



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGIENERIA ELECTRICA**

**AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR  
BOMBEO DE AGUA A TRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICO EN LA EMPRESA  
SAN BIRITUTE S.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero eléctrico.

**AUTORES: ANGÉL HERNÁN JIMÉNEZ HIDALGO  
ADRIAN RICARDO ZABALA MOREIRA  
TUTOR: ING. GARY AMPUÑO AVILÉS. PhD**

Guayaquil –Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ángel Hernán Jiménez Hidalgo con documento de identificación N°0803011618 y Adrián Ricardo Zabala Moreira con documento de identificación N° 0924528847; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Ángel Hernán Jiménez Hidalgo

0803011618



---

Adrián Ricardo Zabala Moreira

0924528847

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Ángel Hernán Jiménez Hidalgo con documento de identificación N°0803011618 y Adrián Ricardo Zabala Moreira con documento de identificación N° 0924528847, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: Automatización, Control y Monitoreo de un sistemas de riego por bombeo de agua a través de sistemas Fotovoltaico en la empresa San Biritute S.A., el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Ángel Hernán Jiménez Hidalgo  
0803011618



---

Adrián Ricardo Zabala Moreira  
0924528847

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gary Omar Ampuño Avilés Ph.D con documento de identificación N° 0922639752, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR BOMBEO DE AGUA A TRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICO EN LA EMPRESA SAN BIRITUTE S.A., realizado por Nosotros, Ángel Hernán Jiménez Hidalgo con documento de identificación N°0803011618 y por Adrián Ricardo Zabala Moreira con documento de identificación N° 0924528847 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Gary Omar Ampuño Avilés  
0922639752

## **Dedicatoria**

Hoy he cumplido un objetivo de mi vida se lo dedico a mi padre celestial, y a todas las personas que me han apoyado en este arduo camino en especial mi madre Lissethy Hidalgo y a mi padre Ángel Jiménez que son un pilar fundamental en mi camino profesional por sus consejos, confianza y recursos para poder lograrlo.

A mis tíos Yolena, Jorge, William que son como mis segundos padres, a mi esposa Angélica por su dedicación incondicional en cada paso, a mis hermanos Julio, Lisseth, Leonardo, Jheimy por cada recomendación y por su cariño, a mi abuela Gladys Ponce por su ayuda y paciencia en este camino.

A mi ángel del cielo que en cada paso que doy está guiándome, a mi abuela Mélida Peñafiel, sé que está orgullosa por mí en este nuevo logro.

**Ángel Hernán Jiménez Hidalgo**

## **Agradecimiento**

Agradecido a Dios ya que luego de un gran camino he culminado esta gran etapa con mucho aprendizaje, sin duda alguna agradecer a mi madre Lissethy Hidalgo y a mi padre Ángel Jiménez que es un pilar fundamental, por su confianza y por no dejar de guiarme en este largo camino.

Aprendí a no rendirme a pesar de cada dificultad.

**Ángel Hernán Jiménez Hidalgo**

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	V
Agradecimiento .....	VI
RESUMEN .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
<b>1.1. Formulación del problema</b> .....	2
<i>1.1.1. Árbol del Problema</i> .....	3
<b>1.2. Objetivos</b> .....	3
<i>1.2.1. Objetivo General</i> .....	3
<i>1.2.2. Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>1.3. Justificación</b> .....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> .....	5
<i>2.1.1. Sistema de riego</i> .....	8
<i>2.1.2. Aspersión</i> .....	9
<i>2.1.3. El goteo</i> .....	10
<i>2.1.4. Exudación</i> .....	11
<b>2.2. Energía renovable</b> .....	11
<i>2.2.1. Electricidad con energía solar</i> .....	12
<b>2.3. Sistema fotovoltaico aplicado</b> .....	13
<i>2.3.1. Características de los paneles solares</i> .....	14
<i>2.3.2. Tipos de paneles</i> .....	16
<b>2.4. Acumulación de energía</b> .....	18
<i>2.4.1. Tipos de baterías</i> .....	19
<b>2.5. La energía fotovoltaica en Ecuador</b> .....	20
<b>2.6. El sol como fuente de energía y de radiación</b> .....	21
<i>2.6.1. Horas de Sol Pico (H.S.P.)</i> .....	22
<b>2.7. Automatización de procesos</b> .....	23
<i>2.7.1. Beneficios de la automatización de procesos</i> .....	24
<b>2.8. Controlador lógico programable</b> .....	25
<i>2.8.1. Ventaja del uso de un PLC</i> .....	25
<b>2.9. Indicadores de presión</b> .....	26
<b>2.10. Arrancador suave</b> .....	26

2.11.	<b>Electroválvulas</b> .....	29
2.12.	<b>Temporizador semanal</b> .....	29
2.13.	<b>LOGO Web Editor</b> .....	30
CAPÍTULO III.....		31
DESARROLLO .....		31
3.1.	<b>Ubicación del área experimental</b> .....	31
3.2.	<b>Desarrollo de estudio técnico</b> .....	32
3.2.1.	<i>Métodos</i> .....	33
3.3.	<b>Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico</b> .....	34
3.3.1.	<i>Cálculo de Batería</i> .....	36
3.3.2.	<i>Sistema de Control de Lazo Abierto - (Arranque Bomba)</i> .....	37
3.4.	<b>Diagramas o Planos de Instalaciones</b> .....	39
3.5.	<b>Monitoreo de pantallas de la propuesta</b> .....	44
3.5.1.	<i>Configuración de LOGO WEB SERVER</i> .....	49
3.6.	<b>Carga de paneles solares</b> .....	51
CAPÍTULO IV.....		52
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....		52
4.1.	<b>Pruebas de control de válvulas durante el funcionamiento</b> .....	52
4.2.	<b>Pruebas de Control de Arrancador</b> .....	53
4.3.	<b>Pruebas del Monitoreo</b> .....	54
4.4.	<b>Pruebas de Protecciones de Presión</b> .....	56
4.5.	<b>Informe del Proyecto Actual</b> .....	57
4.6.	<b>Evaluación de la Automatización del Sistema de Riesgo</b> .....	57
4.7.	<b>Propuesta Alternativa</b> .....	58
4.8.	<b>Valoración</b> .....	59
4.9.	<b>Presupuesto</b> .....	60
CAPÍTULO V .....		61
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....		61
5.1.	<b>Ahora en Agua</b> .....	61
5.2.	<b>Fallas de funcionamiento del sistema</b> .....	62
5.3.	<b>Conclusiones</b> .....	63
Referencias Bibliográficas .....		64
ANEXOS .....		68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árbol de problemas.....	3
<b>Figura 2.</b> Sistemas de riego .....	8
<b>Figura 3.</b> Riego por aspersión. ....	10
<b>Figura 4.</b> Riego por goteo.....	10
<b>Figura 5.</b> Riego por exudación. ....	11
<b>Figura 6.</b> Elementos que componen un sistema fotovoltaico.....	13
<b>Figura 7.</b> Módulo fotovoltaico. ....	13
<b>Figura 8.</b> Regulador fotovoltaico. ....	14
<b>Figura 9.</b> Características de paneles solares. ....	15
<b>Figura 10.</b> Tipos de paneles según variedad de célula. ....	17
<b>Figura 11.</b> Instalaciones de almacenamiento acumulativo de energía en todo el mundo. ....	19
<b>Figura 12.</b> Espectro de radiación solar y actividad fotosintética. ....	23
<b>Figura 13.</b> LogoV1 8.3 -PLC, Marca siemens 4 entrada y salidas.....	25
<b>Figura 14.</b> Arrancador trifásico suave .....	27
<b>Figura 15.</b> Arrancador suave .....	28
<b>Figura 16.</b> Válvula de 9 pulgada. ....	29
<b>Figura 17.</b> Temporizador semanal.....	30
<b>Figura 18.</b> San Biritute S.A. satelital.....	31
<b>Figura 19.</b> Esquema base del sistema.....	38
<b>Figura 20.</b> Diagrama de entradas y salidas.....	39
<b>Figura 21.</b> Diagrama de control de arrancador suave .....	40
<b>Figura 22.</b> Diagrama de fuerza del arrancador suave para el encendido del motor de la bomba de agua.....	41
<b>Figura 23.</b> Diagrama de salida de PLC Logo .....	42

<b>Figura 24.</b> Diagrama de entrada de PLC Logo .....	43
<b>Figura 25.</b> Esquema de temporizador semanal .....	44
<b>Figura 26.</b> Programación de encendido de la bomba .....	45
<b>Figura 27.</b> Programación de apagado de la bomba .....	45
<b>Figura 28.</b> Programación de la falla del arrancador suave .....	46
<b>Figura 30.</b> Programación de la falla debido a altas presiones .....	47
<b>Figura 30.</b> Indicaciones para subir programa al Mini PLC Logo .....	48
<b>Figura 31.</b> Ventana para cargar el proyecto al PLC con su IP correspondiente.....	48
<b>Figura 32.</b> Ventana de acceso para servidor web .....	49
<b>Figura 33.</b> Ventana con indicaciones para cargar el programa a servidor web.....	50
<b>Figura 34.</b> Interfaz demostrando la carga del programa al IP asignado.....	50
<b>Figura 35.</b> Panel Solar. ....	51
<b>Figura 36.</b> Control de válvulas. ....	53
<b>Figura 37.</b> Prueba de arrancador. ....	54
<b>Figura 38.</b> Sistematización del Monitoreo. ....	55
<b>Figura 40.</b> Monitoreo del sistema de riego.....	56
<b>Figura 41.</b> Protección de presión.....	57

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Diferencia de los paneles según su tecnología de fabricación .....	17
<b>Tabla 2.</b> Consumo diario de energía fotovoltaica.....	35
<b>Tabla 3.</b> Costo de equipos de fuerza y control .....	60
<b>Tabla 4.</b> Costo paneles y baterías .....	60
<b>Tabla 5.</b> Logística .....	60
<b>Tabla 6.</b> Costo total .....	61

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Instalación de sistema eléctrico de riego. ....	68
<b>Anexo 2.</b> Desarrollo de adaptaciones hacia la bomba de riego. ....	68
<b>Anexo 3.</b> Instalación del sistema fotovoltaico para riego. ....	69
<b>Anexo 4.</b> Instalación de electroválvula con conexión al sistema de riego.....	69
<b>Anexo 5.</b> Desarrollo de partes mecánicas y de soporte del sistema de riego.....	70

## RESUMEN

Este trabajo se basó en la realización de un proyecto fotovoltaico de un sistema de riego automático con energía fotovoltaico para mejorar sistema de riego de la empresa San Biritute. Mediante el método investigativo se indagó en las bases teóricas y prácticas de la temática planteada teniendo identificado el problema general de la empresa ya que hay diferentes lugares donde no llega el servicio eléctrico, existe zonas con difícil acceso a la energía eléctrica en el área rural del país y esto repercute a empresas del sector agrícola como San Biritute. El objetivo general que guió este trabajo fue implementar la automatización del sistema de riego por bombeo de agua en la empresa San Biritute S.A. empleando sistemas fotovoltaicos con energía solar. Una de las conclusiones obtenidas fue que la implementación de un sistema de energía autónomo permite a la empresa San Biritute S.A. desvincularse de problemas externos relacionados a este tema, como apagones de luz o accidentes en la estructura eléctrica. Se ha podido establecer un programa de riego regular y adecuado, proteger las tuberías controlando la presión y reducir el tiempo de funcionamiento de la bomba sólo durante el período de riego requerido, adicional a esto, el monitoreo remoto reduce la cantidad de empleados a solo dos, lo que resulta en un ahorro financiero anual estimado de \$10,29 a \$7,72, lo que equivale a una reducción del 25% en los costos operativos. En conclusión, este proyecto demostró ser una solución efectiva para optimizar la utilización de recursos y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego, brindando beneficios económicos y operativos.

**Palabras claves:** Sistema Fotovoltaico, Automatización, Sistema de Riego, Bombeo.

## ABSTRACT

This work was based on the realization of a photovoltaic project of an automatic irrigation system with photovoltaic energy to improve the irrigation system of the San Biritute company. Through the investigative method, the theoretical and practical bases of the proposed topic were investigated, having identified the general problem of the company since there are different places where the electrical service does not reach, there are areas with difficult access to electrical energy in the rural area of the country and this affects companies in the agricultural sector like San Biritute. The general objective that guided this work was to implement the automation of the irrigation system by pumping water in the company San Biritute S.A. using photovoltaic systems with solar energy. One of the conclusions obtained was that the implementation of an autonomous energy system allows the company San Biritute S.A. Disassociate yourself from external problems related to this issue, such as power outages or accidents in the electrical structure. It has been possible to establish a regular and adequate irrigation program, protect the pipes by controlling the pressure and reduce the running time of the pump only during the required irrigation period. In addition to this, remote monitoring reduces the number of employees to only two, resulting in an estimated annual financial savings of \$10.29 to \$7.72, which is equivalent to a 25% reduction in operating costs. In conclusion, this project proved to be an effective solution to optimize resource utilization and improve the efficiency of irrigation systems, providing economic and operational benefits.

