



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR
GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE
FRESAS.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autor:

Arias Gavilánez Diego Hermel

Paucar Tusa Darwin Efrain

Tutor:

Ing. Ms.C Moreano Martínez Edwin Homero

Latacunga – Ecuador

2022



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

“Nosotros, Arias Gavilánez Diego Hermel y Paucar Tusa Darwin Efrain, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS”**, siendo el Ing. Ms.C Moreano Martínez Edwin Homero tutor del presente trabajo; eximimos 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 presente propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Arias Gavilánez Diego Hermel
C.C.: 055006628-6

.....
Paucar Tusa Darwin Efrain
C.C: 050349669-7



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS”, de Arias Gavilánez Diego Hermel y Paucar Tusa Darwin Efrain, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo 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 2022

.....
Ing. Ms.C Moreano Martínez Edwin Homero

C.C. 050260750-0



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación 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, el o los postulantes Arias Gavilánez Diego Hermel y Paucar Tusa Darwin Efrain, con el título de Proyecto de Titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS**” 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 los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (Presidente)

Ing. Ms. C Cristian Gallardo Molina
C.C. 050284769-2

.....
Lector 2

Ing. Ms.C Luis Rolando Cruz Panchi
C.C. 050259517-6

.....
Lector 3

PhD. Enrique Torres Tamayo
C.C. 175712194-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que, los señores: Arias Gavilánez Diego Hermel y Paucar Tusa Darwin Efrain, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la comunidad de SANTA CRUZ DE CHUMALICA con su tema: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS**”, el mismo que se implementó y se aprobó de manera satisfactoria.

Latacunga, septiembre 2022

Atentamente,

.....
Propietario de la plantación de fresas

Sr. Luis Ernesto Paucar Tibán

C.I. 180120532-7



AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener una de las metas más deseadas e importantes. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todo este proceso, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí. A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Diego & Darwin

.



DEDICATORIA

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por darnos fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a nuestros padres: Hermel y Benilda; y, Ernesto y Elvira, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería Electromecánica, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Diego & Darwin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS”

Autores: Arias Gavilánez Diego Hermel

Paucar Tusa Darwin Efrain

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica consistió en la implementación de un sistema de riego por goteo automático para mejorar y aumentar la producción de fresas en la comunidad de Santa Cruz de Chumalica, debido a la falta de humedad que presenta el cultivo ocasiona una baja productividad en el plantación de fresas, por lo tanto, mediante la investigación de campo se determinó el área de aplicación considerando la densidad del fluido, el caudal de trabajo y la distancia de descarga que son parámetros para la selección de una bomba de agua eléctrica que permita abastecer las dos zonas de plantación de fresas, para el control del sistema de riego se utilizó un micro – autómatas programable Logo v8, un módulo de entradas analógicas AM2 que permite tomar lectura de los dos sensores de humedad instalados en cada zona de plantación; la activación de las electroválvulas se efectúa todos los días en dos horarios, de 7h00 a 7h30 y de 18h00 a 18h30, de tal manera que para el sistema de bombeo se utiliza un caudal de $14 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que en una hora diaria de riego se distribuyen 14000 litros en las dos zonas de plantación de fresas permitiendo el aumento de producción de 60 kg a 120 kg semanales es decir un 50 % más, adicional reduce la cantidad de agua provocada por el anterior sistema en un 41,66 % y el costo energético de sistema de bombeo con energía eléctrica genera un ahorro del 47,57 %.

Palabras clave: riego automático, electroválvula, sistema de bombeo y producción de fresas



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED DRIP IRRIGATION SYSTEM TO IMPROVE PRODUCTION IN A STRAWBERRY PLANTATION.

Authors: Arias Gavilánez Diego Hermel
Paucar Tusa Darwin Efrain

ABSTRACT

The present technological proposal consisted of the implementation of an automatic drip irrigation system to improve and increase strawberry production in the community of Santa Cruz de Chumalica, due to the lack of humidity that the crop presents, causing a low productivity in the strawberry plantation, therefore, through field research the application area was determined considering the density of the fluid, For the control of the irrigation system we used a Logo v8 micro-programmable automaton, an AM2 analog input module that allows taking readings from the two humidity sensors installed in each planting zone, and the activation of the solenoid valves that allow the irrigation system to be controlled by a micro-programmable automaton; The solenoid valves are activated every day at two different times, from 7:00 am to 7:30 am and from 6:00 pm to 6:30 pm, so that a flow rate of 14 m³/h is used for the pumping system, Therefore, in one hour of irrigation per day, 14,000 liters are distributed in the two areas of strawberry plantation allowing an increase in production from 60 kg to 120 kg per week, i.e. 50% more, in addition to reducing the amount of water caused by the previous system by 41.66% and the energy cost of the pumping system with electric power generates a saving of 47.57%.

Keywords: automatic irrigation, solenoid valve, pumping system and strawberry production.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

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 de titulación cuyo título versa: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS"**, presentado por: **Arias Gavilánez Diego Hermel y Paucar Tusa Darwin Efraín**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 16 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514



ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1	EL PROBLEMA.....	2
2.1.1	Situación Problémica.....	2
2.1.2	Matriz de identificación del problema.....	3
2.2	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.2.1	Objeto de estudio.....	3
2.3	BENEFICIARIOS	4
2.4	JUSTIFICACIÓN	4
2.5	HIPÓTESIS	5
2.6	OBJETIVOS	5
2.6.1	General.....	5
2.6.2	Específicos.....	5
2.7	SISTEMAS DE TAREAS	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
3.1	Antecedentes de la propuesta tecnológica	8
3.2	Sistemas de bombeo.....	11
3.2.1	Tipos de bombas de agua.....	11
3.3	Sistemas de riego	14
3.3.1	Redes de riego	15
3.3.2	Métodos de riego	16
3.3.3	Diseño de un sistema de riego	19
3.4	Controlador lógico programable.....	23
3.4.1	Lenguaje de programación	24
3.4.2	Campos de acción.....	25
3.5	Protecciones eléctricas.....	26



4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
4.1	Métodos y técnicas de investigación.....	29
4.1.1	Método deductivo	29
4.1.2	Método científico.....	29
4.1.3	Técnicas de medición	29
4.2	Tipos de investigación	29
4.2.1	Investigación bibliográfica	29
4.2.2	Investigación de campo	29
4.3	Declaración de variables	30
4.3.1	Variable independiente	30
4.3.2	Variable dependiente	30
4.4	Descripción del sistema anterior.....	31
4.5	Ensayo experimental con el sensor de humedad	33
4.5.1	Diseño del sistema de bombeo	35
4.6	Selección de equipo e instrumentos.....	42
4.6.1	Selección del autómatas programable.....	43
4.6.2	Selección de la electroválvula	45
4.6.3	Selección del sensor de humedad	46
4.6.4	Selección de las protecciones eléctricas	47
4.7	Diseño de la parte de control	52
4.7.1	Entradas digitales.....	52
4.7.2	Salidas digitales	52
4.7.3	Entradas analógicas	53
4.8	Diseño de los planos eléctricos	53
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	57
5.1	Estado anterior y actual del sistema de riego.....	57
5.1.1	Instalación de las electroválvulas	57



5.1.2	Instalación de los sensores de humedad	59
5.1.3	Medición de humedad en las zonas de cultivo	60
5.2	Análisis del producto final	60
5.3	Consumo energético (bomba a combustión vs bomba eléctrica).....	62
5.4	Análisis del presupuesto	62
5.4.1	Costos directos.....	63
5.4.2	Costos de mano de obra.....	64
5.4.3	Presupuesto total.....	64
5.5	Análisis de impactos	65
5.5.1	Impacto tecnológico	65
5.5.2	Impacto ambiental	65
5.5.3	Impacto social.....	65
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
	Referencias	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	6
Tabla 3.1	Componentes de un sistema de riego por goteo	18
Tabla 3.2	Clasificación de las bombas según el criterio de velocidad específica	23
Tabla 3.3	Características de los lenguajes de programación de un PLC	25
Tabla 4.1	Variable independiente	30
Tabla 4.2	Variable dependiente	31
Tabla 4.3	Descripción de las zonas de plantación	31
Tabla 4.4	Válvulas y bomba a combustión.....	32
Tabla 4.5	Propiedades del agua a distintas temperaturas	35
Tabla 4.6	Pérdidas locales en la zona de succión	36
Tabla 4.7	Pérdidas locales en la zona de descarga	36
Tabla 4.8	Pérdidas locales en la zona 1 de cultivo	36
Tabla 4.9	Pérdidas locales en la zona 2 de cultivo	37
Tabla 4.10	Datos característicos del sistema	37
Tabla 4.11	Factores de cálculo para la selección de la bomba (1)	38
Tabla 4.12	Factores de cálculo para la selección de la bomba (2)	38
Tabla 4.13	Datos de la bomba marca “Rong Long”	39
Tabla 4.14	Características técnicas la bomba marca “Rong Long”.....	42
Tabla 4.15	Características del autómata programable.....	43
Tabla 4.16	Entradas y salidas digitales.....	44
Tabla 4.17	Características del módulo AM2	44
Tabla 4.18	Características del módulo AM2	46
Tabla 4.19	Características de las corrientes eléctricas de los elementos	50
Tabla 4.20	Listado de entradas digitales	52
Tabla 4.21	Listado de salidas digitales	53
Tabla 4.22	Listado de entradas analógicas	53
Tabla 4.23	Listado de elementos del tablero eléctrico	54
Tabla 5.1	Cantidad de producción de fresa	61
Tabla 5.2	Cantidad de producción de fresa	62



Tabla 5.3 Poder calorífico del estado líquido de los derivados del petróleo	62
Tabla 5.4 Costos indirectos	63
Tabla 5.5 Costos directos.....	63
Tabla 5.6 Costos de mano de obra.....	64
Tabla 5.7 Presupuesto total.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama Ishikawa	3
Figura 3.1 Sistema de bombeo	11
Figura 3.2 Bomba sumergible	12
Figura 3.3 Bomba centrífuga horizontal	13
Figura 3.4 Bomba centrífuga horizontal	14
Figura 3.5 Sistema de riego	14
Figura 3.6 Riego por goteo.....	17
Figura 3.7 Componentes de un sistema de riego por goteo.....	18
Figura 3.8 Tubería de succión	20
Figura 3.9 Tubería de descarga	20
Figura 3.10 Controlador lógico programable	24
Figura 3.11 Lenguaje de programación del PLC.....	24
Figura 3.12 Gráfica de sobrecarga y cortocircuitos de un interruptor termomagnético.....	26
Figura 3.13 Porta – fusibles para riel din	27
Figura 4.1 Ubicación geográfica	30
Figura 4.2 Representación hidráulica	32
Figura 4.3 Gotero (A).....	33
Figura 4.4 Gotero (B)	34
Figura 4.5 Recipiente con 1000 ml de agua	34
Figura 4.6 Aumento de la humedad en la zona 2 del cultivo de fresas	35
Figura 4.7 Gráfica Altura de Carga vs Flujo Volumétrico.....	39
Figura 4.8 Gráfica Altura Neta Positiva de Succión vs Flujo Volumétrico	40
Figura 4.9 Gráfica Rendimiento vs Flujo Volumétrico.....	41
Figura 4.10 Gráfica Potencia vs Flujo Volumétrico.....	41
Figura 4.11 Bomba de agua seleccionada	42
Figura 4.12 Módulo AM2	45
Figura 4.13 Logo Soft Confort	45
Figura 4.14 Sensor de humedad	47
Figura 4.15 Diagrama de protecciones.....	47



Figura 4.16	Fusible y porta fusible.....	48
Figura 4.17	Protección eléctrica de la bomba de agua.....	49
Figura 4.18	Protección eléctricas de las electroválvulas.....	50
Figura 4.19	Tablero de control parte exterior.....	53
Figura 4.20	Plano eléctrico del control de las electroválvulas.....	55
Figura 4.21	Plano eléctrico del arranque de la bomba de agua.....	55
Figura 4.22	Conexión de los sensores de humedad.....	56
Figura 4.23	Diagrama de flujo.....	56
Figura 5.1	Bomba de agua anterior vs actual.....	57
Figura 5.2	Instalación de electroválvula principal.....	58
Figura 5.3	Instalación de electroválvula zona 1 y 2.....	58
Figura 5.4	Instalación del sensor de humedad para la zona 1.....	59
Figura 5.5	Instalación del sensor de humedad para la zona 2.....	59
Figura 5.6	Medición de humedad.....	60
Figura 5.7	Producción final de fresas.....	60

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE FRESAS

Fecha de inicio: 25/octubre/2021

Fecha de finalización: 28/febrero/2022

Lugar de ejecución:

- Región: Sierra
- Provincia: Tungurahua
- Parroquia: Quisapincha
- Barrio: Chumalica

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de trabajo:

- Ing. Ms.C Moreano Martínez Edwin Homero
Cédula: 050260750-0
Correo electrónico: Edwin.moreano@utc.edu.ec
Celular: 0984568934
- Arias Gavilánez Diego Hermel
Cédula: 055006628-6
Correo electrónico: diego.arias6@utc.edu.ec
Celular: 0999851359
- Paucar Tusa Darwin Efrain
Cédula: 050348669-7
Correo electrónico: darwin.paucar7@utc.edu.ec
Celular: 0968262952

Área del conocimiento:

- Área: 07 Ingeniería, industria y construcción

- Subárea del Conocimiento: 071 Ingeniería y profesiones afines
- Subárea Específica del Conocimiento: 0714 Electrónica y automatización

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sublínea de investigación de la Carrera: Automatización, Control y Protecciones de Sistemas Electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

El presente apartado expone la situación problemática, el objeto de estudio y el campo de acción que son definidos mediante la Nomenclatura Internacional de la UNESCO para campos de Ciencia y Tecnología, además indica las personas que son beneficiarias de manera directa e indirecta, la importancia de la ejecución del proyecto, la hipótesis y los objetivos del proyecto de titulación.

2.1 EL PROBLEMA

La baja producción de fresas provocada por la inexistencia de un sistema de control automático de regadío por goteo para mantener la humedad en la plantación del barrio Chumalica.

2.1.1 Situación Problémica

Últimamente los agricultores se han dedicado a la producción de fresas, por tener un corto ciclo de desarrollo, pero este producto solamente se da en zonas que tienen entre los 1200 y 2800 metros sobre el nivel del mar con temperaturas aproximadas de 15 °C. En Ecuador la mayor cantidad de producción se encuentra en la provincia de Pichincha con 450 hectáreas de cultivo, seguidamente la provincia de Tungurahua con 250 hectáreas.

Para el incremento de la producción es necesario mantener un rango óptimo de humedad relativa que oscila entre el 65 y 80 %; si se presenta una cantidad de humedad excesiva puede presentar moho en la fresa ocasionando enfermedades al consumidor, mientras que, si la humedad es baja, provoca resecaamiento y baja productividad.

La ciudad de Ambato se encuentra produciendo 50 hectáreas del cultivo de fresas de las cuales, la parroquia de Huachi Grande cuenta con la mitad de esta producción, el resto de las hectáreas está distribuido por las parroquias restantes. Según la Asociación de Fruticultores de Tungurahua es recomendable plantar 10 cultivos de fresa por cada metro cuadrado de terreno, obteniendo una producción de 0,33 kg semanal; su venta radica en \$ 1,70 el kilo de fresa de primera, en \$ 1,40 el kilo de fresa de segunda y en \$ 1,10 el kilo de fresa de tercera calidad.

El barrio de Chumalica ubicado en la parroquia de Quisapincha a 15 km de la ciudad de Ambato se dedica al cultivo y comercialización de frutas abasteciendo a los habitantes de Quisapincha y Ambatillo. Actualmente presenta un cultivo de fresas con varios problemas de regadío; el agua arriba a la comunidad cada 15 días, en consecuencia, no existe un recurso de agua constante, por esta razón, la comunidad lo almacena en un tanque reservorio para posteriormente ser distribuida hacia el cultivo utilizando una bomba de agua a combustión, este sistema se usa de manera manual y no está diseñado para abastecer totalmente al cultivo, obteniendo una baja producción de 60 kg semanales. La plantación de fresas tiene un área de 1100 m², la cual en óptimas condiciones de riego debería producir 130 kg semanales, por lo tanto, existe aproximadamente un 50 % de pérdidas de producción por su deterioro.

2.1.2 Matriz de identificación del problema

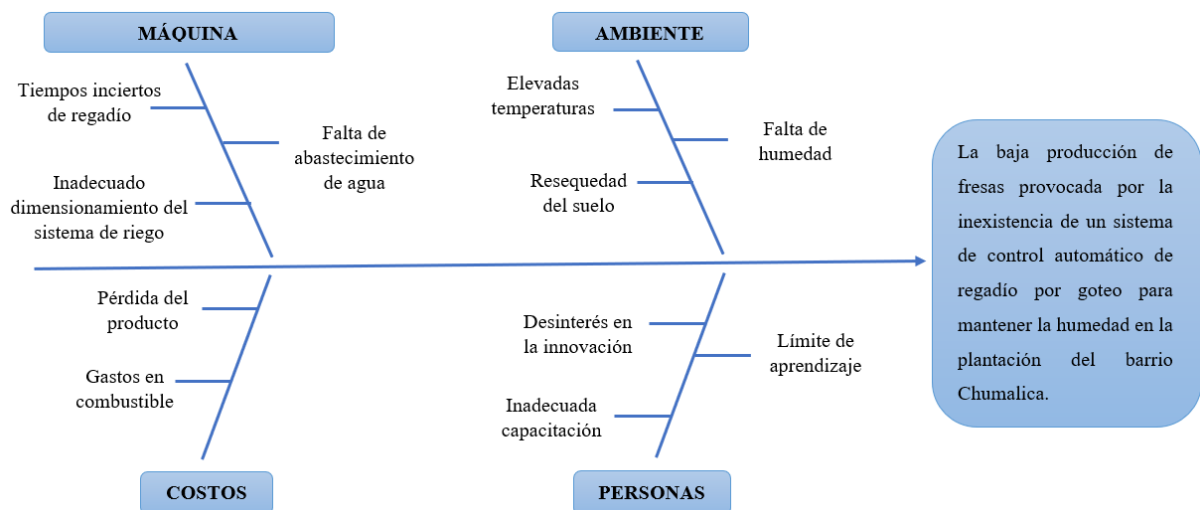


Figura 2.1 Diagrama Ishikawa

La figura 2.1 presenta el diagrama causa – efecto, en el que se puede visualizar un listado de causas que inciden directa o indirectamente en el problema de la presente propuesta tecnológica, de esta manera se comprende la problemática al determinar los factores principales y secundarios, para posteriormente identificar posibles soluciones, tomar decisiones y organizar actividades que logren solucionar el problema como fin principal.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

Sistema automatizado de la distribución de riego por goteo.

2.2.2 Campo de acción

330000 Ciencias Tecnológicas

- 3311 Tecnología de la Instrumentación: 331105 Equipos Eléctricos de control

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios directos

- Arias Gavilánez Diego Hermel (Postulante)
- Paucar Tusa Darwin Efrain (Postulante)
- Paucar Tibán Luis Ernesto (Propietario)

2.3.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la propuesta tecnológica son: la comunidad agrícola que se dedica a la producción de fresas en la comunidad Santa Cruz de Chumalica.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El riego es un factor fundamental cuando se tiene terrenos de sembríos para obtener un buen producto final, razón por la cual los agricultores realizan esta actividad de manera manual en su mayoría de tiempo. En la actualidad existen varias formas de automatización utilizando tecnologías de bajo y mediano costo, obteniendo rentabilidad y resultados finales favorables.

Debido al amplio y preciso conocimiento que debe tener el agricultor para conocer los tiempos exactos para realizar el riego efectivo del cultivo y la correcta humedad que debe tener el suelo de las plantas de fresa, ha surgido la necesidad de recurrir a la automatización del sistema de regadío por goteo, evitando el desperdicio de agua y mejorando la calidad de la fresa obteniendo un impacto ambiental, social y económico en la comunidad de Santa Cruz de Chumalica.

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad la implementación de un sistema automatizado de riego por goteo mediante la instalación de un tablero de control que permita el accionamiento de las electroválvulas y la bomba de agua eléctrica, manteniendo la cantidad de humedad óptima del suelo.

En el marco legal, la propuesta tecnológica tiene relevancia en la vigente Constitución Nacional de la República del Ecuador, en el artículo 320 del Título VI “Régimen de Desarrollo” capítulo sexto denominado “trabajo y producción” manifestando que la producción ecuatoriana debe sujetarse a principios de calidad, sostenibilidad, valoración del trabajo, productividad y eficiencia económica – social; adicional en el artículo 385 y 386 del Título VII “Régimen del

buen vivir” capítulo primero “Inclusión y equidad” sección octava denominada “Ciencia y tecnología, innovación y saberes ancestrales”, menciona que la participación de instituciones del estado, universidades y escuelas politécnicas en el ámbito tecnológico e innovación deben impulsar la producción nacional, elevando la eficiencia y productividad para mejorar la calidad de vida contribuyendo al buen vivir. [2]

2.5 HIPÓTESIS

Con la implementación de un sistema de control de riego permitirá mejorar la productividad de cultivo de fresas.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Automatizar un sistema de riego por goteo mediante la implementación de equipos de control para mejorar la calidad de la producción en la plantación de fresas de la comunidad de Santa Cruz de Chumalica.

2.6.2 Específicos

- Investigar las características técnicas de un sistema de riego por goteo para el cultivo de fresas mediante una recopilación de información en fuentes de relevancia para establecer los parámetros de operación.
- Diseñar un sistema automático de riego por goteo utilizando un software de diseño para visualizar la interconexión de los elementos de protección, eléctricos y electrónicos.
- Implementar los equipos seleccionados en un tablero eléctrico para el control del sistema de regadío en el cultivo de fresas en la comunidad de Santa Cruz de Chumalica.
- Validar el funcionamiento del sistema de regadío mediante pruebas de campo midiendo el nivel de producción de fresas.

2.7 SISTEMAS DE TAREAS

En la tabla 2.1 se presentan las actividades que se van a realizar para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados con sus respectivos resultados utilizando las diferentes técnicas, medios e instrumentos.

