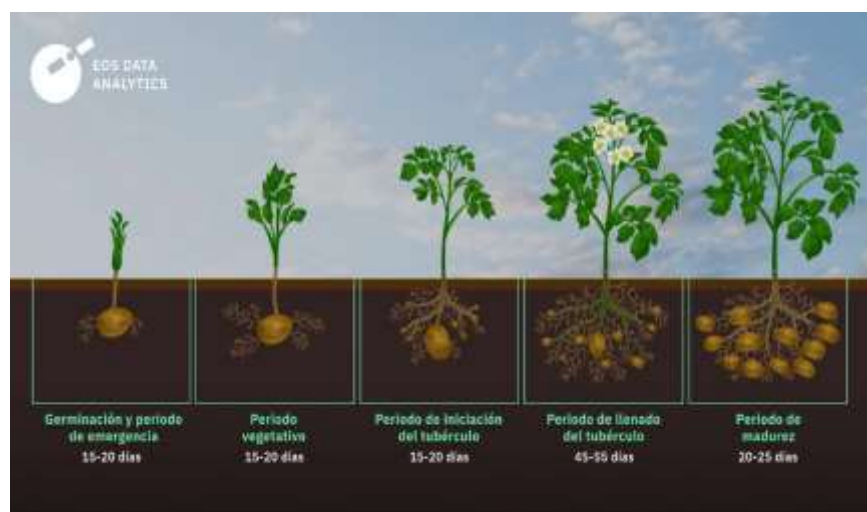


Figura 3-8: Etapas fenológicas del cultivo de la papa [18].

3.2.7 Requerimiento hídrico

La papa es un cultivo sensible al estrés hídrico, sobre todo en sus periodos críticos que son entre el inicio de la estolonización y tuberización, esto afecta directamente al rendimiento, un periodo menos crítico es su fase inicial y en su fase de senescencia, esto se hace evidente por la estrecha relación con el agua en la planta y sus procesos fisiológicos reconociéndose 4 estados fenológicos, inicial, desarrollo o vegetativo, formación de tubérculos o tuberización y la maduración o senescencia. (INIA, 2017 pág. 77) Las necesidades hídricas van a variar de los 600 a los 1000 mm por ciclo, esto dependerá de las condiciones ambientales propias de la zona, del suelo y de la variedad.

3.2.8 Sistemas de riego

Se denomina Sistema de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas como se observa en la Figura 3-9.

El sistema de riego consta de una serie de componentes, aunque no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, ya que el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial (principalmente en su variante de riego por inundación), por aspersión, o por goteo [18].




Figura 3-9: Sistemas de riego

3.2.8.1 Tipos de sistemas de riego

Tabla 3-2: Sistemas de riego

<p>Sistema de riego por goteo</p> 	<p>El sistema de riego por goteo consiste en aplicar agua directamente en la base de las plantas mediante dispositivos llamados goteros. Se trata de un tipo de sistema de riego altamente eficiente que reduce la evaporación y desperdicio de agua, promoviendo raíces más fuertes y menos enfermedades por humedad [23]. Además, su precisión permite dar a cada planta la cantidad exacta de agua necesaria, según el tipo. Por otra parte, como se trata de un sistema que no moja las hojas, previene la propagación de enfermedades en ellas. Este sistema es ideal para quienes buscan eficiencia y un sistema de riego respetuoso con el medio ambiente [23].</p>
<p>Sistema de riego por aspersión</p> 	<p>Este es un sistema de riego bastante usado para jardines y para grandes áreas de cultivo. En contraste con el sistema anterior, tiene un mayor desperdicio de agua, aunque se puede ajustar la potencia y orientación para mejorar su eficiencia. Para usar este sistema, es recomendable que evalúes bien dónde colocarás cada aspersor para evitar regar de más o tener zonas muertas [23].</p>
<p>Sistema de riego por micro aspersión</p> 	<p>En contraste con el anterior, este sigue el mismo proceso, solo que emplea un caudal de agua menor; por lo que es eficiente, pero recomendado para cultivos que requieran menor cantidad o volumen de agua [23].</p>

<p style="text-align: center;">Sistema de riego por gravedad</p> 	<p>También es conocido como riego por superficie y tiene varios tipos. Por ejemplo, está el riego por surcos que permite el riego a través de canales. Además, encontramos el riego por tablares, un sistema de riego controlado por inundación en el que el terreno se divide en áreas separadas llamadas tablares, que son paralelas y están delimitadas por crestas de tierra. También está el riego por fajas, que consiste en la aplicación de agua a través de franjas largas y estrechas de terreno [23].</p>
<p style="text-align: center;">Sistema de riego por inundación</p> 	<p>El riego por inundación es un tipo de riego que inunda la zona cultivada con agua. Se usa mucho en grandes áreas de cultivo principalmente en cultivo de arroz. El problema es que se desperdicia una gran cantidad de agua al emplearlo [23].</p>

Los sistemas de riego por aspersión recogen el agua desde un p o incluso directamente de un río o embalse. El ahorro de agua es mayor que el de otros sistemas [19].

Gracias a los avances tecnológicos podemos automatizar los sistemas de riego por aspersión utilizando motores eléctricos o sistemas hidráulicos que permiten su movimiento a lo largo de la superficie de riego.

En la producción de la agricultura, tanto la falta como el exceso de humedad en el suelo tienen un efecto perjudicial en el cultivo y el suelo, por consiguiente, en su productividad, el objetivo principal es que el sistema de riego sea lo más eficaz posible. La elección del sistema a aplicar dependerá de cada situación particular. El desafío de distribuir el agua de manera uniforme en las tierras de cultivo no es fácil.

3.2.9 AUTOMATIZACIÓN

La automatización se refiere a un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos [17].

La automatización ayuda a reducir la intervención humana para su funcionamiento incluyendo sistemas eléctricos y electrónicos por ende tenemos un control más eficaz y menos costo en mano de obra como se muestra en la Figura 3-10



Figura 3-10: La automatización una convergencia de tecnologías.

3.2.9.1 Automatización de sistemas de riego

Consiste en una forma automatizada en el sistema de riego para proveer de agua a los cultivos, puede emplearse por medio de la aspersion o el goteo. También los hay que combinan tanto el goteo como la aspersion [25].

En otras palabras, el sistema de riego automatizado se encarga de controlar la distribución de agua. Con este sistema automatizado puede escogerse la cantidad, el horario, la ubicación y la frecuencia del riego. Convirtiéndose así en la opción más productiva y cómoda al momento de regar, ya que mantiene sanos y verdes el césped, las plantas y las plantaciones; permitiéndonos ahorrar tiempo y esfuerzo [25].

Para poder instalar un sistema de riego automatizado, previamente debe hacerse un estudio del terreno y de los tipos de cultivos, con el fin de hallar la mejor manera para la distribución del agua y lograr los resultados más óptimos. También hay que analizar dónde debe estar ubicado, la cantidad de agua que se va a usar y la frecuencia con la que se programará el riego [25].

Estos sistemas actualmente representan un gran aliado para los agricultores, sus cultivos y cosechas, ayudando así a las innovaciones en el sector agrícola cada vez más eficientes.

3.2.9.2 Ventajas de la automatización de los sistemas de riego

Estos sistemas están avanzando con gran rapidez, al tiempo ofrecen muchas ventajas o beneficios:

- **Es fácil de instalar:** Se puede llevar a cabo la instalación de forma sencilla, sin importar el tipo de terreno. No obstante, se puede requerir la asistencia de un profesional que este especializado y sepa cómo instalarlo correctamente para un adecuado uso. [22]
- **Los emisores son compatibles con cualquier tipo:** Se puede emplear cualquier sistema de riego automatizado, es decir, que puede ser por goteo, aspersión, microaspersión, difusores, entre otros; ya que debido a la compatibilidad puede ser apto para cualquiera. [22]
- **Se puede ahorrar esfuerzo y tiempo:** Esta es una de las principales ventajas; que no es necesario ocuparse personalmente de regar las plantas, cultivos y cosechas. Pues éste se realiza automáticamente. Hacen mejor gestión en cuanto al uso del agua: Revelan que con este tipo de sistemas automatizados se logra disminuir un 30% o 40% en consumo de agua. [22]
- **Puede controlarse con qué frecuencia se hace el riego:** Lo cual puede evitar pérdidas innecesarias o momentos inadecuados para realizarse. [22]
- **Simplicidad:** Este sistema automatizado se maneja tan fácilmente que se puede configurar sin problemas, permitiendo también modificar y hacer cualquier cambio que se considere, ya sea por el estado de los cultivos o en función a diferentes momentos. [22]
- **Se puede programar el riego:** Debido a la integración de programadores que activan y desactivan automáticamente el sistema de riego, aprovechando así los mejores momentos del día para realizar el riego. [22]

- **Requiere un sencillo mantenimiento:** Aunque el sistema automatizado de riego está compuesto por diversos elementos no necesita demasiados recursos económicos ni de tiempo para su mantenimiento [25].

3.2.10 Automatización de sistema de riego por aspersión

Consiste en automatizar el sistema de riego por aspersión que va a llegar a las plantas o cultivos en forma de lluvia. Se encuentran diferentes equipos para este sistema de riego, cada uno con diferente grado de automatización, diferente inversión, diferentes características para lograr que se adapten a diferentes situaciones. Sin embargo, los más utilizados son el de pivote central y el de avance lateral [25].

Considerando ciertas características importantes debemos utilizar equipo que se use para este tipo de riego, se debe mantener el control de la presión, para de esta manera asegurar que el agua tenga una buena dispersión.

Para una mayor eficiencia es recomendable regar en horas de la noche, o en horas en que no haya viento, en caso de que esto no sea posible, es conveniente entonces reducir el distanciamiento que debe haber entre los aspersores y aumentar el diámetro de las embocaduras, tomando en cuenta la capacidad de permeabilidad que presente el suelo.

3.2.10.1 Ventajas de los sistemas automatizados de riego por aspersión

- Requiere menos consumo de agua que los de riego por inundación o por surcos.
- Puede ser usado en los terrenos colindantes.
- El agua se puede dosificar con mayor precisión.
- Presenta una alta eficiencia.
- Se opera fácilmente.
- El material vegetal no se ve afectado por el riego ya que la presión es eliminada, su distribución es homogénea, el riego va distribuido de forma suave sobre determinada zona. [22]

3.2.11 AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

La automatización agrícola es una forma innovadora de mecanización va más allá de los conceptos convencionales de mecanización y se basa en la sinergia obtenida con la combinación de diferentes áreas tecnológicas; ingeniería de mecanización agrícola, instrumentación, mecatrónica, sistemas de control y tecnología [18].

Un sistema de riego automatizado está constituido por sensores y equipos programables que ayudan al regadío de cualquier tipo de cultivo, mediante órdenes que son asignadas por un computador, como a la hora y el tiempo que debe realizar el riego o la cantidad de agua necesaria para las mismas, un ejemplo de este principio se lo indica en la Figura 3-11.

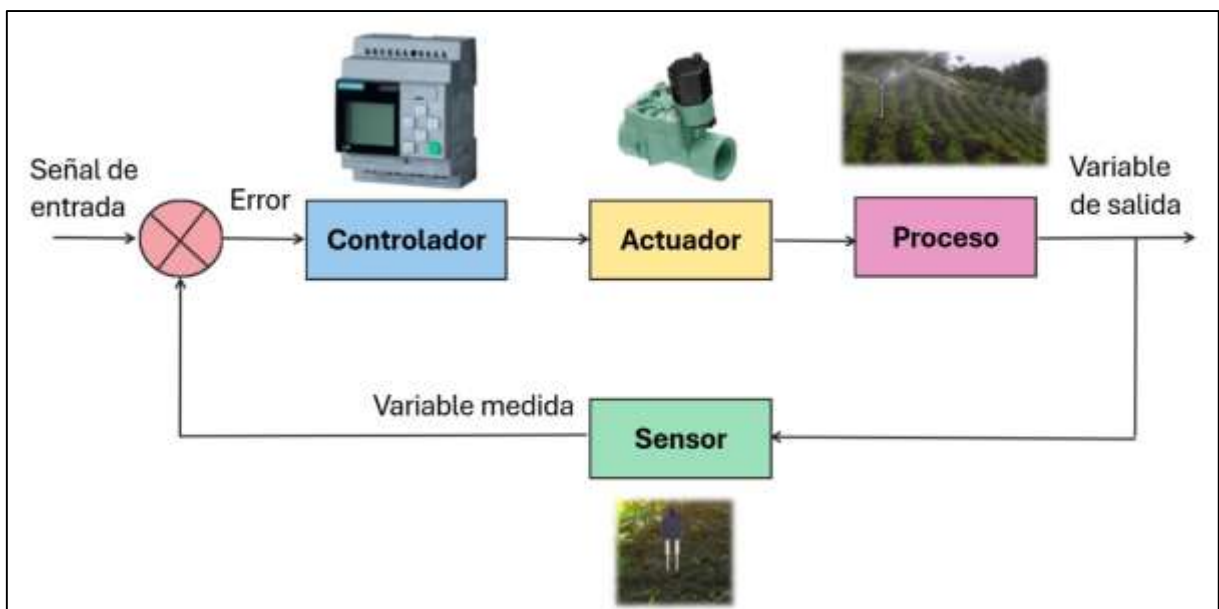


Figura 3-11: Ejemplo de laso abierto empleado en los sistemas agrícolas

El sistema de riego automatizado permite optimizar el uso del agua en cultivos a través de sensores que miden la humedad y la temperatura en la zona radicular de las plantas. La ventaja de regar empleando el exceso o falta de humedad, permite que el cultivo no entre en estrés, con lo que se garantiza el mejor producto agrícola posible.

Cualquier tipo de cultivo agrícola utiliza una cantidad excesiva de agua, por lo que es importante maximizar su uso aumentando la eficiencia del sistema de riego agrícola para reducir el tiempo de utilización de este recurso.

Existen numerosos sistemas automatizados de cierre, algunos de los cuales se basan en horarios de cierre, otros en las condiciones atmosféricas y otros con sensores que pueden medir la humedad del suelo y la temperatura ambiente. La aplicación de agua será óptima para el suelo y mucho más ventajosa para la agricultura con la implantación de los tipos de sistemas mencionados.

El control semiautomático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

3.2.12 Elementos de un sistema automatizado

La automatización se compone de una parte operativa responsable de ejecutar las diferentes actividades que forman parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo componen; y la parte de control, encargada de coordinar las actividades del proceso, incluyendo el control de calidad, la gestión de herramientas y operaciones de supervisión. Figura 3-12.

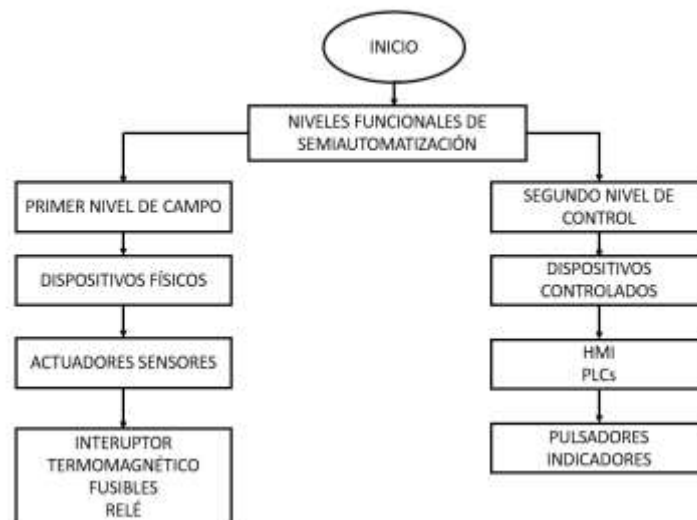


Figura 3-12: Diagrama referencial de semiautomatización

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El presente capítulo tiene como finalidad detallar la descripción, el desarrollo y funcionamiento del sistema de riego por aspersión semiautomática para el pasto de ganado y cultivo de papas en la finca Jerbel en la parroquia Aláquez, a fin de demostrar el correcto funcionamiento del sistema.

Se realizó el sistema de riego semiautomático donde intervinieron dispositivos como plc logo, sensores de humedad, electroválvulas, bomba de agua, aspersores y protecciones eléctricos, uso de herramientas computacionales de simulación, programación e implementación. El sustento del sistema de riego semiautomático se ve reflejado en la investigación de documentos, artículos científicos, softwares computacionales, sitios web.

4.1 DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual se basa en las funciones principales y secundarias de los parámetros establecidos por la finca con el objetivo de realizar un correcto diseño eléctrico e hidráulico, y a su vez llegar a contemplar la disponibilidad de sensores y actuadores que formaron parte del sistema de riego semiautomático, con el objetivo de aplicar una selección de componentes de calidad.