**Keywords:** *Photovoltaic System, Automation, Irrigation System, Pumpin*

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como finalidad el estudio del sistema de riego automático con energía fotovoltaico para mejorar el sistema de riego de la empresa San Biritute. La empresa San Biritute está ubicada km 108 vía Guayaquil – Salinas, cerca de la parroquia Chanduy en el cantón Santa Elena (Prefectura de Santa Elena, 2011). San Biritute cuenta con 700 hectáreas, 70 hectáreas son de cosecha de plátano verde y el riego es manual, lo cual sería un riesgo que la mano de obra no calificada dañe las tuberías de riego o se generen errores humanos en el proceso productivo, se cuenta con un canal de agua estatal que se encuentra a una corta distancia del cuarto de bomba de la empresa, la dificultad es que mantiene una distancia 1 km del cuarto de bombas hasta las hectáreas sembradas que se encuentran instaladas las válvulas manuales como lo indica su proceso es manual (Prefectura de Santa Elena, 2011).

La mano de obra no calificada que mantiene la empresa genera pérdidas en el proceso de riego, se vuelve poco eficiente y más costoso, los cambios tecnológicos a nivel mundial están exigiendo que muchas empresas mantengan un sistema de energía solar (fotovoltaica) automatizado de control y monitoreo de bombeo de agua, es por esta razón que se realizará este estudio con la intención de implementar este novedoso sistema a la empresa San Biritute.

Este trabajo se desarrolló en cuatro capítulos cada uno con un contenido particular y relacionado a la temática planteada, el primer capítulo se enfocará en definir la problemática de la investigación y los objetivos general y específicos, el segundo capítulo se desarrollará el marco teórico recopilando información mediante fuentes oficiales, el siguiente capítulo estará compuesto por el marco metodológico, el cuarto capítulo se planteará la propuesta, para finalmente llegar a los resultados y conclusiones en el último capítulo.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Formulación del problema

En la actualidad el país se encuentra con la necesidad de abarcar la energía eléctrica a diferentes lugares donde no llega el servicio eléctrico, existe zonas con difícil acceso a la energía eléctrica, los cambios tecnológicos a nivel mundial están exigiendo que muchas empresas mantengan un sistema de energía solar (fotovoltaica) (ARCONEL, 2018)

De acuerdo con lo antes mencionado la Empresa San Biritute tiene 70 H de cosecha de plátano verde y el proceso de riego es de forma manual lo que conlleva a un gran porcentaje de error humano.

Ante esta problemática nació la idea de implementar el Sistema automático de riego con uso de energía fotovoltaico, en la empresa San Biritute ya que no cuenta con energía en las hectáreas de producción de plátano verde y el sistema de riego se realiza de forma manual, se ha detectado varios problemas en el sistema de riego que conlleva a daños en la tuberías y baja cosecha.

La empresa mantiene el cuarto de bombas cerca de un canal de riego estatal se dificulta al llegar a las hectáreas de producción de plátano verde ya que existe 1 km de distancia y a su vez no cuenta con energía eléctrica.

Al implementar el sistema de riego automático con energía fotovoltaico, se logró que el sistema de riego sea automático, las válvulas eléctricas son controladas por un programador semanal y a este es alimentado por el sistema fotovoltaico, y el encendido de la bomba es controlado por un PLC (Programmable Logic Controller), al prender la bomba en horarios que las válvulas se encienden, protegido con un sensor de presión para evitar alguna rotura de tuberías en caso de que alguna válvula tuviera falla y apagaría la bomba.



### 1.1.1. Árbol del Problema

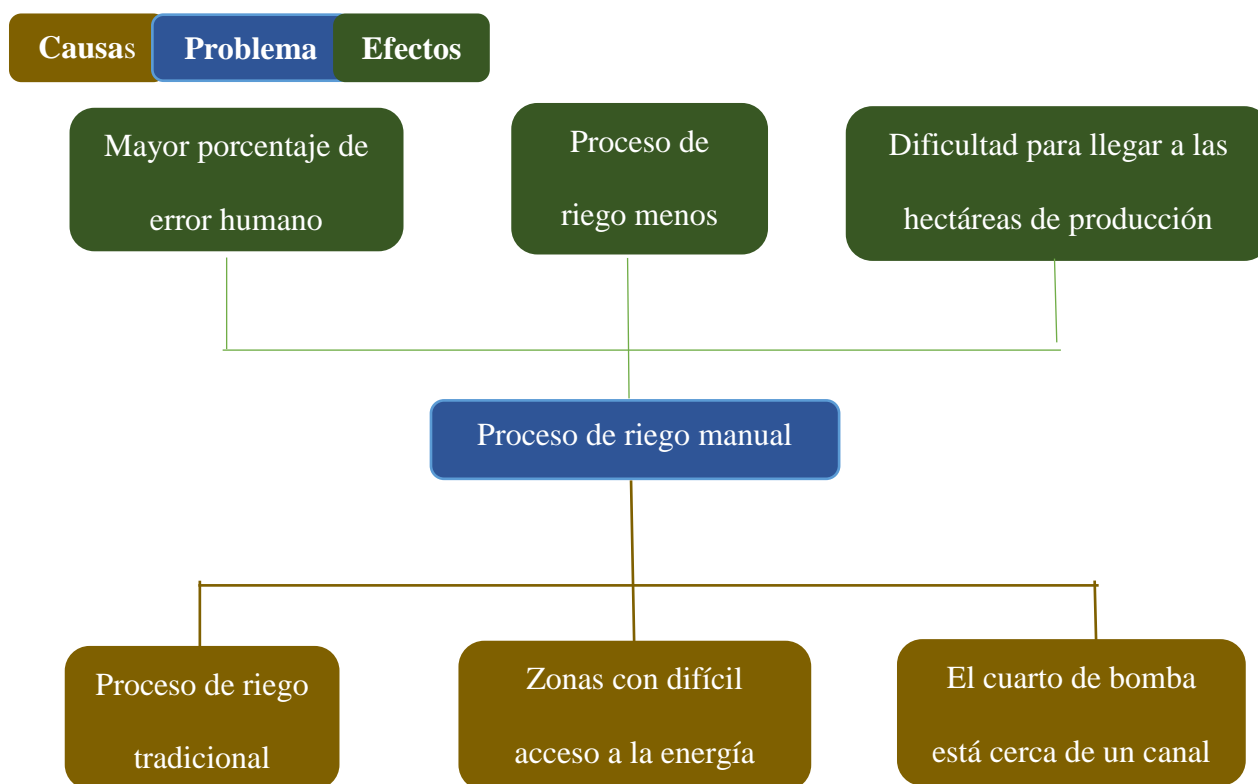


Figura 1. Árbol de problemas.

Elaborado por: Ángel Jiménez H.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Implementar la automatización del sistema de riego por bombeo de agua en la empresa San Biritute S.A. empleando sistemas fotovoltaicos con energía solar.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema fotovoltaico que suministre de energía solar al programador semanal y a las válvulas automáticas que componen el sistema de riego requerido.
- Automatizar el sistema de riego con un controlador programable (PLC logo y controlador semanal) que cuente con una programación sencilla y de fácil uso, mejorando el sistema de riego manipulado por los trabajadores de la empresa.

- Garantizar un sistema de riego confiable y eficiente con un ahorro del recurso hidrológico adaptado a los requerimientos demandados por la empresa San Biritute para mejorar su sistema de riego actual.

### **1.3. Justificación**

La relevancia de esta investigación se sustenta en la actualidad de la agroindustria ya que está en busca de que sus procesos sean automáticos. La empresa San Biritute al querer industrializar sus procesos invertirá en un riego automático para evitar errores humanos, se necesitará menos mano de obra, disminuirá costos a largo plazo y que tendrá un riego más eficiente.

La innovación dentro de esta área en el país no es exponencial, por ello, la importancia de estudios que aporten a este tema, además de realizar un trabajo de investigación y aplicación a la empresa San Biritute, quedará una guía del sistema de energía solar y automatización de procesos de producción haciendo más eficiente las empresas que decidan aplicarlas.

Los diferentes tipos de sistemas de riegos que se utilizan en el país muchos de ellos ya están obsoletos, por esta razón la importancia de dejar el registro de un estudio que proponga innovación a este sector.

La población rural en el Ecuador cada vez se expande más, por ese motivo con el presente proyecto se pretende realizar un estudio de análisis de carga con el que se podría implementar la iluminación del área, se reemplazaría en gasto del consumo de combustibles por este sistema fotovoltaico a implementar, disminuyendo considerablemente los costos de producción, mano de obra, entre otros costos de la empresa, además contribuiría al cuidado ambiental. El auge de la energía fotovoltaica es un hecho en el mundo ya que se estima que la siguiente década el 80% de la población reemplazara la energía tradicional por un sistema fotovoltaico (Martín, 2017).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

En el trabajo de investigación por (Bustos, 2017) el tema es “Propuesta de un sistema de control y automatización con administración remota a través de un Smartphone Android para el riego del cultivo de lechuga en la finca Los Almendros del departamento de Jinotega en el año 2017”. El objetivo de la investigación es utilizar un sistema inteligente monitoreado por una aplicación Android a través de un teléfono móvil para determinar la cantidad de agua mediante sensores de humedad del suelo y poner a disposición la cantidad requerida para optimizar integralmente el sistema de riego existente. Las plantas requieren de las cantidades necesarias para un crecimiento y desarrollo óptimo, por lo que el manejo holístico de las plantas tiene como objetivo crear las condiciones para un crecimiento adecuado.

El sistema de riego está automatizado mediante un microcontrolador ATmega328 en una placa Arduino, este es el cerebro que logrará el propósito de este proyecto. La tecnología es fácil de operar y aplicar, por lo que se utiliza donde es necesario y el uso responsable de la tecnología contribuye directamente al medio ambiente. Los agricultores pueden monitorear de manera óptima sus recursos hídricos a través de un sistema de última generación que es fácil de controlar y operar, lo que da como resultado resultados de productos de calidad un 60 % más altos y muchas más aprobaciones.

Esta implementación del sistema de riego automatizado busca optimizar el uso del agua al proporcionar un control preciso y eficiente, evitando el desperdicio y promoviendo un riego adecuado de acuerdo a las necesidades de las plantas.

Por otro lado, Heras (2017) en su trabajo titulado “Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC” que el objetivo de este estudio es probar el aprovechamiento de la energía solar por medio del uso de paneles fotovoltaicos. Mejorando la calidad de vida de los agricultores y de sus cultivos a través de la tecnología. El sistema de riego automático cumple la función de captar la energía requerida para el correcto funcionamiento de la bomba a través de paneles fotovoltaicos en la zona del proyecto. El PLC programa el nivel del agua a través de un sensor de nivel en el tanque y una válvula solenoide que abre el sistema de riego al cultivo.

Este sistema de riego tiene un sistema de control de circuito cerrado y utiliza el programa WINCC para monitorear el sistema. La investigación en su parte teórica coincide en un 85% ya que esta investigación cuenta con tópicos como, por ejemplo: la descripción de los tipos de sistemas de riego como el de aspersión y por goteo, también coincide con las ventajas y desventajas de dichos y datos energéticos de los sistemas en el Ecuador y también sirvió como base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y de elementos mecánicos como electroválvulas y sistema eléctrico interconectado.

Atribuido a otra investigación de Muñoz (2021) referente “Análisis de un sistema de riego automatizado”, el objetivo de la investigación fue desarrollar un sistema de riego automático que minimice el consumo de agua mediante el módulo lógico programable Logo 8 y diversos sensores (nivel, humedad, temperatura, precipitación), el sistema puede ser controlado por el usuario a través de un panel frontal con interruptores y pulsadores y la interfaz web Logo 8 desde un dispositivo inteligente o computadora portátil, lo que permite el monitoreo automático del proceso. Este estudio sirvió como referente en un 60% considerando que se hace un estudio cualitativo y de diseño de un sistema de riego automatizado, donde se

abarcen temas como los sistemas de riego, la incidencia de la energía solar en Ecuador y el desarrollo práctico del sistema de riego desde el enfoque de ahorro energético y cuidado medioambiental, estableciendo por consiguiente un estudio cuantitativo de ahorro económico como fue presentado en el presente proyecto.