Tabla 2.1 Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar las características técnicas de un sistema de riego por goteo para el cultivo de fresas mediante una recopilación de información en fuentes de relevancia para establecer los parámetros de operación.	Recolección de información técnica en artículos científicos, sitios web y trabajos precedentes referentes al proyecto de titulación.	Desarrollo de la documentación técnica (estado del arte) de los sistemas de regadío por goteo.	Investigación bibliográfica
	Visualización del proceso de regadío en cultivos de fresas por medio de visitas técnicas al campo laboral.	Descripción sobre la utilización de equipos eléctricos y/o electrónicos en el proceso de regadío para el cultivo de fresas.	Investigación de campo
Diseñar un sistema automático de riego por goteo utilizando un software de diseño para visualizar la interconexión de los elementos de protección, eléctricos y electrónicos	Caracterización de la información técnica acerca de la instrumentación utilizada en sistemas de riego por goteo para una plantación de fresas.	Procedimiento de selección de la instrumentación industrial, equipos eléctricos y electrónicos.	Investigación bibliográfica y de campo
	Dimensionamiento de los conductores eléctricos y estudio de la coordinación de protecciones eléctricas.	Ejecución de una memoria de cálculo y selección de conductores y protecciones eléctricas.	Ecuaciones

	Selección del software para el diseño de diagramas eléctricos de control y de potencia.	Desarrollo de los planos eléctricos para el sistema de regadío en la plantación de fresas.	Investigación bibliográfica
Implementar los equipos seleccionados en un tablero eléctrico para el control del sistema de regadío en el cultivo de fresas en la comunidad de Santa Cruz de Chumalica.	Análisis de los costos de implementación de los elementos y equipos seleccionados.	Adquisición de la instrumentación y equipos para cada una de las maquinarias.	Investigación bibliográfica
	Instalación de los equipos seleccionados con su respectivo cableado eléctrico en el tablero de control.	Comprobación del correcto sistema de control de riego automático.	Investigación de campo
Validar el funcionamiento del sistema de regadío mediante pruebas de campo midiendo el nivel de producción de fresas.	Evaluación del sistema de riego por goteo para la plantación de fresas por medio de pruebas continuas.	Conocimiento de las condiciones de trabajo y visualización de las variables controladas.	Investigación de campo
	Análisis del producto final.	Valoración de la calidad del producto final.	

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes de la propuesta tecnológica

En los diversos estudios y bibliografías que se relacionan con la propuesta tecnológica, se tienen los siguientes proyectos relevantes:

Según Joselin Salas en su proyecto de titulación denominado “Sistema automático de dosificación de nutrientes para un cultivo hidropónico de fresas”, realizado en el año 2021 en la Universidad Técnica del Norte en Ibarra – Ecuador, manifiesta lo siguiente [3]:

- Se realizó un sistema automático que consiste en la dosificación de cultivos hidropónicos con la utilización del software Movicon 11 y controladores tales como el Arduino Mega y ESP32 para crear un sistema SCADA con la comunicación Modbus TCP/IP establecida en la industria 4.0 en bajo costo.
- Se recolectaron los datos de los sensores en tiempo real, sensores como pH, CE para su manejo y control on/off en un lazo cerrado. También, a causa de la absorción de nutrientes y actividades que existen en el reservorio, todos estos parámetros realizaron una variación continua que dirigen al sistema a accionar una auto compensación utilizando bombas peristálticas, reguladores de caudal y electroválvulas que equilibran la concentración de pH, CE y suministrar la solución que es nutritiva.

Según Henry Martínez en su proyecto de titulación denominado “Optimización del recurso hídrico en el proceso de riego de un cultivo hidropónico de fresa en la parroquia Huachi del cantón Ambato en base a sistemas embebidos open source”, realizado en el año 2018 en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Riobamba – Ecuador, manifiesta lo siguiente [4]:

- Se realizó la construcción e implementación del sistema establecido en el uso de sistemas embebidos “open source” para evaluar el grado de retención de humedad en las combinaciones de sustratos utilizados en el proceso de cultivo hidropónico de fresas. Se contaba con un área de 700 m² en la plantación, donde estaban distribuidos en cuatro zonas donde utilizamos combinaciones de sustratos tales como fibra de coco - arena y fibra de coco - cascarilla de arroz - arena, compost de pino - cascarilla de arroz.
- El sistema tiene un control automático que sirve para el riego, concentrado en un Arduino MEGA que permite la activación / desactivación de las válvulas solenoides dependiendo el grado de humedad que es medido en cada zona. Se empleó una Wireless

Sensor Network que posee tecnología ZigBee que se basa en dispositivos Xbee S2 para registrar la información de los sensores de humedad ubicados con estrategia a lo largo de las zonas y que se transmiten inalámbricamente hacia un punto central gestionado por una Raspberry Pi3 donde esta información es controlada y registrada en una base de datos en tiempo real.

Según Jorge Álvarez en su artículo científico denominado “Control del consumo de agua, energía y humedad en un invernadero”, realizado en el año 2020 para la revista “Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas” en Latacunga – Ecuador, manifiesta lo siguiente [5]:

- La investigación de campo se efectuó en el invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Campus Salache donde se implementó el control de humedad, energía y consumo de agua, por medio de un sistema de medición con el sensor ultrasónico, PLC S7 1200, una electroválvula, sensores de humedad (FC 28) y finalmente el medidor de energía, estos ayudarán a monitorear la conducta de la humedad para tener la definición de riego y accionar el control de manera manual y automática de este recurso.
- Se construyó una interfaz gráfica (HMI), la cual controla y monitorea de forma remota el consumo de energía, gasto de agua y el proceder de la variable humedad, permitiendo así conocer el consumo de agua diario, semanal y mensual. También, se toman en cuenta los indicadores que dan la capacidad total del tanque en litros, el nivel del agua en el tanque reservorio y el indicador de los litros existentes en el interior del tanque. El plan de control de humedad y consumo de agua ayudó a afianzar el régimen más adecuado de humedad del agua en los cultivos del invernadero e hizo más fácil el seguimiento del gasto de agua por plantas para obtener una dosificación correcta atendiendo al tipo de cultivo.

Según Zulema Torres en su proyecto de titulación denominado “Prototipo de sistema de riego automatizado caso: Comunidad Alto Kollasuyo”, realizado en el año 2020 en la Universidad Pública de El Alto en Bolivia, manifiesta lo siguiente [6]:

- Se implementó un prototipo de sistema de riego automatizado utilizando un módulo lógico programable Logo 8 RCE y sensores de nivel, humedad, temperatura y lluvia para minimizar el uso del agua. El sistema de riego es controlado por el usuario mediante un panel frontal de control mediante conmutadores y pulsadores, también se controla

por la interfaz web de Logo 8 desde cualquier dispositivo inteligente o laptop; esto permitiendo monitorear el proceso en modo automático.

- El sensor de nivel maneja el llenado del tanque de agua, cuando esta se encuentra en nivel alto la electrobomba se apaga automáticamente evitando que se riegue el agua y por ende los sensores de humedad, temperatura y lluvia manejan el proceso de riego automáticamente y en modo manual se puede controlar el encendido y apagado de las electroválvulas, ahorrando recursos, sin la necesidad de moverse de un lugar a otro.

Según Darwin Gualancañay en su proyecto de titulación denominado “Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chan Chico y Tiobamba de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi”, realizado en el año 2017, en la Universidad Técnica de Cotopaxi en Latacunga – Ecuador, manifiesta lo siguiente [7]:

- La implementación del sistema de bombeo permite el abastecimiento continuo del recurso hídrico al sector, esta investigación utilizó el método científico y el método experimental, el cual inicia con el estudio documental presentando diversas experiencias de aplicaciones, técnicas de diseño y aplicación de sistemas de bombas en sectores rurales, para mejorar la producción agrícola y ganadera.
- Además se realizó un trabajo experimental en el que consta un sistema de bombeo, para el abastecimiento de un flujo volumétrico de 75 m³/h necesario para la producción del sector ubicado a una altura de 129 m y a una longitud de 450 m, arriba de la fuente de agua.

Según Jhonatan Rodríguez en su proyecto de titulación denominado “Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Clumiquinga” sector de Catután provincia de Cotopaxi”, realizado en el año 2018, en la Universidad Técnica de Cotopaxi en Latacunga – Ecuador, manifiesta lo siguiente [8]:

- La construcción del sistema automático de riego por goteo y monitoreo de temperatura redujo el tiempo de 1 hora y media de manera manual, de 15 a 30 minutos considerando la humedad que necesita la planta. La implementación del tablero de control y mando permitió manejar las electroválvulas y la bomba de agua solamente cuando los sensores de humedad detectan un rango menor al 20%.

- La utilidad de la tarjeta Arduino puede depender de las veces que se escriba y suprima la memoria flash del microcontrolador ATMEGA2560, este procesador cuenta con un ciclo de 10000 veces para cargar los programas que se desee ejecutar.

3.2 Sistemas de bombeo

Cuentan con diversas partes que posibilitan el recorrido del fluido mediante tuberías, permitiendo que las especificaciones de caudal y presión sean cumplidas en los diferentes procesos. El equilibrio hidráulico se da gracias al balance de energía donde se contabiliza o se tiene en cuenta a la energía potencial, cinética y pérdidas en energía [9].

Un equipo de bombeo está formado principalmente por dos partes, la bomba y su accionador (puede ser motor eléctrico o de combustión interna, entre otros). El procedimiento de acción es el siguiente: El accionador se encarga de derivar la energía mecánica y, cuando esto sucede, la bomba la transforma en energía cinética, el fluido lo obtiene en forma de presión, velocidad y posición [10].

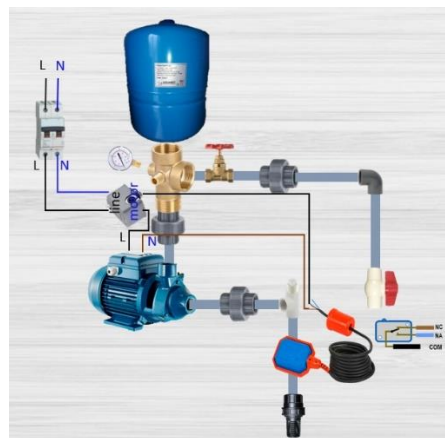


Figura 3.1 Sistema de bombeo [9]

3.2.1 Tipos de bombas de agua

Los diferentes tipos de bombas de agua tienen diversas aplicaciones y se seleccionan dependiendo las necesidades del usuario.

3.2.1.1 Bombas sumergibles

Se utiliza una bomba sumergible en caso de inundación, pero también para drenar bodegas, depósitos y fosas sépticas. Esta bomba de agua puede procesar agua limpia y sucia. Las aplicaciones en las que una bomba sumergible presenta una mejor opción de uso que otro tipo de bombas es [12]:

- Pozos muy profundos: si está muy profundo o su superficie internamente no es uniforme, puede ocasionar dificultades con el eje de una bomba cualquiera, por lo que la bomba sumergible es la única opción.
- Alto riesgo de inundación de la superficie: puede utilizarse en aplicaciones en el que se necesite o se presente el riesgo de inundación de la bomba o tienda a golpearse con la pulverización de agua, el sello hermético de una bomba sumergible protege el motor.
- Cuando se necesita un trabajo silencioso: aplicación en las cuales, el trabajo no necesite ningún tipo de ruido, para ello es necesario la bomba porque no se pueden escuchar bajo el agua.
- Si se tiene un espacio reducido para la instalación: las bombas debajo de las aceras o calles realmente no tienen mucho espacio de instalación disponible. Una bomba sumergible ocupa un espacio mínimo.
- Agricultura: para muchas aplicaciones agrícolas, existen dos ventajas: no presentan un mantenimiento frecuente para las bombas sumergibles y, como están ocultas, no hay probabilidades de que sean hurtadas por vandalismo.



Figura 3.2 Bomba sumergible [13]

3.2.1.2 Bombas centrífugas multietapas

Las bombas centrífugas de etapas múltiples tienen múltiples cámaras de líquido que están conectadas en serie, el agua ingresa a la primera cámara a la presión de la línea de succión y sale a una presión elevada. Al salir de la primera etapa, el agua ingresa a la segunda etapa donde la presión aumenta aún más [14].

A mayor cantidad de etapas, mayor será la presión de descarga final, estas bombas tienen la capacidad única de producir presiones cada vez más altas con la adición de cada etapa, pero el rango de flujo siempre permanece constante para un determinado rpm. Hay un par de tipos

diferentes de bombas de etapas múltiples, aquellos con un eje horizontal y aquellos con un eje vertical [15].

a. Bombas centrífugas horizontales de etapas múltiples

Este tipo de bomba por lo general, manejan caudales más altos que las bombas verticales de varias etapas, la configuración horizontal de las bombas de etapas múltiples se aplica mejor en aplicaciones como [16]:

- Osmosis inversa
- Alimentación de la caldera
- Ducha
- Rocíar
- Aumento de la presión
- Limpieza a alta presión
- Hacer nieve
- Condensar
- Desagüe de minas

Sin embargo, este tipo de bomba requiere mayor mantenimiento, se necesita una gran habilidad para trabajar en estas bombas y garantizar que se vuelvan a armar correctamente. También pueden ser bastante costosos por adelantado, dependiendo del grado de especificación requerido y los materiales de construcción [15].



Figura 3.3 Bomba centrífuga horizontal [17]

b. Bombas centrífugas verticales de etapas múltiples

Las bombas centrífugas multietapas verticales tienen un eje vertical, donde las etapas se apilan una encima de la otra, estas bombas cuentan con pocos espacios libres dentro de su estructura, por lo tanto, las aplicaciones de agua limpia son las mejores para esta bomba, ya que alguna carga de sólidos puede afectar su funcionamiento [18].

Algunas aplicaciones recomendables para este tipo de bombas son:

- Sistemas de ducha de alta presión.
- Agua para alimentación de calderas.

Las bombas verticales de varias etapas son excelentes para áreas que no tienen mucho espacio libre, su capacidad de entregar una salida de alta presión con un solo cuerpo de bomba y combinación de motor también es una ventaja [19].



Figura 3.4 Bomba centrífuga horizontal [20]

3.3 Sistemas de riego

Los sistemas de riego ofrecen una serie de ventajas que posibilitan racionalizar el agua disponible, cualquier sistema de riego debe someterse a un estudio previo para determinar si es el más idóneo, tomando en consideración desde el tipo de vegetación, hasta la forma de distribuir el agua para obtener el mejor rendimiento. Los instrumentos de control de riego pueden ser: programadores, higrómetros, detectores de lluvia, entre otros, deben distribuirse en función de la orografía, las capacidades hídricas del suelo y plantaciones [19].

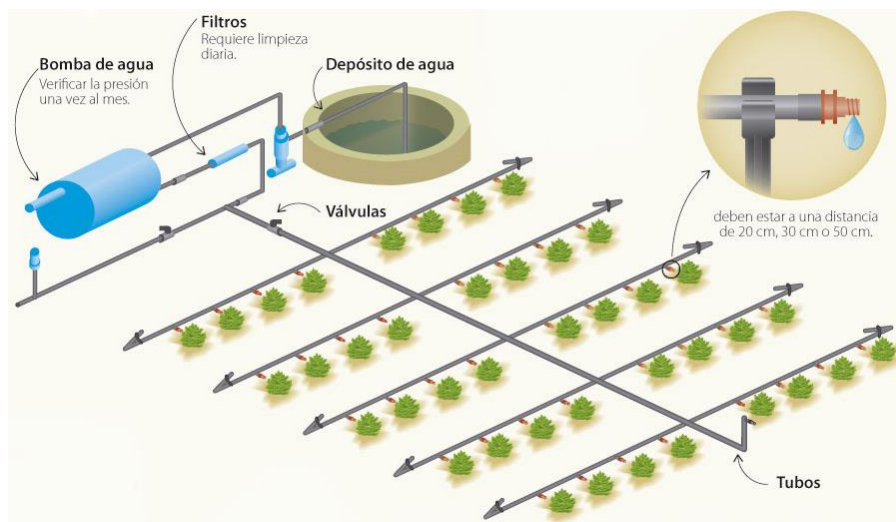


Figura 3.5 Sistema de riego [21]

Existen muchos y variados sistemas de riego, los cuales se encuentran en permanente revisión, ya que se trata de una tecnología joven que se ha ido desarrollando al mismo tiempo que ha avanzado la sociedad del bienestar. Las zonas verdes han pasado de ser un lujo a una necesidad y el riego es la operación más importante para mantenerlas.

3.3.1 Redes de riego

Las redes de riego se componen de varios tramos de canalizaciones:

- **Primario:** Va desde el contador hasta las puntas de consumo, se componen de bocas de riego, válvulas, electroválvulas y llaves de estaciones.
- **Secundario:** Entre las válvulas, electroválvulas y los mecanismos de distribución del agua: aspersores, difusores, goteros y exudantes.
- **Distribuidores de agua:** Elementos destinados a distribuir el agua de acuerdo con una pluviometría predeterminada: aspersores, difusores, bocas de riego, goteros, etc.

La presión de red se obtiene de la red general de la ciudad, pero también es frecuente usar las bombas de depósitos, albercas o estanques [13].

3.3.1.1 Elementos de control de la red de riego

Los elementos susceptibles de mejorar la automatización de las redes de riego y, por tanto, regular y controlar los caudales, los tiempos y otras características son muchos y variados. Los equipos que forman parte de las instalaciones de riego ofrecen grandes ventajas [21]:

- Mayor exactitud y seguridad en el control de la instalación
- Operaciones mecanizadas exentas de errores
- Reducción de mano de obra
- Telemando y facilidad de programación y manejo
- Registro de datos para su análisis posterior

Para la realización de todas estas operaciones y conseguir el objetivo propuesto, son necesarios un buen número de equipos individuales conectados convenientemente:

a. Electroválvulas

Regulan el paso del agua a través de la canalización, su funcionamiento es automático y el sistema de accionamiento puede ser de tres tipos: eléctrico, hidráulico o mixto.

b. Pluviómetros

Funciona por impulsos eléctricos y desconectan el programa de riego si llueve, una pequeña cubeta de PVC recoge el agua de lluvia, y en el interior hay dos electrodos que funcionan como un interruptor por el efecto conductor del agua que se almacena.

c. Higrómetros

Controla el riego con más rigor que el pluviómetro, puesto que mide mediante sondas el grado de humedad del suelo en cada momento.

d. Programadores

El programador y los temporizadores sirven para regular el riego, actúan como el cerebro que regula el sistema según las necesidades de las plantas y minimiza el consumo de agua, suelen ser de tres tipos: electromecánicos, formados por un pequeño motor eléctrico que permite el movimiento de diversos relojes mecánicos en los que se determinan los horarios; electrónicos, precisos en sus órdenes y los más indicados para las pequeñas instalaciones, y los híbridos, que son una combinación de los dos anteriores, que reúne las ventajas de la exactitud de los programadores electrónicos y la facilidad de uso de los electromecánicos.

e. Válvulas

Están construidas de latón, fundición, o plásticos, en especial, PVC, su función específica es regular el paso del agua a través de una canalización. Las válvulas que funcionan manualmente se denominan de control, y las que actúan de acuerdo a un parámetro de la propia agua, de regulación.

3.3.2 Métodos de riego

A continuación, se presentan el método de riego por goteo:

3.3.2.1 Riego por goteo

El agua se distribuye puntualmente, sin atomización y sin que empape el terreno, la densidad de puntos de riego humedece ciertas zonas, mientras la mayor parte del terreno permanece seco. Este tipo de riego es aplicable tanto para zonas tan limitadas como la plantación de arbolado, borduras de arbustos, jardineras, o bien para plantaciones extensas, ya que sólo humedece las zonas deseadas, este sistema puede complementar al riego por aspersión generalizado en zonas concretas o mantener áreas de arbustos y arbolado de alineación de forma autónoma [22].



Figura 3.6 Riego por goteo [17]

a. Ventajas del riego por goteo

- Por ser un sistema de instalación fija, la cantidad de mano de obra se reduce sustancialmente, facilitando aplicaciones de alta frecuencia.
- La eficiencia del riego por goteo es muy alta de (90% a 95%), y la distribución del agua es muy uniforme.
- Permite la fertirrigación con una gran eficiencia, es decir mezclar el agua con minerales o cualquier tipo de fertilizante y trasladarlos por mangueras o tuberías directamente a las plantaciones [23].
- Este sistema presenta facilidades para manejar caudales controlados, lo cual presenta la ventaja de poder administrar, a través del riego, fertilizantes y pesticidas solubles en agua.
- Los equipos tienen larga vida útil, superior a los 10 o 15 años y la inversión realizada en su implementación se puede recuperar en uno o dos años.
- Se puede automatizar este sistema, lo que permite su uso durante largos horarios. Por medio de la automatización, es factible fraccionar el uso de fertilizantes y pesticidas [21].

b. Desventajas del riego por goteo

Pese a las grandes ventajas que un sistema de riego por goteo ofrece, también presenta ciertas desventajas, como son [4]:

- Es un sistema de alto costo de instalación y mantenimiento
- Taponamiento de goteros con agua de mala calidad
- Salinización de suelos, se acumulan las sales presentes en el suelo
- Daños mecánicos ocasionados por la mano de obra

- Exige estricta utilización de sistemas de filtrado

c. Componentes de una instalación de riego por goteo

Los elementos principales que conforman un sistema de riego por goteo son los siguientes: fuente de agua, unidad de bombeo, cabezal de abastecimiento y regulación y la red subterránea para la conducción, distribución y aplicación del agua, con sus respectivos accesorios los mismos que se pueden observar en la siguiente figura.

Tabla 3.1 Componentes de un sistema de riego por goteo [24]

1	Bomba	8	Llave de paso
2	Control	9	Línea principal
3	Válvula de retención	10	Filtro secundario
4	Fuente de agua	11	Línea secundaria
5	Inyector de fertilizantes	12	Líneas laterales de distribución
6	Manómetros	13	Goteros o emisores
7	Filtro primario	14	Electroválvulas

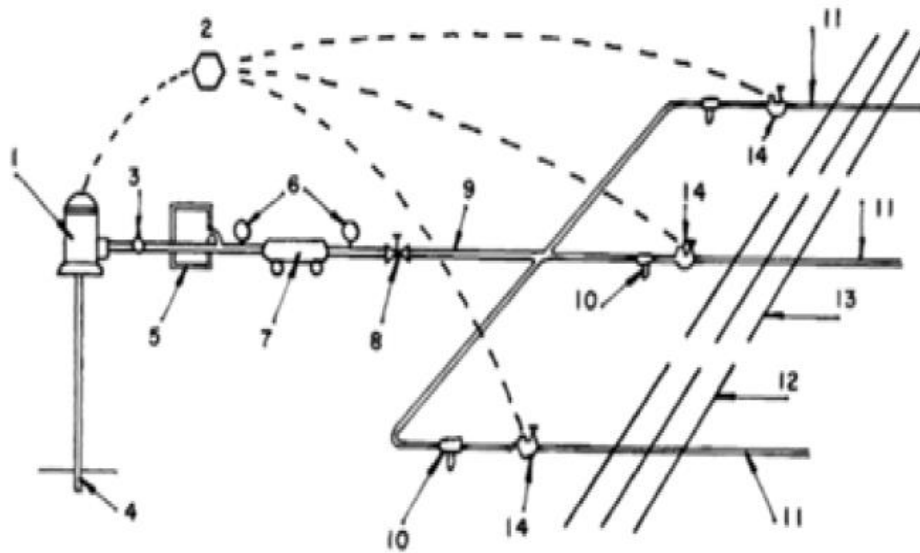


Figura 3.7 Componentes de un sistema de riego por goteo [24]

3.3.3 Diseño de un sistema de riego

Los sistemas de bombeo consisten en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el abastecimiento temporal de los fluidos, de manera que cumplan con especificaciones de caudal y presión necesarias para diferentes sistemas y/o procesos. [22]

Una forma de visualizar fácilmente el funcionamiento de un sistema de tuberías es utilizando las curvas características con los parámetros de altura de carga, rendimiento, altura neta de succión positiva y potencia todo en función del flujo volumétrico. Para iniciar con el diseño se consideran los siguientes factores:

3.3.3.1 Variación de altura

Es la diferencia de la altura final con la altura inicial del sistema, si el valor de la variación de altura es negativo, significa que se tiene un sistema por gravedad.

$$\Delta Z = Z_f - Z_o \quad (3.1)$$

En donde:

- ΔZ = Variación de altura [m]
- Z_f = Altura final [m]
- Z_o = Altura inicial [m]

3.3.3.2 Flujo volumétrico

Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, el cual pasa en un punto determinado donde circule un líquido, se calcula mediante la ecuación 3.2.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.2)$$

En donde:

- Q = Flujo volumétrico [m^3/s]
- V = Volumen [m^3]
- t = Tiempo [s]

3.3.3.3 Tubería de succión

Se denomina así la tubería que va conectada directamente de la bomba uniéndola a la misma con el volumen de agua a elevarse. Para evitar la entrada de aire en esta tubería, se debe ser de una

longitud no mayor a 7 metros, su diámetro debe ser mayor o igual al diámetro de la tubería de descarga.