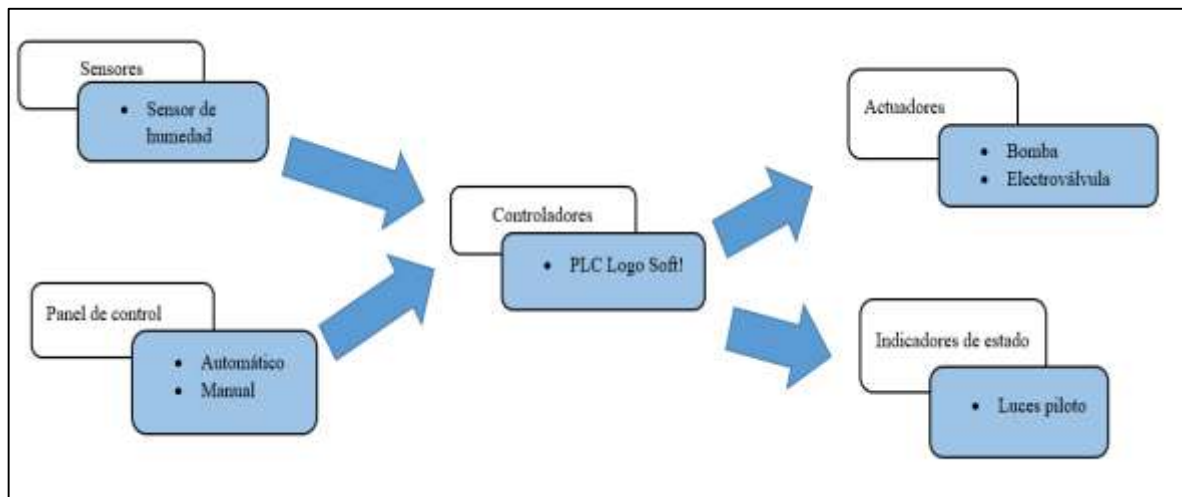


Figura 4-1: Diagrama de funcionamiento básico

Como se observa en el diagrama de funcionamiento el sistema de riego se divide en 3 etapas principales, en las cuales se puede identificar cada componente que los conforma. En la primera etapa se encuentra el panel de control donde el usuario con ayuda de un selector determinara si requiere de un riego automático o manual, además cuenta con los sensores encargados de enviar señales de porcentaje de humedad de la tierra.

La segunda etapa cuenta con el controlador definido como un PLC logo Soft, este se encarga de activar o desactivar los actuadores según la señal enviada por el sensor de humedad. [24]

Finalmente, la tercera etapa cuenta con un actuador como la bomba encargada de enviar agua proveniente de un pozo hacia las electroválvulas por medio de un sistema hidráulico, las

válvulas se activarán con ayuda del PLC dependiendo el estado de humedad. Además, el sistema cuenta con Indicadores de estado que permite conocer al usuario si el sistema de riego está enviando agua al cultivo desde el panel de control.

4.2 MATRIZ DE RELACIÓN DE VARIABLES

La tabla N°4-1 presenta una clara distinción entre las variables independientes y dependientes del sistema de riego, lo que resulta fundamental para una comprensión más profunda y estructurada del tema. Identificar estas variables permite establecer relaciones clave y entender mejor el comportamiento del sistema en estudio.

Tabla 4-1: Variables independiente y dependientes

Variables independientes	Sistema de riego por aspersión semiautomática en la finca Jerbel en la parroquia Aláquez.
Variables dependientes	Crecimiento del cultivo de papas y pasto de ganado.

La tabla N°4-2 muestra las variables de entrada del sistema de riego semiautomático, junto a sus técnicas de medida e instrumentos que deben usarse para ser censadas. Por otro lado, la tabla N° 4-3 muestra las variables de salida relacionadas con el tiempo de riego, cantidad de agua aplicada y frecuencia de riego.

Tabla 4-2: Matriz de variables de entrada

Concepto	Instrumentos	Indicadores	Ítem	Técnicas
Humedad del suelo	Sensor de humedad	Porcentaje de humedad	Nivel de humedad óptimo	Medición en campo
Condiciones climáticas	Estación meteorológica, termohigrómetro	Temperatura, humedad, precipitación	Valores promedios diarios	Observación y registro
Tipo de cultivo	Registro de cultivos	Especie, ciclo de vida	Cultivos predominantes	Análisis documental

Tabla 4-3: Matriz de variables de salida

Concepto	Indicadores	Ítem	Técnicas
Tiempo de riego	Duración del riego (min)	Riego automático/manual	Análisis de tiempos programados
Cantidad de agua	Volumen de agua (litros)	Consumo de agua	Medición de caudal y consumo
Frecuencia de riego	Número de riegos por día/semana	Programación de riego	

4.3 CÁLCULOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

4.3.1 Cálculo de riego por aspersión

Para determinar la cantidad de agua que se necesita para regar una superficie determinada y el tiempo que se debe mantener el riego en los cultivos de pastos y cultivo de papas se debe seguir los siguientes pasos:

Primero se determina el número de bailarinas necesarios para cubrir la superficie de riego de manera uniforme. Este número dependerá del tipo y la capacidad de las bailarinas que se utilicen, así como de la distribución y la presión del agua en el sistema de riego.

$$N_{asp} = \frac{a}{b} \quad [24] \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

N_{asp} : Número de aspersores

a: Ancho (m)

b: Largo (m)

El cálculo exacto del riego por aspersión puede requerir información específica sobre el tipo de suelo, cultivo, clima y condiciones de riego. Por lo tanto, es recomendable utilizar herramientas y recursos específicos para obtener los valores más precisos posibles.

4.3.2 Espaciamiento entre aspersores

El espaciamiento entre aspersores depende de varios factores, como el tipo de cultivo, las características del suelo y la velocidad del viento. Sin embargo, como guía general, aquí presento algunos espaciamientos.

El espaciamiento entre aspersores se realizó calculando la presión al que va a estar sometido el sistema de riego ya que según la presión el aspersor cubrirá una mayor área de riego siendo.

Caudal de los aspersores

$$Q = q \cdot N_{asp} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Q: Caudal del sistema (m^3/h)

q: Caudal del aspersor (m^3/h)

Nasp: Número de aspersores

Posterior a ello se procede con el cálculo de la velocidad de bombeo.

$$V = \frac{4xQ}{\pi D^2} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

V: Velocidad de bombeo (m/s)

Q: Caudal (m^3/h)

D: Diámetro de la tubería (m)

El valor del número de Reynolds. Tabla 4.9.2

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad \text{Ec. (4)}$$

Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad del agua (kg/m^3)

V: Velocidad de bombeo (m/s)

D: Diámetro de la tubería (m)

μ : Viscosidad cinemática (m^2/s)

Recomendados para diferentes tipos de cultivos:

Cultivos de hortalizas: entre 1,5 y 2 metros.

Cultivos de alfalfa: entre 12 y 18 metros [20].

Tabla 4-4: Tabla de viscosidad, densidad.

	Densidad	Viscosidad absoluta	Viscosidad cinemática
Temperatura	ρ	M	ν
°C	Kg/m^3	$Kg/m.s$	m^2/s
0	999,9	$1,792 \cdot 10^{-3}$	$1,792 \cdot 10^{-6}$
5	1000,0	$1,519 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$
10	999,7	$1,308 \cdot 10^{-3}$	$1,308 \cdot 10^{-6}$
20	998,2	$1,005 \cdot 10^{-3}$	$1,007 \cdot 10^{-6}$
40	992,2	$0,656 \cdot 10^{-3}$	$0,661 \cdot 10^{-6}$
60	983,2	$0,496 \cdot 10^{-3}$	$0,477 \cdot 10^{-6}$
80	971,8	$0,357 \cdot 10^{-3}$	

Flujo laminar.

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad \text{Ec. (5)}$$

λ : Flujo laminar

Re: Número de Reynolds

Resistencia Hidráulica

$$R = \frac{\left(\text{coef loc} + \frac{\lambda L}{D}\right) 8}{g \pi^2 D^4} \quad \text{Ec. (6)}$$

R: Resistencia hidráulica [24]

Coef loc: Coeficiente de resistencia

λ : Flujo laminar

L: longitud (m)

D: diámetro de la tubería (m)

g : Gravedad (m/s^2)

Cálculo de pérdida [24].

$$H = \Delta z + R \cdot Q^2 \quad \text{Ec. (7)}$$

H: Pérdida hidráulica (m)

Δz : diferencia de altura (m)

R: Resistencia

Q: Caudal (m^3/h)

Para el cálculo de la presión se requirió de la ecuación: [24]

$$P = \rho \cdot g \cdot H_t \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

- ρ : Densidad del agua (kg/m^3)
- g : Gravedad (m/s^2)
- H_t : Altura manométrica (m)

Con una presión de 4,66 *Psi* se procede a la siguiente relación. Dado que el aspersor a unos 10 *psi* tiene un alcance máximo de 15 se relaciona estos datos para el cálculo del diámetro de alcance indica un alcance de 7 m a 4,66 *Psi*.

La figura muestra la distancia entre aspersores para el 1 sector que tiene como ancho de 7m y largo de 13m por lo que resulta adecuado el alcance producido por los aspersores de 7 metros, de modo que para distribuir los aspersores se tomó en cuenta los 2 sectores destinados para el cultivo de papas y el pasto, se ubicó un aspersor al sector 1, mientras que al sector 2 se le ubico 2 aspersores ubicados a 6,5 metros con el objetivo de abastecer toda el área.

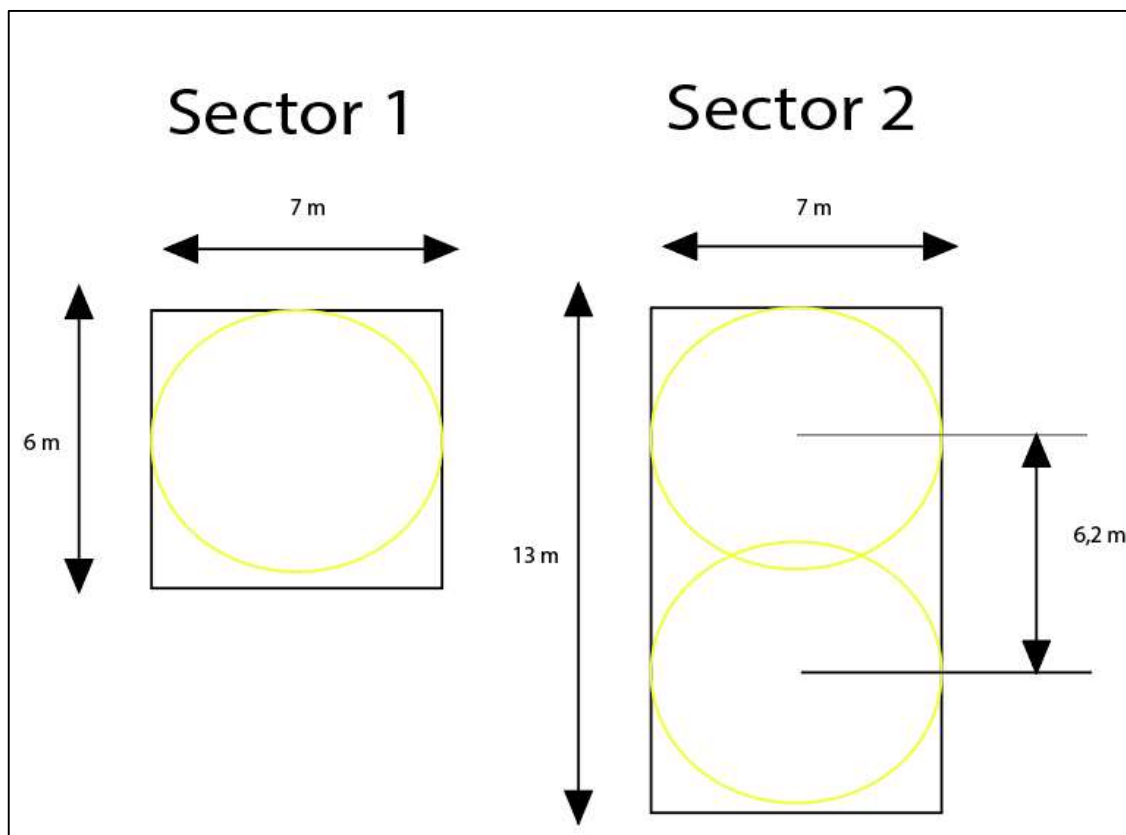


Figura 4-2: Distribución de aspersores.

Posterior a la ubicación de los aspersores se procedió a calcular la potencia de la bomba de agua que permita necesaria para el riego del cultivo.

La potencia se calculó con la siguiente ecuación:

$$P_t = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{n} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

- ρ : Densidad del agua (kg/m^3)
- g : Gravedad (m/s^2)
- H : pérdidas de fricción (m)
- n : eficiencia (%)

Una vez calculado una potencia de $P_t = 0,456HP$ se concluye que el sistema necesita de una bomba de agua con un mínimo de $0,5HP$, todos los resultados se encuentran detallados en los anexos.




4.4 Selección de materiales para un sistema de riego semiautomático.

Para el desarrollo del sistema de riego se requieren materiales de investigación como: instrumentos de medición de humedad, controlador PLC, electroválvulas, bomba de agua, entre otros que garanticen el rendimiento y durabilidad del sistema de riego. Estos componentes deben ser robustos y resistentes a factores como humedad, corrosión y variación de temperatura.

4.4.1 Selección de controlador PLC

Para este sistema de riego se realizó la selección de acuerdo a especificaciones técnicas como alimentación, frecuencia de red, número de entradas y salidas digitales, tipo de salida, dimensiones y comunicación como se muestra en la tabla

Tabla 4-5: Especificaciones técnicas de PLC

Especificaciones	Siemens logo	FX3U - 16 I/O	FX3U - 32 I/O
			
Alimentación	24VDC	24VDC	24VDC
Frecuencia de red admisible	63Hz máx.	63Hz máx.	63Hz máx.
Compatibilidad con software	Logo soft	GX Works2	GX Works2
Número de entradas digitales	8	8	16
Número de salidas	4 tipo relé	8	16
Tipo de salida	Relé	Relé	Relé
Dimensiones	90x71,5x60mm	130 x 90 x 86 mm	150 x 90 x 86 mm
Comunicación	Modbus TCP/IP	RS-422, Modbus TCP/IP	RS-422, Modbus TCP/IP

El PLC Logo Soft Se seleccionó por las siguientes razones, entre ellas están:

- El número de entradas y salidas digitales son suficientes ya que únicamente se conectará 3 salidas de relé correspondientes a 2 electroválvulas y el contactor del motor que permitirá la conducción de energía hacia el motor para ponerlo en marcha, además sus entradas contarán con las señales de los 2 sensores de humedad, el paro de emergencia, el botón de START, por lo cual el número de entradas y salidas que cuenta el PLC son suficientes para el sistema de riego. [23]
- La alimentación de 24V DC es ideal ya que es de fácil conexión con ayuda de un conversor de AC a DC. [23]
- El protocolo de comunicación es un protocolo de comunicación estándar en la industria para la transmisión de datos entre dispositivos como PLCs, sensores, variadores de frecuencia, SCADA, etc, siendo tecnología suficiente para el proyecto, por lo que se descarta los PLC FX3U de 16 I/O y de 32 I/O. [23]

4.4.2 Selección del sensor de humedad

La selección del sensor de humedad se realizó tomando en cuenta varios componentes electrónicos como el sensor capacitivo V1.2 y el sensor resistivo FC-28, donde se tomará en

cuenta especificaciones técnicas como la vida útil, voltaje de alimentación, como se muestra en la tabla 4-6.

Tabla 4-6: Especificaciones técnicas del sensor de humedad

Especificaciones	Anticorrosivo HD-38.	FC-28
		
Voltaje de alimentación	3.3V a 12V	3.3V a 5V
Voltaje de señal de salida	0 a 5V	3.3V a 5V
Vida útil	3 años min.	3 a 6 meses
Salida	Analógica	Analógica
Principio de operación	Capacitivo	Resistivo

El sensor de humedad Anticorrosivo HD-38 se seleccionó por varias razones, entre ellas son las siguientes:

- La alimentación de 3,3V a 12V es adecuada para el sistema de riego ya que este se alimentaría desde el conversor de voltaje de 12V haciendo sencilla su conexión en el tablero de control.
- La vida útil del sensor de humedad FC-28 es de 3 a 6 meses lo cual produce su descarte ya que se necesita una vida útil larga, por otro lado, el sensor Anticorrosivo HD-38 es de tipo industrial por lo que cuenta con una vida útil de 3 años como mínimo lo que lo vuelve ideal para el sistema de riego.

4.4.3 Selección de bomba de agua

La selección de la bomba se realizó tomando en cuenta a las más comunes en el mercado por su asequibilidad y sus especificaciones analizadas son caudal máximo, potencia, voltaje, temperatura del líquido, frecuencia y grado IP que se muestran en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Especificaciones técnicas bomba de agua

Especificaciones	Bomba de Agua Periférica Serie PK 	Bomba sumergible Rotoplas 	Bomba periférica 1/2HP 
Caudal máximo	70 Lpm	150 Lpm	40 Lpm
Potencia	0,5 a 1,5 Hp	1/3 HP	½ HP
Voltaje	110/220V	115V	115V/230V
Temperatura de líquido	-10°C a 60°C	-10°C a 60°C	40°C máx.
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Grado de protección	IP 68	IP 68	IP 68

Se seleccionó la bomba de agua periférica de ½ HP por varias razones:

- El caudal máximo requerido por el sistema es de $0,69 \frac{L}{h}$ por lo cual se descarta la bomba de agua periférica de la serie PK y la bomba sumergible Rotoplas ya que su caudal máximo tan elevado no es necesario por el sistema de riego, por otro lado, la bomba de agua periférica de ½ HP es suficiente abastecer de agua al cultivo de papas.
- El voltaje de alimentación de 115V a 230V que necesita la bomba de agua periférica de ½ HP, resulta ideal para este proyecto, ya que proporciona una amplia flexibilidad en cuanto a la disponibilidad de fuentes de energía en diferentes regiones o instalaciones. Además, esta variabilidad en el rango de voltaje permite que la bomba pueda ser utilizada en diferentes configuraciones eléctricas sin la necesidad de ajustes adicionales, asegurando una instalación más sencilla y una operación confiable

4.4.4 Selección de electroválvulas.

Para la selección de la electroválvula se tomó en cuenta a la válvula IR-21T, electroválvula ST-DB NO y la electroválvula solenoide de 110V, las especificaciones analizadas para este proyecto son diámetro de conexión, presión de trabajo, voltaje de operación, caudal máximo y el material de la válvula.