Se tomó como base para este estudio a la investigación que fue realizada por Cortes & Vargas (2020) cuyo título es “diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin” en el cual se hizo referencia más hacia el aporte teórica de los sistemas de riego y las ventajas que tiene el uso de los mismos, solo coincidió en un 30% porque fue enfocado más hacia la parte teórica, cabe mencionar que aquí se hace uso de una herramienta que está siendo trascendente en la actualidad que es la IoT (Internet de las Cosas), aunque esto no resulta relevante para la investigación, la parte teórica analizada fue fundamental para poder dar sustento clave para la investigación.

Por último, el estudio realizado por Chamba & Oyague (2022) “Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el cantón Mocache” hace referencia a sistemas fotovoltaicos y sus componentes, comenta sobre la energía solar fotovoltaica en la actualidad, términos utilizados en estos sistemas como la insolación y también se hace alusión al uso de programas y herramientas de diseño como AutoCAD y el CadeSIMU que sirven fundamentalmente para el diseño de dichos sistemas, cuyo elemento principal es el arrancador suave y elementos mecánicos como electroválvulas, se considera que este estudio coincide en un 75% ya que coincide en su parte teórica y práctica en 3 de cada 4 tópicos descritos en su marco teórico y en su metodología.

### 2.1.1. Sistema de riego

El agua se suministra al suelo y a las plantaciones mediante mecanismos tradicionales, la función de un sistema de riego es transportar agua a sectores o lugares donde el agua escasea. El objetivo es proporcionar la cantidad de agua necesaria sin dañar la plantación con cantidades excesivas de fluidos vitales, este método se utiliza no sólo en grandes superficies cultivadas, sino también en parterres de parques, huertos, parques infantiles y espacios verdes, utilizando diversas técnicas de diseño de riego. En agricultura, el riego suele basarse en el suministro a través de bombas de agua, existen muchos tipos diferentes de sistemas de riego, cada uno con un propósito específico y diferentes patrones de cultivo dependiendo de la plantación.



**Figura 2.** Sistemas de riego

**Fuente:** Propia.

El agua es un recurso escaso y debe utilizarse de manera eficiente. Por este motivo, la agricultura es uno de los sectores productivos en los que más se han desarrollado algunas técnicas de ahorro del agua para este sector, por un lado, utilizar el agua necesaria y, por otro, rentabilizar al máximo la producción agrícola. En el campo de la electrónica, los avances tecnológicos han permitido regar automáticamente jardines, zonas verdes y campos de cultivo, además de tareas como el riego de fertilizantes, permitiendo gestionar y simplificar la gestión de activos y reducción de costos de mantenimiento (IICA, 2021).

La automatización del sistema de riego ofrece numerosas posibilidades, desde programar pequeñas operaciones como abrir y cerrar válvulas, hasta realizar una programación de riego integral que puede realizar automáticamente varias operaciones aparte del riego de los cultivos. La automatización de este proceso esencialmente reemplaza las operaciones manuales por el control automático el cual pretende:

- Ahorrar recursos en mano de obra
- Ahorro de líquido vital
- Ahorro energético
- Aumento de la eficacia en procesos de riego
- Se lleva un mejor control en costos varios
- Incremento en la productividad de los cultivos (IICA, 2021)

Algunos de los tipos de sistemas de riego que se presentan en la actualidad son por aspersión, por goteo y por exudación que van a ser descritos a continuación.

### ***2.1.2. Aspersión***

Esta técnica consiste en verter agua de un lugar a otro para humedecer la zona, analizando la zona de riego y combinando múltiples aspersores conseguimos un riego uniforme sin dejar zonas secas. La intensidad de este tipo de riego se mide en presión por centímetro cuadrado (Ayovi & Montalvo, 2023).



**Figura 3.** Riego por aspersión.

**Fuente:** (MAPA, 2022).

### **2.1.3. El goteo**

Se lo denomina riego por goteo, este tipo de técnica se utiliza en zonas donde el agua es un recurso muy escaso y optimiza significativamente el uso del agua. El agua se distribuye a través del gotero y humedece directamente la zona de la raíz (Ayovi & Montalvo, 2023).



**Figura 4.** Riego por goteo.

**Fuente:** (Traxco, 2023).



#### **2.1.4. Exudación**

Para este método se utiliza una manguera porosa de la que sale de manera continua una cantidad limitada de agua, el agua se distribuye de manera uniforme y también puede esponjar el suelo. El agua se desplaza a través de la manguera y suele quedar a unos 10 centímetros por debajo del suelo. De esta manera, el agua se oculta y cumple su función cerca de las raíces de las plantas, donde resulta ser más necesario, esto significa que usas muy poca agua porque el área que necesitas ya está húmeda (Martínez, González, & Luna, 2021).



**Figura 5.** Riego por exudación.

**Fuente:** (PRISMAB, 2017).

## **2.2. Energía renovable**

La energía renovable es energía que proviene de recursos naturales que son producidos de manera indefinida, por ejemplo, la energía solar, la energía eólica y la energía mareomotriz son fuentes de energía renovables, también se considera renovable si proviene de un recurso que se regenera naturalmente con el tiempo, como por ejemplo un bosque.

Las ventajas fundamentales de las energías renovables, además de ser inagotable, es que tiene poco impacto negativo sobre el medio ambiente, por tanto, las energías renovables se

consideran una fuente de energía limpia. Las energías renovables son ya una realidad en la sociedad y los beneficios ambientales son precisos (Ayuntamiento de Huelva, 2020).

### ***2.2.1. Electricidad con energía solar***

El proceso de obtención de electricidad a partir de la luz solar se conoce como efecto fotovoltaico y fue descubierto en 1983 por el físico Antonio Becquerel, este fenómeno utiliza materiales específicos para capturar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica. La energía solar es un tipo de energía renovable producida por la radiación electromagnética del sol, su carácter renovable radica en que se obtiene de una fuente inagotable de la naturaleza: el sol. Para aprovechar la energía solar se utilizan diversos dispositivos, como células solares (que forman los paneles solares), helióstatos y paneles solares (Tumbaco & Pantaleón, 2023).

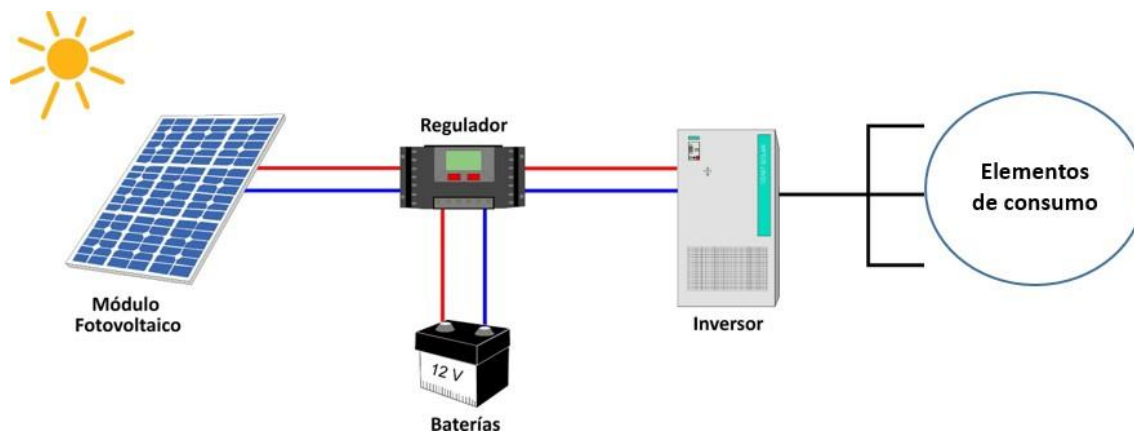
Estos sistemas tienen la capacidad de convertir la energía solar en energía térmica o eléctrica, dependiendo del enfoque fotovoltaico de la luz generada o absorbida por el calor solar, adicional, también se puede utilizar de forma pasiva mediante técnica de construcción bioclimáticas y sostenible. La energía solar, en particular la fotovoltaica, es una de las formas de energía renovable más fáciles de generar y se está volviendo cada vez más popular en regiones con alta radiación solar (Tumbaco & Pantaleón, 2023).

Los beneficios que traen los sistemas de energía solar pueden describirse como:

- Regenerable
- Interminables
- No contaminantes del medio ambiente
- Adecuada para áreas remotas
- Colabora con el desarrollo sostenible (Tumbaco & Pantaleón, 2023).

### 2.3. Sistema fotovoltaico aplicado

El aporte de los ingenieros Serna, Ros & Rico (2010), muestra que los sistemas fotovoltaicos es una red fotovoltaica cuya función principal es captar, regular, acumular energía e inversión de voltaje. Estos elementos deben estar conectados entre sí para que haya una conexión correcta.



**Figura 6.** Elementos que componen un sistema fotovoltaico.

**Fuente:** (Serna, Ros & Rico, 2010).



**Figura 7.** Módulo fotovoltaico.

**Fuente:** Propia

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) son sistemas que no necesitan estar conectados a conexiones eléctricas estatales y funcionan independientemente, a su vez utilizan

la energía solar en electricidad y la almacenan en baterías para su uso. Son procesos energéticos que están regulados en zonas remotas y no necesitan estar conectados a la red de distribución. En algunos lugares, es un recurso vital para el suministro de energía a los hogares y a veces para el riego (Pombo, 2020).

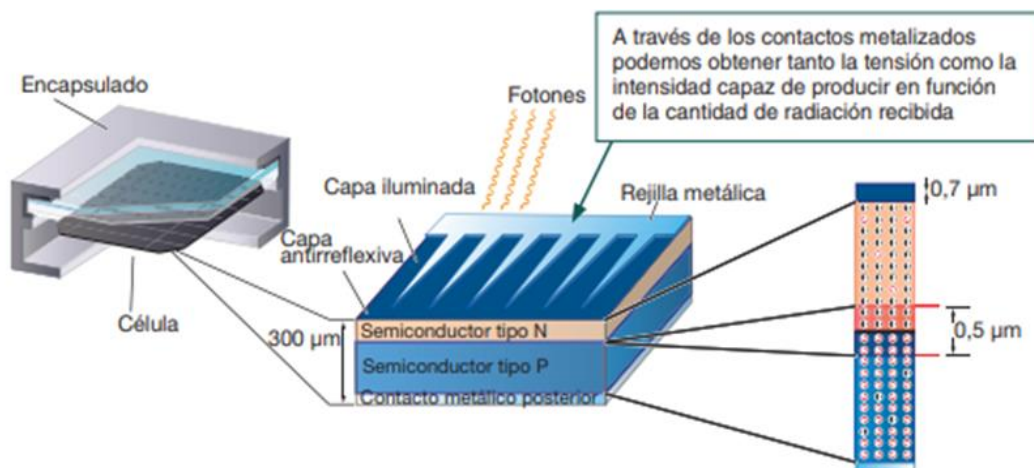


**Figura 8.** Regulador fotovoltaico.

**Fuente:** Propia

### **2.3.1. Características de los paneles solares**

En cualquier instalación su elemento principal es generar, es decir convertir en electricidad los fotones provenientes de la luz solar, este funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.



**Figura 9.** Características de paneles solares.

**Fuente:** (Serna, Ros & Rico, 2010).

Se dan algunas características generales respecto a arreglos de paneles solares:

*Eficiencia:* los paneles solares están diseñados para convertir eficientemente la energía solar en electricidad. La eficiencia se refiere a la cantidad de energía solar que se puede convertir en electricidad.

*Durabilidad:* los paneles solares están diseñados para soportar condiciones climáticas adversas como lluvia, viento y granizo, suelen estar fabricados con materiales duraderos que resistirán el paso del tiempo.

*Vida útil de los paneles solares:* tienen una vida útil prolongada, normalmente al menos 25 años, esto permite inversiones a largo plazo en la producción de energía limpia y renovable.

*Mantenimiento:* los paneles solares requieren poco mantenimiento durante su vida útil, se debe limpiar periódicamente para garantizar que la superficie esté libre de suciedad y polvo que puedan afectar su eficacia.

*Instalación:* los paneles solares se pueden instalar en una variedad de ubicaciones, incluidos techos de edificios, espacios abiertos y estructuras independientes. Se puede adaptar a las necesidades de diferentes espacios y ubicaciones.