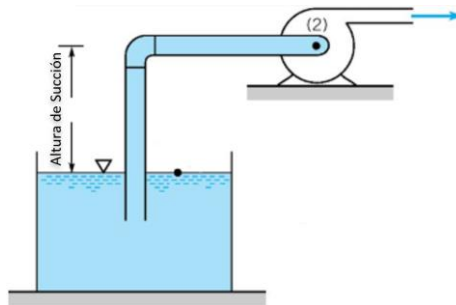


Figura 3.8 Tubería de succión [15]

3.3.3.4 Tubería de descarga

Se coloca precisamente después de la bomba, esta tubería descarga el líquido a un tanque de almacenamiento y se puede considerar que el fluido tenga una velocidad de 2 m/s.

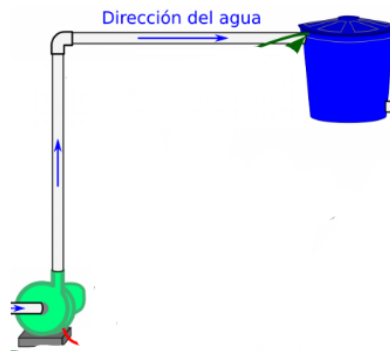


Figura 3.9 Tubería de descarga [15]

Para realizar el diseño de un sistema de bombeo se deben calcular los siguientes factores tanto para la tubería de succión como para la tubería de descarga, solamente si el diámetro de la tubería de succión y descarga son iguales los factores son los mismo excepto en la resistencia.

3.3.3.5 Velocidad del fluido

La velocidad del fluido se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \quad (3.3)$$

En donde:

- Q = Flujo volumétrico [m³/s]
- D = diámetro de la tubería [m]

3.3.3.6 Número de Reynolds

Un parámetro importante en la determinación del tipo de régimen del flujo es el número de Reynolds, el cual involucra la velocidad, la viscosidad del fluido, la densidad del fluido y el diámetro interno de la tubería se calcula por medio de la ecuación 3.4.

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu} \quad (3.4)$$

En donde:

- Re = Número de Reynolds [adimensional]
- v = velocidad [m/s]
- D = diámetro de la tubería [m]
- ρ = densidad del fluido [kg/m³]
- μ = viscosidad [N.s/m²]

Tipos de régimen de flujo

- Régimen laminar: $Re > 2000$
- Régimen Transitorio: $2000 \leq Re \leq 4000$
- Régimen Turbulento: $4000 < Re$

3.3.3.7 Factor de fricción

Las pérdidas en tuberías dependen de un factor de fricción, el mismo que a su vez se define en función del tipo de flujo (laminar o turbulento) y de la rugosidad de la tubería. Se calcula mediante la ecuación 3.5 o 3.6.

$$\lambda_L = \frac{64}{Re} \quad (3.5)$$

$$\lambda_t = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3.6)$$

En donde:

- Re = Número de Reynolds [adimensional]
- λ_L = Régimen laminar [adimensional]
- λ_t = Régimen turbulento [adimensional]

3.3.3.8 Resistencia

La resistencia de un sistema de riego se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$R = \left(\Sigma \xi + \frac{L * \lambda}{D} \right) \frac{8}{g * \pi^2 * D^4} \quad (3.7)$$

En donde:

- R = resistencia [s^2/m^2]
- g = gravedad [m/s^2]
- λ = factor de fricción
- $\Sigma \xi$ = Pérdidas locales
- L = Longitud de la tubería [m]
- D = Diámetro de la tubería [m]

3.3.3.9 Altura de carga

Conocido también como las pérdidas de carga, es el parámetro para realizar la curva del sistema en función del caudal y se lo calcula mediante la ecuación 3.8.

$$\Delta_H = \Delta_Z + R * Q^2 \quad (3.8)$$

En donde:

- ΔZ = Variación de altura [m]
- R = Resistencia Total [s^2/m^2]
- Q = Caudal [m^3/s]

3.3.3.10 Altura neta positiva de succión disponible

Conocido como NPSH, es la presión necesaria para que el fluido pase por la tubería de succión hasta el ojo del impulsor, para realizar el diseño de un sistema de bombeo es necesario conocer dos tipos de Altura neta positiva de succión, la disponible y la requerida.

El NPSH disponible es el que se calcula del sistema por medio de la ecuación 9, mientras que el NPSH requerido son datos que proporciona el fabricante de la bomba.

$$NPSH_d = \frac{P_{atm}}{\gamma} \pm H_s - \sum h - \frac{P_v}{\gamma} \quad (3.9)$$

En donde:

- P_{atm} = Presión atmosférica [kPa]

- γ = Peso específico [N/m³]
- H_s = Altura de succión [m]
- P_v = Presión de vapor [kPa]
- $\sum h$ = Pérdidas por carga por succión = $R_s \cdot Q^2$
- R_s = Resistencia de succión [s²/m²]
- Q = Caudal [m³/s]

Es necesario que el NPSH disponible sea mayor que el NPSH requerido para evitar el fenómeno de cavitación, el cual puede dañar a la bomba rápidamente, una de las soluciones cuando se presente la cavitación, es reducir a la altura de succión.

3.3.3.11 Criterio de velocidad específica

Es la frecuencia de rotación de la máquina, se calcula mediante la ecuación 10 y dependiendo del resultado se la compara con la tabla 1 para determinar el tipo de bomba que se elige.

$$n_s = 3,65 * \frac{RPM * \sqrt{Q}}{(\Delta H)^{\frac{3}{4}}} \quad (3.10)$$

En donde:

- RPM = velocidad por catálogo o normativa
- Q = Flujo volumétrico [m³/s]
- ΔH = Altura de carga [m]

Tabla 3.2 Clasificación de las bombas según el criterio de velocidad específica [24]

Denominación	Rotativas émbolo	Lenta	Normal	Rápida	Diagonal y Mixta	Axial
n_s (RPM)	>40	40 – 80	80 – 150	150 – 300	300 – 600	600 – 1200
D_1/D_2	-	2,2 – 3,5	1,8 – 2,2	1,3 – 1,8	1,1 – 1,3	1

3.4 Controlador lógico programable

Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y

procesos. Para la selección del Controlador Lógico Programable se puede regir a la normativa IEC 61131 [25].



Figura 3.10 Controlador lógico programable [26]

3.4.1 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación es una de las características de las cuales depende la realización del programa que controla el manejo del PLC. Existen diferentes lenguajes de programación de la norma IEC-1131-3 empleados en los PLC, que son [6]:

- Diagrama de bloques
- Lenguajes estructurados
- Lenguaje de escalera (Ladder – KOP)
- Diagrama de funciones secuenciales (FUP)
- Lista de instrucciones (AWL)

Esquema Eléctrico	STL/AWL	FBD/FUP	LAD/KOP
	<pre>A I 0.0 ANI 0.1 = Q 4.5</pre>		

Figura 3.11 Lenguaje de programación del PLC [27]

Los más empleados en la programación actualmente, son tres; KOP, FUP y AWL, en la siguiente tabla se observan sus características:

Tabla 3.3 Características de los lenguajes de programación de un PLC [28]

LENGUAJE	CARACTERÍSTICA
KOP (Contactos)	<ul style="list-style-type: none">• Crea programas similares a los de un esquema eléctrico• Hace que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica a raves de condiciones lógicas de entrada que habilitan condiciones lógicas de entrada.• El programa se ejecuta segmento por segmento.
AWL (Lista de instrucciones)	<ul style="list-style-type: none">• Crea programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones.• Crea ciertos programas que no se pueden crear con los editores KOP y FUP
FUP (Diagrama de funciones)	<ul style="list-style-type: none">• Permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos.• Representación en forma de puertas gráficas especialmente para observar el flujo del programa.

3.4.2 Campos de acción

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso, su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización, por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras [29].

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como [30]:

- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

3.5 Protecciones eléctricas

Son dispositivos que tienen como principal finalidad detectar condiciones anormales que pueden presentar en un sistema eléctrico y actuar automáticamente para restablecer la operación normal, sus características son [8]:

- Confiabilidad
- Selectividad
- Rapidez
- Exactitud
- Sensibilidad

3.3.5.1 Interruptor termomagnético

Es un dispositivo que corta la corriente eléctrica de un circuito automáticamente, actúa cuando la corriente sobrepasa el valor nominal establecido en las especificaciones técnicas o datasheet del dispositivo.

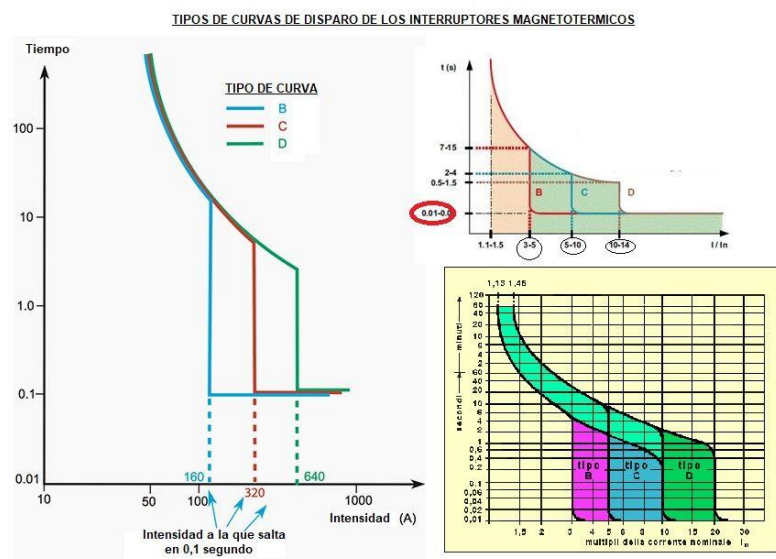


Figura 3.12 Gráfica de sobrecarga y cortocircuitos de un interruptor termomagnético [31]

Se diferencian de los fusibles porque no es necesario cambiarlos cada vez que realizar el proceso de protección y se diferencian de los interruptores diferenciales porque estos protegen a las personas de una descarga eléctrica [25].

Existen características técnicas principales de los interruptores termomagnéticos que por lo general vienen impresas en el mismo dispositivo y son las siguientes [32]:

- Tensión de operación (V)
- Capacidad de corriente de operación (A)

- Curva característica de disparo
- Capacidad de corriente de cortocircuito (kA)

Estas características deben cumplir con las especificaciones de la norma técnica IEC – 60898 – 1, que establece las especificaciones mínimas de calidad, seguridad, capacidad y funcionamiento del interruptor termomagnético. Para su selección es necesario determinar la corriente eléctrica del elemento que se desean proteger, para sistemas monofásicos se aplica la expresión 3.11:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \cdot f_s \quad (3.11)$$

En donde:

- I = Corriente de protección [A]
- P = Potencia del elemento [W]
- U = Tensión de alimentación [V]
- Cos φ = factor de potencia
- f_s = factor de sobrecarga (1,15)

3.3.5.2 Fusibles

Los fusibles son elementos constituidos por un soporte principal y una lámina de un metal o aleación que tiene un bajo punto de fusión y se coloca en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda a través del efecto Joule cuando la corriente eléctrica supere ya sea por un cortocircuito o sobrecarga [14].



Figura 3.13 Porta – fusibles para riel din [32]

Para la selección del fusible es necesario conocer la corriente eléctrica del equipo electrónico que se desean proteger, para lo cual se aplica la siguiente expresión 3.12:

$$I_e = \frac{P_e}{U} \cdot f_s \quad (3.12)$$

En donde:

- I_e = Corriente de protección [A]
- P_e = Potencia del equipo [W]
- U = Tensión de alimentación [V]
- f_s = factor de sobrecarga (1,15)

3.3.5.3 Dimensionamiento de los conductores

Para realizar el dimensionamiento de los conductores se puede determinar de diferentes maneras como: la caída de tensión, por ampacidad, y por la corriente de cortocircuito, adicional se puede utilizar 2 métodos de los 3 mencionados para su comprobación, en la siguiente expresión 3.13 se puede determinar el método de caída de tensión [3].

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)} \quad (3.13)$$

En donde:

- S = Sección del conductor [mm²]
- L = longitud [m]
- I = corriente eléctrica [A]
- $\cos \varphi$ = factor de potencia
- γ = conductividad del conductor [m/Ω · mm²]
- ΔU = Caída de tensión máxima [V]
- x = reactancia de la línea [Ω/km]
- n = Número de conductores por fase [V]

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolla un análisis de los principales elementos eléctricos y/o electrónicos que se utilizarán para el sistema de regadío automático en la plantación de fresas como son: controladores, instrumentos de medición y actuadores, con la finalidad de garantizar el funcionamiento óptimo.

4.1 Métodos y técnicas de investigación

4.1.1 Método deductivo

Este método es utilizado para la recolección de información a través de textos científicos, proyectos de titulación y sitios web de relevancia acerca del uso de equipos que permitan realizar el sistema de control de riego por goteo en una plantación de fresas.

4.1.2 Método científico

Se utiliza el método científico para desarrollar la parte técnica en la selección de los elementos de control, instrumentación, actuadores, dimensionamientos de los conductores y las protecciones eléctricas para implementarlos en el tablero de control.

4.1.3 Técnicas de medición

Esta técnica permite realizar las diferentes mediciones en el sistema de riego automático los cuales son: el consumo de corriente de la bomba de agua, medición de humedad del suelo, tiempos de regadío y cantidad de producción de fresas.

4.2 Tipos de investigación

4.2.1 Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación es utilizada para determinar la información más importante que aporte a la solución del problema de la propuesta tecnológica, porque proporciona las características esenciales acerca de ciertos equipos e instrumentos que pueden ser utilizados para concretar el sistema de control en el regadío por goteo.

4.2.2 Investigación de campo

La investigación de campo se realiza por medio de visitas técnicas constantes a la comunidad de Santa Cruz de Chumalica para observar el estado del sistema anterior para determinar el diseño eléctrico que permita seleccionar los elementos adecuados de tal manera que el control de riego sea automático.

En la figura 4.1 se tiene la ubicación geográfica del barrio Santa Cruz de Chumalica en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

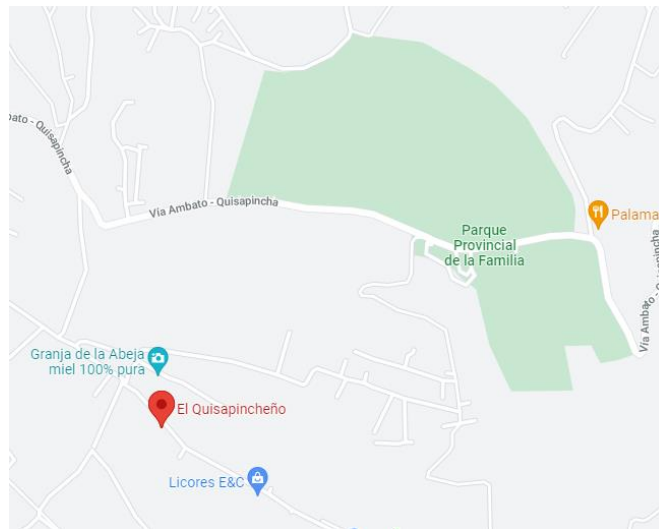


Figura 4.1 Ubicación geográfica

4.3 Declaración de variables

A continuación, se describen las variables independiente y dependiente que se presentan en el sistema de riego para la plantación de fresas.

4.3.1 Variable independiente

En la presente propuesta tecnológica se tiene como variable independiente la implementación de un sistema automatizado de riego con sus ítems, técnicas e instrumentos que son detallados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Variable independiente

Variabes	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Humedad	%	Medición	Sensor de humedad
Consumo de energía eléctrica	kWh	Cálculo	Ecuaciones
Tiempos de regadío	s	Medición	Cronómetro

4.3.2 Variable dependiente

Se tiene como variable dependiente la incrementación de la producción de fresas con su ítem, técnica e instrumento que son detallados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Variable dependiente

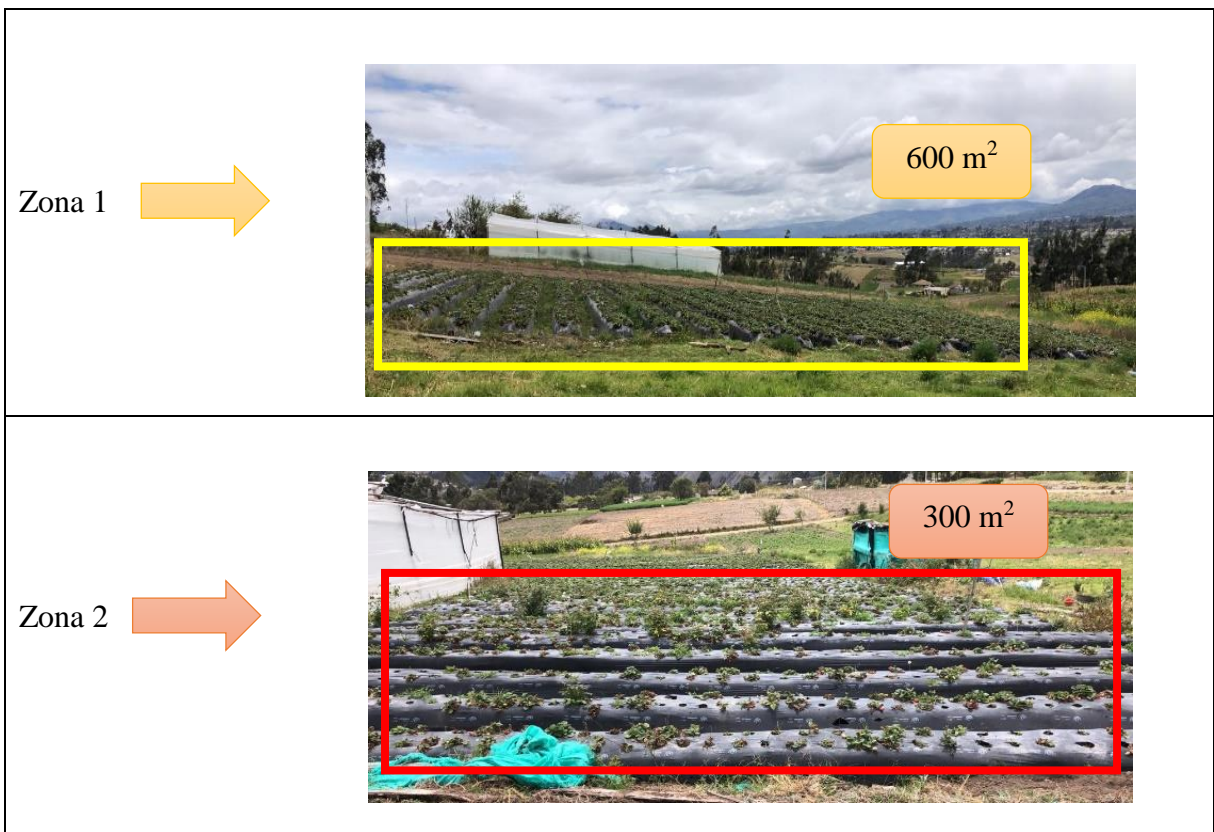
Variable	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Cantidad de producción	kg	Medición	Balanza

4.4 Descripción del sistema anterior

La plantación de fresas presenta un cultivo de 1100 m², está dividida por 2 zonas, la primera tiene un área de 600 m² y la segunda de 300 m², cada zona tiene una válvula manual que permite el paso del agua para su regadío y una válvula principal, el sistema de riego consta de una tubería de PVC de 1 ½ de pulgada de diámetro y una bomba de agua a combustión de 2 HP, al no presentar ningún tipo de control se encendía esta máquina por 4 horas al día para abastecer de agua completamente a las dos zonas de producción de fresas.

Este sistema no cuenta con sensores de humedad para verificar la humedad óptima que un cultivo de fresas de tener para una mayor cantidad de producción de calidad. En la tabla 4.3 se detalla una descripción de las zonas de la plantación.

Tabla 4.3 Descripción de las zonas de plantación



En la figura 4.2 se presenta el diagrama hidráulico de la conexión de los accesorios como: tuberías, codos, T's, uniones, filtros, válvulas manuales y el motor a combustión, para mayor detalle verificar anexo 1 y en la tabla 4.4 se observan las imágenes de las válvulas y el motor.