Tabla 4-8: Selección de electroválvulas

Especificaciones	Válvula de rociado Orbit 	Electroválvula ST-DB 1/4" NO 	Electroválvula Solenoides 110V 
Diámetro de conexión.	1", 1,5", 3/4"	1/4"	1/2", 3/4", 1"
Presión de trabajo	0,7 - 10 bar	0,5 - 10 bar	0,1 - 8 bar
Voltaje de operación	24V AC/DC	12V, 24V DC o 110V AC	110V AC
Caudal máximo	Hasta 25 m ³ /h	0,21 m ³ /h	Hasta 50 L/min
Material	Nylon reforzado con fibra de vidrio	Latón y acero inoxidable	Latón y plástico resistente



La electroválvula de rociado de la marca orbit se seleccionó por varias razones, entre ellas están las siguientes:

- El voltaje de operación de 24V en DC es apropiado para el sistema ya que es compatible con los relés del PLC.
- El diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada es apropiado ya que de esta manera se evita utilizar implementos para reducir o aumentar los tubos de PVC
- El material de nylon reforzado con fibra de vidrio hace a la electroválvula más ligero y resistente a presiones altas lo que hace necesario para que el sistema sea más robusto.

4.4.5 Selección de aspersor de agua.

Para la selección del aspersor se realizó en base a los modelos más comunes en el mercado, los cuales son el aspersor de tipo bailarina y el aspersor plástico de 3 puntas para los cuales se analizó especificaciones técnicas como: diámetro y conexión, caudal, rango de aspersion, y material como se muestra en la tabla 4.9

Tabla 4-9: Selección de electroválvulas

Especificaciones	Aspersor de tipo bailarina 	Aspersor Plástico De 3 Puntas 
Diámetro de conexión	3/4"	1/4"
Presión de trabajo	0,7 - 10 psi	0,5 - 10 psi
Rango de aspersión	15 m	10m
Caudal máximo	0,21 m ³ /h	0,2 m ³ /h
Material	Nylon reforzado con fibra de vidrio	Plástico

El aspersor de tipo bailarina se seleccionó por varias razones, estas se detallan a continuación:

- El diámetro de ¾ de pulgada es adecuado para evitar mayor cantidad de pérdidas en un cambio de diámetro de tubos de la conexión hidráulica.
- El rango de aspersión del aspersor de tipo bailarina es mayor lo que produce el descarte del aspersor plástico de 3 puntas, que, aunque tiene un diámetro de riego excelente su rango de aspersión es limitado en comparación con el aspersor de tipo bailarina, lo que reduce su efectividad en áreas más amplias.
- El caudal de 0,21 m³/h que proporciona la bailarina se encuentra dentro de la curva de caudal de la bomba de agua.
- El material de nylon reforzado con fibra de vidrio hace que el aspersor sea más ligero y resistente a presiones altas lo que hace necesario para que el sistema sea más robusto.

4.4.6 Selección de interruptor termo magnético

Se seleccionó el interruptor termomagnético como se muestra en la figura 16 debido a su doble mecanismo de protección, que le permite actuar de manera eficiente ante las fallas en el circuito eléctrico. el componente térmico que contiene responde ante sobrecargas prolongadas que

ayuda a evitar el sobrecalentamiento de los conductores y posibles daños en los equipos conectados. Además, cuenta con un mecanismo magnético que detecta instantáneamente los cortocircuitos, interrumpiendo el flujo de corriente de forma inmediata para prevenir accidentes eléctricos. Esta combinación de protección lo convierte en una opción confiable y segura para garantizar la estabilidad del sistema eléctrico, además minimiza riesgos y prolonga la vida útil de los dispositivos conectados



Figura 4-3: Interruptor termomagnético de 2 polos

4.5 DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIAUTOMÁTICO

Dentro del desarrollo de un sistema de riego se debe tomar varios aspectos como área del terreno al que se va a abastecer con agua, número de bailarinas, electroválvulas, bomba de agua y almacenamiento de agua de modo que, una vez seleccionado los materiales, estos funcionen correctamente una vez sea implementado el sistema en la finca Jerbel en la parroquia Aláquez.

Para ellos se procedió a realizar un diagrama P&ID como se observa en la figura N°4-5, este permite observar cada componente del sistema hidráulico y su conexión con el sistema de control.

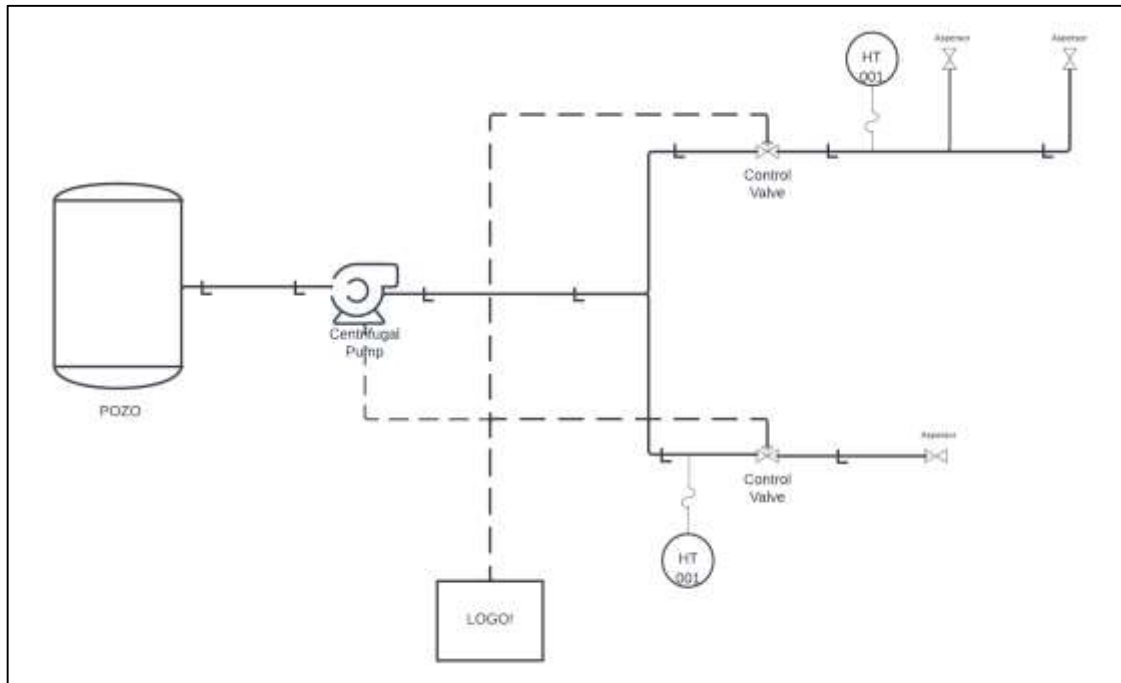


Figura 4-4: Diagrama de funcionamiento básico

El diseño hidráulico que muestra el diagrama P&ID parte de un pozo que por medio de tuberías se conectara a una bomba de agua la cual se encargara de suministrar agua al sistema de riego, además se puede observar que el sistema cuenta con 2 electroválvulas que serán activadas cuando el sensor de humedad o la persona detecten la necesidad del riego en el cultivo de papas. Finalmente, tanto las electroválvulas como la bomba de agua serán controlados por el controlador Logo Soft.

4.5.1 Elementos hidráulicos

	<p>Bomba de riego por aspersión. Su función principal es enviar agua por medio de tuberías con ayuda de aspersores internos. Este dispositivo necesita de un proceso de cebado para evitar posibles sobrecalentamientos.</p>
	<p>Tubería. Es un elemento esencial ya que es por donde circulara el agua desde el pozo hasta los cultivos de papas y pasto [24].</p>

	<p>Aspersores. Los aspersores de riego de tipo bailarina permiten el riego en grandes áreas con el objetivo de hidratar a las plantas.</p>
	<p>Conectores hidráulicos. Existen varios tipos de conectores como: codos, conectores en T, reductore de caudal, entre otros, los cuales son importantes para conducir el agua</p>
	<p>El PVC este material es esencial ya que ofrece una gran resistencia y vida útil.</p>

Figura 4-5: Especificaciones técnicas de elementos hidráulicos

4.6 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Para el diseño de los tableros eléctricos se debe tener en cuenta que los mismos deben estar certificados por las normas de calidad ISO 9001:2015, lo que garantiza un correcto y riguroso control en su proceso de montaje, además del cumplimiento de las normas internacionales de calidad como la IEC 60297 -3-100; CEA-310-E; UNE-EN 62208; CEI IEC 60529, en las Normas Nacionales NTE INEN 2568; NTE INEN 2569 / Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 057[32].

Para la aplicación de la normativa en cuanto al uso de los elementos de protección y conmutación mencionados, hay que tener en cuenta algunas recomendaciones, como:

- Los elementos de accionamiento de las protecciones o dispositivos de conmutación sólo serán accesibles a través de la apertura de la puerta exterior, que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá disponer de una placa con llave o dispositivo equivalente.
- Todos los tableros deberán tener una tapa o cubierta interior que cubra el equipo, y todos los tableros de uso doméstico o similar podrán estar exentos del requisito de la puerta exterior.

- Los tableros pueden estar empotrados o superpuestos en la pared si son de baja o media capacidad, tamaño y peso.
- La figura N°4-9 muestra el diseño del tablero de control que cuenta con un botón power para la alimentación del sistema, un paro de emergencia, un selector de encendido o apagado, un selector con estado manual y automático, en caso de seleccionar el estado manual el panel cuenta también con botones para controlar el riego de ambos sectores del terreno y un botón para la puesta en marcha del motor.



Figura 4-6: Diseño del tablero de control

Por otra parte, la figura N°4-10 muestra las conexiones internas en el tablero de control, en las que se han ubicado los componentes como el breaker, PLC, relé térmico y la fuente de 12V.



Figura 4-7: Conexiones internas tablero de control

4.7 DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIAUTOMÁTICO

Para el diseño eléctrico del sistema de riego se debe tomar en cuenta que se desea que el controlador logre funcionar correctamente después de la selección de materiales por lo cual se diseñó de modo que el PLC logre cuente con sus respectivas protecciones y permita controlar las electroválvulas como el contactor que permite la circulación de energía al motor.

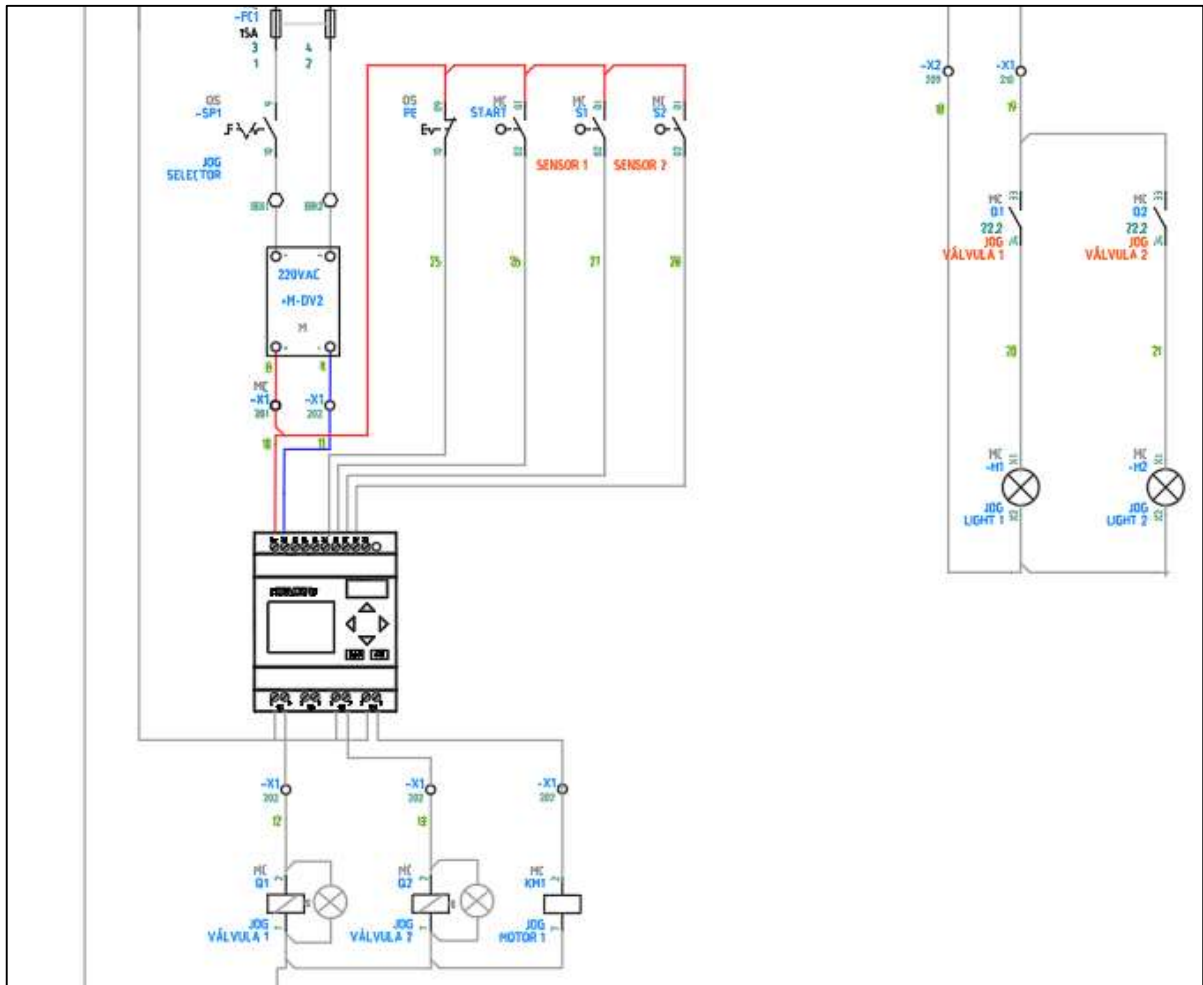


Figura 4-8: Diagrama de control del sistema eléctrico.

La figura N° 4-7 muestra como todo el sistema está protegido por un breaker o interruptor termo magnético que se encarga de proteger al circuito interrumpiendo el flujo de corriente cuando detecta sobrecargas o cortocircuitos. El PLC logo esta alimentado a 12V con ayude de un conversor de AC/DC de modo que suministre la alimentación no solo al PCL sino también a los sensores de humedad y se conecte a los elementos del panel de control como botón de inicio, paro de emergencia e indicadores de estado. Finalmente se puede observar que en las salidas del PLC se cierran las salidas de tipo relé permitiendo el paso del flujo de corriente hacia las electroválvulas y los indicadores de estado.

Además, el PLC cuenta con una salida de relé que permite controlar el contactor -KM1 que se muestra en la figura que tiene como propósito permitir la circulación de energía para poner en funcionamiento la bomba de agua que a su vez cuenta con sus respectivas protecciones como el relé térmico que protege al sistema de exceso de corrientes y un disyuntor que protege los dispositivos contra cortocircuitos y sobrecargas externas.

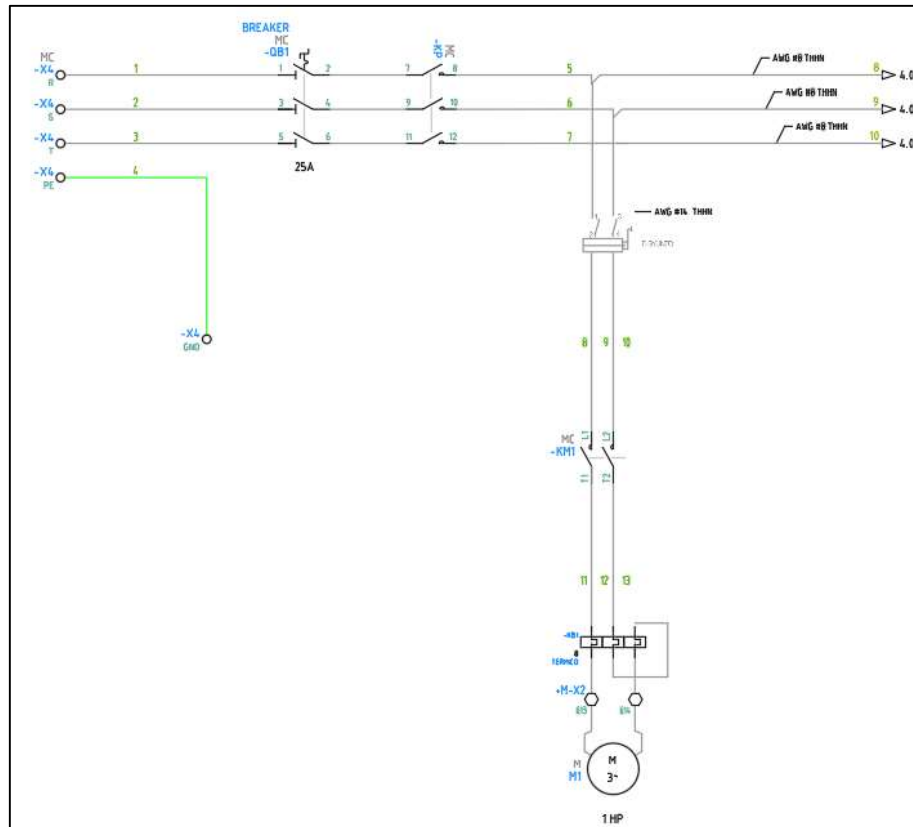


Figura 4-9: Diagrama de fuerza del sistema eléctrico.