*Sostenibilidad:* la energía solar es una fuente de generación renovable y limpia cuyo uso no contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero ni al agotamiento de los recursos naturales.

*Escalabilidad:* Los sistemas solares son escalables, esto significa que puede aumentar o disminuir la cantidad de paneles solares dependiendo de las necesidades energéticas de su hogar o negocio.

### **2.3.2. Tipos de paneles**

*Células de silicio amorfo:* los aportes de Pareja (2010) la función principal de esta célula de silicio es la capacidad de funcionar con menos luz por ende mantiene un costo más bajo, también tiene un grosor más fino que las células mono cristalinas, lo contrario esta su baja eficiencia de conversión a otros tipos del mismo y su alta degradación que limita el tiempo de vida útil.

*Células policristalinas:* es un poco más económica comparada con la monocristalina, pero su rendimiento es más bajo se puede cortar de forma cuadrada que a su vez resulta ventajosa frente a la célula cristalina.




*Células monocristalinas:* se muestran con un rendimiento más altos, son más caros y presenta una bajada acusada al rendimiento con temperatura alta, a estas células de le deben dar un mantenimiento exhaustivo., por este motivo no se va a elegir este modelo de célula.



**Figura 10.** Tipos de paneles según variedad de célula.

**Fuente:** (E&RSOLAR, 2020).

**Tabla 1.** Diferencia de los paneles según su tecnología de fabricación

Células	silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento Directo	Fabricación
	Monocristalino	24%	15%-18%	Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	Igual que el del monocristalino pero se disminuye el número de fases de la cristalización.
	Amorfo	16%	<10%	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

**Fuente:** (Soliz & Pineda, 2015).

## 2.4. Acumulación de energía

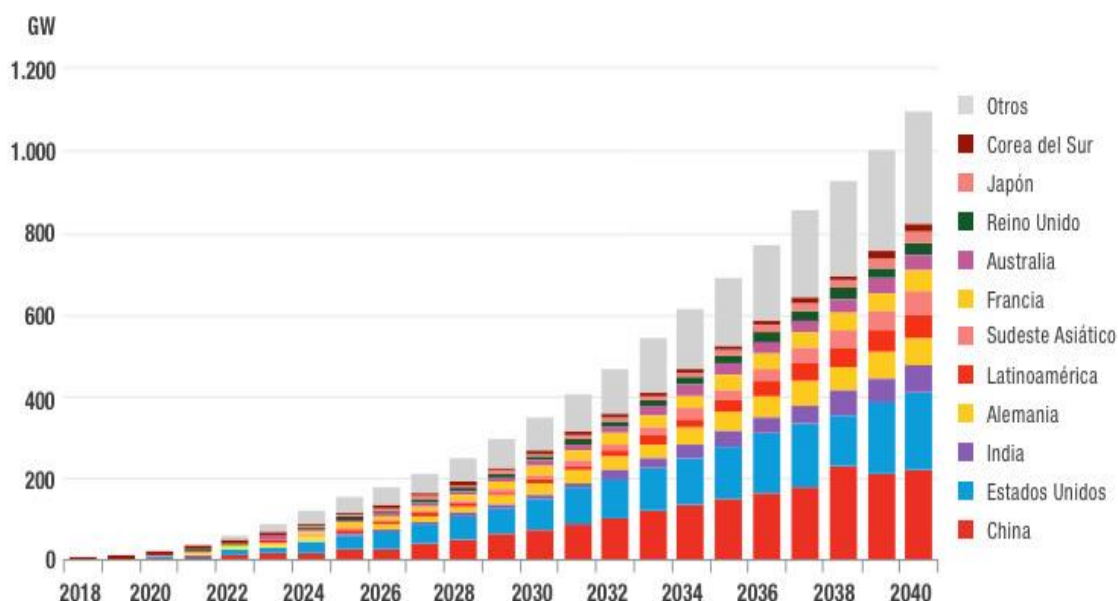
El almacenamiento eficiente de energía es esencial para la transición energética, ya que permite la producción de energía renovable para satisfacer las necesidades de suministro de energía, esto significa garantizar un suministro continuo incluso cuando hay poca luz solar debido al mal tiempo, este tipo de almacenamiento, conocido como autonomía de respaldo, está diseñado para proporcionar energía durante un período de tiempo (Morales & Gómez, 2022).

Mejorar el almacenamiento de energía eléctrica es importante en un mundo que está pasando de la energía de combustibles fósiles a fuentes de energía renovables como la eólica y la solar. Esta mejora nos permitirá apoyar mejor las tecnologías de energía renovable, equilibrando el sistema de red y optimizando el uso de la energía verde producida. El almacenamiento eficiente de energía eléctrica juega un papel fundamental en la integración exitosa de las fuentes de energía renovables en el sistema energético global (Morales & Gómez, 2022).

El desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas de almacenamiento de energía son cruciales para superar los desafíos asociados con la intermitencia de las fuentes de energía renovable. Estas tecnologías permiten guardar la energía excesiva producida durante períodos de alta generación, para luego liberarla cuando la demanda es alta o las condiciones climáticas no son favorables para la generación renovable. De esta manera, se maximiza la utilización de energía limpia y se minimiza la dependencia de las fuentes de energía convencionales, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al impulso de un sistema energético más sostenible y resiliente (Morales & Gómez, 2022).



## INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO ACUMULATIVO DE ENERGÍA EN TODO EL MUNDO



**Figura 11.** Instalaciones de almacenamiento acumulativo de energía en todo el mundo.

**Fuente:** (BloombergNEF, 2019).

Según las previsiones de BNEF, se espera que la demanda total de baterías en el ámbito del almacenamiento estacionario y el transporte eléctrico alcance los 4.584 GWh en 2040, esto no sólo acelera la transición energética, sino que también presenta enormes oportunidades para los fabricantes de baterías y las empresas que extraen componentes como el litio, el cobalto y el níquel (Ruiz, 2023).

### 2.4.1. Tipos de baterías

En el sistema de Riego de la Empresa se va a utilizar la batería AGM o Gel ya que esta batería es el más conveniente si se espera realizar un consumo diario y una vida útil larga (Alvarado, 2016; Ulloa & Rodríguez, 2012).

- Monoblock: Este tipo de batería sirve para instalaciones cortas, con una relación

calidad- precio equilibrada. Es una excelente elección para instalaciones aisladas con cargas pequeñas y esporádicas (Cepeda, Garzón, Guasumba & Oramas, 2022).

- Baterías AGM o Gel: No necesitan mantenimiento. aunque tienen un menor ciclos que otros tipos, por lo que no son las más adecuadas si se va a efectuar el consumo diario y se espera una larga vida útil (Cepeda, Garzón, Guasumba & Oramas, 2022).
- Baterías estacionarias: Son las baterías que exhiben una vida útil más larga y a la vez exigen un mantenimiento pequeño, por lo cual son perfectas para instalaciones en las que se realiza un consumo diario durante un largo tiempo. Están agrupadas por acumulación de vasos, normalmente de 2V cada uno (Cepeda, Garzón, Guasumba & Oramas, 2022).
- Baterías de litio: Esta batería cubre menos espacio que las otras y no necesita de mucho mantenimiento. Su tiempo de carga es más veloz, y se puede efectuar descargas totales sin que exista algún daño en la batería. La dificultad de esta batería es que mantiene un costo elevado (Cepeda, Garzón, Guasumba & Oramas, 2022).

## **2.5. La energía fotovoltaica en Ecuador**

Las diferentes condiciones climáticas del país han puesto énfasis en nuevas investigaciones sobre energías renovables que reduzcan las emisiones de CO<sub>2</sub> y sean respetuosas con el medio ambiente. En Ecuador se están desarrollando proyectos de energía solar fuera de la red, incluido el primer sistema de energía solar a gran escala en la provincia norteña de Imbabura, con una potencia de 998 kW, que aporta beneficios a los hogares. La empresa también planea construir un segundo sistema de energía solar en Bolívar, departamento de Carchi, el sistema forma parte de un grupo de sistemas fotovoltaicos aprobados para su

construcción por el Consejo Nacional de Electrificación (Inca, Cabrera, Villata, Bautista, & Cabrera, 2023).

Sus inicios fueron en el año 1982, cuando fue aprobada la Ley de fomento de energías no convencionales el gobierno en turno puso al frente a científicos para investigar la energía fotovoltaica donde se crea en el consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) en 1990. En el año 2000 fue aprobada la regulación que establecía el pago de \$0.52 por kWh de energía fotovoltaica que se generara, nunca existió algún respaldo de esta regulación y como consecuencia el gobierno de turno no cubrió los rubros de producción a las empresas de servicio público y por ende no se saldaron cuentas con los productores (Inca, Cabrera, Villata, Bautista, & Cabrera, 2023).

En el año 2003 pequeñas empresas solares realizaron instalaciones de sistema fotovoltaico aislados en varias comunidades y zonas rurales. En 2007 fue creado el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), su función principal es implantar sistema fotovoltaico aislado para zonas de la amazonia. (MEER, 2016)

## **2.6. El sol como fuente de energía y de radiación**

Las reacciones de fusión nuclear en el núcleo solar transforman aproximadamente 4 millones de toneladas de materia incandescente en energía cada segundo, parte de esta energía es capturada por la Tierra y la cantidad de radiación que llega a la superficie de la Tierra se utiliza como indicador de la radiación solar recibida. Esta radiación solar capturada es nuestra principal fuente de energía renovable, y se estima que la Tierra recibe aproximadamente  $5,4 \times 10^{24}$  ules de energía solar al año, lo que representa una parte de nuestro consumo total de energía, eso es más de 4.500 veces más (Gonzales, 2020).

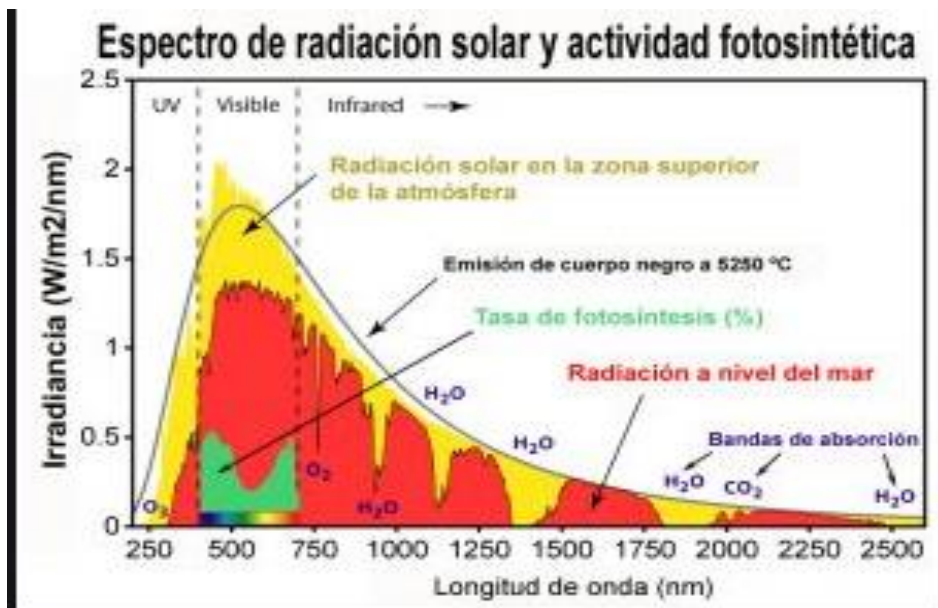
La Tierra absorbe la radiación electromagnética del Sol y la libera al espacio en forma de calor, manteniendo el equilibrio térmico. Aprovechar la energía solar implica convertirla en una forma útil para la humanidad, sin embargo, este uso no alterará significativamente el equilibrio energético global, ya que las actividades humanas o los procesos naturales sólo introducirán un retraso en el proceso de reemisión al espacio (Gonzales, 2020).

La radiación solar llega a la superficie terrestre de dos formas diferentes, una es la radiación directa, que incide directamente sobre los objetos iluminados por el sol, y la otra es la radiación difusa, que se refleja en el aire y el polvo de la atmósfera, aunque la radiación directa se puede utilizar de forma directa, las células solares se encargan de aprovechar la radiación difusa (Garnacho, Vallejo, & Moreno, 2020).

El término "radiación solar" generalmente se refiere al valor de la radiación solar, o la cantidad de energía absorbida por unidad de área durante un período de tiempo determinado, estos valores suelen incluir tanto la radiación directa del disco solar como la radiación difusa dispersada por la atmósfera. La proporción de radiación directa y difusa varía según el clima y, en días nublados, puede predominar la radiación difusa (Ambientum, 2020).