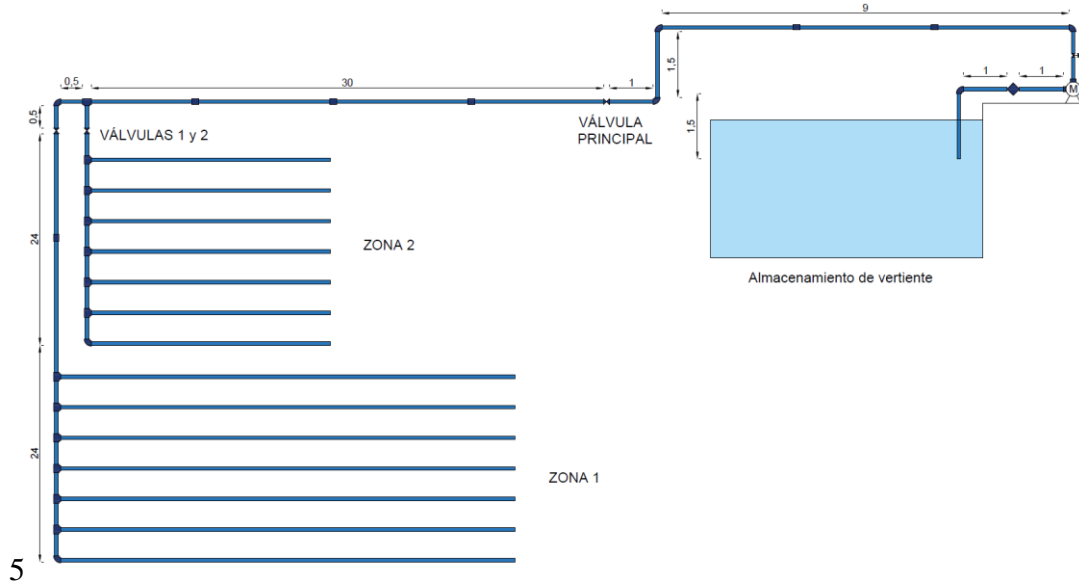


Figura 4.2 Representación hidráulica

Tabla 4.4 Válvulas y bomba a combustión

		<p>Bomba a combustión</p>		
<p>Válvula principal</p>				
<p>Válvula zona 1</p>				<p>Válvula zona 2</p>

4.5 Ensayo experimental con el sensor de humedad

El ensayo se realizó en el mes de enero 2022, en la plantación de fresas (*Fragaria x ananassa*, variedad Albión) de la comunidad Santa Cruz de Chumalica, con un marco de cultivo de 25 cm entre plantas. El suelo de dicho cultivo tiene las características de ser negros, limosos y bastante profundos, con un 20 % a 50 % de retención de humedad. El sistema de riego presenta tuberías principales que son distribuidas a lo largo de las secciones de plantación mediante canaletas de riego con goteros.

Por medio de fuentes bibliográficas es recomendable para cada cama (sección de plantación lineal de fresas), ubicar un sensor de humedad por cada sección, para lo cual, se tomó una muestra del terrero específicamente en la zona 2 del cultivo para monitorizar 2 goteros del ragadío, bajo el gotero (A) se ubica el sensor de humedad Fc-28 en donde se encuentra enterrado a 30 cm verticalmente (distancia recomendada a la altura de la raíz de la planta), el gotero (B) en el que se coloca un recipiente con medidas de (0 ml, 250 ml, 500 ml, 750 ml, 1000 ml y 1250 ml).



Figura 4.3 Gotero (A)



Figura 4.4 Gotero (B)

Mediante la técnica de experimentación se puede demostrar que a los 30 minutos de iniciar o encender el sistema de riego presenta un promedio de 1000 ml de agua por cada planta de fresas, reflejando por medio del sensor, una humedad del 72 %, considerando que el sistema necesita un tiempo de media hora en la mañana y otra media hora en la tarde – noche para humedecer a la planta, lo cual es un valor óptimo para la producción de fresas ya que aproximadamente un 80 % de la fresa es agua, y entorno a un 10 % son hidratos de carbono (fructosa, glucosa y xilitol) necesarios para obtener una buena producción de fresas saludables tanto el fruto como la plantación.



Figura 4.5 Recipiente con 1000 ml de agua



Figura 4.6 Aumento de la humedad en la zona 2 del cultivo de fresas

Finalmente, en la zona 1 que presenta un área de 800 m² existen aproximadamente 6000 plantas de fresas, por lo tanto, va a presentar un consumo de 12000 litros diarios, mientras que en la zona 2 con un área de 300 m² y obteniendo un cultivo de 1000 plantas, se tiene un consumo de 2000 litros diarios de agua.

4.5.1 Diseño del sistema de bombeo

La temperatura del agua que se desea transportar es de 20 °C, mediante la siguiente tabla se puede determinar las propiedades físicas a esa temperatura.

Tabla 4.5 Propiedades del agua a distintas temperaturas

Temperatura T [°C]	Densidad ρ [kg/m ³]	Módulo elasticidad $K \cdot 10^{-9}$ [N/m ²]	Viscosidad dinámica $M \cdot 10^{-3}$ [N*s/m ²]	Viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^{-6}$ [m ² /s]	Tensión superficial σ [N/m]	Presión de vapor Pv [kPa]
15	999.1	2.15	1.139	1.140	0.0735	1.70
20	998.2	2.17	1.002	1.003	0.0728	2.34
25	997.0	2.22	0.890	0.893	0.0720	3.17

Se utiliza el mismo diseño de tuberías que corresponden a un diámetro de 1 ½ de pulgada = 0,0381. En el anexo 1 y 2 se tiene el diseño de las tuberías con los valores de las longitudes en metros, las pérdidas locales por los accesorios utilizados y la altura total del sistema en metros, en la que se registran estos datos en la siguiente tabla que es utilizada para determinar los cálculos de los diferentes parámetros en un sistema de bombeo, considerando que para la ciudad de Ambato la presión atmosférica es de 72 kPa.

4.5.1.1 Descripción de las pérdidas locales

Las pérdidas locales se originan por los diferentes accesorios en una instalación hidráulica, estos pueden ser: codos, T's, filtros, uniones, entre otros y según la normativa NEC – 11 cada accesorio presenta un valor por pérdidas; en la siguiente tabla se realiza un listado de los accesorios que son utilizados en el sistema hidráulico con sus respectivos valores de pérdidas con separación por zonas.

Tabla 4.6 Pérdidas locales en la zona de succión

Accesorio	Cantidad	Valor de pérdidas por unidad	Valor de pérdidas total
Válvula de pie	1	2,4	2,4
Codo 45°	1	1	1
Filtro	1	2	2
Unión	1	0,4	0,4
Sumatoria de pérdidas locales por succión			5,8

Tabla 4.7 Pérdidas locales en la zona de descarga

Accesorio	Cantidad	Valor de pérdidas por unidad	Valor de pérdidas total
Válvulas	1	0,6	0,6
Codo 45°	6	1	6
T's	5	0,8	4
Unión	6	0,4	2,4
Sumatoria de pérdidas locales por descarga			13

Tabla 4.8 Pérdidas locales en la zona 1 de cultivo

Accesorio	Cantidad	Valor de pérdidas por unidad	Valor de pérdidas total
Electroválvula	1	0,6	0,6
Codo 45 °	2	1	2
Unión	1	0,4	0,4
T's	27	0,8	21,6
Sumatoria de pérdidas locales zona 1			26,4

Tabla 4.9 Pérdidas locales en la zona 2 de cultivo

Accesorio	Cantidad	Valor de pérdidas por unidad	Valor de pérdidas total
Electroválvula	1	0,6	0,6
Codo 45°	1	1	1
T's	24	0,8	19,2
Sumatoria de pérdidas locales zona 2			20,8

En la tabla 4.10 se describen los datos característicos del sistema como son: diámetros de tubería, alturas del sistema, pérdidas locales por succión, pérdidas locales de descarga, pérdidas locales de la zona 1, pérdidas locales de la zona 2, longitudes de las tuberías, y los datos del agua a temperatura de 20 °C como son; densidad del fluido, coeficiente dinámico y presión de vapor, finalmente la presión atmosférica del lugar en donde se implementa el sistema, con estos datos se da inicio a los cálculos para la selección de la bomba de agua eléctrica.

Tabla 4.10 Datos característicos del sistema

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Diámetro de la tubería	0,0381 m	Pérdidas locales zona 1	26,4
Densidad del fluido	998,2 kg/m ³	Pérdidas locales zona 2	20,8
Coeficiente dinámico	0,001002 N*s/m ²	Longitud de descarga	42 m
Presión atmosférica	72 kPa	Longitud de descarga zona 1	48,5
Presión de vapor	2,34 kPa	Longitud de descarga zona 2	24,5
Altura de succión	1,5 m	Longitud de succión	3,5 m
Pérdidas locales descarga	13	Altura inicial	47 m
Pérdidas locales succión	5,8	Altura final	0 m

4.5.1.2 Selección de la bomba de agua

Con la ayuda del software Excel se desarrollan todos los cálculos de los parámetros investigados en el ítem 3.3.3 “Diseño de un sistema de riego” del capítulo de “Fundamentación Teórica”, considerando que los parámetros como velocidad del fluido, número de Reynolds y factor de fricción son los mismo para la tubería de succión y descarga por tener el mismo diámetro de tubería.

Tabla 4.11 Factores de cálculo para la selección de la bomba (1)

N.	ΔZ [m] (3.1)	Q [m ³ /h] (3.2)	Q [m ³ /s] (3.2)	v [m/s] (3.3)	Re [...] (3.4)	λ turbulento [...] (3.6)	R. Succión [s ² /m ²] (3.7)
1	-47	6	0,0016667	1,4619	55485,911	0,020615	301689,46
2	-47	8	0,0022222	1,9492	73981,215	0,019185	296536,19
3	-47	10	0,0027778	2,4364	92476,518	0,018144	292786,59
4	-47	12	0,0033333	2,9237	110971,822	0,017335	289874,47
5	-47	14	0,0038889	3,4110	129467,126	0,016680	287513,78
6	-47	16	0,0044444	3,8983	147962,429	0,016132	285541,11
7	-47	18	0,0050000	4,3856	166457,733	0,015664	283854,93
8	-47	20	0,0055556	4,8729	184953,037	0,015257	282388,08
9	-47	22	0,0061111	5,3602	203448,340	0,014898	281094,04
10	-47	24	0,0066667	5,8475	221943,644	0,014577	279939,29

Tabla 4.12 Factores de cálculo para la selección de la bomba (2)

N.	R Descarga [s ² /m ²] (3.7)	R Descarga [s ² /m ²] Zona 1 (3.7)	R Descarga [s ² /m ²] Zona 2 (3.7)	R Descarga [s ² /m ²] Zona 1 y 2 (3.7)	RT [s ² /m ²]	ΔH [m] (3.8)	Σh [m]	NPSH disponible [m] (3.9)
1	1400872,70	2064224,74	1335428,04	810854,45	2513416,62	-40,0183	0,838	5,0144
2	1339033,56	1992815,25	1299355,21	786525,15	2422094,91	-35,0390	1,464	4,3881
3	1294038,31	1940856,45	1273107,98	768807,46	2355632,37	-28,8238	2,259	3,5933
4	1259092,90	1900502,82	1252723,16	755037,51	2304004,88	-21,3999	3,221	2,6316
5	1230764,58	1867790,35	1236198,30	743868,46	2262146,81	-12,7885	4,348	1,5042
6	1207092,59	1840454,84	1222389,64	734530,58	2227164,28	-3,0066	5,640	0,2121
7	1186858,36	1817089,12	1210586,34	726545,27	2197258,55	7,9315	7,096	-1,2439
8	1169256,24	1796762,87	1200318,44	719595,96	2171240,29	20,0136	8,716	-2,8632
9	1153727,72	1778831,12	1191260,13	713463,13	2148284,89	33,2292	10,498	-4,6452
10	1139870,77	1762829,65	1183176,91	707988,70	2127798,76	47,5688	12,442	-6,5893

La bomba con la que se va a referenciar las curvas características es de la marca “Rong Long”, en el anexo 4 se presenta sus hojas características con sus respectivas curvas como: altura de

carga, rendimiento, NPSH requerido y potencia; en la siguiente tabla se registran los datos obtenidos de las curvas del catálogo de la bomba para graficarlos mediante Excel y analizarlos.

Tabla 4.13 Datos de la bomba marca “Rong Long”

Flujo Volumétrico [m ³ /h]	Altura de Carga [m]	Rendimiento [%]	NPSH requerido [m]	Potencia [kW]
2	26,3	31		1,5
4	26,2	35		1,6
6	26	38	1,3	1,8
8	25,6	42	1,25	2
10	25,2	46	1,24	2,2
12	24,6	50	1,24	2,4
14	24	54	1,26	2,55
16	23,1	57	1,3	2,7
18	22	58	1,4	2,8
20	20,9	58,5	1,5	2,9
22	19,6	58,3	1,6	3
24	18	56,5	1,7	3,1

a. Curva característica Altura de Carga – Flujo Volumétrico

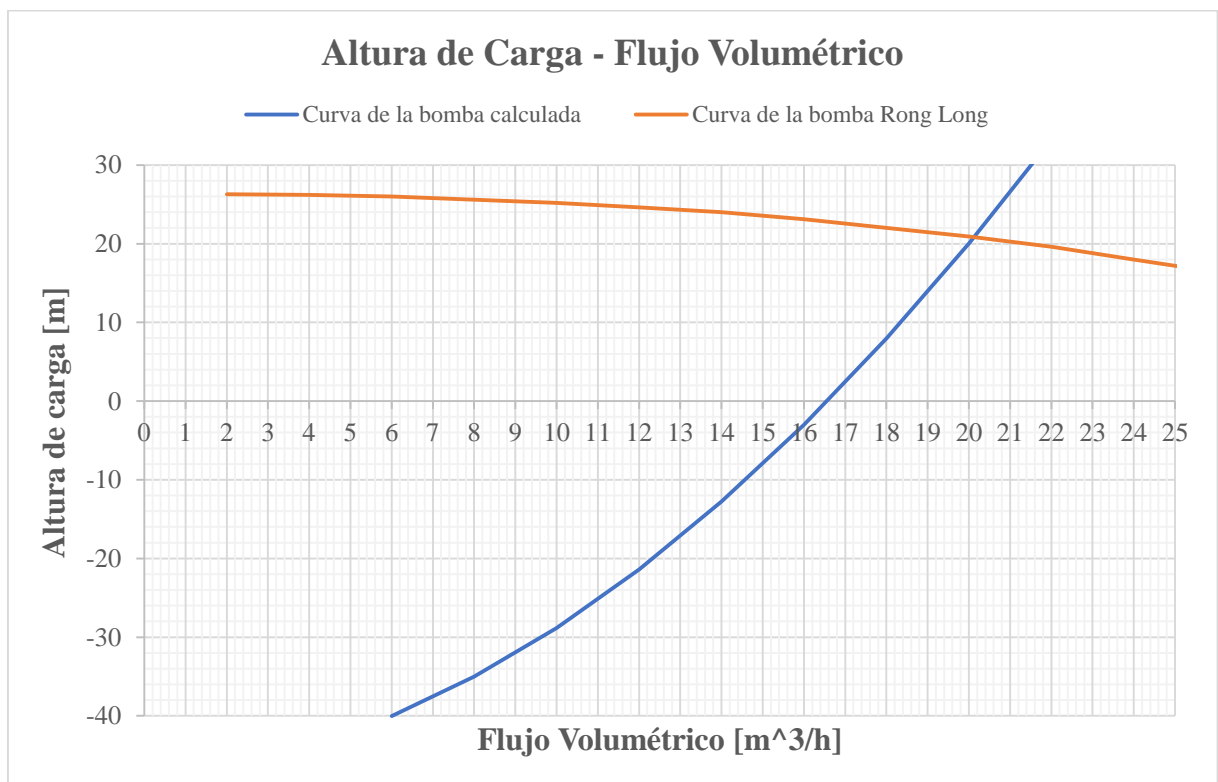


Figura 4.7 Gráfica Altura de Carga vs Flujo Volumétrico

En la figura 4.7 se tiene la curva característica de la altura de carga en función del flujo volumétrico con los valores calculados y con los valores del catálogo de bombas, considerando un flujo volumétrico máximo de trabajo de trabajo de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, en el que se comparará con los datos de la Altura Neta Positiva de Succión (NPSH).

b. Curva característica Altura Neta Positiva de Succión – Flujo Volumétrico

En la figura 4.8 se tiene la curva característica de la Altura Neta Positiva de Succión Disponible y Requerida en función del Flujo volumétrico, el caudal de trabajo ideal es de $14 \text{ m}^3/\text{h}$, obteniendo el valor del NSPH requerido es de 1,25 metros, mientras que el NPSH disponible tiene un valor de 1,5 metros, siendo este valor mayor, por lo tanto, el sistema no presenta el fenómeno de cavitación.

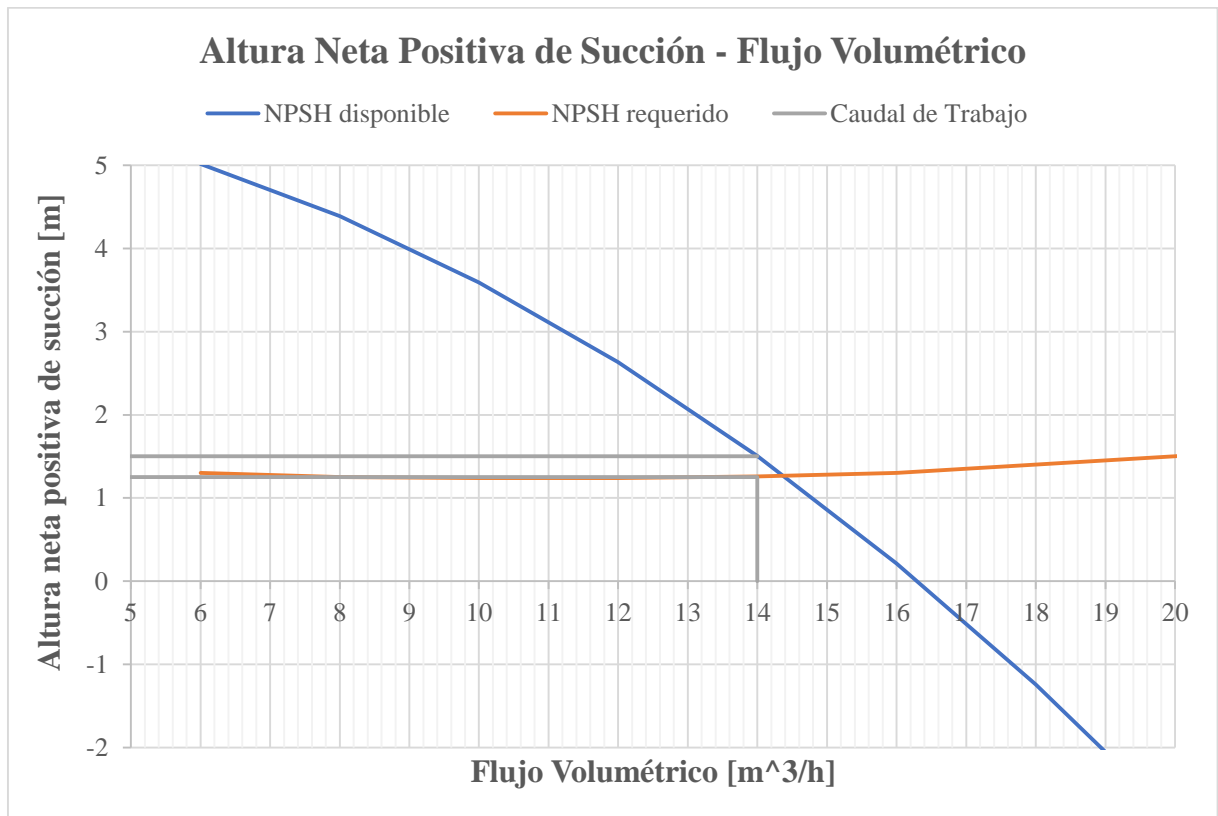


Figura 4.8 Gráfica Altura Neta Positiva de Succión vs Flujo Volumétrico

c. Curva característica Rendimiento – Flujo Volumétrico

En la figura 4.9 se tiene la curva característica del rendimiento en función del flujo volumétrico, para el caudal de trabajo de $14 \text{ m}^3/\text{h}$ se tiene un rendimiento de 54 %. Para que un sistema sea eficiente debe trabajar dentro de un rango mínimo del 90 % del rendimiento máximo, la bomba

tiene como máximo el 58,8 % y al aplicar el 90 % da como resultado 52,92 %, el rendimiento de la bomba es superior por lo tanto el sistema es eficiente.

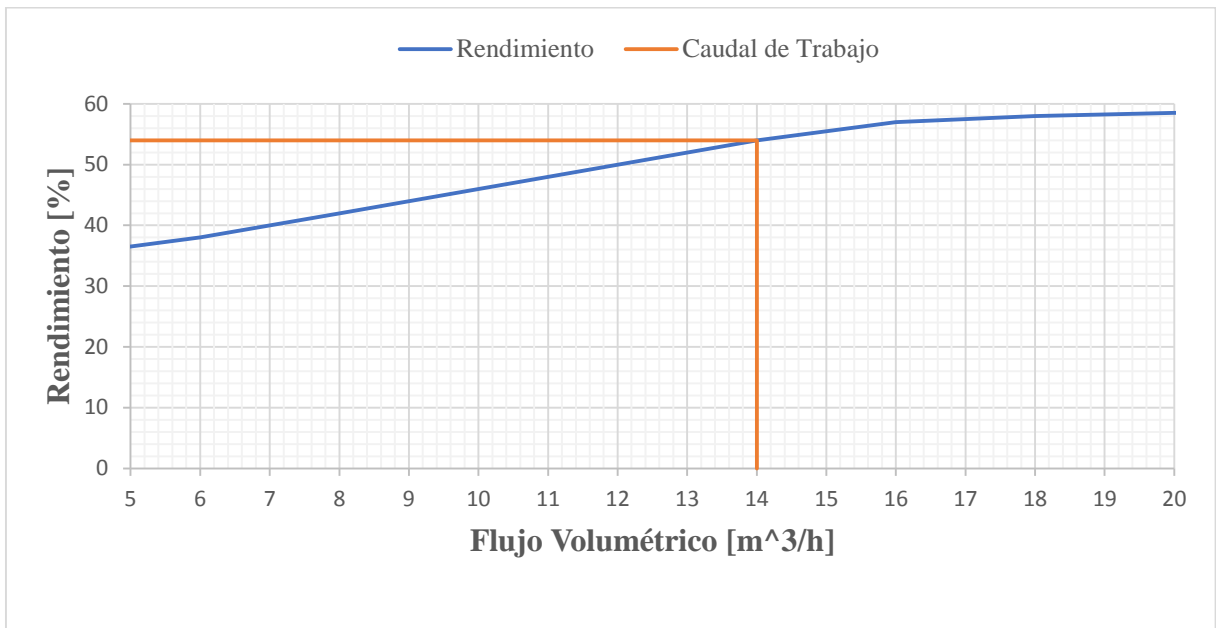


Figura 4.9 Gráfica Rendimiento vs Flujo Volumétrico

d. Curva característica Potencia – Flujo Volumétrico

En la figura 4.10 se tiene la curva característica de la potencia en función del flujo volumétrico, la bomba de agua que se selecciona para el caudal de trabajo de 14 m³/h, tiene una potencia de 2,6 HP que de manera comercial se puede determinar una potencia de 3 HP según la siguiente tabla.