Finalmente se dimensiona el número de calibre de los cables que se utilizaran en la conexión del motor, esto se realizó tomando en cuenta que el motor es de ½ HP y trabajara con una alimentación de 110V. primero se calculó la potencia con la ecuación 6.

$$I = \frac{P}{V \cdot n \cdot \cos(\theta)} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

- P: Potencia (W)
- V: Voltaje de alimentación (V)
- n: eficiencia (0,85)
- cos(θ): factor de potencia

Se calculó una corriente de 4,4A ≈ 5A, por lo cual según la norma NEC establece que para esta corriente se recomienda un calibre de 16 AWG para distancias menores a 30m. La norma también recomienda que el breaker este entre un valor de 175% y 250% de la corriente nominal

del motor para evitar daños por picos de arranque, por lo tanto, se calculó la corriente del breaker con la ecuación 7

$$I_{breaker} = I_{nominal} \cdot 2,5 \quad (\text{Ec. 11})$$

La corriente del breaker de 11,08 A permite seleccionar un breaker de 15A para lo cual mediante tablas se seleccionó un calibre del cable del breaker de 14 AWG.

4.8 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la programación del sistema de riego se realizó un diagrama de flujo que permite observar la funcionalidad del sistema de riego como se observa en la figura, esta inicia con una acción de encendido para la cual el usuario deberá manipular un selector on/off, que pondrá en marcha la programación, el proceso continua con una nueva acción de selección de modo de riego automático o manual, para lo cual en la programación del PLC este al encender un modo de operación bloquea al otro estado operativo.

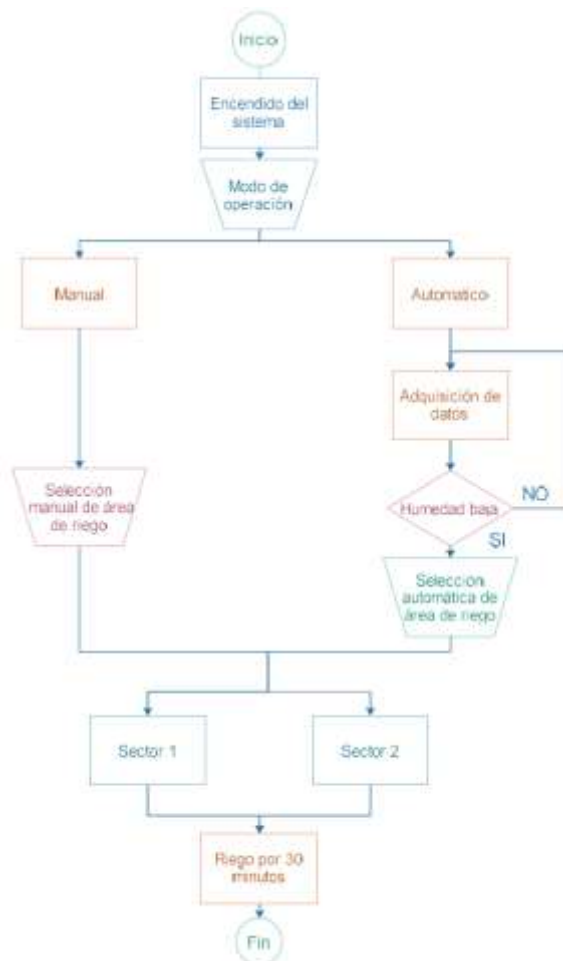


Figura 4-10: Diagrama de flujo de programación en Logo Soft

En el modo operativo manual se procede con una selección del área de riego ya que la finca cuenta con 2 áreas de cultivo separadas, el operador debe seleccionar el área que necesita del riego presionando un pulsador, esta acción enviara una señal al PLC haciendo saber que necesita poner en marcha la bomba de agua y activar la electroválvula correspondiente para el área seleccionada.

El modo operativo automático consta en recibir una señal del sensor de humedad, este sensor entregará datos al PLC de porcentaje, donde mientras más bajo el porcentaje de humedad significa que el terreno se encuentra más seco, necesitando del riego en el cultivo. En caso de obtener un porcentaje alto de humedad, no se necesitará de riego por lo cual el PLC seguirá censando el terreno. Una vez que el PLC detecte un área de cultivo seco activará la electroválvula regando el cultivo hasta llegar a una humedad adecuada.

Este diagrama de flujo permitió el desarrollo de la programación en el software Logo Soft que se encuentra en los Anexos.

4.9 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

4.9.1 Ubicación de implementación

A continuación, se detalla el lugar de la implementación de un sistema de riego por aspersión semiautomático.

Tabla 4-10 Ubicación sistema de riego

Ubicación del Proyecto		
País	Ecuador	
Provincia	Cotopaxi	
Ciudad	Latacunga	
Parroquia	Aláquez	
Coordenadas	-0,857831	-78,528872

Hemisferio	Sur
Altitud sobre el nivel del mar	3300 m

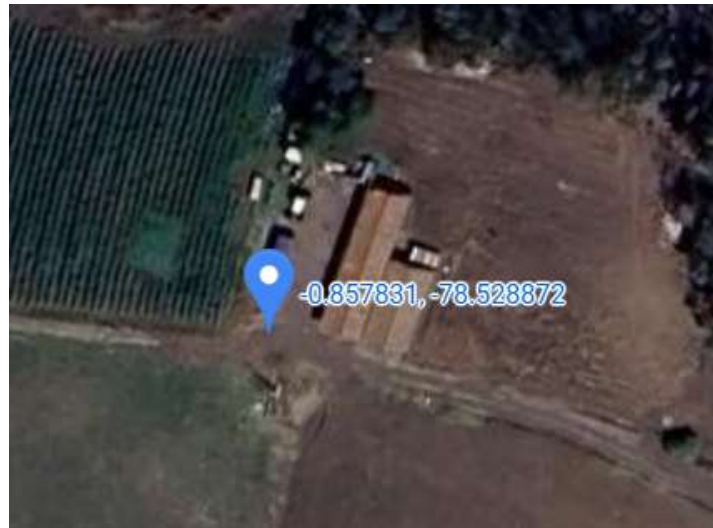


Figura 4-11: Ubicación por coordenadas

Para la implementación del sistema de riego, primero se realizó una conexión hidráulica que parte desde el pozo hasta la bomba de agua, de la salida de esta bomba con ayuda de codos y tuberías de PVC se conecta a electroválvulas como se muestra en la figura.

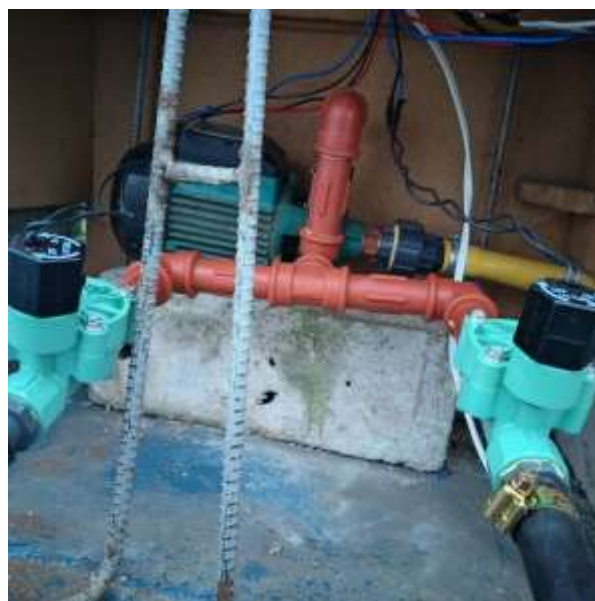


Figura 4-12: Conexión hidráulica desde la bomba de agua hasta las válvulas.

Posterior a la conexión de las electroválvulas se procedió a medir la longitud de los tubos por los que circulara el agua hasta las bailarinas como se observa en la figura que se encargan del riego del agua a los cultivos, la longitud requerida para el riego en la primera área es de 20 m mientras que la segunda área de cultivo requiere de una longitud de 9m



Figura 4-13: Medición de longitud de sistema hidráulico.

Finalmente, al sistema hidráulico se le añadió la bailarina a una altura de 1m para permitir un giro adecuado y sin interrupción de obstáculos como se muestra en la figura.



Figura 4-14: Ubicación de las bailarinas de riego

Posterior a la implementación del sistema hidráulico, se realizó las conexiones del motor, las electroválvulas y los sensores de humedad al panel de control como se muestra en la figura, además el panel se empotro a la madera con el objetivo de asegurarlo contra cualquier perturbación externa.



Figura 4-15: Ubicación del tablero de control

En cuanto a la programación con ayuda de una conexión ethernet se cargó la programación elaborada en el software logo Soft, este software permitió la programación Ladder que permite con ayuda del PLC controlar los selectores y pulsadores implementados en el panel de control.



Figura 4-16: Programación del PLC logo

Finalmente se puso en marcha el sistema para comprobar su funcionalidad como se muestra en la figura.



Figura 4-17: Bailarina del sistema de riego en funcionamiento

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 ANALISIS DE BOMBA DE AGUA

Se realizó una comparación de pérdida de caudal versus altura manométrica del sistema con la bomba de agua con el objetivo de saber si el caudal necesario se encuentra dentro de la curva de caudal de la bomba de ½ HP obtenido del datasheet.

La figura 5-1 muestra la 2 curvas utilizadas para la selección de la bomba de agua que representa la relación entre caudal y altura manométrica, donde la curva naranja muestra como aumenta el caudal cuando la altura manométrica disminuye, puesta esta es una curva característica de la bomba de agua obtenida de sus datasheet que se muestra en los Anexos, mientras que la curva azul representa la resistencia del sistema de tuberías pues mientras aumenta el caudal, se requiere de una mayor altura para vencer las pérdidas de carga.

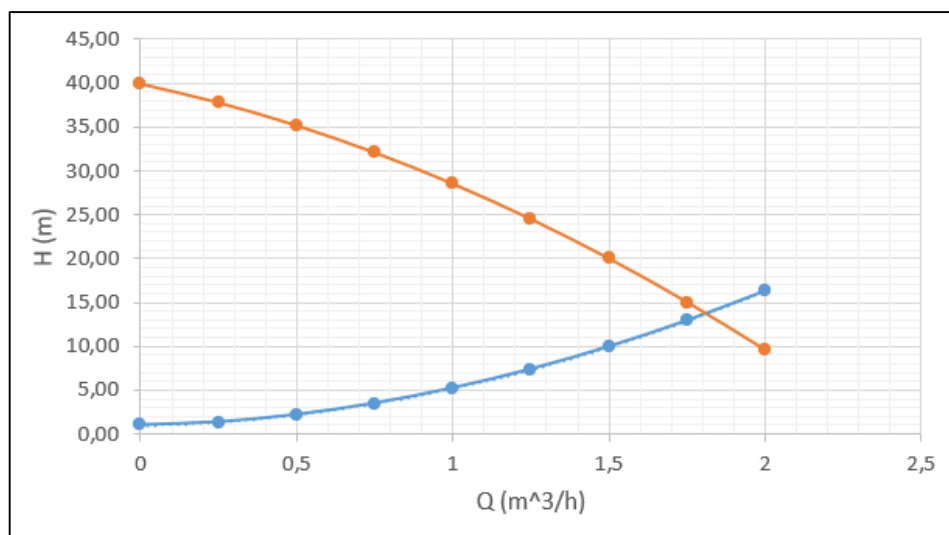


Figura 5.1-1 : Cuadro de comparación de curva de altura del sistema y la curva de la bomba

El punto de intersección de ambas curvas representa el punto óptimo de operación de la bomba de agua en el sistema, este punto es donde la bomba trabajará de manera eficiente, proporcionando el caudal y altura de elevación requeridos, ya que el sistema requiere de un caudal de $0,69 \text{ m}^3/\text{h}$ la bomba es capaz de abastecer hasta una pérdida de 30m.

5.2 ANÁLISIS DE INCREMENTO DE HUMEDAD

Para este capítulo se realizó varias pruebas en un periodo de 30 minutos a un caudal constante de $0,69 \text{ m}^3/\text{h}$ distribuido en un área de 133 m^2 , es importante mencionar que el suelo

inicialmente contenía un porcentaje de humedad del 20%, y a partir de este momento se censo la humedad cada 30 minutos como se muestra en la tabla 14.

Tabla 5.1-1: Aspersor del sistema de riego en funcionamiento

Tiempo por min.	% Humedad
0	20%
30	40%
60	70%
90	98%
110	100%

La figura 5-2 muestra el aumento de humedad en función del tiempo en el que se observa que el riego aumenta considerablemente cada media hora por lo cual se deduce que cada 30 minutos de riego el sistema deberá pararse hasta que nuevamente el cultivo de papas necesite de un aumento de agua.

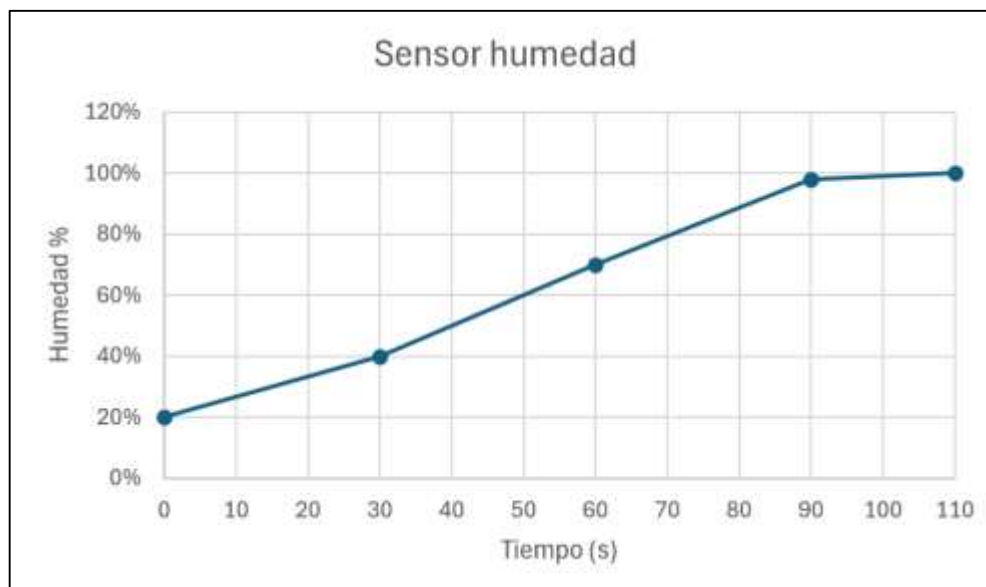


Figura 5.1-2: Curva sensor humedad

En un tiempo de 30 minutos, la humedad se incrementa un aproximado de 20% como muestra la figura 5-2, por lo tanto, un ciclo de descanso permitiría que el suelo absorba mejor el agua antes de reanudar el riego. El riego en intervalos de tiempo para el estado de operación manual optimizaría el consumo de agua y mantendría la humedad en un rango adecuado para el cultivo de papas, por otro lado, en el estado de operación automático el riego se producirá cuando el sistema detecte falta de humedad y en caso contrario la electroválvula impedirá el paso de agua.

5.3 ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO POR LOS ASPERSORES

Para este análisis se desarrollo 10 pruebas como se muestra en la tabla, se tomo medidas del diametro de riego para cada aspersor con el objetivo de detectar la variabilidad en el rango de aspersion y detectar si las mediciones son constantes o si existen desviaciones significativas. Estas pruebas se realizaron primero en el sector 1, luego solo el sector 2 y finalmente los 2 sectores. Ademas el error cuadratico se calculo con la ecuacion con el objetivo de poder observar la precision del sistema de riego.

5.4 ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN SECTOR 1

Para el analisis de variabilidad primero se puso en marcha solo el sector 1, para ello se realizo 10 pruebas donde se midio el diámetro del area de riego por el unico aspersor con el que cuenta.

Tabla 5.1-2: Rango de aspersion en el sector 1

# de prueba	Diámetro de aspersion sector 1	Error cuadrático individual
1	6,5	0,25
2	7,0	0,00
3	7,0	0,00
4	7,0	0,00
5	6,8	0,04
6	7,0	0,00
7	7,0	0,00
8	7,0	0,00
9	7,0	0,00
10	6,6	0,16
	ECM	0,04

La tabla 5-2 muestra el analisis de variabilidad cuando se pone en marcha solo el sector 1, se puede observar que el error cuadratico medio (ECM) es de 0,04 lo que indica que las mediciones del diametro del riego tiene poca variabilidad de 0,64% respecto a la medida ya que es un valor muy cercano a 0.

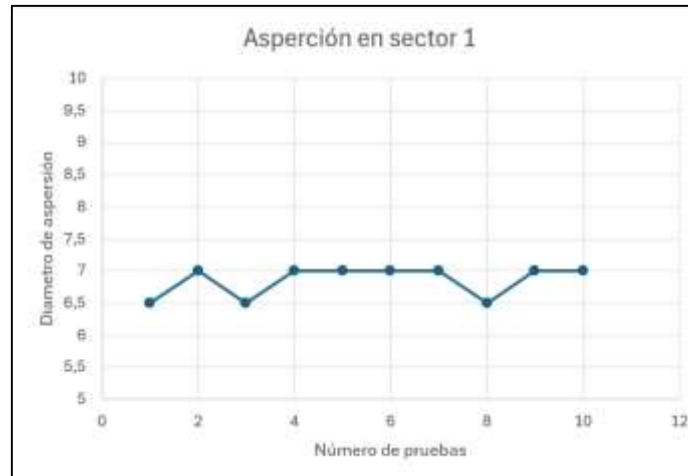


Figura 5.1-3: Curva de aspersión

La figura 5-3 muestra la curva de diámetro de aspersión donde se observa que el error mas grande es de un aproximado de 0,5 m lo que resulta no tener gran impacto ya que los fluidos se exapanden por el suelo incrementando la humedas en un area mas grande que el área de riego.

5.5 ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN SECTOR 2

La tabla 5-3 muestra el analisis de variabilidad cuando se pone en marcha solo el sector 2, para ello se realizo 10 pruebas, 5 del primer aspersor y 5 del segundo aspersor.