### **2.6.1. Horas de Sol Pico (H.S.P.)**

Se determina como el número de horas diarias con una irradiación asumida de 1000 W/m<sup>2</sup> que a su vez sumen la misma irradiación total que la original del día. Cuando pronostican en la ciudad con el verano mensual de mayor intensidad en el mes de julio una hora pico solar de 7, hace referencia a la energía solar aquel mes genera aproximadamente 7000 Wh/m<sup>2</sup> diarios, aunque se pronostique que habrá más de 10 horas de sol, durante todo el día producirá en total 7000 Wh/m<sup>2</sup>.



**Figura 12.** Espectro de radiación solar y actividad fotosintética.

**Fuente:** (Naturalmenteciencias, 2022).

Se puede observar en la Figura 12 que la unidad de medida de la irradiación es en  $kWh/m^2$  siendo parecida de manera numérica a las H.S.P. Esto es importante, ya que en conjunto con el factor de pérdidas sirve de coadyuvante para estimar las potencias generadas por los paneles solares. (Valdiviezo, 2014)

## 2.7. Automatización de procesos

Se establece como el estudio de procedimientos con el fin de reemplazar operadores humanos por un operador artificial al momento de ejecutar tareas programadas. En otras palabras, es un sistema de fabricación diseñado para emplear la capacidad de las máquinas sin intervención humana.

### **2.7.1. Beneficios de la automatización de procesos**

La automatización de procesos aporta importantes beneficios económicos a las empresas al reducir los costes operativos hasta en un 90%, esta reducción incluye no sólo los costos directos asociados con la realización de la tarea, sino también reducciones de costos operativos a largo plazo. Eliminar la intervención humana en procesos repetitivos y tediosos reduce los errores, optimiza la utilización de recursos y ahorra tiempo y dinero. Esta reducción de los costos operativos libera fondos que pueden reinvertirse en áreas estratégicas de la organización o utilizarse para impulsar el crecimiento y la innovación (Begnini, Lecaro, & Shauri, 2022).

Por consiguiente, la automatización no sólo aumenta la eficiencia, sino que también fomenta un ambiente de trabajo más satisfactorio y estimulante al permitir que los empleados se concentren en actividades de mayor valor agregado, como resolución de problemas complejos y creatividad. En última instancia, al optimizar la capacidad de respuesta de una empresa a las demandas del mercado y las necesidades de los clientes, la automatización no sólo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la competitividad y la rentabilidad a largo plazo de una empresa (Begnini, Lecaro & Shauri, 2022).

- Permitir mejoras
- Minimizar tiempo y esfuerzo
- Disminuir costos
- Reducción de errores humanos
- Crear trazabilidad

## 2.8. Controlador lógico programable

Se empleó un logo mini PLC para monitorear el encendido y apagado de la bomba en los horarios programados. Un Mini PLC es un dispositivo digital que mantiene una memoria programable, con funciones específicas y determinadas de sentido lógico, su propósito principal es monitorear máquinas y procesos, para luego realizar ejecuciones cíclicas y puede estar en suspenso para hacer otras tareas. Estos controladores se utilizan en las industrias porque las decisiones se pueden tomar rápidamente. (Berríos, 2023)



**Figura 13.** LogoV1 8.3 -PLC, Marca siemens 4 entrada y salidas.

**Fuente:** (Siemens, 2017).

### 2.8.1. Ventaja del uso de un PLC

La principal ventaja de utilizar PLC en un proyecto es reducir el tiempo de ejecución.

- No es necesario graficar un plan de contacto.
- No se necesita minimizar las ecuaciones lógicas, porque el dispositivo puede mantener una gran capacidad de almacenamiento.

- Se realiza modificaciones si es necesario.
- Reducción de costos (mano de obra) (Romeral, 2016).

## **2.9. Indicadores de presión**

Los sensores de presión, también conocidos como transductores de presión, desempeñan un papel importante en una variedad de aplicaciones industriales, estos dispositivos son esenciales para convertir cantidades físicas de presión o fuerza calculadas por unidad de área en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por dispositivos de automatización y sistemas de adquisición de datos estándar. La versatilidad de los sensores de presión se refleja en su capacidad para cubrir un rango de medición muy extenso, desde milésimas de bar hasta varios miles de bares, este rango de medición diferente permite su uso en una variedad de entornos y procesos industriales, desde aplicaciones de baja presión como monitoreo de gases en entornos médicos, aplicaciones de alta presión, industria petrolera, exploración marina, entre otros (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

Las diferentes tecnologías disponibles para la fabricación de transductores de presión permiten adaptarlos a los requisitos específicos de cada aplicación en términos de precisión, protección y resistencia ambiental. Estas tecnologías van desde sensores de película metálica tradicionales hasta sensores piezoeléctricos y de película delgada de última generación. El mercado de sensores de presión tiene una amplia gama de opciones, lo que permite a la industria elegir el mejor dispositivo para satisfacer sus necesidades de medición de presión con precisión y confiabilidad (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

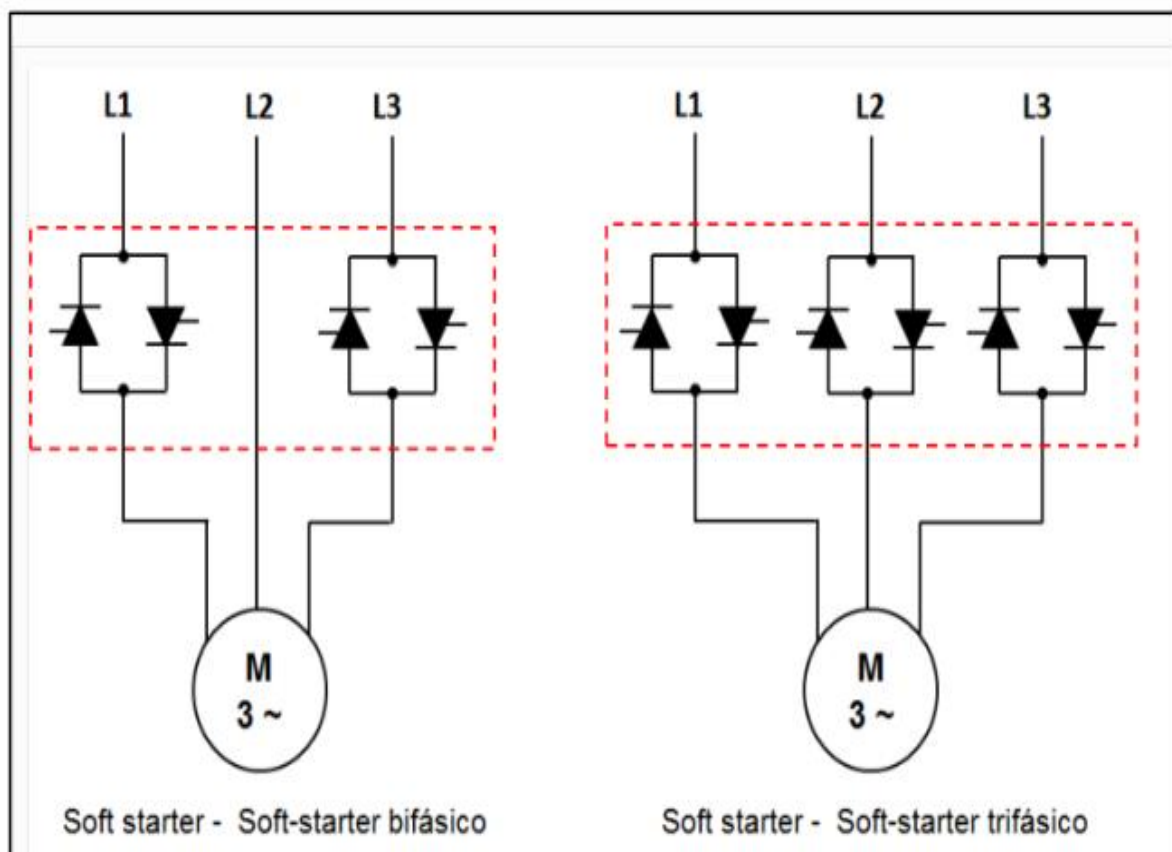
## **2.10. Arrancador suave**

Los avances en la tecnología electrónica han hecho posible el desarrollo de arrancadores electrónicos (arrancadores suaves), al reducir el voltaje, estos arrancadores también reducen la



corriente y el torque del rotor bloqueado. Un arrancador suave puede ralentizar la máquina e incluso provocar que se detenga. El dispositivo utiliza una configuración de dos tiristores conectados en antiparalelo (espalda con espalda) y controla el ángulo de cada ciclo controlando 33 ángulos a través de PWM (modulación de ancho de pulso) durante la configuración de cada par de tiristores de control, interruptor de estado sólido que se enciende en algunas partes.

La aceleración y desaceleración están controladas por voltajes variables a los terminales del motor el diagrama de circuito básico de un arrancador suave se muestra en la Figura 14. Como afirma Valdiviezo (2014), la tensión alcanza su valor máximo al final de la fase de iniciación tras una suave aceleración o rampa (normalmente de duración regulable) en lugar de un aumento o pico brusco igual que el método de inicio convencional.



**Figura 14.** Arrancador trifásico suave

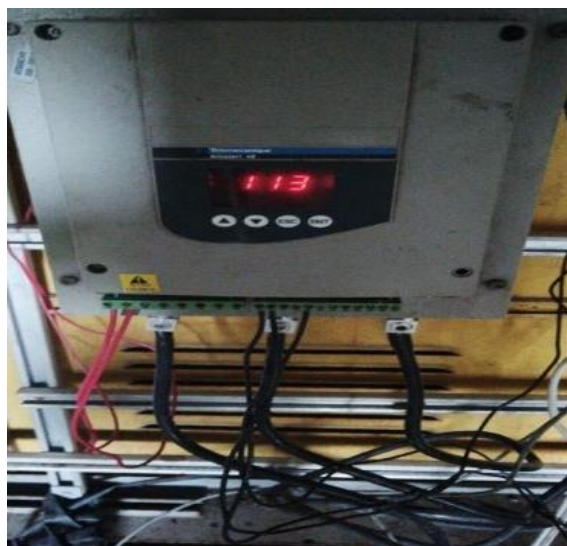
**Fuente:** (LearnchannelTV, 2020)

### *Ventajas de los arrancadores suaves*

Se trata de arrancadores reductores de última generación que ofrecen un control superior de la corriente y el par, esto incluye elementos avanzados de protección del motor e interfaces de comunicación del operador.

Las ventajas más destacables que ofrecen este tipo de arrancadores son:

- Control fácil y flexible de la corriente y el par de arranque.
- Regulación suave de corriente y tensión sin saltos ni transiciones.
- Adecuado para arranques frecuentes.
- Adecuado para condiciones de arranque que cambian fácilmente.
- Control de parada suave que prolonga el tiempo de desaceleración del motor.
- Control de freno que acorta el tiempo de desaceleración del motor.
- Minimizar la tensión en cargas, motores y cables.
- Mucho más pequeño y compacto (Valdiviezo, 2014).



**Figura 15.** Arrancador suave

**Fuente:** Propia

### 2.11. Electroválvulas

Una electroválvula es un dispositivo que regula el flujo de fluidos a través de conductos o tuberías. Su funcionamiento se basa en una bobina solenoide que permite mover la válvula entre dos posiciones principales: abierta y cerrada. Las electroválvulas, por su parte, son utilizadas en diversas aplicaciones para controlar el flujo, la electroválvula Danfoss como la opción para controlar el flujo de agua hacia los cultivos. Esta electroválvula específica garantiza un control preciso y eficiente del flujo de agua, lo que resulta fundamental para asegurar el riego adecuado de los cultivos (SIRAI, 2020).



**Figura 16.** Válvula de 9 pulgada.

**Fuente:** (San Biritute S.A, 2023).

### 2.12. Temporizador semanal

Los programadores de horario, son interruptores que hacen el encendido y apagado de cargas eléctricas a determinadas horas cada día o semana, y repite el ciclo durante las semanas

siguientes, esta aplicación se utiliza en hornos, refrigeración y descongelación, confort ambiental, sistemas de alarma, iluminación, piscinas, riego, secadores, acuarios, entre otros.