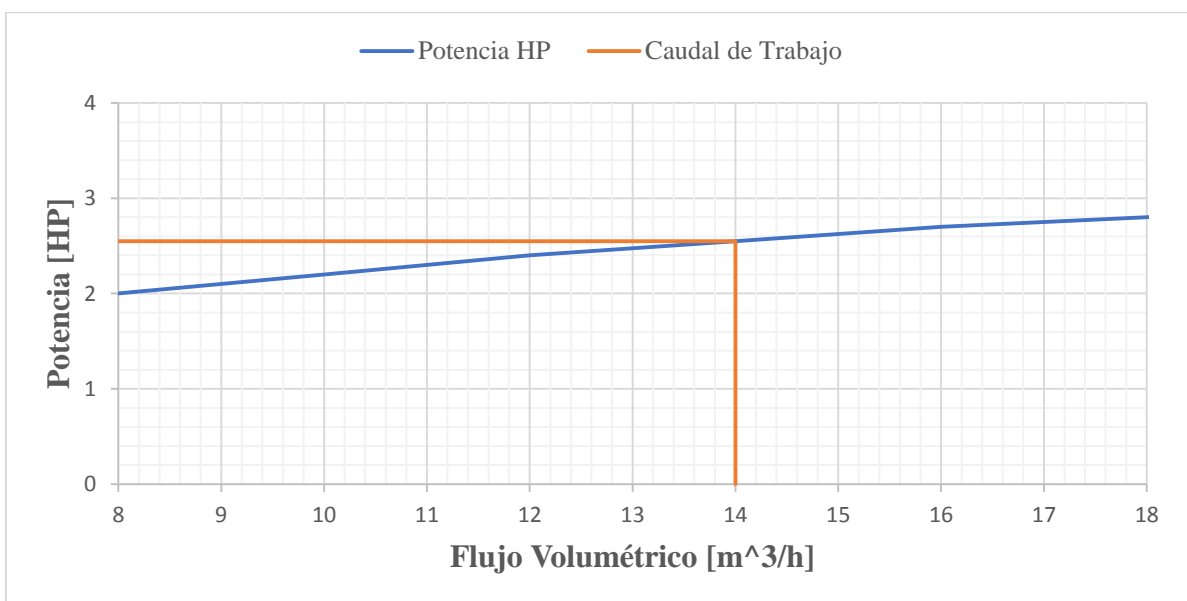


Figura 4.10 Gráfica Potencia vs Flujo Volumétrico

Tabla 4.14 Características técnicas la bomba marca “Rong Long”

Bomba de agua	Características
Motor: 2 HP	60 Hz 3450 R.P.M. Voltaje: 110/220V Monofásico Succión: 9 Metros Consumo: 18A/9A Salida/entrada: 1"
Motor: 3 HP	60 Hz 3450R.P.M. Voltaje:110/220V MONOFASICO Succión: 9 metros Consumo: 42A/21A Salida/entrada: 1,5"
Motor: 5 HP	60 Hz 3450 R.P.M. Voltaje: 220V monofásico Succión: 9 Metros Consumo: 30A Salida/entrada: 2"



Figura 4.11 Bomba de agua seleccionada

4.6 Selección de equipo e instrumentos



Para la selección de los equipos eléctricos – electrónicos e instrumentos de medición a implementarse en el tablero de control es necesario generar un listado de todos estos elementos y una caracterización técnica para la selección de cada uno de ellos.

- Automata programable
- Sensor de humedad
- Electroválvula
- Selección de la bomba de agua
- Protecciones eléctricas
- Dimensionamiento de los conductores

4.6.1 Selección del automata programable

Para realizar el control del sistema de regadío es necesario la implementación de un automata programable que reciba las señales analógicas de humedad para generar una orden de programación determinando un control específico. Para su selección se analizan dos automatas que cumplen con las especificaciones necesarias para realizar el control de riego, estos son: Logo n8 y el PLC S7 - 1200.

Tabla 4.15 Características del automata programable

	
Entrada de alimentación: 115 – 230 Vac	Entrada de alimentación: 115 – 230 Vac
8 entradas digitales y 4 salidas de tipo relé	14 entradas digitales, 10 salidas de tipo relé y 2 entradas analógicas
Software: Logo Soft Confort	Software: TIA Portal
Baja gama de automatización (sencilla y domótica)	Media y alta gama de automatización
Dispone de comunicación Ethernet	Dispone de comunicación Profinet
1 MB interna y micro SD (opcional)	2 MB interna y memory card (opcional)
Dispone de módulos de expansión analógicos, digitales y para comunicación	Dispone de módulos de expansión analógicos, digitales y para comunicación
Display	No dispone display
Dimensiones: 72 x 90 x 55 mm	Dimensiones: 90 x 100 x 75 mm

Para la selección del autómata programable es necesario conocer que se va a utilizar un total de 5 entradas digitales, 4 salidas digitales y 2 entradas analógicas, de acuerdo con la características presentadas se selecciona el micro – autómata programable “LOGO 8” conjuntamente con el módulos de expansión de entradas analógicas, adicional posee un pequeño display en el cual se puede visualizar la cantidad de humedad de cada zona de la plantación de fresas, lo cual hace más relevante su selección. Su hoja de datos se presenta en el anexo 5.

Tabla 4.16 Entradas y salidas digitales

Entrada digital	Descripción	Salida digital	Descripción
I1	Paro emergencia	Q1	Bomba de agua
I2	Selector automático	Q2	Electroválvula principal
I3	Selector manual	Q3	Electroválvula zona 1
I4	Encendido manual	Q4	Electroválvula zona 2
I5	Apagado manual		

4.6.1.1 Módulo de entradas analógicas

La humedad es una variable analógica que es necesario mediarla para el control de riego de la plantación de fresas, por tal razón es necesario considerar la selección de un módulo de expansión para entradas analógicas denominado AM2 compatible directamente con LOGO 8. En la tabla 4.17 se visualiza las especificaciones del módulo analógico y en el anexo 6 su hoja de datos característicos.

Tabla 4.17 Características del módulo AM2

Nombre	LOGO AM2
Fuente de alimentación	12 – 24 Vdc
Consumo de corriente	25 – 30 mA
Entradas	2 analógicas
Salidas	Ninguna
Tensión de entrada	0 – 10 V
Corriente de entrada	0 – 20 mA



Figura 4.12 Módulo AM2

4.6.1.2 Logo Soft Comfort

El software que se utiliza para realizar la programación en el micro – automático LOGO 8 es denominado Logo Soft Comfort, este software tiene la capacidad de seleccionar el tipo de lenguaje de programación como: lenguaje ladder y lenguaje por bloques, adicional se puede realizar la simulación de entradas y salidas dependiendo de la programación.

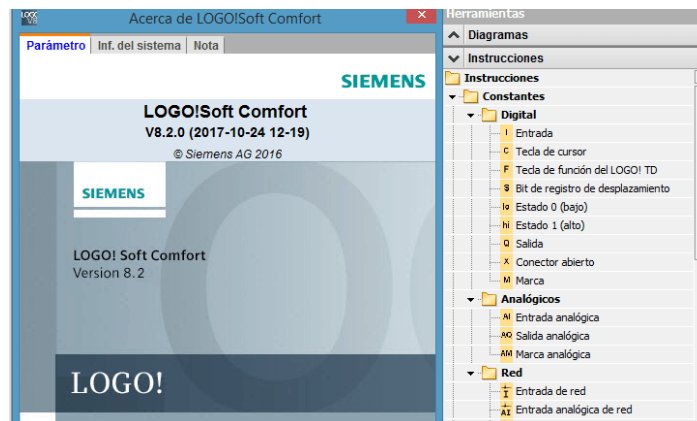


Figura 4.13 Logo Soft Comfort

4.6.2 Selección de la electroválvula

La electroválvula es el actuador que permite el paso del fluido líquido desde la bomba de agua hacia las dos zonas de plantación de fresas, el tipo de control tiene influencia al momento de seleccionar la electroválvula, por lo tanto, se ha considerado dos tipos que son:

- Selenoides
- Proporcionales

4.6.2.1 Electroválvula selenoide

La electroválvula de tipo selenoide generalmente se utiliza para sistemas que no necesitan precisión, sus características se presentan a continuación:

Tabla 4.18 Características del módulo AM2

	
Tensión de activación: 24 Vac/ 2vías	Tensión de activación proporcional: 4 – 20 mA o 0 – 10 V
Dimensión: 1 ½ pulgada	Dimensión: 1 ½ pulgada
Rango de presión: 10 – 150 PSI	Rango de presión: 10 – 150 PSI
Temperatura de trabajo: 80 °C	Temperatura de trabajo: 2°C – 90 °C
Llave de operación manual en caso de falla de electricidad	Conexión de tubo: roscado
Tipo de control: On/Off	Tipo de control: proporcional
Normalmente Cerrada	Normalmente Cerrada

Conociendo las características de cada una de las electroválvulas se selecciona la electroválvula selenoide, la cual es ideal para sistemas de regadíos, presenta un control On / Off que es suficiente para el proceso. En el anexo 7 se presenta su hoja de datos característicos.

4.6.3 Selección del sensor de humedad

Los sensores de humedad son instrumentos de medición muy utilizados en los sistemas de regadío, estos sensores convierten una señal física (humedad) en una señal eléctrica para un posterior control.

En la actualidad hay diversas formas para realizar la medición de humedad del suelo con distintos tipos de sensores, como se utiliza un autómata programable para el control, se debe considerar que el sensor tenga una salida analógica en valores normalizados de 0 a 10 V o de 4 mA a 20 mA, por lo tanto, se selecciona el sensor de humedad FC – 28 “Higrómetro” que presenta las siguientes características:

- Integrado amplificador: LM393
- Corriente: 35 mA
- Tensión de alimentación: 3,3 – 5 Vdc

- Salida analógica: 0 – 5 V
- Sensibilidad ajustable según la posición del potenciómetro



Figura 4.14 Sensor de humedad

El sensor de humedad FC – 28 presenta una salida de tensión de 0 a 5 V, lo cual es compatible directamente con el módulo de entradas analógicas AM2, es muy utilizado para sistemas de riego automático en la visualización del nivel de la humedad en cultivos como las fresas.

4.6.4 Selección de las protecciones eléctricas

Para realizar una regulación del paso de la corriente eléctrica en cada uno de los elementos eléctricos o equipos electrónicos es necesario seleccionar fusibles e interruptores termomagnéticos evitando el paso excesivo de corriente, como lo indica la normativa “NEC Instalaciones electromecánicas, capítulo 15”.

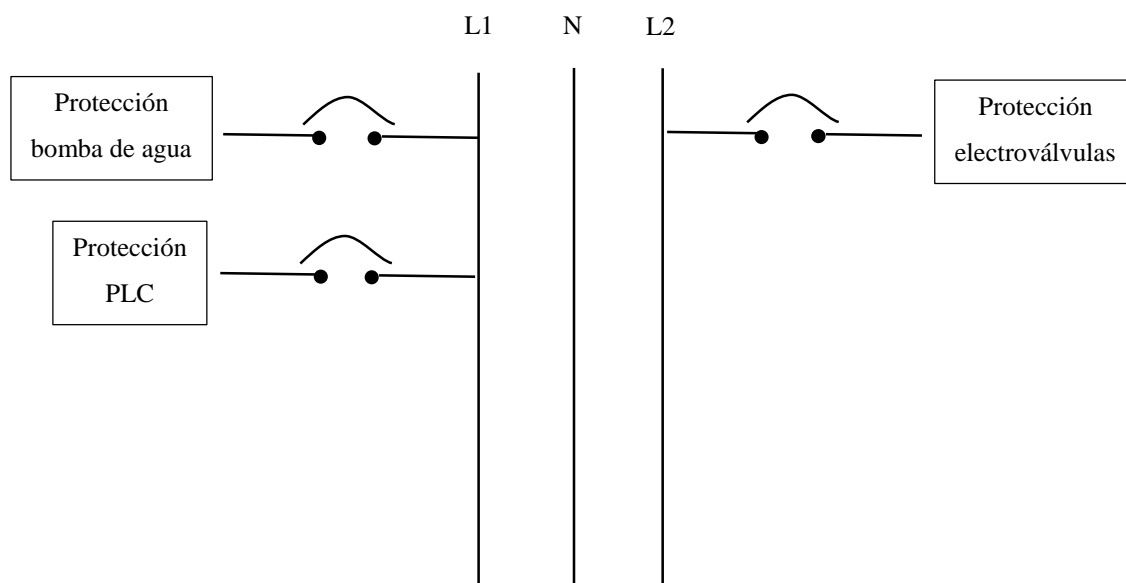


Figura 4.15 Diagrama de protecciones

A continuación, se procede a realizar los diferentes cálculos para determinar los elementos de protección.

4.6.4.1 Selección del fusible

Para la selección del fusible es necesario conocer la corriente de consumo de los elementos electrónicos como el autómatas Logo v8, módulo de entradas analógicas y la fuente de alimentación, para su cálculo se utiliza la expresión (3.12).

En donde:

- Sumatoria de la potencia de todos los equipos = 400 W
- Tensión de alimentación = 220 V
- factor de sobrecarga = 1,15

$$I_e = \frac{400 \text{ W}}{220 \text{ Vac}} \cdot 1,15$$

$$I_e = 2,09 \text{ A}$$

La corriente de protección es de 2,09 A, por lo tanto, de manera comercial se selecciona un fusible de 4 A y un porta fusible para la colocación en el tablero de control como se presenta en la siguiente figura.



Figura 4.16 Fusible y porta fusible

4.6.4.2 Selección del interruptor termomagnético

Se realiza una división de las protecciones eléctricas para la selección de los interruptores termomagnéticos: bomba de agua y electroválvulas.

e. Bomba de agua

Para la protección eléctrica de la bomba de agua se debe tomar en cuenta el valor del consumo de la corriente eléctrica, para lo cual se utiliza la ecuación (3.11).

En donde:

- Potencia del motor eléctrico = 5 HP = 3730 W
- Tensión de alimentación = 220 Vac
- Factor de potencia: 0,96

$$I_b = \frac{3730 \text{ W}}{220 \text{ Vac} \cdot 0,96} \cdot 1,10$$

$$I_b = 19,42 \text{ A}$$

La corriente de protección es de 19,42 A, por lo tanto, se selecciona de manera comercial un interruptor termomagnético de 3 polos de 20 A de tipo riel din para ser colocado en el tablero eléctrico.



Figura 4.17 Protección eléctrica de la bomba de agua

f. Electroválvulas

Para la protección de las electroválvulas se debe tomar en cuenta el valor del consumo de la corriente eléctrica, para lo cual se utiliza la ecuación (3.11).

En donde:

- Potencia de la electroválvula = 50 W
- Tensión de alimentación = 24 Vac
- factor de sobrecarga = 1,15

$$I_{el} = \frac{3 \cdot 50 \text{ W}}{24 \text{ Vac}} \cdot 1,15$$

$$I_{el} = 7,18 \text{ A}$$

La corriente de protección es de 7,18 A, por lo tanto, se selecciona de manera comercial un interruptor termomagnético de 2 polos de 10 A de riel Din para ser colocado en el tablero eléctrico.



Figura 4.18 Protección eléctricas de las electroválvulas

4.6.4.3 Dimensionamiento de los conductores

Para realizar el dimensionamiento de los conductores eléctricos se considerará el cálculo de la sección del conductor mediante la expresión (3.14) y será verificado con el parámetro de la corriente eléctrica. En la tabla 4.19 se presenta el valor de la corriente eléctrica de cada uno de los elementos eléctricos o equipos electrónicos para una posterior selección del calibre del conductor eléctrico.

Tabla 4.19 Características de las corrientes eléctricas de los elementos

Elemento/Equipo	Cantidad de corriente
Equipos electrónicos	2,71 A
Bomba de agua	19,5 A
Electroválvulas	7,18 A

a. Equipos electrónicos

Aplicando la expresión (3.13) de tiene:

- $L = \text{longitud} = 2 \text{ m}$
- $I = \text{corriente eléctrica} = 2,71 \text{ A}$
- $\text{Cos } \varphi = 1$
- $\gamma = \text{conductividad del conductor} = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
- $\Delta U = \text{Caída de tensión máxima } 3\% = 6,6 \text{ V}$
- $x = \text{reactancia de la línea} = 0,08 \Omega/\text{km}$
- $n = \text{Número de conductores por fase} = 1$

$$S = \frac{2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 2,71 \text{ A} \cdot 1}{56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot (6,6 \text{ V} - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \text{ } \Omega/\text{km}/_1 \cdot 5 \text{ m} \cdot 2,71 \text{ A} \cdot 0)}$$

$$S = 0,02932 \text{ mm}^2$$

En el anexo 8, se puede constatar que para una corriente de 2,71 A es necesario un conductor de sección 0,823 mm², con un calibre 18 AWG, y una corriente de 10 A, este tipo de calibre es utilizado para los circuitos de control.

b. Bomba de agua

La bomba de agua de agua extrusora presenta un consumo de corriente eléctrica de 19,42 A, por lo tanto, según la expresión (3.3) de tiene:

- L = longitud = 6 m
- I = corriente eléctrica = 19,42 A
- Cos φ = 0,96
- γ = conductividad del conductor = 56 m/Ω. mm²
- ΔU = Caída de tensión 5% = 11 V
- x = reactancia de la línea = 0,08 Ω/km
- n = Número de conductores por fase = 1

$$S = \frac{2 \cdot 6 \text{ m} \cdot 19,42 \text{ A} \cdot 0,96}{56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot (11 \text{ V} - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \text{ } \Omega/\text{km}/_1 \cdot 6 \text{ m} \cdot 19,42 \text{ A} \cdot 0,28)}$$

$$S = 0,3633 \text{ mm}^2$$

En el anexo 8, se puede constatar que para una sección de 0,3633 mm² es necesario mínimo el calibre 18 AWG, pero al consumir la corriente de 19,42 A es necesario un conductor de sección 3,31 mm², con un calibre 12 AWG del tipo THHN con una capacidad de corriente de 30 A.

c. Electroválvulas

Las electroválvulas presentan un consumo de corriente eléctrica de 7,18 A, por lo tanto, según la expresión (3.3) de tiene:

- L = longitud = 30 m
- I = corriente eléctrica = 7,18 A
- Cos φ = 1
- γ = conductividad del conductor = 56 m/Ω. mm²

- ΔU = Caída de tensión máxima 3% = 6,6 V
- x = reactancia de la línea = 0,08 Ω /km
- n = Número de conductores por fase = 1

$$S = \frac{2 \cdot 30 \text{ m} \cdot 7,18 \text{ A} \cdot 1}{56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot (6,6 \text{ V} - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \text{ } \Omega/\text{km} /_1 \cdot 30 \text{ m} \cdot 7,18 \text{ A} \cdot 0)}$$

$$S = 1,1655 \text{ mm}^2$$

En el anexo 8, se puede constatar que para una sección de 1,1655 mm² es necesario mínimo el calibre 16 AWG del tipo THHN con una capacidad de corriente de 15 A.

4.7 Diseño de la parte de control

A continuación, se presenta el diseño de la parte de control para el sistema de riego en la plantación de fresas, considerando la cantidad de entradas y salidas digitales que se distribuyen entre el autómatas programable Logo v8 y el módulo de entradas analógicas AM2.

4.7.1 Entradas digitales

En la siguiente tabla se tiene un listado de entradas digitales con su respectiva numeración para realizar la programación y posteriormente la conexión física, el proyecto tiene un total de 5 entradas digitales.

Tabla 4.20 Listado de entradas digitales

Entrada digital física	Descripción	Módulo
I1	Paro emergencia	LOGO 8
I2	Selector automático	LOGO 8
I3	Selector manual	LOGO 8
I4	Encendido manual	LOGO 8
I5	Apagado manual	LOGO 8

4.7.2 Salidas digitales

En la siguiente tabla se tiene un listado de las salidas digitales con su respectiva numeración para realizar la programación respectiva y posteriormente la conexión física, el proyecto tiene un total de 4 salidas digitales.

Tabla 4.21 Listado de salidas digitales

Salida digital física	Descripción	Módulo
Q1	Bomba de agua	LOGO 8
Q2	Electroválvula principal	LOGO 8
Q3	Electroválvula zona 1	LOGO 8
Q4	Electroválvula zona 2	LOGO 8

4.7.3 Entradas analógicas

En la siguiente tabla se tiene un listado de las entradas analógicas, considerando que existen 2 zonas de plantación de fresas, para lo cual es necesario la presencia de 2 sensores de humedad y 1 módulo de entrada analógica.

Tabla 4.22 Listado de entradas analógicas

Entrada	Descripción	Zonas	Módulo
M1 U1	Sensor de humedad 1	Zona 1	Logo AM2
M2 U2	Sensor de humedad 2	Zona 2	Logo AM2

4.8 Diseño de los planos eléctricos

A continuación, se presentan los planos eléctricos del sistema de riego para la plantación de fresas utilizando el software Cade Simu con sus simbologías correspondientes a cada elemento eléctrico, electrónico y de protección.

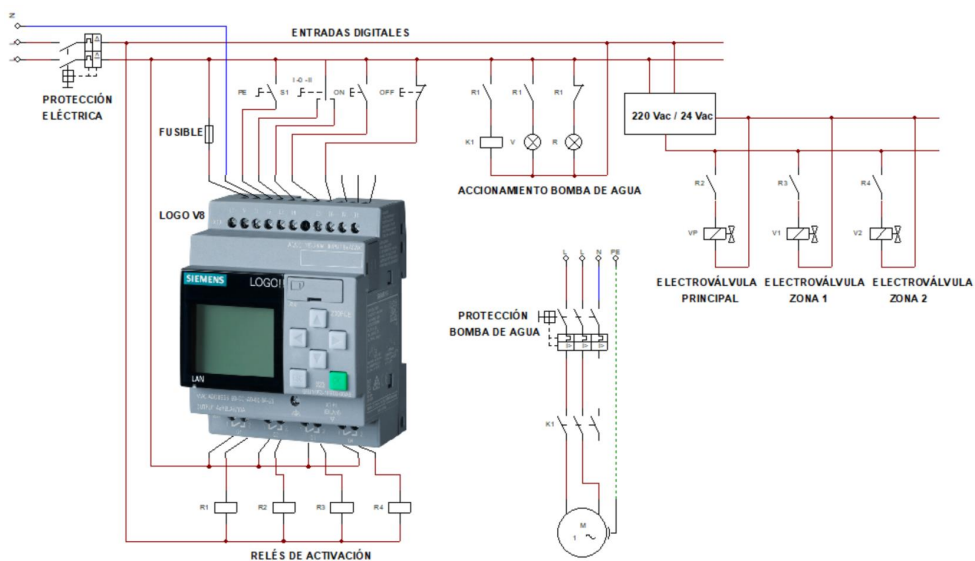


Figura 4.19 Tablero de control parte exterior

Tabla 4.23 Listado de elementos del tablero eléctrico

Elementos	Función
1 selector de 3 posiciones	Primer estado: Activación de la bomba de agua y electroválvulas de manera manual. Segundo estado: Off del sistema Tercer estado: Activación de la bomba y electroválvulas de manera automática.
2 luces indicadoras (verde y rojo)	Visualización de activación o desactivación de la bomba de agua.
1 paro de emergencia	Paro total del sistema de riego
1 pulsador N.A.	Mando de la bomba de agua y electroválvulas
1 pulsador N.C.	Paro de la bomba de agua y electroválvulas
1 amperímetro analógico	Visualización del consumo de la bomba de agua
2 interruptores termomagnéticos	Protección: bomba de agua y electroválvulas
1 fusible	Protección de los elementos electrónicos
Borneras de distribución	Distribución de los puntos de conexión
4 relés	Activación: bomba de agua y electroválvulas
1 contactor	Activación: bomba de agua

4.8.1.1 Control de las electroválvulas

El tipo de control para las electroválvulas selenoides es el control On/Off, por medio del selector de tres posiciones colocado en la parte exterior del tablero de control se puede seleccionar si se desea trabajar de manera automática aplicando un control semanal que encienda el sistema de riego de 7h00 a 7h30 y de 18h00 a 18h30, si se apaga totalmente el sistema o si se trabaja de manera manual (activación de las electroválvulas), en la siguiente figura se puede observar la forma de conexión de las entradas digitales al autómata programable Logo V8 y las electroválvulas en la parte de las salidas digitales del equipo.