Tabla 5.1-3: Rango de aspersión en el sector 2

# de prueba	Diámetro de aspersión , sector 2	Error cuadrático individual
1	6,5	0,25
2	7,0	0,00
3	6,8	0,04
4	7,0	0,00
5	6,6	0,16
6	7,0	0,00
7	7,0	0,00
8	6,7	0,09
9	7,0	0,00
10	6,4	0,36
	ECM	0,09

Se puede observar que el error cuadrático medio (ECM) calculado es de 0,09 que corresponde al 1,28% lo que indica que las mediciones del diámetro del riego tiene poca variabilidad respecto a la medida ya que es un valor muy cercano a 0.

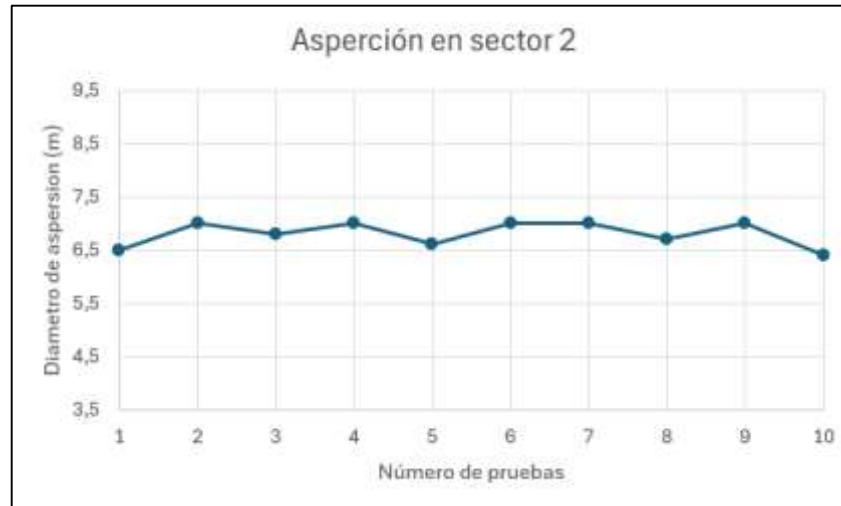


Figura 5.1-4: Aspersión sector 2

La figura 5-4 muestra la curva de diámetro de aspersión donde se observa que la varianza incrementa al tener 2 aspersores activos generando error en un número mayor de pruebas, donde el la varianza mas grande fue de de 0,6 m lo que resulta no tener gran impacto ya que los fluidos se exapanden por el suelo incrementando la humedadas en un area mas grande que el área de riego.

5.6 ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE RIEGO EN AMBOS SECTORES

La tabla 5-4 muestra el análisis de variabilidad cuando se pone en marcha ambos sectores, para ello se realizo 15 pruebas, donde las 5 primeras corresponde al aspersor del sector 1, las 5 segundas corresponden al primer aspersor del sector 2 y las ultimas corresponden al ultimo aspersor.

Tabla 5.1-4: Rango de aspersión en ambos sectores

# de prueba	Diámetro de ambos sectores (m)	Error cuadrático individual
1	6,3	0,49
2	7,0	0,00
3	6,8	0,04
4	7,0	0,00
5	7,0	0,00
6	6,5	0,25

7	6,7	0,09
8	7,0	0,00
9	6,2	0,64
10	7,0	0,00
11	7,0	0,00
12	6,9	0,01
13	6,4	0,36
14	6,6	0,16
15	6,3	0,49
ECM		0,16

Se puede observar que el error cuadrático medio (ECM) calculado es de 0,16 que corresponde a un 2,67% de error lo que indica que las mediciones del diámetro del riego siguen teniendo poca variabilidad respecto a la medida esperada de 7m ya que es un valor muy cercano a 0.

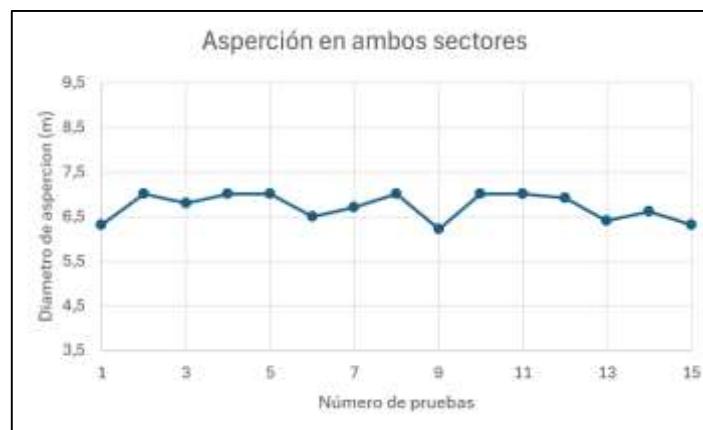


Figura 5.1-5: Aspersión en ambos sectores

La figura 5-5 muestra la curva de diámetro de aspersión donde se observa que la varianza incrementa al tener 3 aspersores activos generando error en un mayor número de pruebas, donde la varianza mas grande fue de 0,8 m lo que resulta no tener gran impacto ya que los fluidos se exapanden por el suelo incrementando la humedadas en un area mas grande que el área de riego.

5.7 ANÁLISIS DE SISTEMA DE RIEGO EN CULTIVO DE PAPAS

Para el análisis del rendimiento de cultivo se realizó pruebas de desarrollo del crecimiento de papas de tipo limeña ya que su ciclo de crecimiento es corto, esto lo hace esencial para realizar evaluaciones de su desarrollo. Se estimó el tiempo de crecimiento en las 2 áreas, la primera corresponde al sector 1 que cuenta con un aspersor de riego que operó de forma automática mientras que en otra área de cultivo se suministró el agua de manera convencional mediante el

método de inundación con ayuda de mangueras con el objetivo de comparar tiempos de desarrollo del cultivo de papas.

Tabla 5.1-5: Tiempos de desarrollo del cultivo de papas limeña

Estado de desarrollo de la papa	Con sistema de riego semiautomático(días)	Sin sistema de riego(días)
Germinación	12	15
Periodo vegetal	10	16
Periodo de iniciación del tubérculo	12	15
Periodo de llenado del tubérculo	45	51
Periodo de madures	19	25
TOTAL	98	122

El cultivo de papas cuenta con 5 estados que son: germinación, periodo vegetal, periodo de iniciación del tubérculo, periodo de llenado del tubérculo y periodo de madures como se observa en la tabla 18 donde se aprecia que menora el tiempo de crecimiento de la papa con ayuda del sistema de riego operando de manera automática.

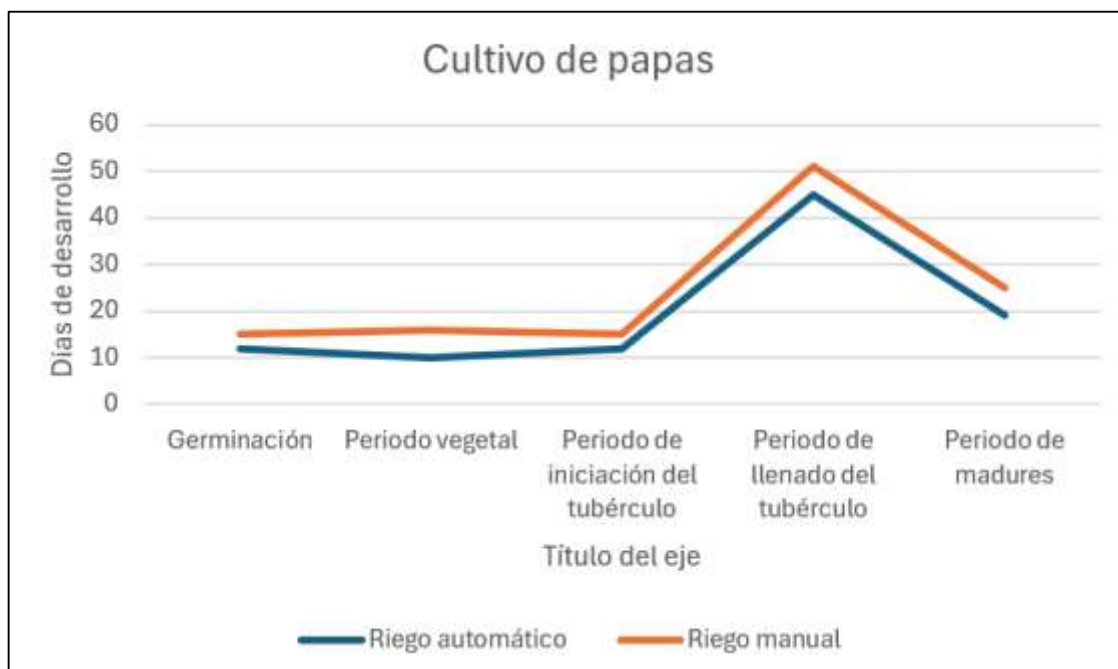


Figura 5.1-6: Curva de crecimiento de cultivo de papas

La figura 5-6 muestra cada estado de crecimiento del cultivo de papas donde se observa que el riego automático logra alcanzar cada estado mucho antes que el cultivo con riego convencional

de inundación, esto permite concluir que la implementación por riego automático permite acelerar el cultivo optimizando el tiempo de cosecha.

5.8 ANÁLISIS DE SISTEMA DE RIEGO EN CRECIMIENTO DE PASTO

Para el análisis del rendimiento del crecimiento del pasto se realizó pruebas con respecto al alfalfa donde se estimó el tiempo de crecimiento en 2 áreas donde se adecuó de manera de poder visualizar el crecimiento simultáneo del alfalfa desde cero, la primera corresponde al sector 2 que cuenta con dos aspersores de riego que operó de forma automática mientras que en otra área se suministró el agua de manera convencional mediante el método de inundación con ayuda de mangueras con el objetivo de comparar tiempos de crecimiento del pasto.

Tabla 5.1-6: Crecimiento del pasto

Semana	Con sistema de riego semiautomático(cm)	Sin sistema de riego(cm)
1	5	5
2	16	13
3	28	19
4	37	25
5	49	30
6	57	34
7	60	37
8	62	40

Se realizó comparaciones de altura del pasto como se muestra en la tabla 5-6 donde se aprecia las medidas tomadas por semana.

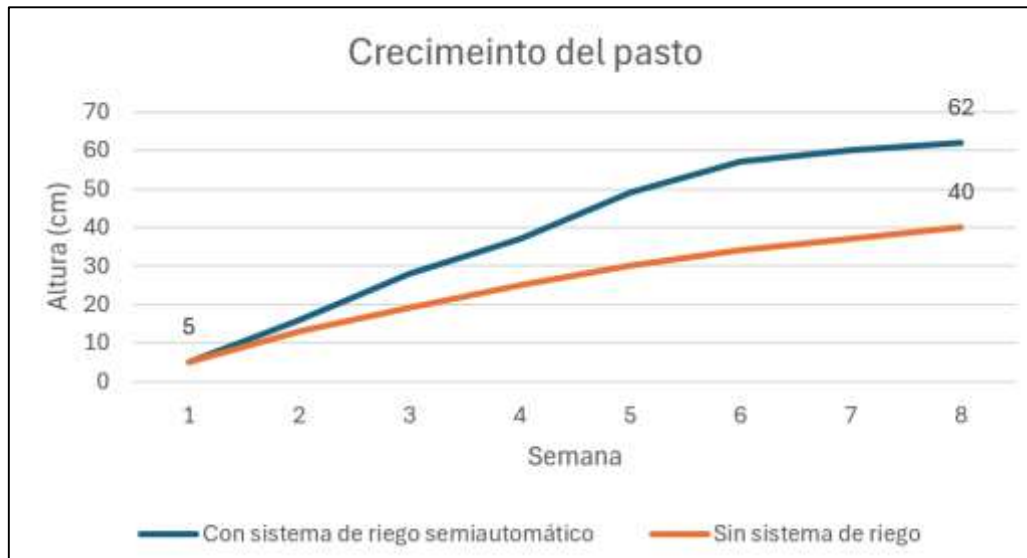


Figura 5.1-7: Curva de crecimiento de cultivo de papas

La figura 5-7 muestra el crecimiento del pasto cada semana donde se observa como el sistema de riego automático aumenta el crecimiento del pasto (alfalfa) ya que se observa una diferencia de 22 cm en su décima semana, esto permitió concluir que el tiempo se ha optimizado ya que acelero el crecimiento del pasto en un 35,48%.

5.9 ANÁLISIS DE CONSUMO DE AGUA

Para el análisis del consumo de agua se realizó medidas de profundidad del pozo después del riego tanto de forma automática como del riego por inundación con el objetivo de calcular el consumo en litros en un intervalo de tiempo de una semana, para lo cual se obtuvo los resultados que se observa en la tabla 5-7.

Tabla 5.1-7: Diferencia de consumo de agua

	Riego semiautomático (lt)	Sin sistema de riego (lt)	Diferencia (lt)
Consumo de agua	540	660	120

El consumo con el sistema de riego es de 540 litros de agua mientras que sin el sistema de riego se consumió un total de 660 litros dando una diferencia de 120 litros de agua como se muestra en la figura 5-8.

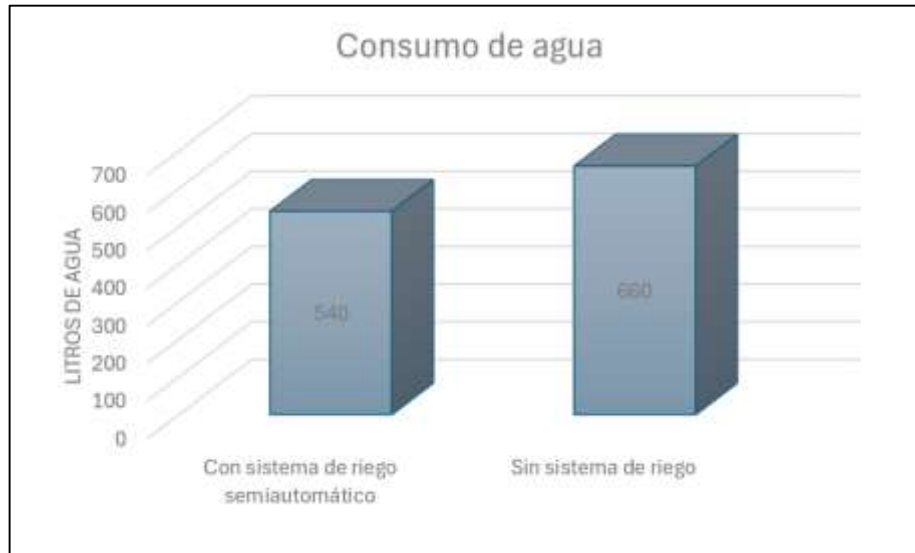


Figura 5.1-8: Diagrama de barras sobre el consumo de agua

Se concluyó que el sistema de riego es más eficiente en el uso automático. Esto representa un ahorro significativo del 18,18%, optimizando el recurso hídrico y mejorando la sostenibilidad del cultivo.

5.10 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN

Para este análisis se requirió de una comparación de la cosecha obtenida con el sistema de riego automático y por inundación, Dado que el conteo de papas es complicado debido a que la cosecha se realiza en grandes cantidades de papa, se optó por comparar el peso total de cada cosecha.

Tabla 5.1-8: Diferencia de consumo de agua

	Riego semiautomático (Kg)	Sin sistema de riego (Kg)	Diferencia (Kg)
Consumo de agua	500	420	80

La tabla 5-8 muestra los kilogramos por cosecha, donde se puede valorar una diferencia de 80 Kg, siendo la cosecha más productiva la obtenida por el sistema de riego automático.

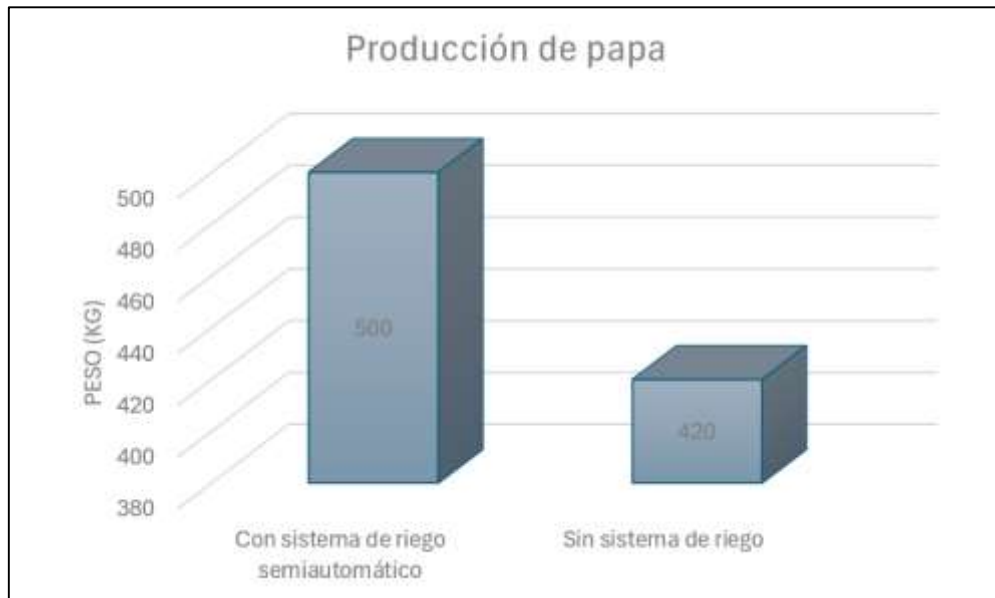


Figura 5.1-9: Diagrama de barras sobre la producción de papa

Se concluyó que el sistema de riego es más eficiente en el uso automático. Esto representa una producción significaba ya que produjo un incremento del 19% en peso del cultivo de papas indicando que el sistema de riego automático incrementó el rendimiento de producción.