**Figura 17.** Temporizador semanal

**Fuente:** San Biritute S.A.

### **2.13. LOGO Web Editor**

Es un software que da paso a creación y edición de manera fácil de logotipos y gráficos para usar en sitios web y aplicaciones en línea con una interfaz intuitiva y fácil de usar, este programa permite a los usuarios diseñar logotipos personalizados de rápida y sencilla sin tener conocimientos previos de diseño gráfico. Ofrece una variedad de herramientas y funciones, incluidas opciones de dibujo y formas listas para usar, selección de colores y fuentes, y la capacidad de importar e integrar imágenes y elementos gráficos externos en sus diseños (SIEMENS, 2010).

Adicional, Logo Web Editor ofrece funciones de edición avanzadas, como capas y efectos especiales, que permiten a los usuarios crear logotipos profesionales y atractivos. El enfoque del programa en la facilidad de uso y la versatilidad lo convierte en una herramienta invaluable para emprendedores, diseñadores web y cualquiera que busque crear una identidad visual única y memorable para sus proyectos en línea (SIEMENS, 2010).

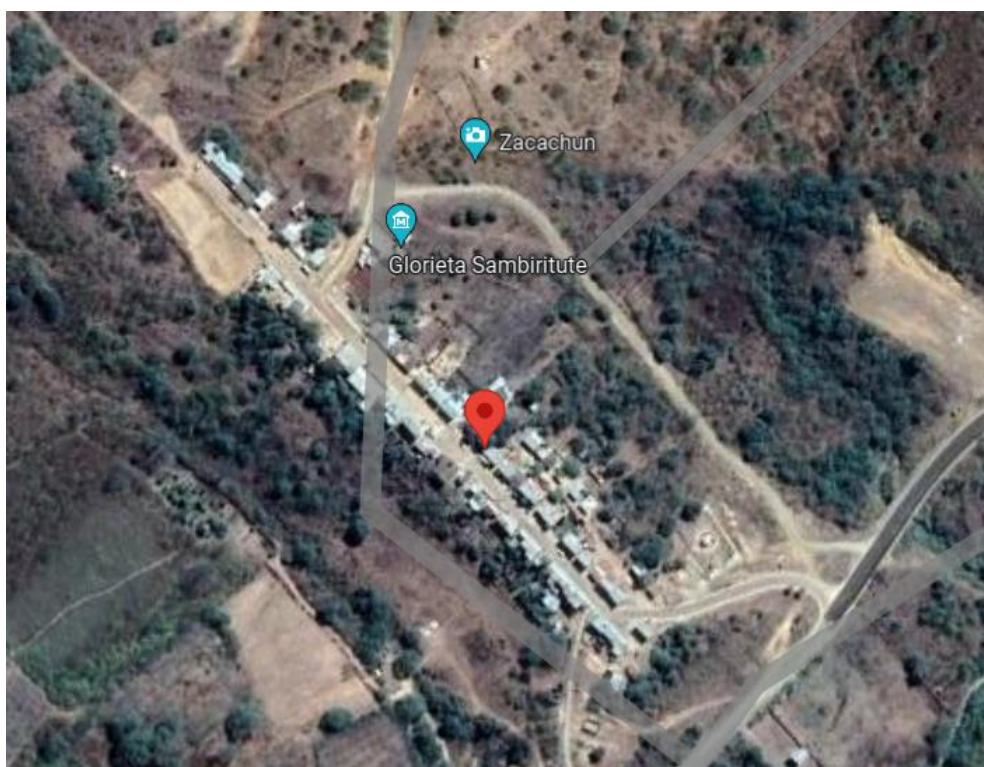
## CAPÍTULO III

### DESARROLLO

#### 3.1. Ubicación del área experimental

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la empresa San Biritute S.A., ubicada en la provincia de Santa Elena:

<b>Cantón:</b>	Santa Elena
<b>Parroquia:</b>	Chanduy
<b>Área:</b>	700 hectáreas
<b>Longitud:</b>	-2.266122439230182
<b>Latitud:</b>	-80.43257832136203



**Figura 18.** San Biritute S.A. satelital

**Fuente:** Google Maps

### **3.2. Desarrollo de estudio técnico**

Mediante este proyecto cumpliendo con uno de los objetivos específico se plantea la automatización del sistema de riego por goteo superficial a través de un controlador programable con salida de (PLC – Logo) de manera semanal, y monitoreado por medio de pantallas (HMI) y así mejorar el sistema de riesgo actual que es operado por los trabajadores de la empresa de forma manual.

Además, con la propuesta se busca garantiza un sistema de riesgo confiable y eficaz aprovechando los puntos de conexión que están in situ en las 70 hectáreas que comprende la hacienda, divididas en cuatro módulos, y configurados con dos válvulas de control cada uno, cuya connotación es la adaptabilidad y automatización como parte del plan de mejoramiento y; así lograr también un eficiente método que trabaje conectado a la red de monitoreo diario, durante seis horas.

Los datos y características del proyecto se obtuvieron a partir de la información aportada por los técnicos agrícolas de la empresa y por la investigación realizada por los integrantes del proyecto, bajo “confianza y prudencia” para uso académico dentro del desarrollo de este trabajo se cuenta también con la autorización de los directivos de la compañía.

El objeto y alcance de configuración y marcha del sistema de automatización se divide en dos partes; el primero se enmarca en el diseño del sistema fotovoltaico, definida en la potencia de generación de kilovatios (KW) de energía solar, por tanto, la gestión del accionamiento se desarrolla por medio de las electroválvulas de riego de 10 pulgadas, estas electroválvulas son de 12 VCD y 28 W de potencias, que van aplicadas a un controlador semanal que tiene una programación de 8 horas diarias para el accionamiento de las electro

válvulas, igualmente este controlador tiene una potencia de 2 W a 12 VCD para su funcionamiento, a la par tiene incorporadas unas pilas internas que permiten siempre su programación de manera interrumpida, por ende, al tener la hora proyectada ayuda que se accionen las electros válvulas; este horario lo proporcionan los técnicos agrícolas de la empresa y el riesgo para la plantación está estipulado en 2 hora diarias cada 2 días. De esta manera, cada módulo fotovoltaico tendrá dos electroválvulas y 2 programadores que ayudarán al sistema de riesgo automatizado.

El segundo paso, tiene que ver con el encendido de la bomba, este opera desde el cuarto de bombeo del área experimental donde ahí energía eléctrica, en este sentido, el motor de la bomba es trifásico que tiene un arrancado suave para encendido, el motor es de 55 kW y el arrancador suave es 75 kW, este será controlado por un PLC - logo y monitoreado por “*Web Server*” que es una aplicación incluida en logo, donde se pondrá observar y monitorear desde la computadora en la casa principal que está ubicada a 3 km del cuarto de bomba. Este cuarto contiene una red *Ethernet* interna que se conecta por antenas a la casa principal; esto permite utilizar el “*Web Server*” y, adicional tendrá un sensor de presión para protección de las tuberías si alguna válvula no funciona por algún daño será fácil identificarlas. Adicional el sistema cuenta con un apartado de alarma que se activa por sobretensión, fallo en conformación de la bomba y por el nivel bajo del canal de agua estatal que sirve de suministro.

### **3.2.1. Métodos**

Durante el proceso de automatización del proyecto se desarrollan las siguientes etapas que permitirán un buen funcionamiento.

Para ello, se describe a continuación los pasos:

- Selección del microcontrolador por medio de sensores de entrada con pantallas de sistema de cómputo.
- Determinación de las ecuaciones de ajuste de válvulas y calibración de los sensores.
- Combinación de los códigos de programación con bomba trifásica.
- Control periódico y monitoreo del sistema de riesgo automatizado que se hace durante seis horas.
- Funcionamiento de plano electrónico.
- Control del sistema solar para conexión de energía a las válvulas.

### **3.3. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico**

Son una serie de datos que se conocen, y otros fácilmente se pueden conseguir, por el acercamiento y funciones relaciones laborales. Cuanto más ajustados estén a la realidad más exacto serán el dimensionado fotovoltaico, lo que permitirá mediante el proyecto elegir correctamente los paneles solares, baterías y demás componentes de la mejor manera posible para su utilización y aporte al sistema de riesgo.

Igualmente, primero para el diseño de sistema fotovoltaico se tiene una tabla de tiempo de encendido, desde la electroválvula, así se obtiene el registro del consumo diario de energía solar para el cálculo, tal cual se detalla a continuación.



**Tabla 2.** Consumo diario de energía fotovoltaica

Carga	Cantidad	Potencia por equipo	Voltaje del equipo (DC)	Horas de encendido diario	Consumo diario (wh/día)	Consumo Hora (wh/hora)
Electroválvula 1	1	28	12	2	56	28
Electroválvula 2	1	28	12	2	56	28
Controlador 1	1	2	12	2	4	2
Controlador 2	1	2	12	2	4	2
Total					120w	60w

Elaborado por: Ángel Jiménez.

A continuación, se detallan las fórmulas para el funcionamiento de los paneles solares:

Como los equipos son de 12 VDC, el sistema fotovoltaico será diseñado a 12 VDC, y como los equipos ya son a 12 VDC no necesita un inversor de energía (convierte energía de DC -a- AC).

Consumo diario Wh/día = 120 Wh/día x factor de protección (20%).

$$120 * 1.20 = 144 \text{ wh/día}$$

### Cálculos de Paneles Solares

Para calcular el módulo fotovoltaico se plantean las siguientes fórmulas:

Potencia fotovoltaica = consumo diario / hora solar mínima.

$$Pf = \frac{144}{4.119} = 34.95$$

Sitio <b>Sacachún (Ecuador)</b>						
Fuente de datos <b>Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%</b>						
	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m <sup>2</sup> /mes	kWh/m <sup>2</sup> /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	164.9	84.3	26.5	1.40	4.308	71.1
Febrero	141.4	78.4	26.5	1.11	4.119	76.3
Marzo	167.8	85.8	27.0	1.21	4.490	74.8
Abril	172.6	74.4	26.6	1.30	4.660	75.2
Mayo	160.5	75.0	26.3	1.60	4.715	72.5
Junio	136.7	71.8	24.7	2.20	4.538	74.1
Julio	127.9	75.0	24.3	2.50	4.372	72.3
Agosto	130.8	84.5	24.0	2.80	4.576	71.3
Septiembre	135.2	77.3	24.0	2.89	5.117	71.2
Octubre	123.2	78.5	24.3	2.79	4.766	70.8
Noviembre	132.9	77.3	24.5	2.69	4.877	69.9
Diciembre	164.6	84.5	26.3	2.30	5.067	65.5
<b>Año</b>	<b>1758.8</b>	<b>946.9</b>	<b>25.4</b>	<b>2.1</b>	<b>4.634</b>	<b>72.1</b>

Irradiación horizontal global variabilidad año a año **6.8%**

Con la potencia fotovoltaico se calcula cual es el número de panel solar que se necesita ya que se tiene paneles de 50 W.

Número de paneles = Potencia fotovoltaica/potencia del panel

$$NP = \frac{34.95}{50} = 0.699$$

$$NP = 1 \text{ Panel de } 50W$$

### ***Selección de Controlador***

Teniendo el voltaje del sistema que es de 12 VDC y se obtiene las potencias máximas, luego se hace un cálculo para ver la corriente máxima.

Corriente de carga = Consumo X hora / Voltaje del sistema.

$$CC = 60/12$$

$$CC = 5 \text{ AMP- hora}$$

Con esta corriente máxima se puede escoger un controlador adecuado con la carga que permite escoger un controlador PWM.

Controlador = PWM

Voltaje = 12/24 VDC

Corriente = 10

Max voltaje = 50V

Max potencia de salida = 130 W (12 V)

### ***3.3.1. Cálculo de Batería***

En este sentido, se necesita conocer el Amperaje-Hora / Día de Consumo.

Ah/día = Consumo diario / voltaje del sistema.

$$\text{Ah/día} = 144/12$$

$$\text{Ah/día} = 12 \text{ Amperios x día}$$

Días de autonomías = 2

Profundidad de descarga = 0.45

Batería en paralelo = 1

Ah/días = 12

La fórmula es:

Capacidad de batería = (Ah/días x día de autonomía / profundidad de descargar) / batería en paralelo

$$Cb = \frac{(12 * 2)}{\frac{0.45}{1}}$$

$$Cb = \frac{24}{0.45} = 53.33 \text{ ah}$$

**Nota:** en el mercado no existen este tipo de amperaje en baterías, por tal razón se busca en el mercado una que aproxime a esta capacidad que es de: Capacidad de batería = 55 Ah.