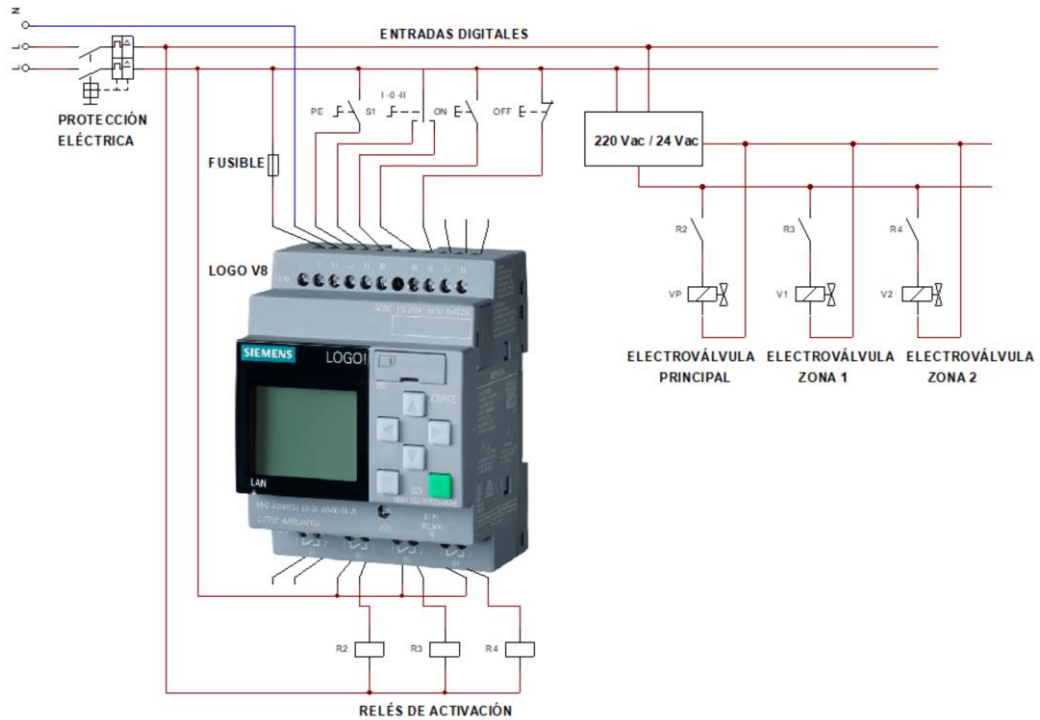


Figura 4.20 Plano eléctrico del control de las electroválvulas

4.8.1.2 Arranque de la bomba de agua

La parte de potencia del sistema de riego corresponde al accionamiento de la bomba de agua diseñado para tener un arranque directo, en la siguiente figura se presentan los planos eléctricos de control y de potencia.

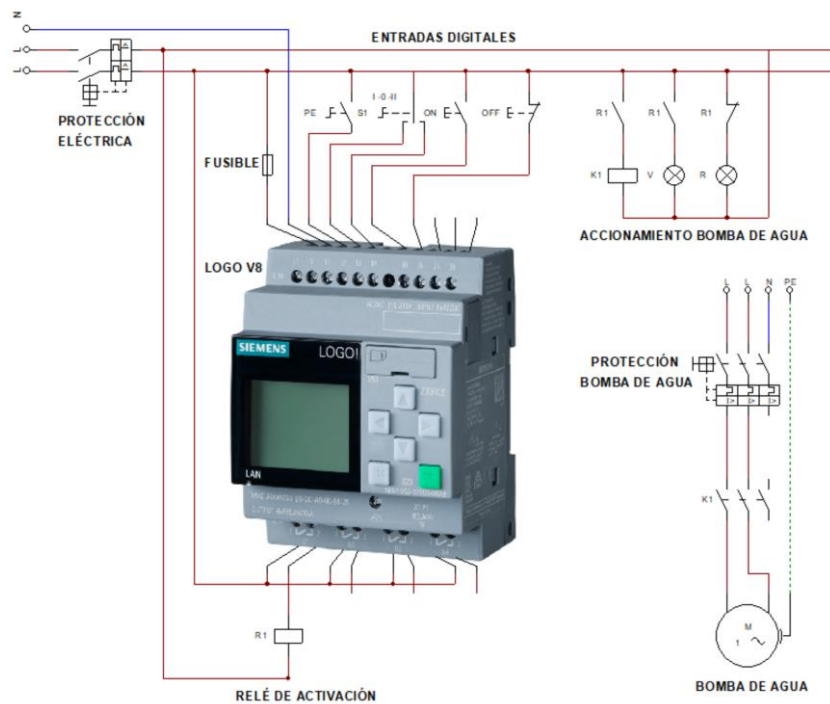


Figura 4.21 Plano eléctrico del arranque de la bomba de agua

4.8.1.3 Medición de humedad

La medición de humedad se realiza en la zona 1 y 2 de la plantación de fresas utilizando dos sensores de humedad, cada una con su respectivo integrado amplificador que son conectados al módulo de entradas analógicas Logo AM2, su conexión se observa en la siguiente figura.

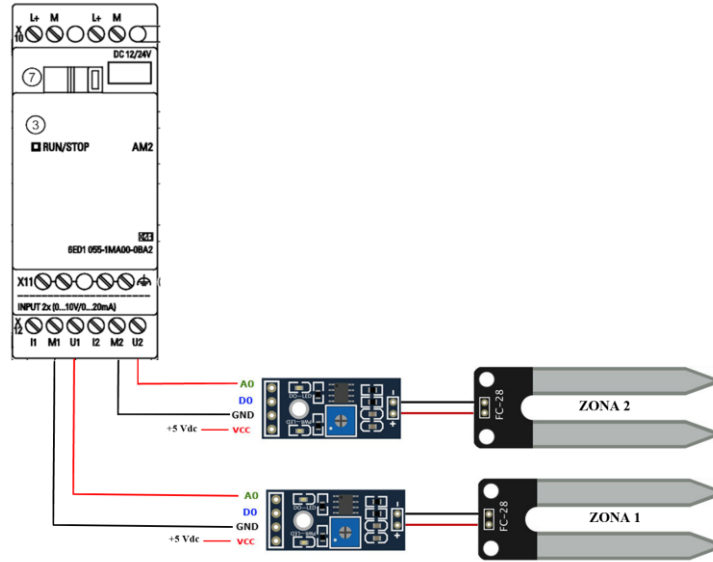


Figura 4.22 Conexión de los sensores de humedad

4.8.1.4 Diagrama de flujo

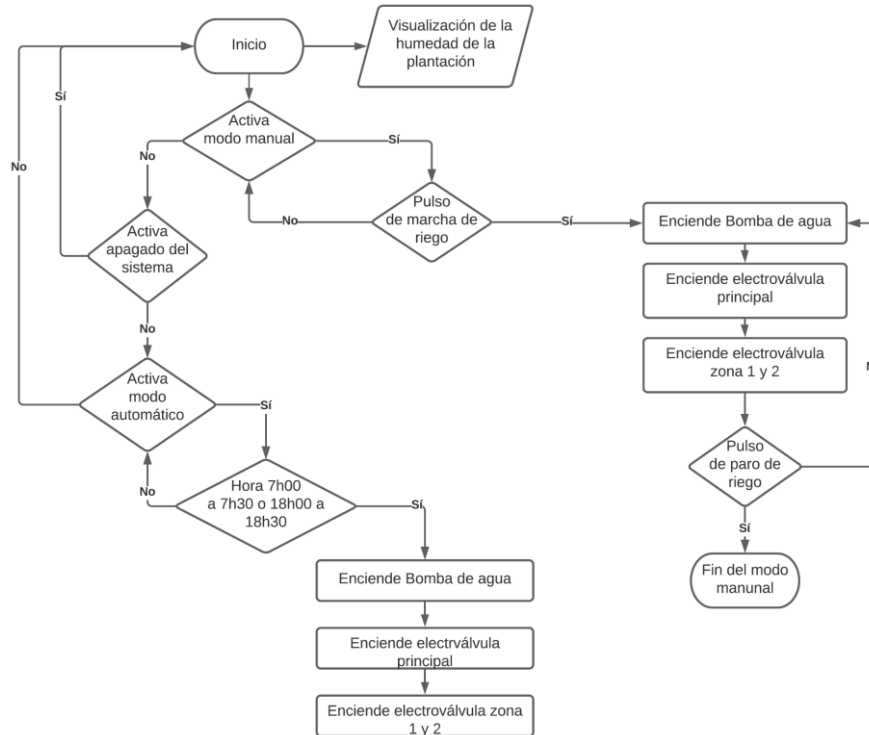


Figura 4.23 Diagrama de flujo

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente apartado detalla los resultados obtenidos de la propuesta tecnológica realizando una comparación del estado anterior del sistema de riego con el estado actual de las mismas y cómo influye en la producción de fresas.

5.1 Estado anterior y actual del sistema de riego

Anteriormente para realizar el sistema de riego en la plantación de fresas, se utilizaba una bomba de agua a combustión de 2 HP y para abastecer a las dos zonas del cultivo era necesario encenderla de manera manual 4 horas al día, por lo tanto, se implementó una bomba de agua eléctrica de 3 HP seleccionada técnicamente para el sistema de riego que entra en funcionamiento todos los días en dos horarios, el primero de 7h00 a 7h30 y el segundo de 18h00 a 18h30.

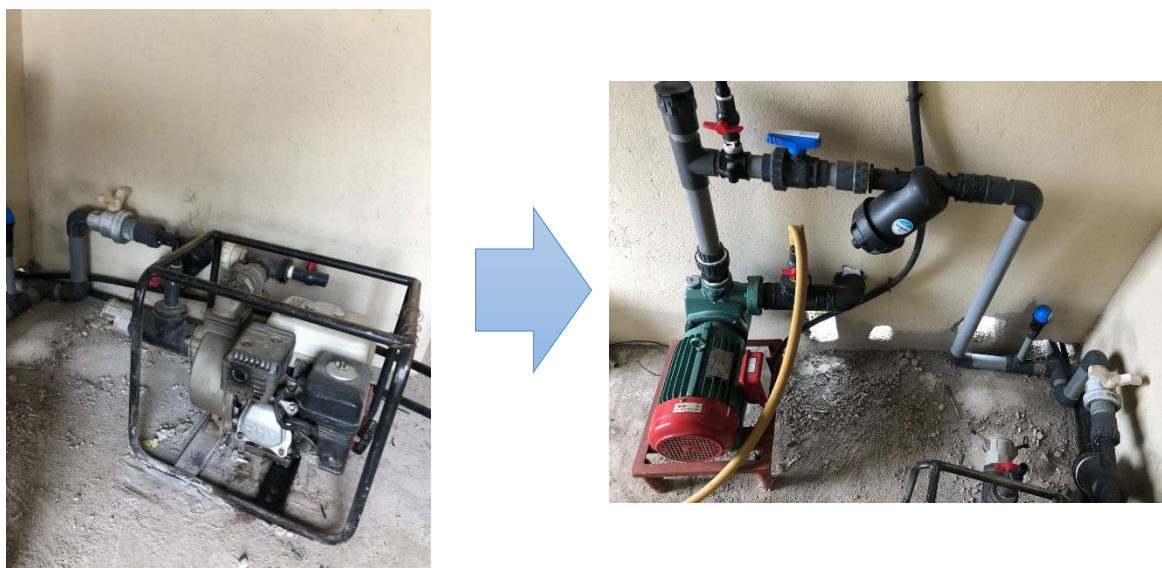


Figura 5.1 Bomba de agua anterior vs actual

5.1.1 Instalación de las electroválvulas

Para permitir el paso del fluido a través de las válvulas se implementó una extensión de tipo bypass colocando 3 electroválvulas de 24 Vdc una en la zona principal de distribución del agua, una en la zona 1 de plantación de fresas y la última en la zona 2 de plantación, con sus respectivos tableros de distribución eléctrica y señalización. En la figura 5.2 se puede observar la instalación de la electroválvula principal del sistema de regadío, mientras que en la figura 5.3 se puede observar la instalación de la electroválvula de la zona 1 y de la zona 2 para su distribución en la plantación de fresas. En el anexo 9 se puede ver a detalle su instalación.



Figura 5.2 Instalación de electroválvula principal



Figura 5.3 Instalación de electroválvula zona 1 y 2

5.1.2 Instalación de los sensores de humedad

Para la implementación del sensor de humedad FC – 28 es necesario considerar que el tipo de terreno en el que están cultivadas las fresas es de tierra negra y arcilloso por lo que se considera que la humedad del suelo es aproximadamente uniforme en todo el terreno, por este motivo se instalaron dos sensores de humedad uno en cada zona de plantación, con su respectivo tablero de distribución de la señal analógica y señalización observado en las siguientes figuras.



Figura 5.4 Instalación del sensor de humedad para la zona 1



Figura 5.5 Instalación del sensor de humedad para la zona 2

5.1.3 Medición de humedad en las zonas de cultivo

Para visualizar la humedad del suelo en porcentaje se puede realizar por medio del display del micro – autómatas programables Logo v8, en la figura 5.6 se toma una referencia de medición mencionando que la zona 1 tiene el 74 % de humedad y la zona 2 el 71 %; estos valores están en el intervalo entre 65 a 80 % que la fresa necesita para su desarrollo.

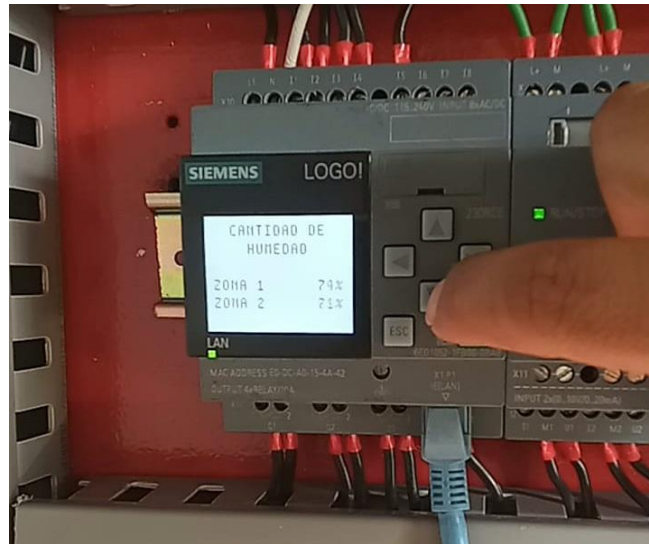


Figura 5.6 Medición de humedad

5.2 Análisis del producto final

Según la normativa INEN 2750 menciona que los criterios de calidad de la fresa se pueden dar mediante el color, sabor y textura, por lo tanto, en la siguiente figura se puede observar 20 kg de fresa lista para el consumo humano.



Figura 5.7 Producción final de fresas

La cosecha de las fresas se lo realiza cada dos días, por lo tanto, con el sistema de riego anterior se recolectaba 1 balde de 20 kg por día de cosecha, mientras que con el sistema de riego actual la producción de fresa aumenta considerablemente un 50 %, recolectándose 2 baldes de 20 kg por día de cosecha. Conociendo que el caudal de trabajo es de 14 m³/h y que diariamente se riega 1 hora, se considera que la cantidad de agua es de 14000 litros.

$$\text{Caudal} \cdot \text{tiempo} = \text{cantidad de agua}$$

$$14 \frac{m^3}{h} \cdot 1h = 14 m^3$$

- **Conversión de m³ a litros**

14 m ³	1000 litros	=	14000 litros
	1 m ³		

Utilizando la bomba de agua a combustión que presenta un caudal de 100 l/min según sus datos característicos y conociendo que tenía un tiempo de riego de 4 horas se puede obtener la cantidad de agua de 24000 litros.

- **Conversión de litros/min a litros/h**

100 litros	60 min	=	6000 litros
min	1 h		h

$$\text{Caudal} \cdot \text{tiempo} = \text{cantidad de agua}$$

$$6000 \frac{\text{litros}}{h} \cdot 4h = 24000 \text{ litros}$$

Tabla 5.1 Cantidad de producción de fresa

Sistema de riego anterior		Sistema de riego actual	
Cantidad de agua de riego diario	Cantidad de recolección de fresas semanal	Cantidad de agua de riego diario	Cantidad de recolección de fresas semanal
24000 litros	60 kg	14000 litros	120 kg

5.3 Consumo energético (bomba a combustión vs bomba eléctrica)

Para determinar el consumo energético utilizando la bomba de agua a combustión se conoce que la potencia es de 2 HP equivalente a 1,5 kW; diariamente la bomba se mantiene encendida 4 horas y el litro de gasolina cuesta \$ 0,674, mientras que la bomba de agua eléctrica se utiliza una hora diaria y el costo del kWh es de \$0,1047.

Tabla 5.2 Cantidad de producción de fresa

Parámetros	Bomba eléctrica	Bomba a combustión
Potencia	2,2 kW	1,5 kW
Horas/día	2,2 kW · 1h = 2,2 kWh	1,5 kWh · 4h = 6 kWh
Horas/mes	2,2 kWh · 30 días = 66 kWh	6 kWh · 30 días = 180 kWh
Costo kWh	\$ 0,1047	-----
kWh por litro de gasolina	-----	9,2 kWh/l (Ver tabla 5.3)
Litros necesarios	-----	180 kWh / 9,2 kWh/l = 19,56 l
Costo del litro de gasolina	-----	\$ 0,674
Total	\$ 6,91	\$ 13,18

Tabla 5.3 Poder calorífico del estado líquido de los derivados del petróleo

Estado líquido	kWh/l	kWh/kg
GNL	6,79	15,75
Gasóleo	10,26	12,14
Gasolina	9,20	12,39
GLP	7,73	13,80

Según la tabla 5.2 utilizando la bomba de agua eléctrica se tiene un costo mensual de \$ 6,91 y en el sistema de riego utilizando una bomba de agua a combustión se tenía un costo mensual de \$13,18, generando un ahorro en el consumo energético del 47,57 %.

5.4 Análisis del presupuesto

El presupuesto para la propuesta tecnológica conlleva varios aspectos económicos que se deben tomar en consideración, estos son: materiales indirectos, materiales directos y mano de obra.

Tabla 5.4 Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS			
Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Transporte	40	\$ 1,00	\$ 40,00
Alimentación	80	\$ 2,00	\$ 160,00
TOTAL			\$ 200,00

5.4.1 Costos directos

En la tabla 5.5 se describe un listado de los elementos eléctrico y equipos electrónicos a utilizarse en la presenta propuesta tecnológica.

Tabla 5.5 Costos directos

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Logo v8 230 RCE	1	\$220,00	\$220,00
Fuente de alimentación 24 Vdc	1	\$80,00	\$80,00
Módulo Logo v8 AM2	1	\$105,00	\$105,00
Electroválvula 24 Vac	3	\$25,00	\$75,00
Interruptor termomagnético 40 A 3 polos	1	\$15,00	\$15,00
Interruptor termomagnético 10 A 2 polos	1	\$10,00	\$10,00
Fusible 4 A	1	\$5,00	\$5,00
Relé 220 Vac	4	\$5,00	\$20,00
Borneras de distribución	3	\$4,00	\$12,00
Luz indicadora 220 Vac	2	\$2,25	\$4,50
Pulsador N.A. y N.C.	2	\$2,25	\$4,50
Botón Emergencia	1	\$2,25	\$2,25
Selectores de 3 posiciones	1	\$3,00	\$3,00
Tablero eléctrico 60 · 60 · 20 cm	1	\$60,00	\$60,00
Amperímetro analógico	1	\$12,00	\$12,00
Conductor eléctrico gemelo 2x22 AWG	1	\$22,00	\$22,00
Conductor eléctrico 16 AWG	2	\$28,00	\$56,00
Conductor eléctrico 18 AWG	2	\$25,00	\$50,00

Conductor eléctrico 12 AWG	1	\$45,00	\$45,00
Caja de distribución	3	\$15,00	\$45,00
Bomba de agua	1	\$550,00	\$550,00
Sensor de humedad	2	\$8,00	\$16,00
Contactador 220 Vac	1	\$14,00	\$14,00
Manguera negra 1/2 pulgada	1	\$15,00	\$15,00
TOTAL			\$ 1.441,25

5.4.2 Costos de mano de obra

En la tabla 5.6 se describe la implementación del sistema de riego automático.

Tabla 5.6 Costos de mano de obra

Detalle	Cantidad de días	Cantidad de Personas	Valor Total
Implementación de un tablero de control	10	2	\$ 250,00
Implementación de la bomba de agua	1	2	\$ 250,00
Implementación de las electroválvulas	5	2	\$ 160,00
Implementación de los sensores de humedad	5	2	\$ 140,00
TOTAL			\$ 800,00

5.4.3 Presupuesto total

En la tabla 5.7 se describe el presupuesto total de la propuesta tecnológica considerando los costos indirectos, costos directos y mano de obra.

Tabla 5.7 Presupuesto total

Detalle	Valor Total
Costos indirectos	\$ 200,00
Costos directos	\$ 1.441,25
Costo de mano de obra	\$ 800,00
TOTAL	\$ 2.441,25

Para la ejecución de la propuesta tecnológica se considera un presupuesto general de dos mil cuatrocientos cuarenta y un dólares americanos con veinte y cinco centavos (\$ 2.441,25)

5.5 Análisis de impactos

Se realiza un análisis de impactos en el ámbito tecnológico, ambiental y social.

5.5.1 Impacto tecnológico

En el ámbito tecnológico destaca la medición de variables como la humedad y la activación automática de las electroválvulas y la bomba de agua en un horario establecido por medio de un equipo electrónico para dar cumplimiento al proceso de automatización.

5.5.2 Impacto ambiental

Es importante recalcar dentro de la parte ambiental el intercambio de la fuente de energía que activa la bomba de agua, de combustibles fósiles (gasolina) al uso de la energía eléctrica, adicional con una distribución de agua adecuada conlleva al ahorro de la misma.