5.11 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se tomó en cuenta los gastos directos en la implementación del sistema semiautomático de riego y los gastos indirectos con el objetivo de determinar si el proyecto resulta ser viable.

La siguiente tabla muestra los gastos directos en la implementación del sistema de riego donde se puede observar que entre los componentes con un costo más alto está en el PLC logo y la bomba de agua, entre todos estos implementos se gastó un total de \$513,48.

Tabla 5.1-9: Tabla de gastos del sistema

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
Sistema electrónico			
1	PLC LOGO 12/24 TDE V8.3	\$185,71	\$185,71
2	Sensor de temperatura	\$10,71	\$10,71

1	Pulsador industrial paro emergencia	\$2,61	\$2,61
1	Luz piloto rojo	\$1,79	\$1,79
3	Luz piloto verde	\$1,79	\$1,79
1	Luz piloto azul	\$1,79	\$1,79
1	Llave selectora dos posiciones	\$3,13	\$3,13
1	Llave selectora tres posiciones	\$3,13	\$3,13
2	Electroválvulas	\$32,50	\$65
Sistema hidráulico			
1	Tablero metálico 30X40X20 cm	\$51,79	\$51,79
10	Accesorios para tubería 3/4 pulgada	\$0,89	\$8,93
10	Metros de tubería plástica de 3/4 pulgada	\$2,53	\$25,30
1	Bomba de agua 0.5 hp	\$100,00	\$100,00
2	T Flex	\$5,00	\$10,00
2	Codo plástico de 3/4	\$2,00	\$4,00
3	Neplos 3/4 pulgadas	\$2,75	\$8,25
3	Aspersores 3/4 pulgadas	\$4,00	\$12,00
11	Abrazaderas tubulares	\$1,55	\$17,05
TOTAL			\$513,48

La tabla 5-10, muestra los costos de los imprevistos durante la implementación del sistema de riego se tomó en cuenta, transporte, viáticos, imprevistos.

Tabla 5.1.10: Gastos indirectos

Gastos en componentes electrónicos			
Material	Cantidad	Costo/unidad	Costo total
Transporte	2 personas	\$10,00	\$20,00
Imprevistos	1	\$10,00	\$10,00
Viáticos	2 personas	\$10,00	\$20,00
		Total	\$50,00

La tabla 5-11, muestra el costo total de sistema de riego semiautomático, donde se suma los gastos directos, indirectos y mano de obra generando un total de \$863,48

Tabla 5.1-11: Gasto total de implementación de sistema de riego

Gasto total	
Gastos	Valor
Gastos directos	\$513,48

Gastos indirectos	\$50,00
Mano de obra	\$ 300
Total	\$863,48

Para saber si el sistema de riego es viable y rentable se requiere un análisis económico con VAN y TIR. El VAN se obtiene con la siguiente ecuación considerando que el dueño de la finca Jerbel paga un total aproximado de \$400 de agua al año:

$$VAN = \sum \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el periodo t
- r: Tasa de descuento o tasa de interés
- t: Número de años
- I_0 = Inversión inicial

$$VAN = \sum \frac{400.00}{(1+30\%)^5} - 863,48 \quad (\text{Ec. 9})$$

La inversión inicial incluye los costos de los materiales, componentes, gastos en el desarrollo del sistema de riego, por lo tanto, la inversión inicial es el total del gasto generado calculado anteriormente de \$863,48. La rentabilidad se calculó para un período de años de 5, la tasa de descuento o de interés de 30% para reflejar el costo de oportunidad y finalmente, el flujo de caja según el dueño de la finca Jerbel es de un aproximado de \$2000,00 por año

En cuanto al cálculo de la TIR, se sabe que busca la tasa de interés que hace que el VAN sea cero con ayuda de la fórmula 5.4, este dato se calcula mediante prueba y error, se utilizó Excel que permite el cálculo Directo.

$$0 = \sum \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el período (\$)

- TIR: Tasa de descuento o tasa de interés (%)
- t: Años de proyección de flujo de caja
- I_0 = Inversión inicial (\$)

Como resultado se obtuvo un VAN de 110.75 que al ser mayor a 0, se concluye que el proyecto es viable ya que genera ahorros económicos, mientras que la TIR o tasa de interés que genera un VAN de cero resulto ser de 36.85%, lo cual al ser mayor que el 30% escogido permite concluir que el proyecto es rentable

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El sistema presenta el error más grande de 11,42% al tener activo las 3 electroválvulas ya que aumenta el caudal requerido a $0,69 \frac{m^3}{h}$ siendo el triple de lo que el sistema de riego necesita al compararlo con la activación del primer sector que cuenta únicamente con 1 aspersor.
- Se calculó un error cuadrático medio máximo del 2%, lo cual indica que el sistema de riego es preciso con respecto al rango de aspersión esperado de 7 metros. Sin embargo, las pequeñas variaciones en el rango de aspersión sugieren que podrían existir ligeras diferencias en la distribución del agua las cuales no representan un problema crítico.
- El sistema de riego semiautomático disminuyó el tiempo de crecimiento tanto del cultivo de pasto como del crecimiento de la alfalfa ya que se obtuvo una diferencia de 24 días en la madurez de la papa y una diferencia de 22 cm de altura del pasto de ganado, esto permitió concluir que el sistema optimiza el tiempo de desarrollo del cultivo de papa y pasto de ganado.
- Las pruebas de consumo de agua realizado por semana dieron como resultado una reducción de 18,18% de agua por el riego automático, además se comparó el rendimiento del producto de papa dando como resultado que la cosecha generada por el sistema automático brindó una ganancia del 19% en producto de papa. Esta disminución de agua e incremento de producto permiten concluir que el sistema de riego, es más representando un ahorro significativo, el recurso hídrico y mejorando la sostenibilidad del cultivo

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el operador entienda el uso y mantenimiento tanto del panel de control como del sistema hidráulico con el objetivo de aumentar la vida útil del sistema de riego semiautomático.
- Inspeccionar el sistema hidráulico y el sensor de humedad en busca de posibles daños o roturas. En caso de detectar alguna anomalía, se deberá realizar un plan de mantenimiento para evitar fallos durante el riego semiautomático.
- Antes de iniciar el sistema de riego semiautomático asegurarse que la bomba de agua encuentre con agua en su interior ya que esto permite a la bomba de agua realizar el proceso de bombeo sin tanto esfuerzo ya que de lo contrario se expondría a un sobrecalentamiento de la bomba de agua con posibles daños irreversibles.
- Aunque el error cuadrático de 0,1687 máximo calculado no representa una variación crítica, se recomienda al usuario realizar un monitoreo del sistema de riego para prevenir fallas en el sistema por cualquier perturbación externa como cambios en las condiciones climáticas, obstrucciones en las tuberías, variaciones en la presión del agua, o mal funcionamiento de los componentes eléctricos o mecánicos

7. REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas, 22 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832#:~:text=Los%20datos%20de%20la%20ONU,menos%20un%20mes%20al%20a%C3%B1o..>
- [2] P. C. R. Jose, «repositorio,» 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/b67104f0-cb82-483d-9ebb-42ab9217c0d9>. [Último acceso: 2024].
- [3] V. Cortes-Cadavid, 2021. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/bb8b9843-c256-43d7-bacf-3dda6b5ebc59>.
- [4] C. Vásconez, 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>.
- [5] G. J. M. C., 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/09fac16a-cf8e-4393-b449-21af9fa3144f>.
- [6] C. M. R. D., 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/e2f29469-ec42-4db7-84a0-f235df1b8b89>.
- [7] E. Concepto., «CONCEPTO,» 2023-2025. [En línea]. Available: <https://concepto.de/suelo/>.
- [8] Escuela Agrícola Panamericana, modulo 5 Manual de riego y drenaje, El Zamorano: Abelino Pitty, Patricia Valladares, 2012.
- [9] J. Bancho, 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6363>.
- [10] «Weatherspark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- [11] Juan Manuel, «innovation,» septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://innovatione.eu/2019/07/08/riego-agricultura/#:~:text=El%20riego%20se%20define%20como,cubiertas%20%C3%B1anicamente%20por%20las%20precipitaciones..>
- [12] G. d. Mexico, «Gobierno de Mexico,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/siap/articulos/en-la-agricultura-los-sistemas-de-riego-son-utilizados-para-un-aprovechamiento-optimo-del-agua?idiom=es>.
- [13] M. sativa, «monografía,» 2016. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/96128/Alfalfa_monografias.pdf.

- [14] V. Cherlinka, «Cultivo de alfalfa consejos para sembrar y cosechar,» 2024. [En línea]. Available: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-alfalfa/>.
- [15] V. Cherlinka, «EOS DATA ANALYTICS,» 2024. [En línea]. Available: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-papa/>.
- [16] V. J. y. otros, «INIAP,» 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6124/1/3.2%20Manual%20Producci%C3%B3n%20TuberculoSemilla%20Papa.pdf>.
- [17] «jacto,» [En línea]. Available: <https://bloglatam.jacto.com/sistemas-de-aspersion/>.
- [18] Anónimo, «¿Qué es un sistema de riego? y cuál es su importancia.,» [En línea]. Available: https://media.admininhouse.com/uploads/www.camagro.com.sv/estructura_3437/Qu%C3%A9%20es%20un%20sistema%20de%20riego.pdf.
- [19] V. RUIZ, «netafin,» [En línea]. Available: <https://www.netafim.pe/blog/tipos-de-sistema-de-riego-mas-utilizados/>.
- [20] S. Jesus, «Gestiriego,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.gestiriego.com/sistemas-de-riego-innovadores/>.
- [21] «MUNDO RIEGO,» [En línea]. Available: <https://mundoriego.es/automatizacion-de-sistemas-de-riego/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20automatizaci%C3%B3n%20de,el%20goteo%20como%20la%20aspersi%C3%B3n..>
- [22] Hunter, «Senniger Irrigation,» 2017. [En línea]. Available: <https://agriculture.hunterirrigation.com/es/news/2018/06/27/goteo-vs-riego-por-aspersion>.
- [23] L. Manual, «MANUAL EDICION,» 2003. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf.
- [24] «INGENIERIA REAL,» 2010. [En línea]. Available: https://ingenieriareal.com/calculo-de-una-bomba-para-un-riego-por-aspersion/?srsltid=AfmBOopdwgtGtNEWwgf04AF-c9fx5s9fP-MP_J5vurlet8YHzhSYACnf.
- [25] «CONFER,» [En línea]. Available: [https://www.comfer.co/blog/tips-3/que-es-la-tuberia-pvc-y-para-que-sirve-20#:~:text=PVC%20\(Policloruro%20de%20Vinilo\),transporte%20de%201%C3%A9didos%20y%20cableado..](https://www.comfer.co/blog/tips-3/que-es-la-tuberia-pvc-y-para-que-sirve-20#:~:text=PVC%20(Policloruro%20de%20Vinilo),transporte%20de%201%C3%A9didos%20y%20cableado..)
- [26] L. Cristiam, «SPOCH,» 2021. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15648/1/13T00929.pdf>.

- [27] L. H. Solutions, «llaveria Hudraulic Solutions,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.llaberiagroup.com/sistemas-de-riego-para-invernaderos/#:~:text=%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20consiste%20el%20sistema,tapete%20y%20lo%20mantendr%C3%A1%20h%C3%BAmedo..>
- [28] Gestiriego, «Válvulas hidráulicas,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.gestiriego.com/valvulas-de-riego/#:~:text=Las%20v%C3%A1lvulas%20hidr%C3%A1ulicas%20son%20una,reparaciones%20o%20trabajos%20de%20mantenimiento..>
- [29] C. ARNEJO, «SUMINISTROS AGRICOLAS,» [En línea]. Available: https://www.castilloarnedo.com/blog/general/tuberias-de-riego-tipos-y-caracteristicas?srsltid=AfmBOoqMxFUqgqRvZk2f6_FiabQQGof_f2T4x-oc7a5Seld33x6rV7W2.
- [30] «ingeniería real,» 2010. [En línea]. Available: https://ingenieriareal.com/calculo-de-una-bomba-para-un-riego-por-aspersion/?srsltid=AfmBOopdwgtGtNEWwgf04AF-c9fx5s9fP-MP_J5vurlet8YHzhSYACnf.
- [31] «pasturas tropicales,» [En línea]. Available: <https://pasturastropicales.com/alfalfa-forrajera/>.
- [32] «data analitic,» [En línea]. Available: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-papa/>.

MANUAL DE USO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIAUTOMÁTICO



ELABORADO POR:

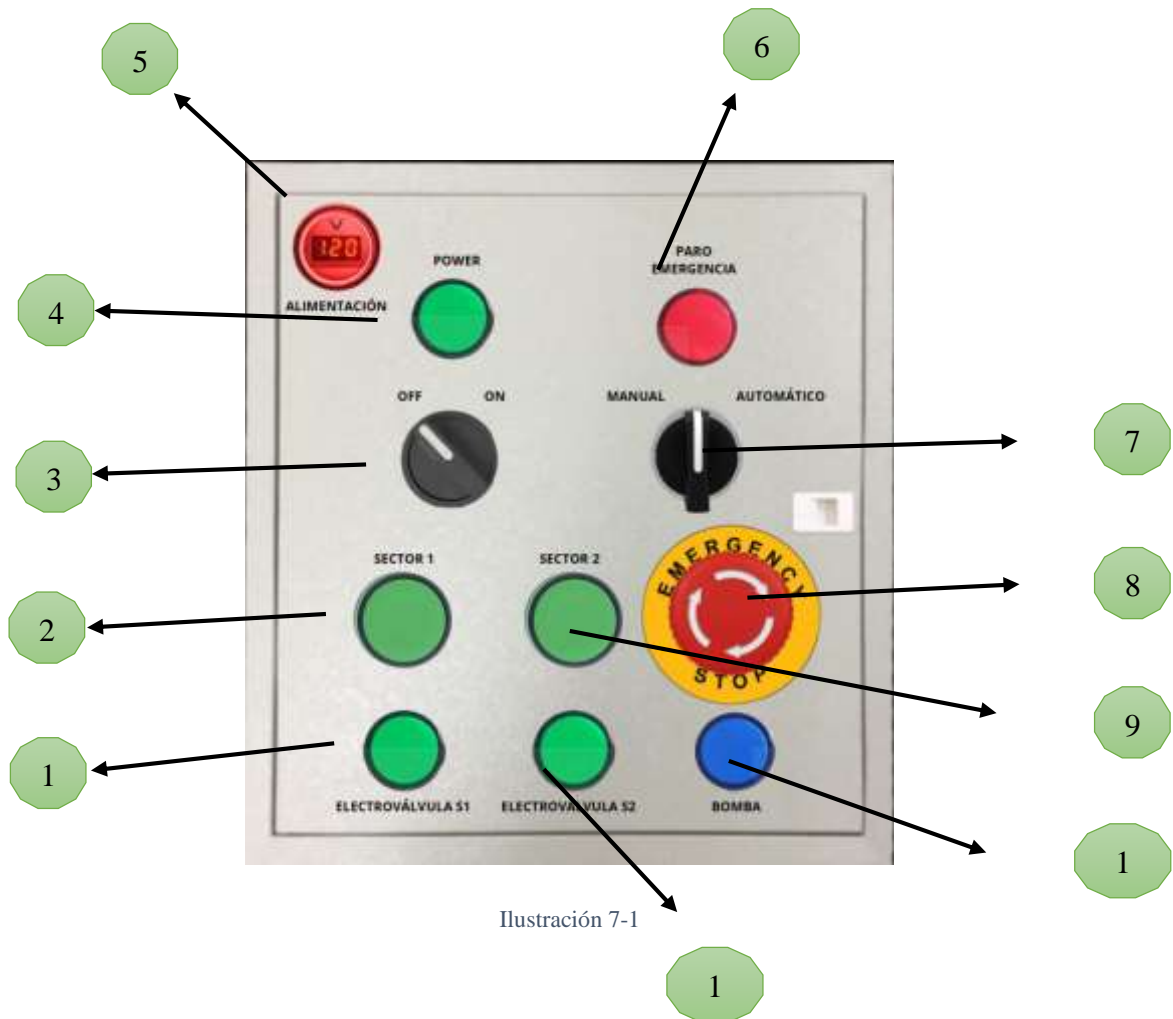
ANA CRISTINA QUINAUCHO

LATACUNGA, MARZO 2025

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES.

Ilustración 1

Vista externa del sistema electrónico.



DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ILUSTRACIÓN 1.

- 1 Luz piloto de la electroválvula 1
- 2 Botón de accionamiento de la electroválvula 1
- 3 Selector de encendido del sistema eléctrico
- 4 Luz piloto del sistema
- 5 Fuente de alimentación del sistema
- 6 Luz piloto del paro de emergencia

7 Selector de sistema Automático/ Manual

8 selector del paro de emergencia

9 Botón de accionamiento de la electroválvula 2

10 Luz piloto de la bomba

11 Luz piloto de la electroválvula 2

Ilustración 2

Vista interna del sistema electrónico.