### 3.3.2. Sistema de Control de Lazo Abierto - (Arranque Bomba)

La forma en que funciona este sistema es que el proceso actúa solo sobre la señal de entrada y produce una señal de salida que depende de la señal inicial pero que resulta ser independiente de la señal de entrada, esto se traduce en que no hay retroalimentación al controlador para ajustar el control, por lo que la señal de salida no se reutiliza como señal de entrada al controlador (Valdiviezo, 2014).

**Ejemplo 1:** Tanque con manguera de jardín. Mientras el grifo esté abierto, el agua seguirá fluyendo, el grifo no se puede cerrar dependiendo del nivel de agua en el tanque, por lo que no es útil para procesos que requieran control de contenido o concentración.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Su sencillez y facilidad de su concepto
- No hay algo que asegure su estabilidad ante un fenómeno externo.
- No hay comparación entre entrada y salida.
- Ser afectados de manera significativa por los fenómenos externos siendo que estas pueden ser tangibles o intangibles.
- La calibración del sistema depende mucho para que este sea preciso.
- Flujo de funcionamiento de sistema automatizado (Valdiviezo, 2014).



**Figura 19.** Esquema base del sistema.

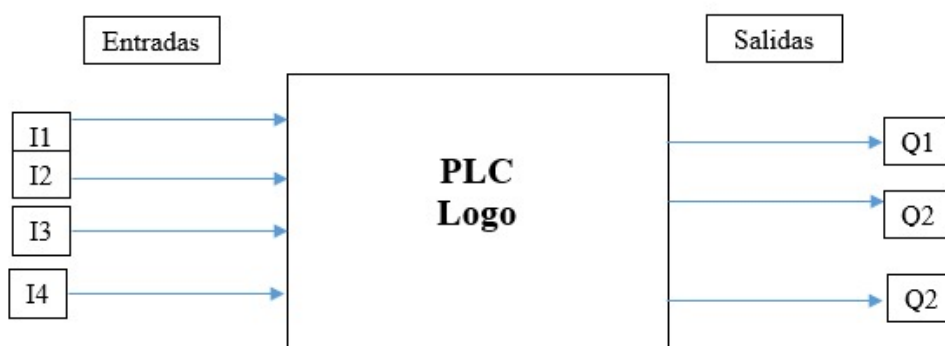
**Fuente:** Propia

La intervención del sistema se da mediante relés, este dispositivo es similar a un interruptor que permite el paso de corriente motor y bomba, con la ventaja que se puede operar por medio de un comando controlador, para encender la bomba se necesita una botonera mecánica con un circuito abierto.

Para el control del flujo del sistema se consideran las siguientes fases que ayudarán a determinar un buen funcionamiento de los enlaces tal cual se muestra en la imagen:

- Encendido y apagado de circuitos (Bomba-breaker)
- Encendido y apagado de circuitos (Válvulas)
- Medición de la presión en la red de las tuberías
- Medición del caudal repartidor a nivel de cabezal y válvulas.
- Monitoreo de salida del sistema de riesgo y volumen de agua disponible.

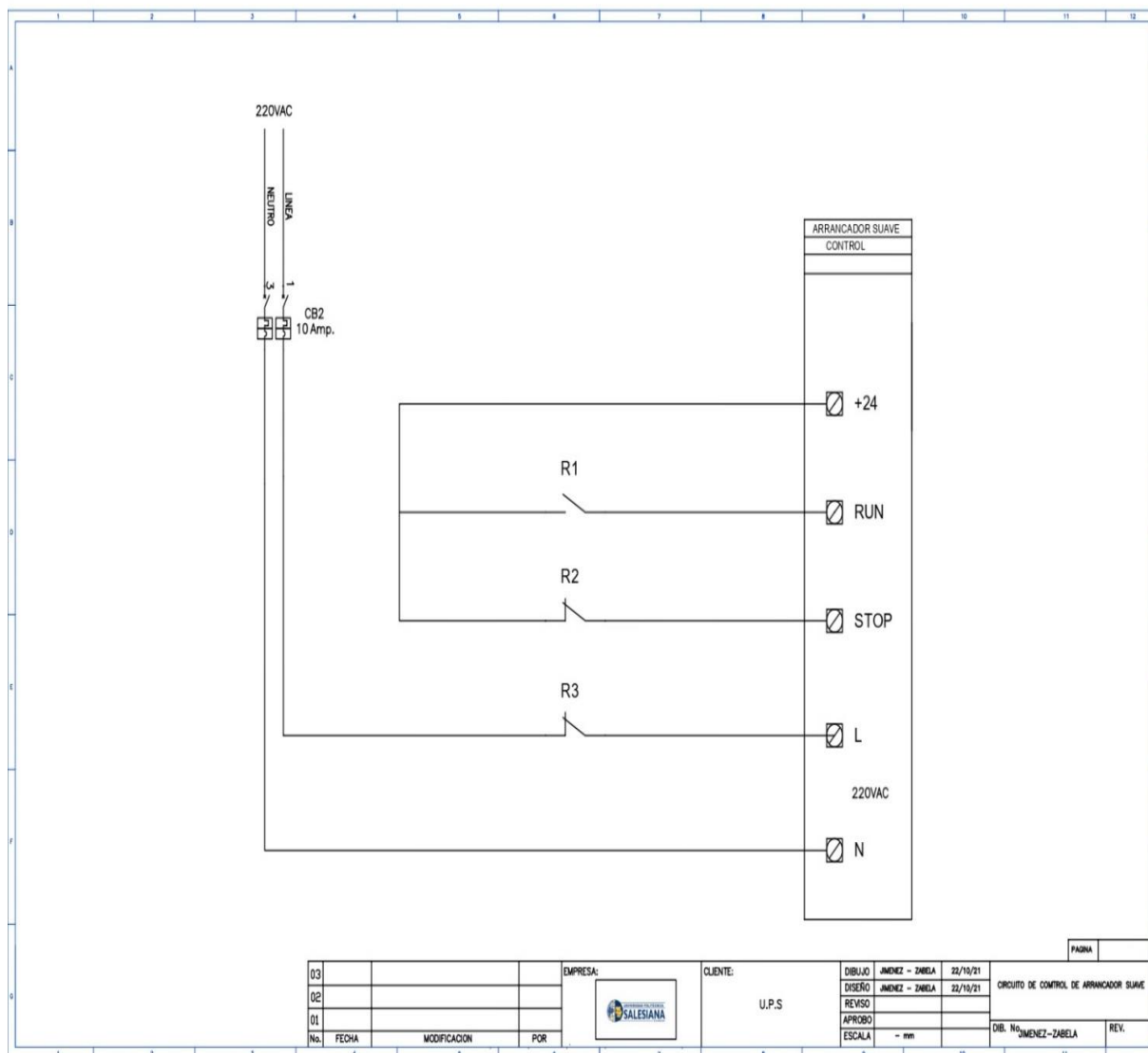
### 3.4. Diagramas o Planos de Instalaciones



**Figura 20.** Diagrama de entradas y salidas

**Fuente:** Propia

Este es un diagrama de bloque, donde indica la entrada y la salida que va a tener el PLC Logo, y de esta manera, poder tener más clara las variables de programación. El proceso a realizar es sumamente fácil.



**Figura 21.** Diagrama de control de arrancador suave

. Fuente: Propia

Los arrancadores de estado suave y los arrancadores sólidos se utilizan cuando se requiere un arranque suave y gradual, en tales casos, el voltaje aumentará gradualmente y comenzará. Los arrancadores suaves evitan interrupciones en la red eléctrica y picos de corriente, y también reducen la carga y el desgaste de motores y arrancadores.