5.5.3 Impacto social

Dentro del impacto con la sociedad se resalta la importancia del aumento de producción de fresas con una mejor calidad generando satisfacción en el consumo humano, por otra parte, el proyecto es una iniciativa para incentivar a que los productores generen sistemas de riego en diversas plantaciones con cultivos diferentes.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Mediante la investigación bibliográfica se determinaron las características y el funcionamiento de los sistemas de riego por goteo a la producción de fresas, mencionando que el porcentaje de humedad que necesita la plantación se encuentre entre los rangos de 65 a 80 % para evitar la resequedad y el moho en el producto.
- El tiempo de regadío utilizando el anterior sistema de bombeo a combustión para un área de 1100 m² era de 4 horas diarias con una cantidad de agua de 24000 litros, mientras que con el sistema de bombeo actual para la misma dimensión de área se distribuye una cantidad de agua de 14000 litros en menor tiempo (1 hora diaria), obteniendo un 41,66 % de reducción de agua determinando que el sistema es eficiente.
- Se implementó un control On/Off por el tipo de electroválvula seleccionada, el cual consta de un accionamiento diario en dos horarios, de 7h00 a 7h30 y de 18h00 a 18h30 para las dos zonas de plantación de fresas manteniendo la humedad entre 65 y 80 %, estos valores se pueden visualizar en el display del Logo v8.
- Es importante considerar que para el sistema de bombeo se utiliza un caudal de 14 m³/h, lo que conlleva a que en una hora diaria de riego se distribuyen 14000 litros en las dos zonas de fresas de tal manera que permite el aumento de producción de 60 kg a 120 kg semanales es decir un 50 % más, adicional el costo energético de sistema de bombeo con energía eléctrica genera un ahorro del 47,57 %.

6.2 Recomendaciones

- Para tener una estandarización en el valor de la humedad de toda la plantación de fresas se necesita incrementar mayor cantidad de sensores para generar una humedad promedio en toda el área de producción.
- Se recomienda desarrollar un sistema de supervisión control adquisición de datos (SCADA) para controlar los parámetros como humedad, temperatura, flujo volumétrico, entre otros en tiempo real mediante dispositivos remotos.
- Se recomienda realizar un sistema de limpieza y filtración de agua para evitar posibles daños en el motor eléctrico de la bomba de agua y disminuyendo los mantenimientos correctivos.
- Se recomienda implementar un sistema de alarmas para ahuyentar a los animales (específicamente aves) para evitar el daño y la transmisión de enfermedades a la producción de fresas.

REFERENCIAS

- [1] M. d. A. y. Ganadería, «Agricultura, la base de la economía y la alimentación,» 01 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/>.
- [2] A. Constituyente, «Constitución de la República del Ecuador,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>.
- [3] J. E. Salas Prado, «Sistema automático de dosificación de nutrientes para un cultivo hidróponico de fresas,» 20 08 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11455>.
- [4] H. F. Martínez Naranjo, «Optimización del recurso hídrico en el proceso de riego de un cultivo hidropónico de fresa en la parroquia Huachi del cantón Ambato en base a sistemas embebidos open source.,» 27 06 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9768>.
- [5] E. S. Sánchez Cordero y M. V. J. Sarmiento Añazco, «Desarrollo de un prototipo de sistema de riego automatizado para zonas urbanas de la ciudad de Cuenca,» 18 12 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18255>.
- [6] Z. Torres Callimia, «PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO,» 01 01 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.upea.bo/handle/123456789/171>.
- [7] D. P. Gualancañay Miñarcaja y H. D. Jaguaco Quiña, «Diseño de un sistema de bombeo para un almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chanchico y Tiobamba de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi,» 20 08 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4372>.
- [8] J. R. Rodríguez Chicaiza y K. P. Ulcuango Llumiquinga, «Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero "Clara Llumiquinga" sector de Patután provincia de Cotopaxi.,» 10 02 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4528>.

- [9] O. I. Alfonso Ruiz, «Implementar un sistema SCADA para controlar el riego en la producción de fresa en invernadero,» 11 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.riego.mx/congresos/comeii2021/files/ponencias/extenso/COMEII-21008.pdf>.
- [10] L. A. Andagana Paredes y A. D. Taco Muñoz, «Control y monitoreo de la humedad y temperatura mediante un sistema scada para el cultivo de mora en el sector de Yanahurco,» 10 03 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7843>.
- [11] D. F. Alejandro Orellana, «Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y arduino para las áreas verdes y plantas ornamentales.,» 11 11 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13790>.
- [12] S. Arango Gómez, L. M. Muñoz Mazo y C. D. Tamayo Tamayo, «Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado mediante una placa Arduino,» 01 05 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/handle/pascualbravo/1162>.
- [13] H. F. Boada Rubio y J. A. Villamizar Arcos, «Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado utilizando energía solar fotovoltaica.,» 14 09 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7767>.
- [14] L. Calderón Martínez y M. C. Rojas Vargas, «Sistema de riego automatizado para el monitoreo de humedad en cultivos de mora del municipio de Curití Santander,» 15 10 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3230>.
- [15] E. G. Castro Martínez, «Diseño conceptual de un sistema de bajo costo, de riego por goteo para proyecto experimental de cultivo hidropónico en invernadero,» 24 02 2021. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/33556>.
- [16] K. A. Canqueri Chambi, «Diseño de un sistema de riego por aspersión automatizado y controlado para el centro poblado de Huitaca Sencca,» 28 12 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11145>.

- [17] F. S. Duque Duque y L. Saldarriaga Higueta, «Sistema de riego automatizado para una huerta escolar, basado en una red inalámbrica de sensores,» 20 12 2020. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10495/15941>.
- [18] E. A. López Flores, «Implementación de un sistema de riego automático en un cultivo de frutilla (fragaria vesca) semi-hidropónico del tipo NFT bajo invernadero basado en el sistema difuso tipo Takagi – sugeno en el sector de la parroquia de Quiroga cantón Cotacachi,» 10 12 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11824>.
- [19] R. D. Chiquito Guale y C. A. Paguay Totoy, «Diseño de un prototipo de sistema de riego automatizado mediante una red de sensores que mida la humedad del suelo en los campos agrícolas y permita controlar el consumo de agua,» 10 06 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48816>.
- [20] C. P. Arias Murillo y L. A. Camacho Paucar, «Diseño de un sistema automático de control de temperatura en el invernadero de la quinta Aguja de Oro.,» 14 09 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8035>.
- [21] R. E. Cortijo Leyva, «AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA FLORÍCOLA LOS ÁNGELES ROSES.,» 03 08 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2609>.
- [22] B. A. Martillo Franco y C. E. Suarez Ganan, «Diseño de un sistema de riego autónomo controlado con arduino y alimentado por energía solar fotovoltaica,» 15 08 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34006>.
- [23] J. Y. Guanoluisa Tarco y L. I. Toctaguano Montaguano, «Automatización del sistema de agua de riego para el centro experimental y de producción Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» 12 07 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4381>.
- [24] J. L. Ortiz Cáceres, «Desarrollo de un prototipo de un sistema de riego automatizado para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos utilizando lógica difusa en tiempo real e IoT para optimizar el uso de agua aplicada en el cultivo,» 04 04 2021. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20299>.

- [25] F. I. ZUMBA ALDAZ, «AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA EXTRUSOR DE PVC PARA FABRICACIÓN DE VINIL SELLADOR (EMPAQUETADURA) ENTRE EL METAL Y SU ACRISTALAMIENTO,» QUITO , 2017.
- [26] J. A. Villegas Naranjo, «Automatización de procesos para la producción de fresa Por métodos hidropónicos-nft,» 02 02 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4681>.
- [27] M. A. Sánchez Torres, «Diseño de un sistema de riego automatizado por medio de electroválvulas para cultivos hidropónicos de pequeña escala,» 10 12 2019. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/44932>.
- [28] SIEMENS, «LISTA DE PRECIOS PRODUCTOS INDUSTRIALES ELÉCTRICOS,» Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTA%20DE%20PRECIOS%202019%20SIEMENS.pdf>.
- [29] C. G. Rojas Tellez y J. E. García Murcia, «PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO BASADO EN EL PROCESO DE NEBULIZACION EN INVERNADEROS,» 08 06 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7040>.
- [30] SIEMENS, «LOGO! Manual de producto,» Julio 2016. [En línea]. Available: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf.
- [31] M. A. Ramos Yáñez, «Estudio y análisis de la repotenciación de un sistema de bombeo automatizado de agua para uso agrícola mediante un PLC para la población de Cerecita provincia del Guayas.,» 18 09 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13386>.
- [32] A. M. MURILLO ROMERO y F. E. RAMÍREZ MIRANDA, «AUTOMATIZACIÓN DEL ALIMENTADOR DE UNA MÁQUINA DE PET,» MÉXICO D.F., 2011.

- [33] A. Guijaro Rodriguez y L. Cevallos Torres, «Sistema de riego automatizado con arduino,» 19 05 2018. [En línea]. Available: <http://sistemasblandosxd.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p27.pdf>.
- [34] R. M. Salinas Arcos, «Diseño de un prototipo de sistema automatizado con Arduino para riego en el cultivo de fresas.,» 06 03 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40625>.
- [35] M. Carretero, «Diseño de automatización y control de sistema de cultivo indoor industrial mediante PLC y pantalla HMI.,» 27 09 2019. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10251/131656>.
- [36] T. S. Muñoz Tutillo, «Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas,» 05 11 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11621>.
- [37] E. P. Siza Jami y S. P. Toapanta Moposita, «Repotenciación de un sistema automatizado de riego y control de humedad, dentro del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi.,» 02 09 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7946>.


INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

ARIAS GAVILÁNEZ DIEGO HERMEL

CÁLCULOS DEL SISTEMA DE BOMBEO

PAUCAR TUSA DARWIN EFRAIN

DATOS CARACTERÍSTICOS DEL SISTEMA

Parámetros	Valor	Unidad	Parámetros	Valor	Unidad									
Diámetro	0,0381	[m]	Pérdidas locales descarga	13	.....								
Densidad	998,2	[kg/m ³]	Pérdidas locales succión	5,8	.....								
Coef. Dinámico	0,001002	[Pa*s]	Longitud de descarga	42	[m]									
Presión atmosférica	72000	[Pa]	Longitud de succión	3,5	[m]									
Presión de vapor	2,34	[kPa]	Altura inicial	47	[m]									
Altura de succión	1,5	[m]	Altura final	0	[m]									
Pérdidas locales zona 1	26,4	.....	Longitud de descarga zona 1	48,5	[m]								
Pérdidas locales zona 2	20,8	.....	Longitud de descarga zona 2	24,5	[m]								

ΔZ [m] (3.1)	Q [m ³ /h] (3.2)	Q [m ³ /s] (3.2)	v [m/s] (3.3)	Re [...] (3.4)	λ turbulento [...] (3.6)	R. Succión [s ² /m ²] (3.7)	R. Descarga [s ² /m ²] (3.7)	R. Descarga [s ² /m ²] Zona 1 (3.7)	R. Descarga [s ² /m ²] Zona 2 (3.7)	R. Descarga [s ² /m ²] Zona 1 y 2 (3.7)	RT [s ² /m ²]	ΔH [m] (3.8)	Σh [m]	NPSH disponible [m] (3.9)
-47	6	0,0016667	1,4619	55485,911	0,020615	301689,46	1400872,70	2064224,74	1335428,04	810854,45	2513416,62	-40,0183	0,838	5,0144
-47	8	0,0022222	1,9492	73981,215	0,019185	296536,19	1339033,56	1992815,25	1299355,21	786525,15	2422094,91	-35,0390	1,464	4,3881
-47	10	0,0027778	2,4364	92476,518	0,018144	292786,59	1294038,31	1940856,45	1273107,98	768807,46	2355632,37	-28,8238	2,259	3,5933
-47	12	0,0033333	2,9237	110971,822	0,017335	289874,47	1259092,90	1900502,82	1252723,16	755037,51	2304004,88	-21,3999	3,221	2,6316
-47	14	0,0038889	3,4110	129467,126	0,016680	287513,78	1230764,58	1867790,35	1236198,30	743868,46	2262146,81	-12,7885	4,348	1,5042
-47	16	0,0044444	3,8983	147962,429	0,016132	285541,11	1207092,59	1840454,84	1222389,64	734530,58	2227164,28	-3,0066	5,640	0,2121
-47	18	0,0050000	4,3856	166457,733	0,015664	283854,93	1186858,36	1817089,12	1210586,34	726545,27	2197258,55	7,9315	7,096	-1,2439
-47	20	0,0055556	4,8729	184953,037	0,015257	282388,08	1169256,24	1796762,87	1200318,44	719595,96	2171240,29	20,0136	8,716	-2,8632
-47	22	0,0061111	5,3602	203448,340	0,014898	281094,04	1153727,72	1778831,12	1191260,13	713463,13	2148284,89	33,2292	10,498	-4,6452
-47	24	0,0066667	5,8475	221943,644	0,014577	279939,29	1139870,77	1762829,65	1183176,91	707988,70	2127798,76	47,5688	12,442	-6,5893

MODELO: W63100

Vista Superior

Vista 3/4

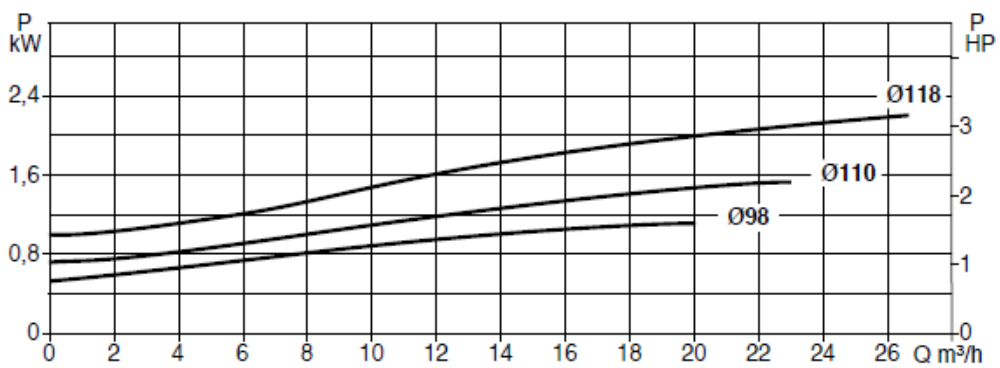
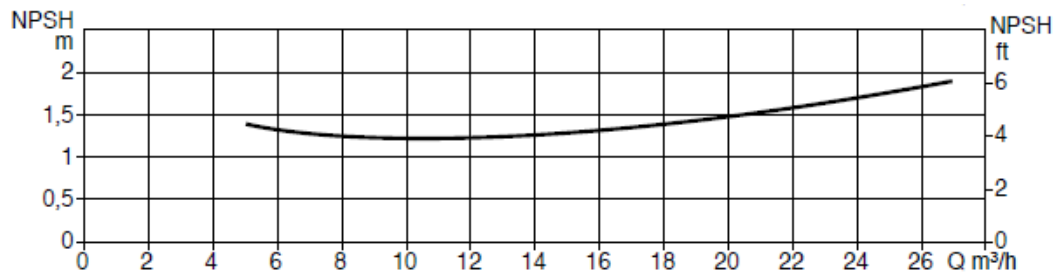
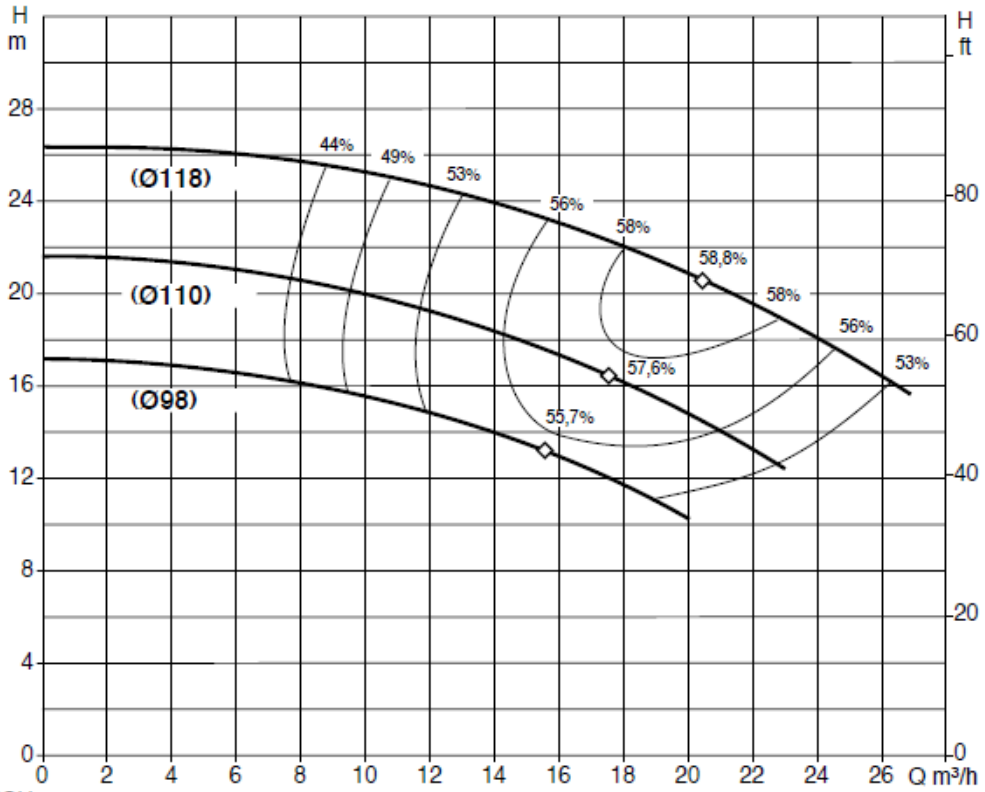
MOTOR: 3HP*2" TIPO ALTA PRESIÓN 3450 R.P.M**VOLTAJE: 110V - 220V MONOFÁSICO****SUCCIÓN: 9M****AMPERIO: 42A - 21A**

(KG)	0	0.7	1.1	1.3	1.9	2.5	3.0	3.5	4.0
(L/MIN)	343	320	300	285	249	206	157	86	0

Repuesto para esta máquina:

- Condensador para bomba: 600UF/125V
- Turbina: TUR-W63100
- Porta turbina: P-TUR-W4075H





SIEMENS

Hoja de datos

6ED1052-1FB08-0BA0

LOGO! 230RCE,mód. lógico,displ.



Figura similar

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 115 V DC	Sí
• 230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
Valor nominal (AC)	
• 115 V AC	Sí
• 230 V AC	Sí
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz

Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm

Data sheet

6ED1055-1MA00-0BA2



LOGO! AM2 expansion module, PS/: 12/24 V DC, 2 AI, 0-10 V or 0/4-20 mA for LOGO! 8

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 2 spacing units wide
Input current	
Current consumption, typ.	30 mA
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
• Current	Yes
• Resistance thermometer	No
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
Input ranges (rated values), currents	
• 0 to 20 mA	Yes; 0 mA or 4 mA to 20 mA
Input ranges (rated values), resistance thermometer	
• Pt 100	No
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class B, for use in residential areas	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0831	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C; ES03 and higher: -20 °C
• max.	55 °C
Dimensions	
Width	35.5 mm
Height	90 mm
Depth	58 mm



Serie 200

Válvulas Plásticas de Control Hidráulico/Eléctrico

Para Residencias, Comercios y Sistemas de Riego Agrícola

Las válvulas plásticas de control hidráulico, **Bermad Serie 200**, son fabricadas en tamaños de 3/4" a 2" de tipo globo o angular. Estas válvulas de control permiten alta capacidad de funcionamiento, siendo prácticamente la última palabra en hidráulica y tecnología de plásticos.

Características

- Fabricadas en plásticos de alta tecnología, resistentes a la corrosión y a la radiación U. V., con partes de goma sintética y acero inoxidable.
- Alta capacidad de flujo con bajas pérdidas de carga.
- Operan en un amplio margen de presiones.
- Limitador de caudal manual, permite regular la apertura de la válvula de acuerdo al flujo requerido.
- Llave de operación manual, para abrir la válvula en caso de fallo en el suministro de electricidad.
- Solenoide de alta performance y bajo consumo eléctrico.
- Variada gama de modelos de válvula de control, eléctricas y operadas por presión hidráulica.
- Orificio autolimpiable asegura el funcionamiento confiable de la válvula aún con "Aguas duras". (En modelos eléctricos).