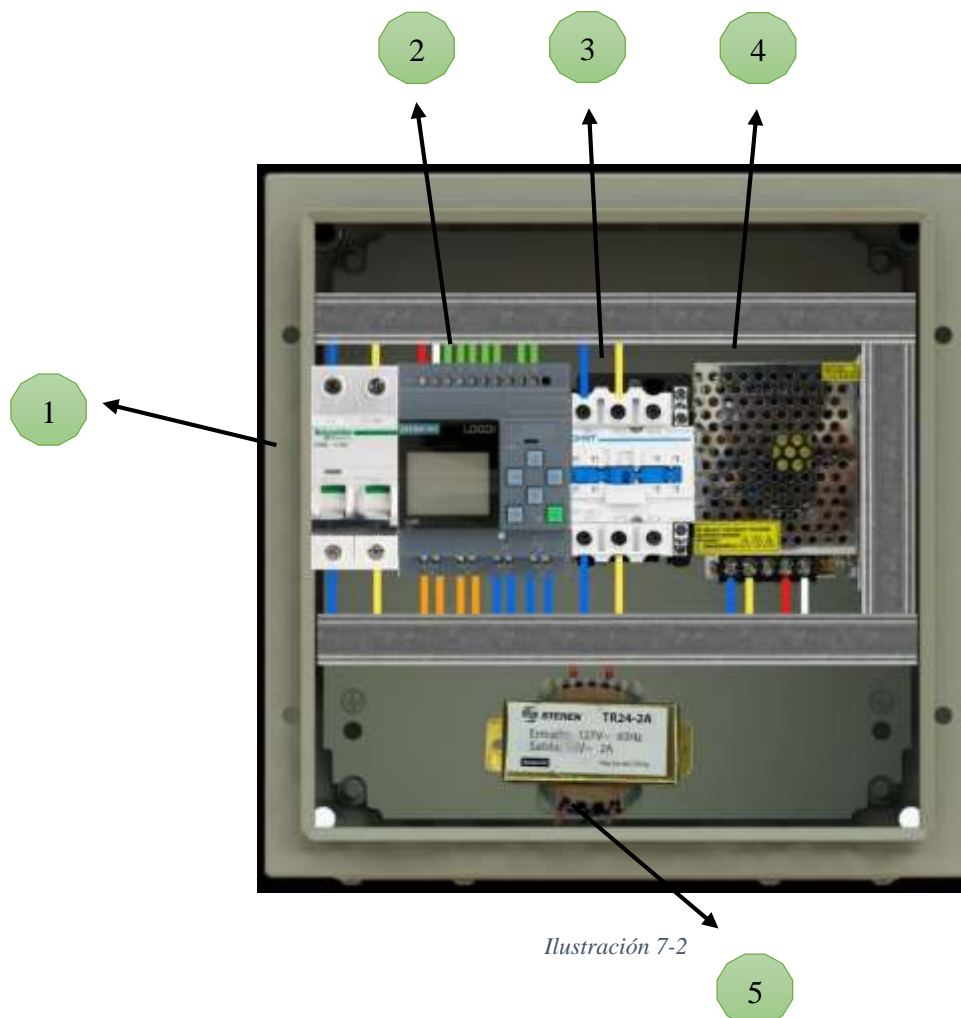


Ilustración 7-2

DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DE LA ILUSTRACIÓN 2.

- 1 Interruptor termo magnético
- 2 PLC Siemens logo
- 3 contactor 110V
- 4 Fuente de 12v
- 5 Transformador de 12V/24V

2. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.

2.1 Modo Manual

- 1) Conectar el cable de alimentación principal a la toma de corriente 110V AC. Se Visualizar el indicador encendido con el valor de alimentación como se muestra en la Ilustración 3



Ilustración 7-3

- 2) Ubicar el selector de encendido en la parte superior izquierda del panel de control y colocar en la posición “ENCENDIDO”. Se visualiza la luz piloto de encendido como se muestra en la Ilustración 4.



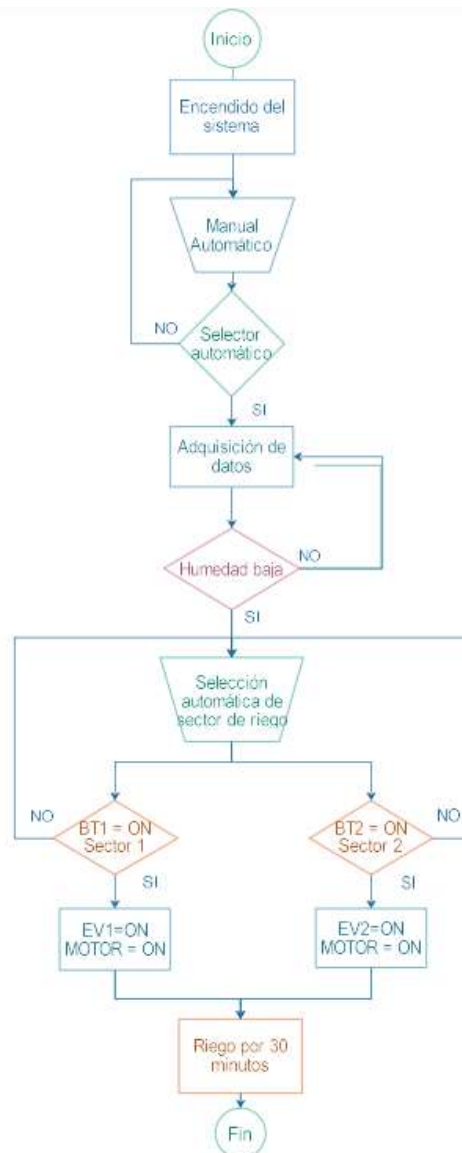
Ilustración 7-4

- 3) Ubicar el selector de sistema de operación colocar en la posición “MANUAL/AUTOMÁTICO”. Como se visualiza en la Ilustración 5.



Ilustración 7-5

1.1 2.1 Sistema de función MANUAL



En el sistema manual se tiene el funcionamiento como se muestra en el diagrama de flujo graficado anterior mente, las electroválvulas con el motor funcionan independiente, eso funcionara cuando accione el sector 1 se encenderá la electroválvula 1 después de 2 segundos se encenderá el motor de la bomba con esto evitaremos que se queme el motor y que entre en funcionamiento antes que la electroválvula adicionalmente el tiempo de funcionamiento variara dependiendo del funcionamiento en nuestro caso será de 30 minutos para cada sector.

- 1) Girar el selector al lado derecho para el funcionamiento del sistema MANUAL. Como se visualiza en la Ilustración 6.



Ilustración 7-6

- 2) Selección del botón que se encuentra al lado izquierdo para la electroválvula 1 del sector 1. Como se visualiza en la Ilustración 7.

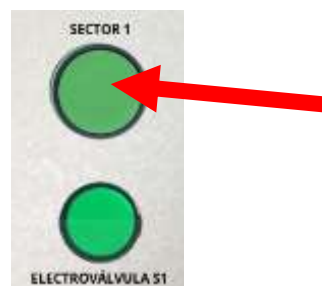


Ilustración 7-7

- 3) Selección del botón que se encuentra al lado derecho para la electroválvula 2 del sector 2. Como se visualiza en la Ilustración 8.

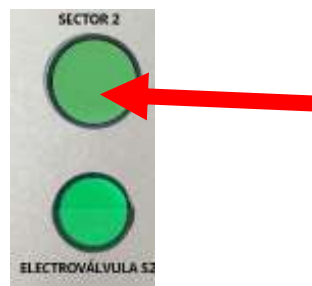


Ilustración 7-8

- 4) Cuando se vea que este fallando el sistema Manual se puede activar botón el PARO DE EMERGENCIA al sistema y se visualiza también la luz piloto del paro de Emergencia activada. Como se muestra en la Ilustración 9 y 10.



Ilustración 7-9



Ilustración 7-10

2.2 Sistema de función AUTOMÁTICO

Para el funcionamiento automático se tiene 2 sensores de humedad de suelo, estos tienen un rango de entrada para trabajar con un rango de voltajes de 3,3V a 12V y su salida es un diferencial de voltaje, de modo que su salida será interpretada análogamente dentro del PLC logo.

Para esto se habilita la entrada A1 y A2 correspondiente a I7 e I8 del logo, para cada sector se usará un sensor de humedad. De modo que cuando varíe la señal análoga estos habilitarán el sector a trabajar, como se especificó en el sistema manual.

El sistema automático detectará un rango de 200 bits como terreno completamente seco y una escala 50 bits como terreno completamente húmedo, su trabajo será:

- 1.- el sector se encenderá cuando la humedad sea mayor o igual a 200 bits
- 2.- el sistema se mantendrá en funcionamiento hasta que el rango de humedad sea menor o igual a 50 bits.
- 3.- el sistema solo se enciende cuando sobre pase los 200 bits.
- 4.- los trabajos de los sectores son independientes.

Pasos activar el modo AUTOMÁTICO.

- 1) Girar el selector al lado izquierdo para el funcionamiento del sistema AUTOMÁTICO.
Como se visualiza en la Ilustración 11.



Ilustración 7-11

- 2) Verificar que luces pilotos verde de las electroválvulas y la luz piloto azul de la bomba estén encendidas comenzaran a funcionar dependiendo de la lectura de cada sensor ubicado en cada sector. Como se muestra en la Ilustración 12.



Ilustración 7-12

- 3) Cuando se vea que este fallando el sistema AUTOMÁTICO se puede activar botón el PARO DE EMERGENCIA al sistema y se visualiza también la luz piloto del paro de Emergencia activada. Como se muestra en la Ilustración 13 y 14.



Ilustración 7-13



Ilustración 7-14

3. Mantenimiento del sistema

Del manual de puede dividir en dos partes como se ve a continuación en la Tabla 1.

Para el mantenimiento es indispensable usar un multímetro.



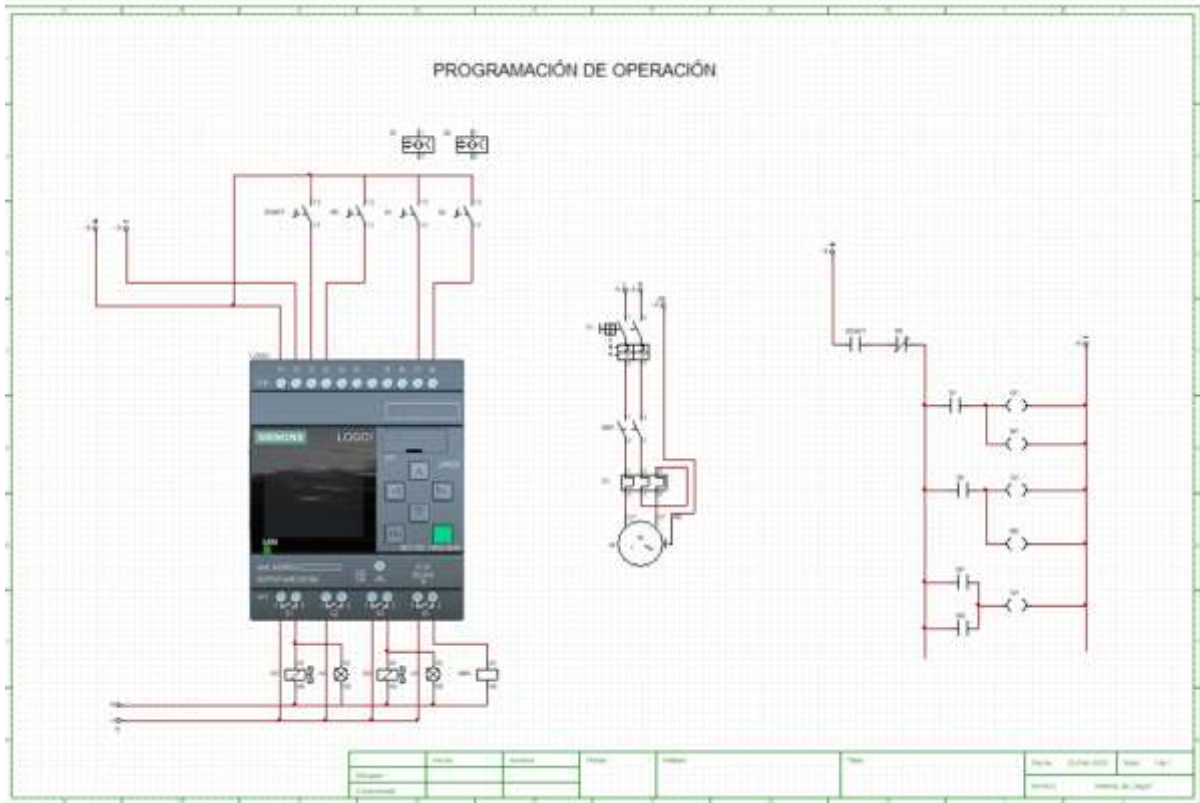
Mantenimiento Preventivo	Actividad
<p>Sensores</p> 	<p>Revisar periódicamente los sensores que se encuentre en buen estado, también que se encuentre dentro de la tierra y se encuentre en lugares estratégicos ya definidos en el terreno.</p>
<p>Pantalla logo</p> 	<p>Se puede visualizar mediante la pantalla del logo si las lecturas análogas corresponden a los sensores o si estos mismo se encuentre trabajando dentro de las lecturas periódicas.</p>
<p>Bomba</p> 	<p>Se tiene que revisar periódicamente que la bomba esta cebada o que posea agua ya que no posee agua esta se puede quemar.</p>
<p>Electroválvulas</p> 	<p>Funciona a 24V lo que es recomendado revisar periódicamente que el electroimán funcione adecuadamente y que la misma no se sobrecaliente.</p>

<p>Circuito</p> 	<p>Revisar periódicamente que el circuito se encuentre en funcionamiento revisar la luz piloto con multímetro la misma que indica que el equipo este energizado o no.</p>
<p>Luces pilotos</p> 	<p>Para la sección On Off tener muy en cuenta que se encendida un a luz piloto de color verde, verificar que esta esté encendida para que el equipo esté en funcionamiento.</p>
<p>Soporte</p> 	<p>Revisar periódicamente el estado del soporte donde se encuentra el tablero ya que el mesón es de madera y con la humedad se puede llegar a dañar o fisuras lo que puede causar daños imprevistos dentro del tablero.</p>
<p>Mantenimiento Correctivo</p>	<p>Actividad</p>
<p>Trasformador</p> 	<p>Revisar el transformador de las electroválvulas si se encuentra falla cambiarlo.</p>
<p>Electroválvula</p> 	<p>Si los electro imanes de las electroválvulas posee una falla o no se accionarán cambiar el electroimán de la electroválvula de cada sector.</p>
<p>Luz piloto</p> 	<p>Si se visualiza en funcionamiento de los equipos y no se visualiza la luz piloto que indique que esté en funcionamiento cada una de las variables cambiar la luces pilotos por unas nuevas.</p>
<p>Luz del multímetro</p> 	<p>Si no se visualiza la luz piloto del multímetro no marca nada y sigue mandando electricidad cambiar la luz piloto haciendo medición de voltajes para corroborar que efectivamente la luz piloto esta dañada y cambiar por otra.</p>

<p>Logo</p> 	<p>Cuando se habla de las lecturas análogas revisa periódicamente que el logo este extrayendo la lectura análoga de cada uno de los sensores, si estos no enviaran señales cambiar por otros sensores.</p>
<p>Bailarinas</p> 	<p>revisar periódicamente verificando que no sufran ningún daño u oxidación o que estas no se tapen a lo largo del trabajo.</p>
<p>Tuberías</p> 	<p>Revisar la tubería periódicamente y visualizar que no esté con fisuras o golpes o si se encuentra con las anteriores menciones cambiar el tramo que se encuentra dañado si el tramo dañado cambia por una nueva tubería</p>
<p>Bomba</p> 	<p>Verificar que la bomba accione normalmente si la bomba no acciona cambiar el capacitor de arranque si al momento de realizar el cambio de capacitor de arranque la bomba sigue sin funcionar se entenderá que la bomba se encuentra quemada y deberá entra en mantenimiento.</p>

ANEXOS

SIMULACION DE LA PROGRAMACIÓN



Xcel-Wobbler® Ángulo Medio y Alto

El Xcel-Wobbler utiliza la tecnología de acción rotativa no centrada de Senninger, proporcionando un patrón de aplicación instantáneo y extremadamente uniforme en grandes áreas y con pérdidas por evaporación muy bajas.



ÁNGULO MEDIO



ÁNGULO ALTO

CARACTERÍSTICAS

- El contrabalanceo reduce la vibración, dando un rendimiento suave y estable
- Una única pieza móvil, lo que supone una mayor vida útil
- Conexiones: NPT macho de 3/4" o 1/2"
- Caudales: de 0,78 a 6,97 gpm (177 a 1583 l/h)
- Presiones de funcionamiento: de 10 a 25 psi (0,69 a 1,72 bar)
- Baja pérdida por viento y evaporación a bajas presiones

El Xcel-Wobbler proporciona un área de cobertura máxima para aplicaciones subfatales e invernaderos.

COMPARATIVA DE PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ASPERSIÓN



Al tener una mayor área de aplicación instantánea, el Xcel-Wobbler minimiza el impacto sobre la estructura del suelo, ayudando a mantener la capacidad de infiltración.