Serie 200
Válvulas Plásticas de Control Hidráulico/Eléctrico



Datos Técnicos

Tipo de válvula:

Globo, Angular y Oblicuo (Y)

Tamaños: 3/4", 1", 1 1/2" y 2"

Conexión: Rosca hembra, BSP, NPT

Norma de Presión:

– ISO: PN 10

– ANSI: Clase 125

Rango de Presión:

0.7-10 bar (10-150 psi)

Rango de Temperatura:

Agua hasta 80°(180°F)

Datos Eléctricos:

– Estándar:

Voltaje: 24V AC (50-60-Hz)

Corriente de operación sostenida: 0.20 A

Corriente de arranque: 0.40A

– Voltajes Opcionales:

6V DC, 12V DC, 24V DC

12V AC, 24V AC

Materiales:

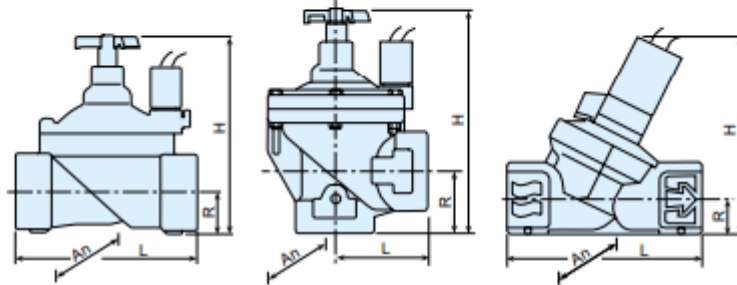
– Cuerpo y tapa: Nylon reforzado

– Partes Metálicas: Acero Inoxidable

– Diafragma: Goma Natural

– Juntas: Buna-N y NR

Dimensiones y Pesos



	Tipo Globo				Tipo Angular		Tipo Oblicuo (Y)
Tamaños	3/4"	1"	1 1/2"	2"	1 1/2"	2"	1"
L (mm)	110	110	160	170	80	85	114
H (mm)*	115	300	180	190	190	210	115
R (mm)	22	22	35	38	40	60	21
Ancho (mm)	78	78	125	125	125	125	68
Peso (kg)*	0.35	0.33	1.0	1.1	0.95	0.91	0.30

* Sin el vástago de control de flujo

Curvas de Regulación

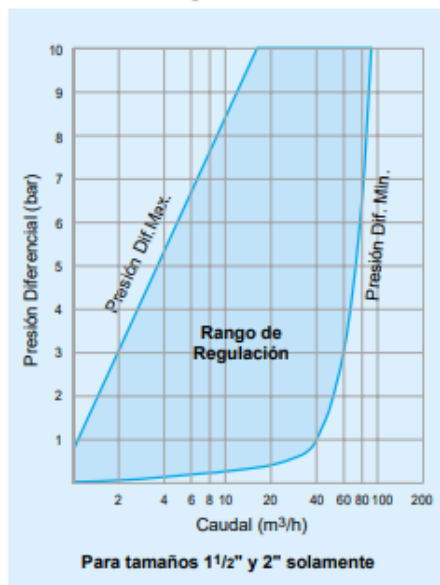
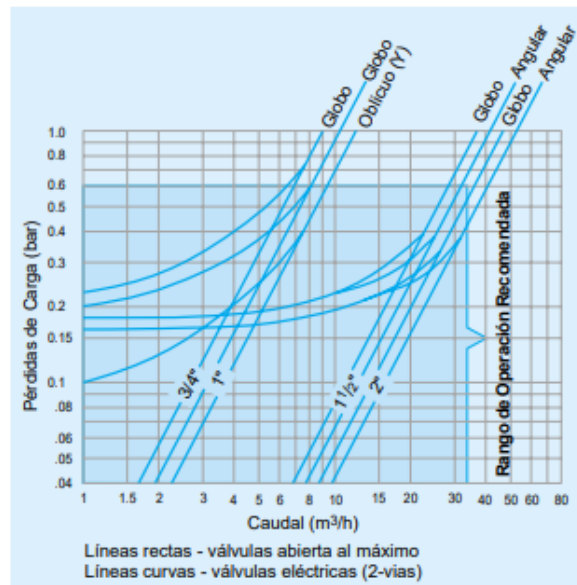


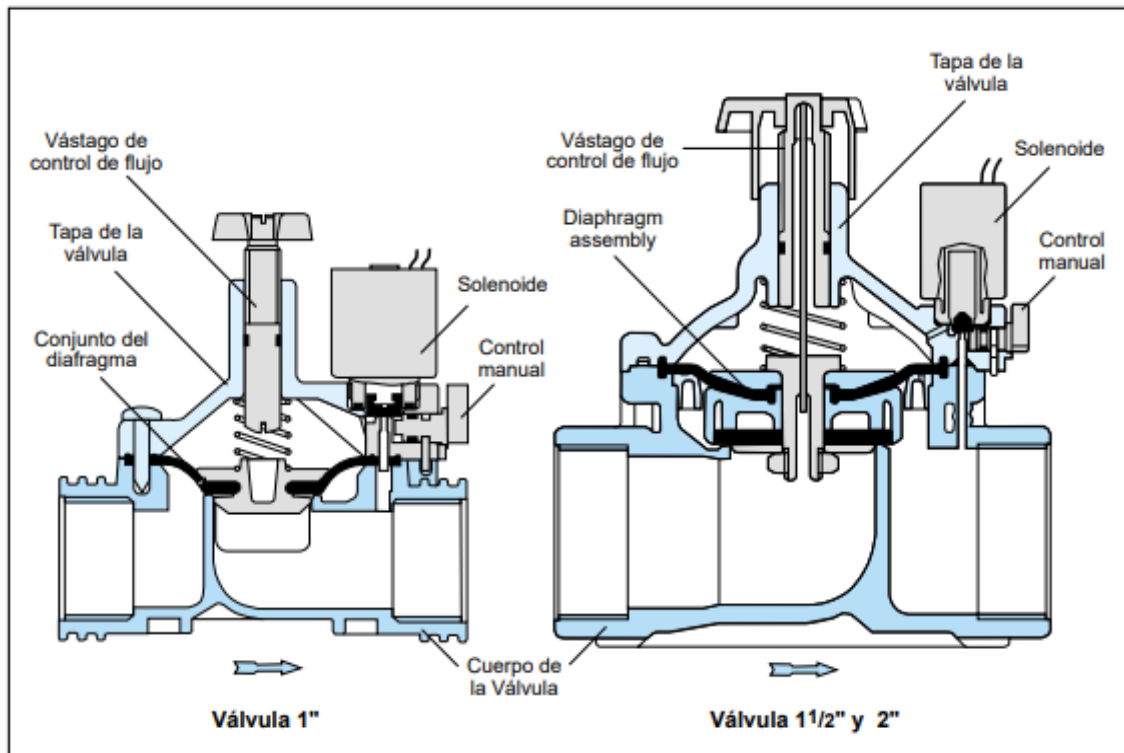
Gráfico de Pérdidas de Carga



Modelo 200
Válvulas Plásticas de Control Hidráulico/Eléctrico



Ensamble de Válvula Hidráulica





CONDUCTORES DE COBRE TIPO THWN Y THHN - 600 V.90 °C

DESCRIPCION

Los conductores tipo THHN o THWN -2 pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Cloruro de Polivinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor, sobre el cual se aplica una cubierta protectora de Nylon o poliamida. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.



USOS Y APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHN o THWN-2 son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminada con aceites, grasas, gasolinas, etc. Y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code.

Este tipo de conductor cuando es utilizado como THHN puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación de 90 °C, pero si es utilizado como THWN-2 puede ser usado en lugares secos y húmedos con temperatura máxima de operación de 90 °C, así mismo cuando están expuestos a aceites, grasas, pinturas, solventes químicos, etc. su temperatura máxima de operación es 75 °C. En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones, es de 600 V.

PRESENTACION

Colores disponibles:

Cables (calibres del 16 al 10 AWG): Negro, blanco, azul, rojo, amarillo, y verde.

Cables calibre 8 AWG: Negro, blanco, azul y rojo

Formas de embalaje:

A: Rollo de 100 m.

B: Carrete de 1500 m.

C: Carrete de 1000 m.

D: Carrete de 500 m.

E: Carrete múltiplo de 1000 m.

Z: Long. a requerimiento cliente.



ESPECIFICACIONES TECNICAS

Todos los conductores fabricados por ELECTRO CABLES C.A. cumplen con holgura las especificaciones establecidas en las normas de fabricación existentes para cada tipo y que son las siguientes:

Aislante de Material termoplástico, PVC 600 V. - 90 °C

Chaqueta de Nylon

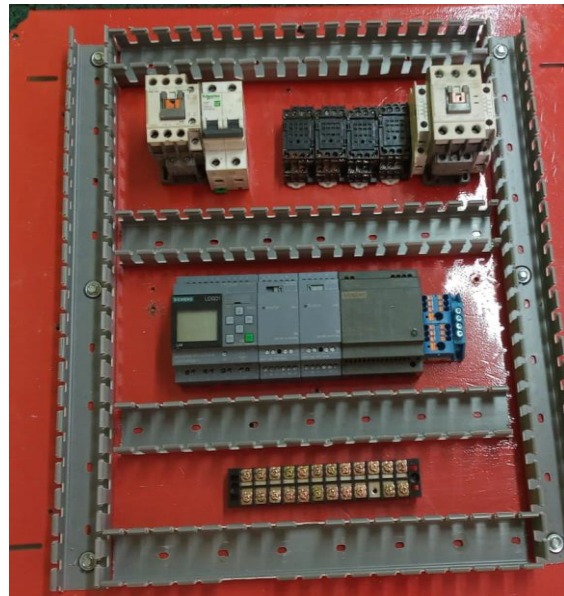
Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION	ESPELOR AISLAM. mm	ESPELOR CHAQUETA mm	DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
		No. de Hilos por diámetro en mm.					Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B
18	0.823	1 x 1,02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B
16	1.31	1 x 1,29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHN	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHN	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.51	0.10	3.81	55.04	55	40	THHN	A,D
8	8.34	1 x 3,26	0.76	0.13	5.04	91.22	80	55	THHN	A,B
16	1.31	19 x 0,30	0.38	0.10	2.46	17.95	20	15	TFN	A,B
14	2.08	19 x 0,38	0.38	0.10	2.86	23.80	35	25	THHN	A,B
12	3.31	19 x 0,47	0.38	0.10	3.31	35.70	40	30	THHN	A,C
10	5.26	19 x 0,60	0.51	0.10	4.22	56.20	55	40	THHN	A,D
8	8.37	7 x 1,23	0.76	0.13	5.47	93.70	80	55	THHN	A,B,E
6	13.30	7 x 1,55	0.76	0.13	6.43	141.30	105	75	THHN	A,E
4	21.15	7 x 1,96	1.02	0.15	8.22	227.60	140	95	THHN	A,E
2	33.62	7 x 2,47	1.02	0.15	9.75	348.10	190	130	THHN	A,E
1	42.36	7 x 2,78	1.27	0.18	11.24	446.20	220	150	THHN	A,D,E
1/0	53.49	19 x 1,89	1.27	0.18	12.35	553.30	260	170	THHN	D,E,Z
2/0	67.43	19 x 2,12	1.27	0.18	13.50	688.70	300	195	THHN	D,E,Z
3/0	85.01	19 x 2,39	1.27	0.18	14.85	856.80	350	225	THHN	D,E,Z
4/0	107.20	19 x 2,68	1.27	0.18	16.30	1069.50	405	260	THHN	D,E,Z
250	127.00	37 x 2,09	1.52	0.20	18.07	1263.00	455	290	THHN	Z
300	152.00	37 x 2,29	1.52	0.20	19.47	1502.00	505	320	THHN	Z
350	177.00	37 x 2,47	1.52	0.20	20.73	1743.00	570	350	THHN	Z
400	203.00	37 x 2,64	1.52	0.20	21.92	1981.00	615	380	THHN	Z
500	253.00	37 x 2,95	1.52	0.20	24.09	2457.00	700	430	THHN	Z
600	304.00	37 x 3,23	1.78	0.23	26.63	2960.00	780	475	THHN	Z
650	329.00	37 x 3,37	1.78	0.23	27.61	3221.00	820	500	THHN	Z
700	355.00	37 x 3,49	1.78	0.23	28.45	3453.00	855	520	THHN	Z

Conductor elaborado bajo normas:

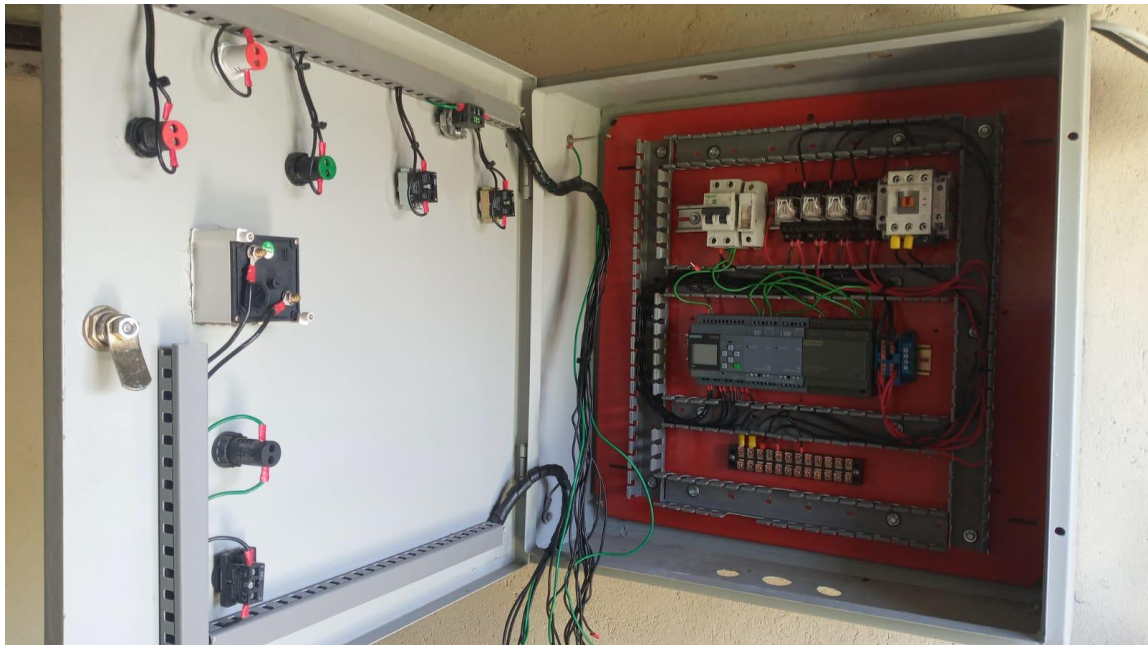
NEMA WC -5, ICEA S -61-402, ASTM B3, B8, UL STANDARD 83, INEN



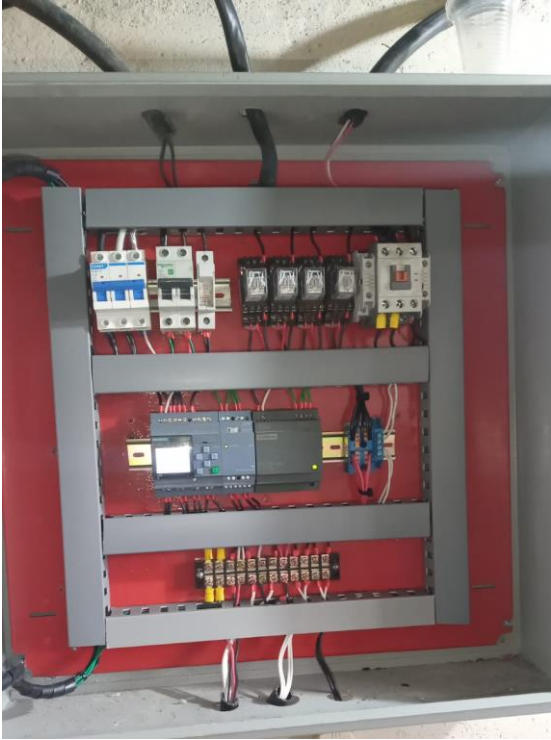
Ubicación de canaletas y estructura del tablero de control.



Montaje y postrado de los elementos en el tablero de control.



Cableado y conexión de los dispositivos del tablero de control.



Ubicación de las tapas de canaletas para la protección del cableado.



Ubicación de pulsadores, luces piloto, amperímetro y selector en la parte exterior del tablero de control.



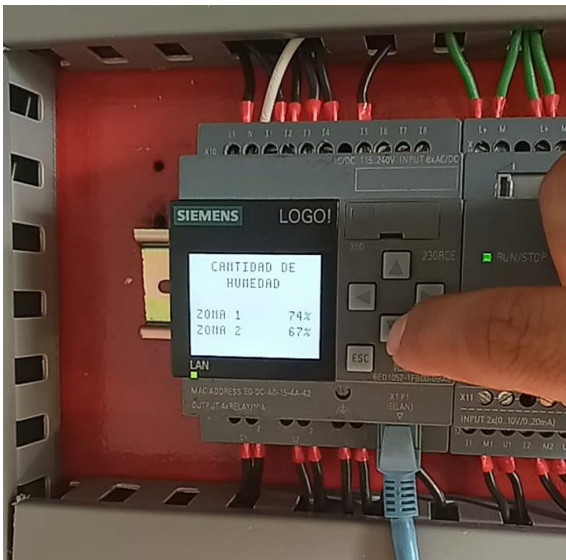
Ubicación de señalética en el tablero de control.



Pantalla principal.



Pantalla de encendido y apagado de los actuadores.



Pantalla de la cantidad de humedad.



Pantalla de la cantidad de humedad.



Conexión de las electroválvulas.



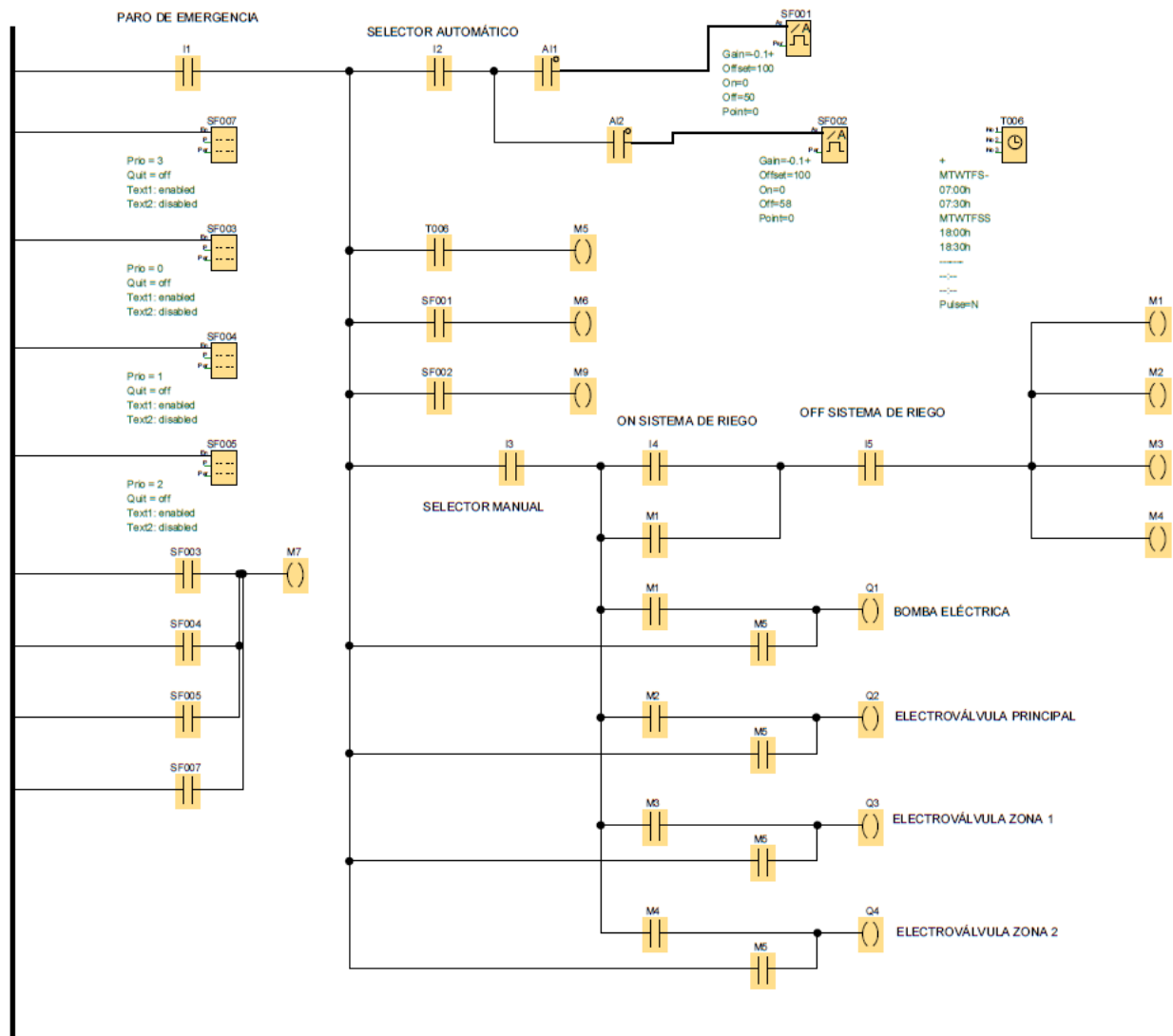
Electroválvulas Zona 1 y 2.

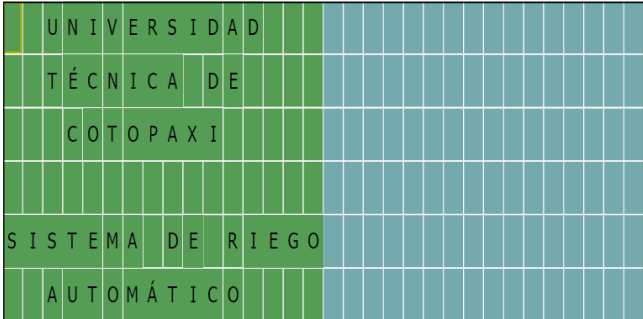


Ubicación de la manguera para la protección
de conexiones eléctricas.



Empotrado de la caja de conexiones eléctricas.



Número de bloque (tipo)	Parámetro
I1(Contacto normalmente abierto) : PARO DE EMERGENCIA	
I2(Contacto normalmente abierto) : SELECTOR AUTOMÁTICO	
I3(Contacto normalmente abierto) : SELECTOR MANUAL	
I4(Contacto normalmente abierto) : ON SISTEMA DE RIEGO	
I5(Contacto normalmente abierto) : OFF SISTEMA DE RIEGO	
Q1(Bobina) : BOMBA ELÉCTRICA	
Q2(Bobina) : ELECTROVÁLVULA PRINCIPAL	
Q3(Bobina) : ELECTROVÁLVULA ZONA 1	
Q4(Bobina) : ELECTROVÁLVULA ZONA 2	
SF001(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=-0.1+ Offset=100 On=0 Off=50 Point=0
SF002(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=-0.1+ Offset=100 On=0 Off=58 Point=0
SF003(Texto de aviso) :	Prio = 0 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled
	--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Ambos

Número de bloque (tipo)	Parámetro																																																						
<p>SF004(Texto de aviso) :</p> <table border="1" data-bbox="268 667 922 996"> <tr> <td colspan="10">ACTUADORES</td> </tr> <tr> <td>BOMBA</td> <td></td> <td>Q1</td> <td>0:OFF 1:ON</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ELEC. P</td> <td></td> <td>Q2</td> <td>0:OFF 1:ON</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ELEC. 1</td> <td></td> <td>Q3</td> <td>0:OFF 1:ON</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ELEC. 2</td> <td></td> <td>Q4</td> <td>0:OFF 1:ON</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Line2.9 IOStatus: Q1;Off="OFF";On="ON" Line3.9 IOStatus: Q2;Off="OFF";On="ON" Line4.9 IOStatus: Q3;Off="OFF";On="ON" Line5.9 IOStatus: Q4;Off="OFF";On="ON"</p>	ACTUADORES										BOMBA		Q1	0:OFF 1:ON								ELEC. P		Q2	0:OFF 1:ON								ELEC. 1		Q3	0:OFF 1:ON								ELEC. 2		Q4	0:OFF 1:ON								<p>Prio = 1 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Ambos</p>
ACTUADORES																																																							
BOMBA		Q1	0:OFF 1:ON																																																				
ELEC. P		Q2	0:OFF 1:ON																																																				
ELEC. 1		Q3	0:OFF 1:ON																																																				
ELEC. 2		Q4	0:OFF 1:ON																																																				
<p>SF005(Texto de aviso) :</p> <table border="1" data-bbox="268 1227 922 1556"> <tr> <td colspan="10">CANTIDAD DE</td> </tr> <tr> <td colspan="10">HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>ZONA</td> <td>1</td> <td>/A SF001 - Ax, am...</td> <td>1</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ZONA</td> <td>2</td> <td>/A SF002 - Ax, am...</td> <td>1</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Line4.8 SF001-Ax Line5.8 SF002-Ax</p>	CANTIDAD DE										HUMEDAD										ZONA	1	/A SF001 - Ax, am...	1	%							ZONA	2	/A SF002 - Ax, am...	1	%							<p>Prio = 2 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N Destino de aviso - Ambos</p>												
CANTIDAD DE																																																							
HUMEDAD																																																							
ZONA	1	/A SF001 - Ax, am...	1	%																																																			
ZONA	2	/A SF002 - Ax, am...	1	%																																																			