Ángulo Medio y Alto **Xcel-Wobbler®**

PRESIÓN BASE DEL ASPERSOR - EE.UU. (pies)	psi				PRESIÓN BASE DEL ASPERSOR - MÉTRICO (m)	bar			
	10	15	20	25		0,69	1,03	1,38	1,72
Boquilla #6 - Dorado (3/32")					Boquilla #6 - Dorado (2,38 mm)				
Caudal (gpm)	0,78	0,95	1,10	1,23	Caudal (l/h)	177	216	250	279
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	32,0	35,0	38,5	41,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	9,8	10,7	11,7	12,5
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	36,5	41,0	45,0	46,0	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	11,1	12,5	13,7	14,0
Boquilla #7 - Lima (7/64")					Boquilla #7 - Lima (2,78 mm)				
Caudal (gpm)	1,06	1,30	1,50	1,68	Caudal (l/h)	241	295	341	382
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	33,0	36,5	40,5	41,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	10,1	11,1	12,4	12,5
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	40,0	46,5	47,0	50,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	12,2	14,2	14,3	15,4
Boquilla #8 - Lila (1/8")					Boquilla #8 - Lila (3,18 mm)				
Caudal (gpm)	1,40	1,71	1,98	2,21	Caudal (l/h)	318	388	450	502
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	34,0	38,5	41,0	42,5	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	10,4	11,7	12,5	13,0
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	42,0	46,5	47,0	51,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	12,8	14,2	14,3	15,7
Boquilla #9 - Gris (9/64")					Boquilla #9 - Gris (3,57 mm)				
Caudal (gpm)	1,80	2,20	2,54	2,84	Caudal (l/h)	409	500	577	645
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	34,5	40,5	42,0	43,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	10,5	12,4	12,8	13,1
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	44,0	47,0	50,5	52,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	13,4	14,3	15,4	16,0
Boquilla #10 - Turquesa (5/32")					Boquilla #10 - Turquesa (3,97 mm)				
Caudal (gpm)	2,22	2,72	3,14	3,51	Caudal (l/h)	504	618	713	797
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	36,0	41,0	42,5	44,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	11,0	12,5	13,0	13,4
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	44,5	49,0	50,5	53,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	13,6	14,9	15,4	16,3
Boquilla #11 - Amarillo (11/64")					Boquilla #11 - Amarillo (4,37 mm)				
Caudal (gpm)	2,69	3,30	3,81	4,26	Caudal (l/h)	611	749	865	968
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	36,0	41,5	43,0	44,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	11,0	12,7	13,1	13,4
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	44,5	50,5	51,5	54,0	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	13,6	15,4	15,7	16,5
Boquilla #12 - Rojo (3/16")					Boquilla #12 - Rojo (4,76 mm)				
Caudal (gpm)	3,23	3,96	4,57	5,11	Caudal (l/h)	734	899	1038	1161
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	36,5	41,5	44,5	44,5	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	11,1	12,7	13,6	13,6
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	46,0	50,5	52,0	54,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	14,0	15,4	15,9	16,6
Boquilla #13 - Blanco (13/64")					Boquilla #13 - Blanco (5,16 mm)				
Caudal (gpm)	3,80	4,65	5,38	6,01	Caudal (l/h)	863	1056	1222	1365
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	36,5	41,5	44,5	45,0	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	11,1	12,7	13,6	13,7
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	46,5	51,0	52,5	55,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	14,2	15,6	16,0	16,9
Boquilla #14 - Azul (7/32")					Boquilla #14 - Azul (5,56 mm)				
Caudal (gpm)	4,40	5,39	6,23	6,97	Caudal (l/h)	999	1224	1415	1583
Diámetro del modelo MA a 1,5 pies de altura	37,0	42,5	45,0	46,5	Diámetro del modelo MA a 0,46 m de altura	11,3	13,0	13,7	14,2
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	47,0	51,0	53,0	55,5	Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	14,3	15,6	16,2	16,9

El rendimiento de los aspersores puede variar en las condiciones reales de campo. Hay otros tamaños de boquilla disponibles. Consulte con la fábrica para obtener información de rendimiento específica. Las alturas del chorro varían desde 2,5 a 5,5 pies (0,8 a 1,7 m) sobre la boquilla, dependiendo de la presión y el tamaño de la misma. La altura mínima recomendada para los elevadores es de 1,5 pies (0,46 m).

FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA

BOMBAS

BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA IMPELER PERIFÉRICO

Motor con eje de acero Inoxidable.
Impeler de aletas radiales,
fabricado en aleación de bronce.
Protector Térmico Incorporado
Menor consumo eléctrico
Motor silencioso.

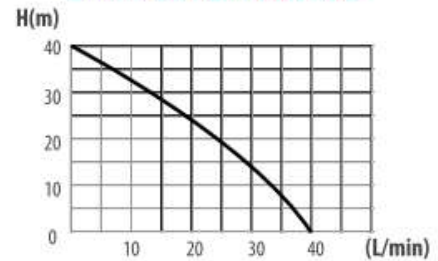
USOS

Tanques de reserva. Jardines de riego.
Insuficiencia de presión. Aplicaciones sanitarias.



CÓDIGO	MEDIDAS	MODELO
21314	1/2 HP	PBP - 50
21324	3/4 HP	PKM - 65
21325	1 HP	PKM - 80

CURVA DE RENDIMIENTO



CORTE DE TUBERÍA



CONEXION DE ASPERSORES



VISUALIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO



MONTAJE DEL TABLERO



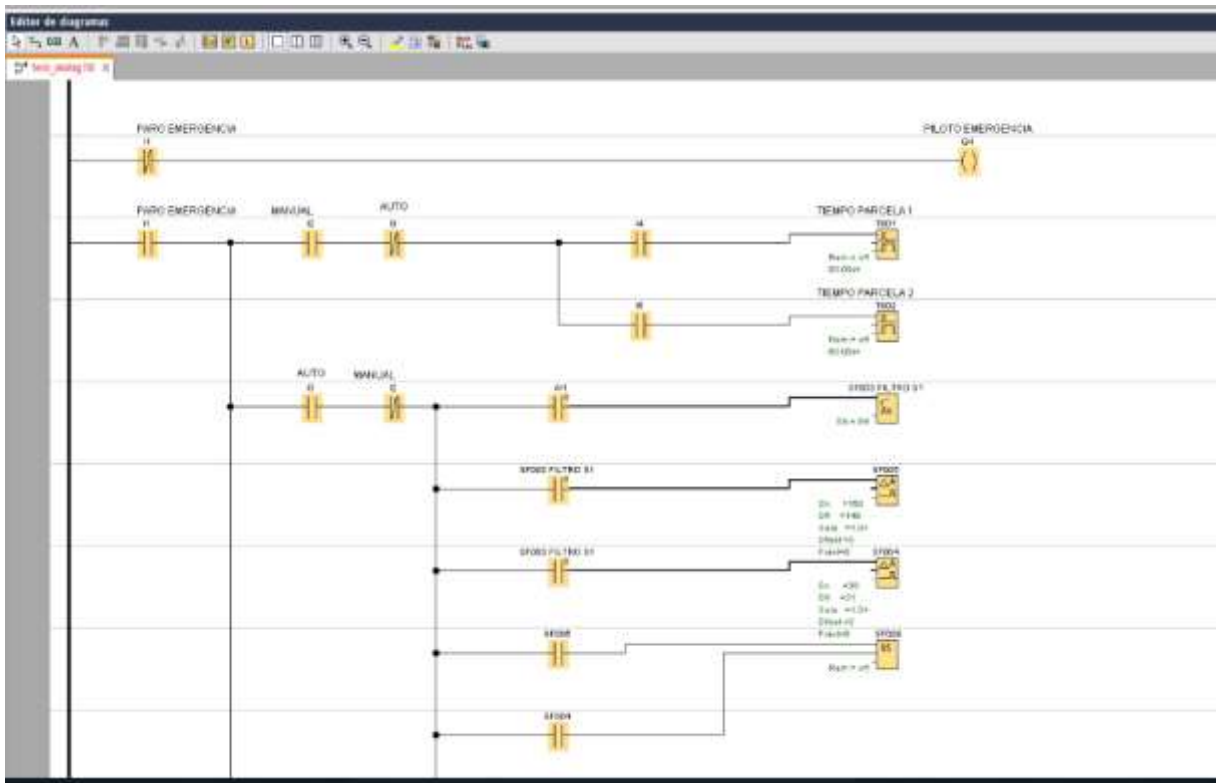
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL



CONEXIÓN DEL CABLEADO



PROGRAMACIÓN TIPO LADER EN LOGO SOFT



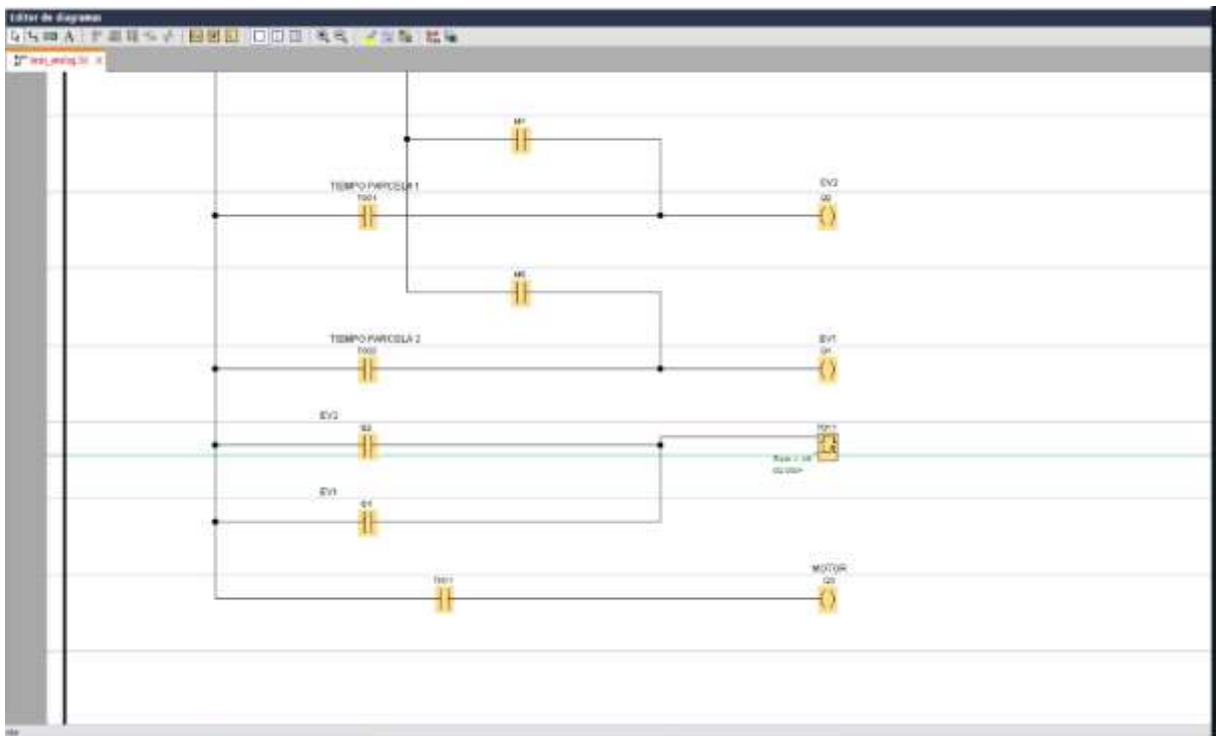
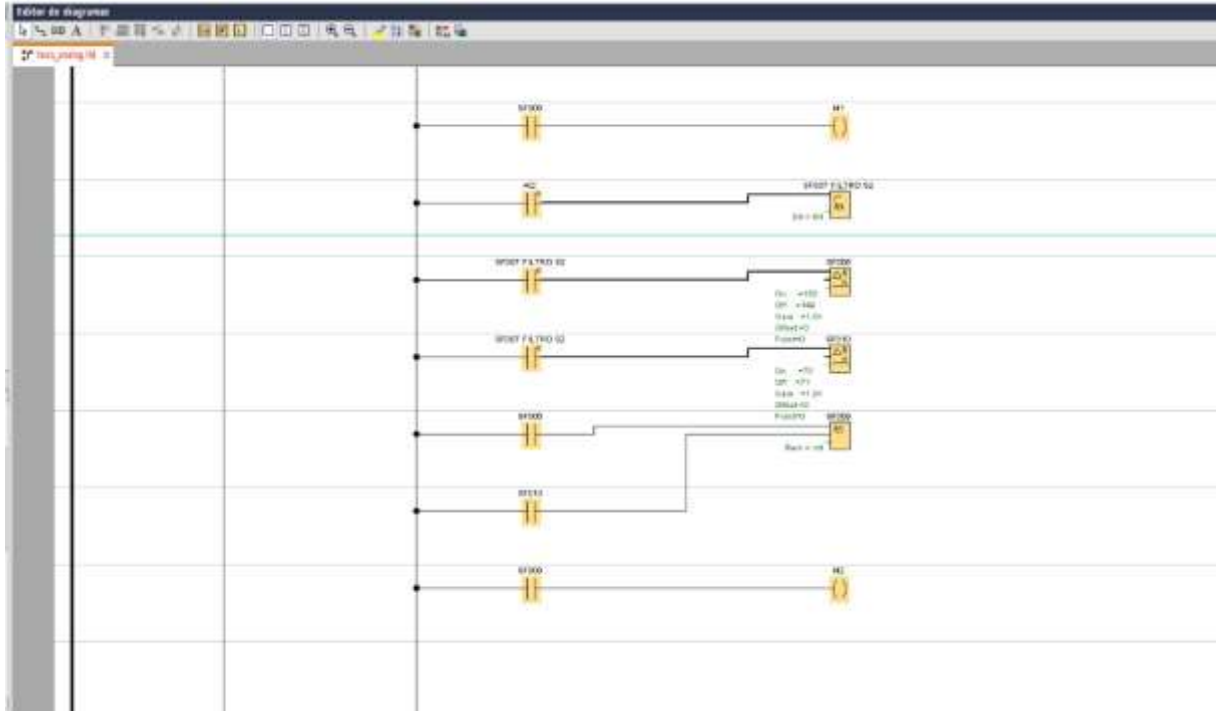
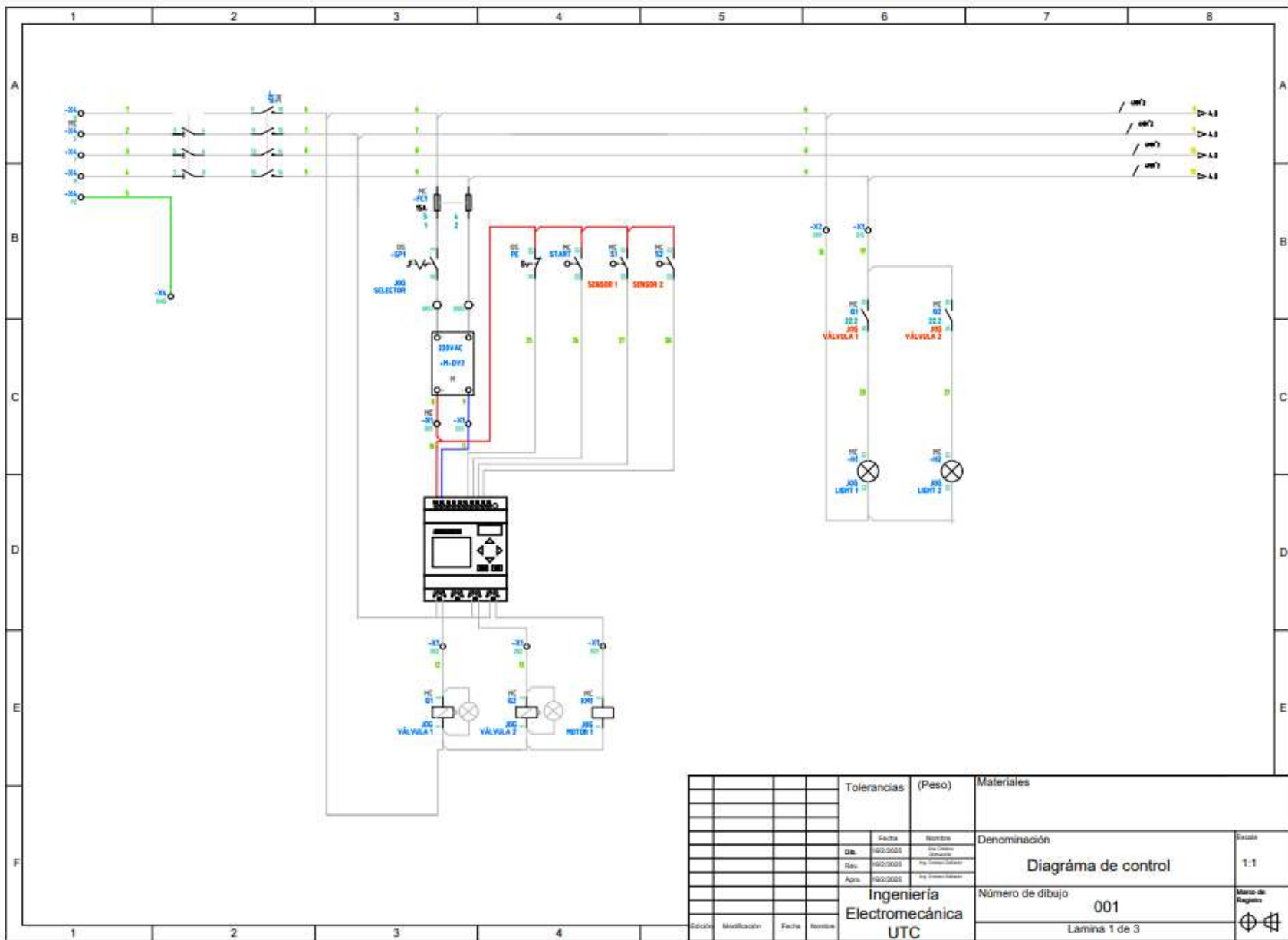


TABLA DE RESULTADOS

Resultado de cálculos	
Caudal (Q)	0,69 m ³ /h
Velocidad de bombeo (v)	0,6763 m/s
Numero de Reynolds (Re)	9829,18
Flujo laminar (λ)	0,03177
Resistencia hidráulica (R)	57449250,7
Perdida hidráulica (H)	3,11 m
Presión (P_t)	4,66 Psi
Potencia de bomba de agua (P)	0,456 HP
Corriente nominal de bomba de agua (A)	4.66 A

ANEXOS DE PLANOS



		Tolerancias (Peso)		Materiales	
		Fecha	Nombre	Denominación	
		Di.	19/02/2025	Diagrma de control	
		Res.	19/02/2025	Escala	
		Aprs.	19/02/2025	1:1	
		Ingeniería Electromecánica UTC		Número de dibujo	Marco de Registro 
				001	
				Lamina 1 de 3	