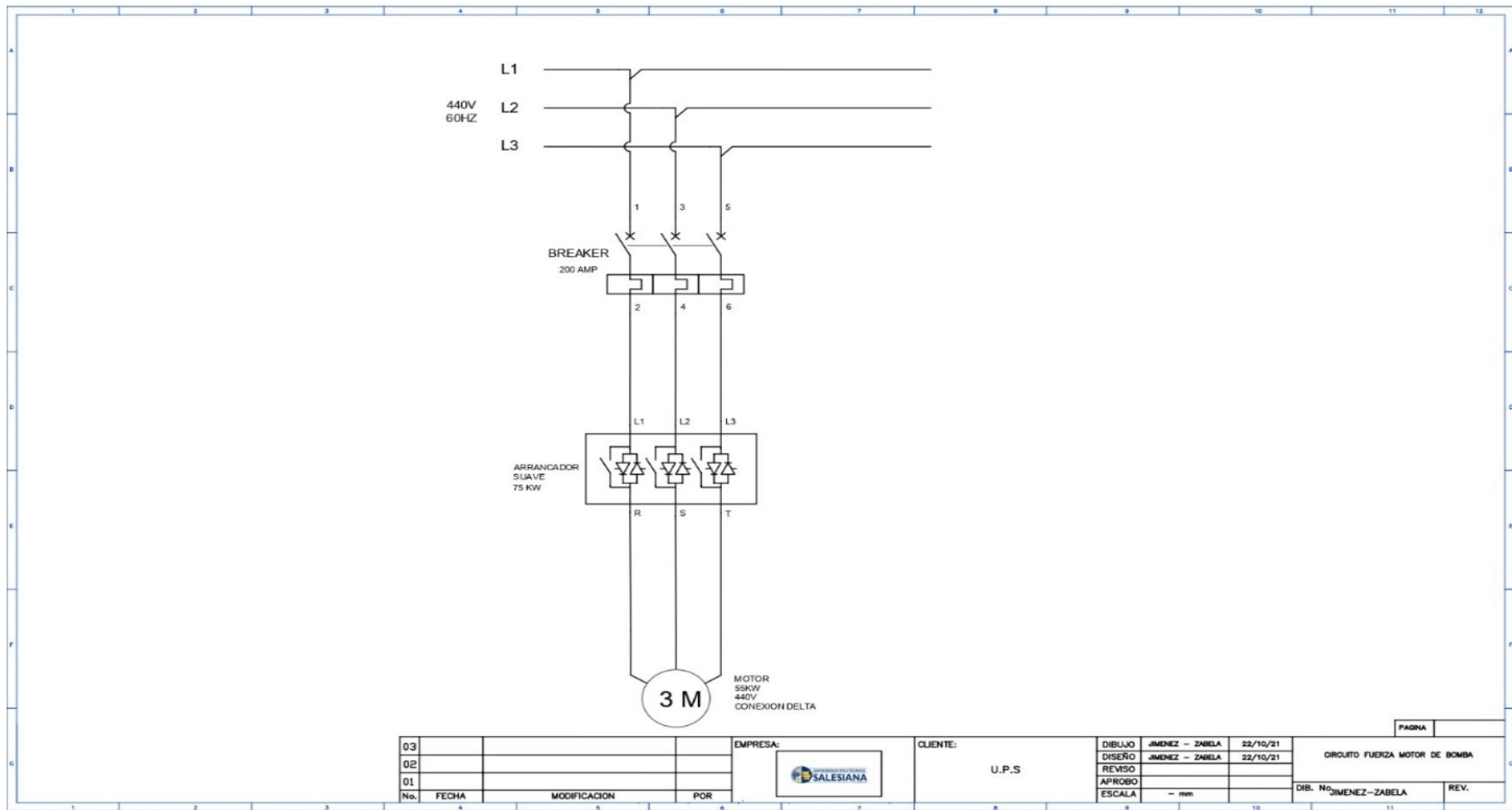
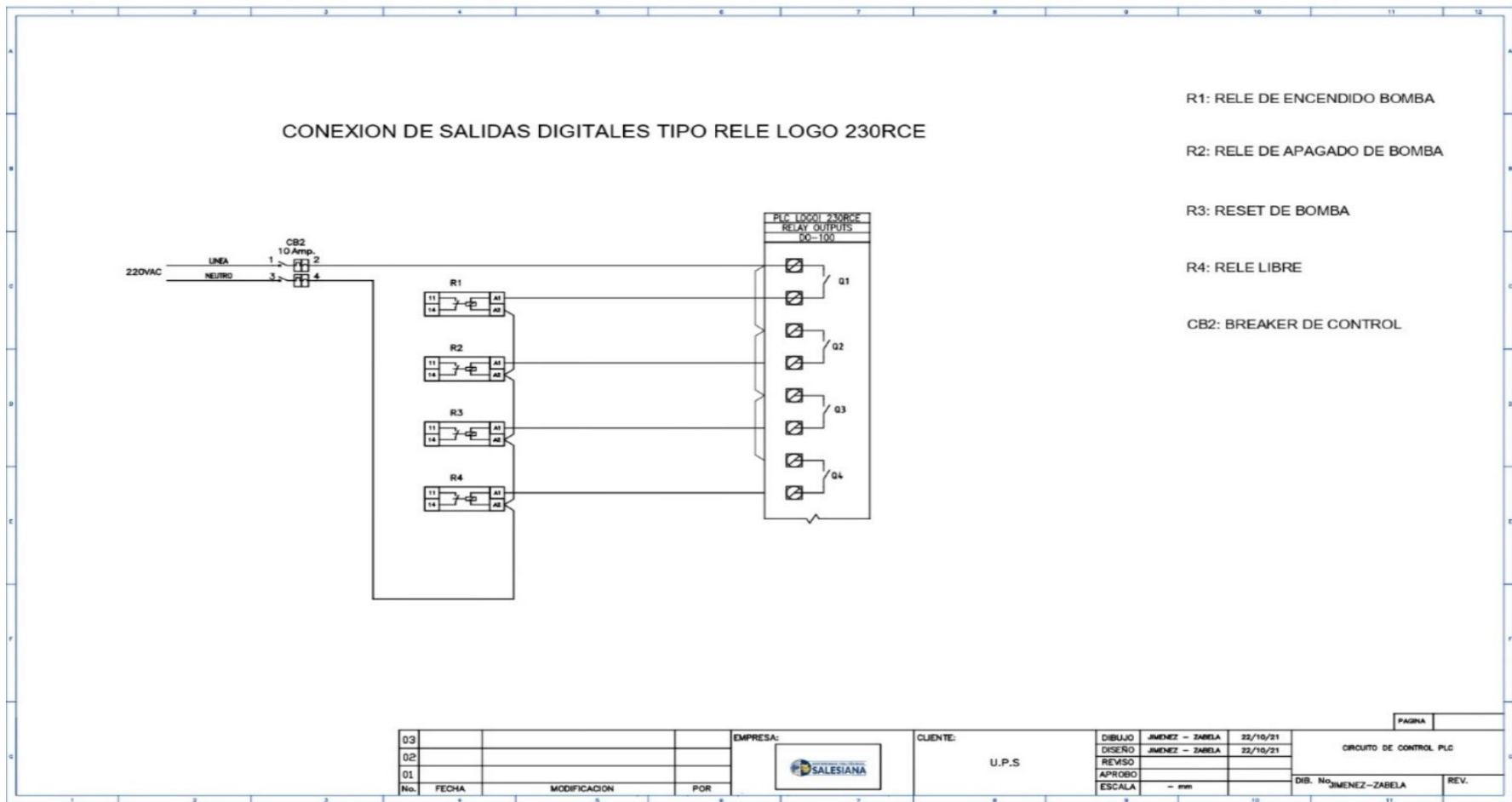
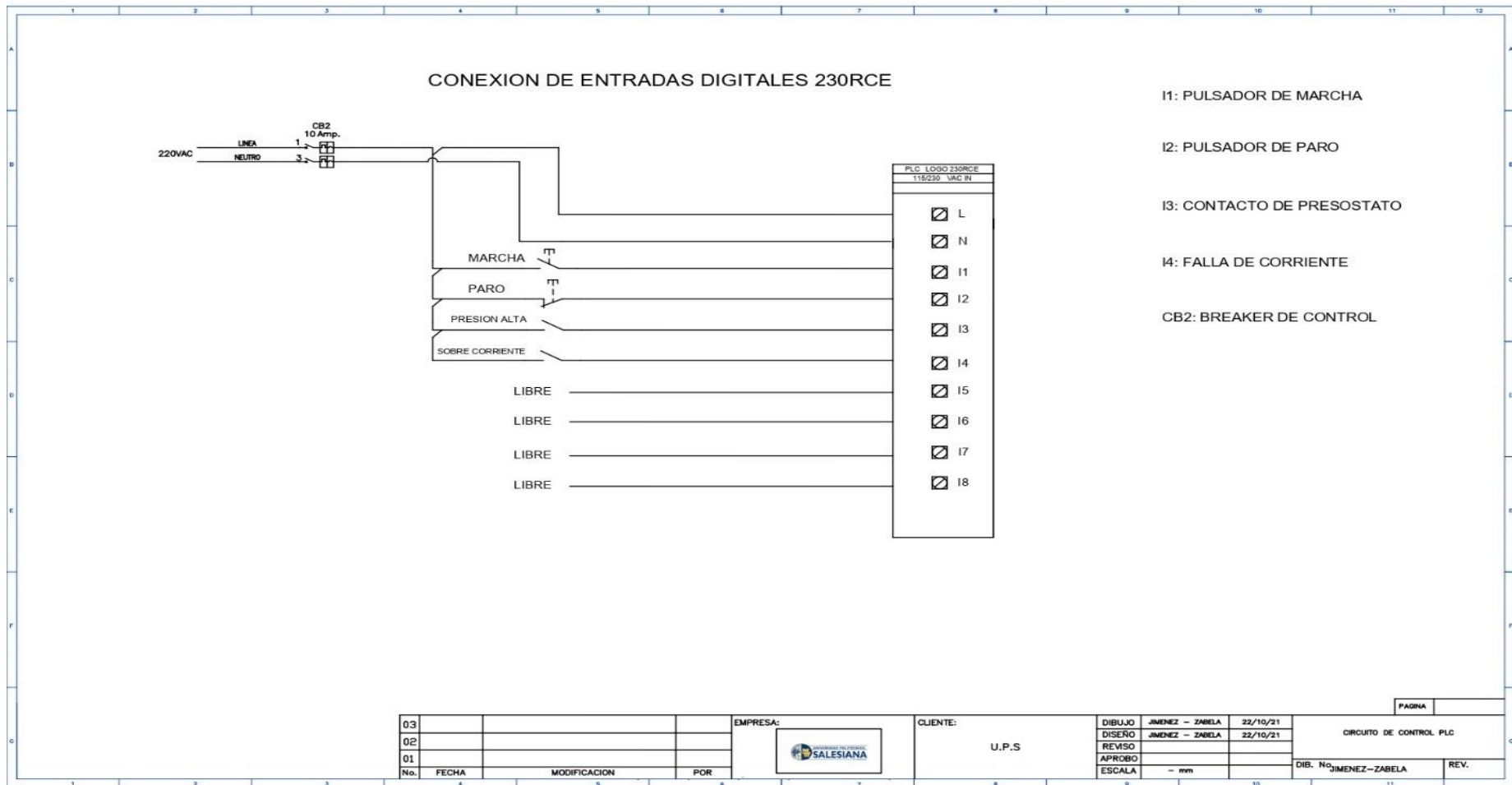


Figura 22. Diagrama de fuerza del arrancador suave para el encendido del motor de la bomba de agua. Fuente: Propia



**Figura 23.** Diagrama de salida de PLC Logo  
Fuente: Propia



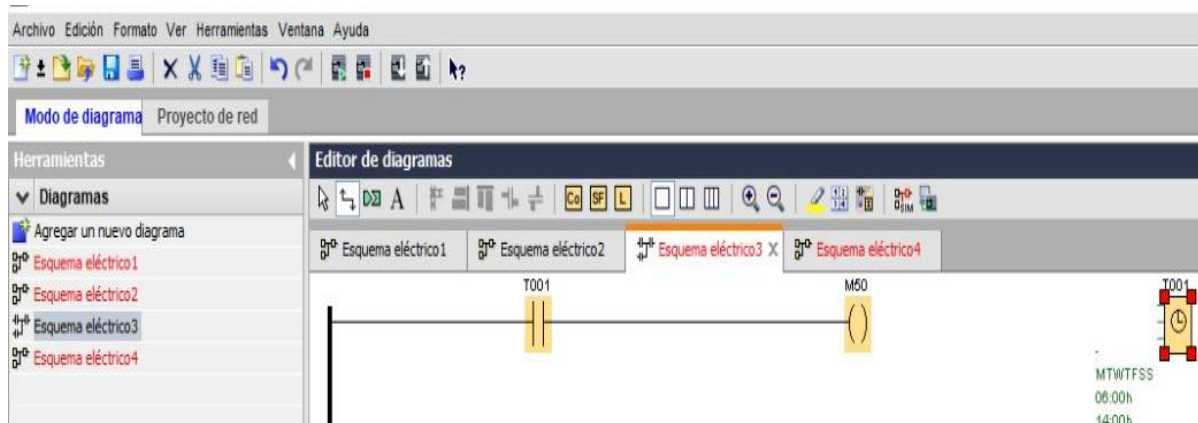


**Figura 24.** Diagrama de entrada de PLC Logo

**Fuente:** Propia

### 3.5. Monitoreo de pantallas de la propuesta

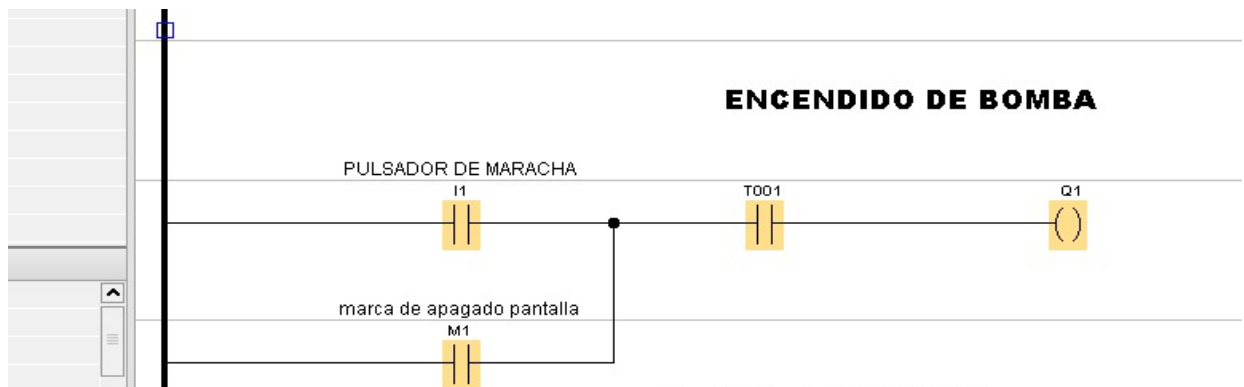
Para el monitoreo de la pantalla mediante el programa PLC Logo, esta programación sirve para modelar las señales que envía los sensores y a su vez reenviarlas al software. A continuación, se muestran los diagramas de bloques para cada una de las prácticas realizadas.



**Figura 25.** Esquema de temporizador semanal

**Fuente:** Propia

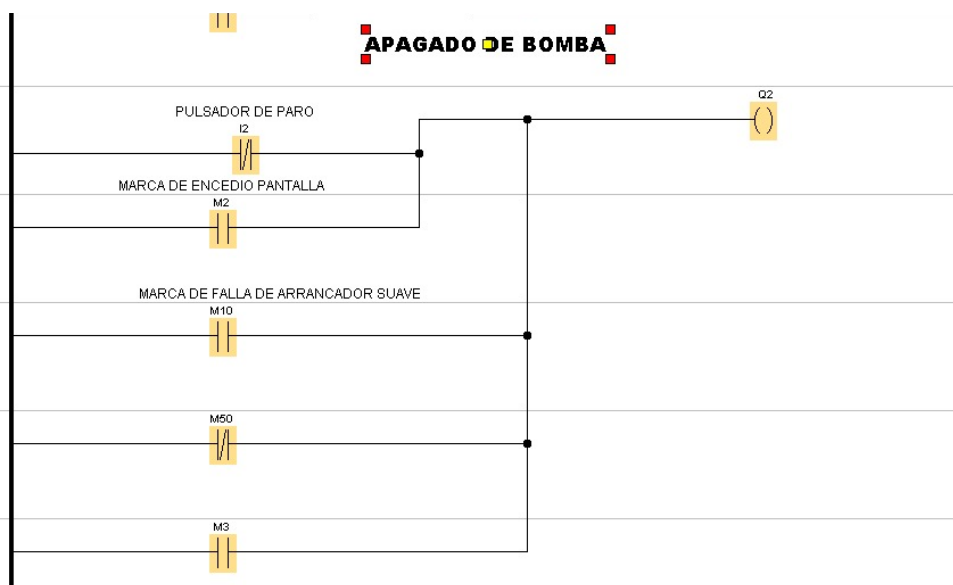
En la Figura 25 se encuentra plasmada la programación del PLC logo donde se ha programado un temporizador semanal, en el que se configura el horario establecido para que la bomba esté encendida y, así poder contralar que la bomba no este prendida en otros horarios no permitidos por la empresa, cuyo horario establecido es desde las 06:00 hasta las 14:00.



**Figura 26.** Programación de encendido de la bomba

**Fuente:** Propia

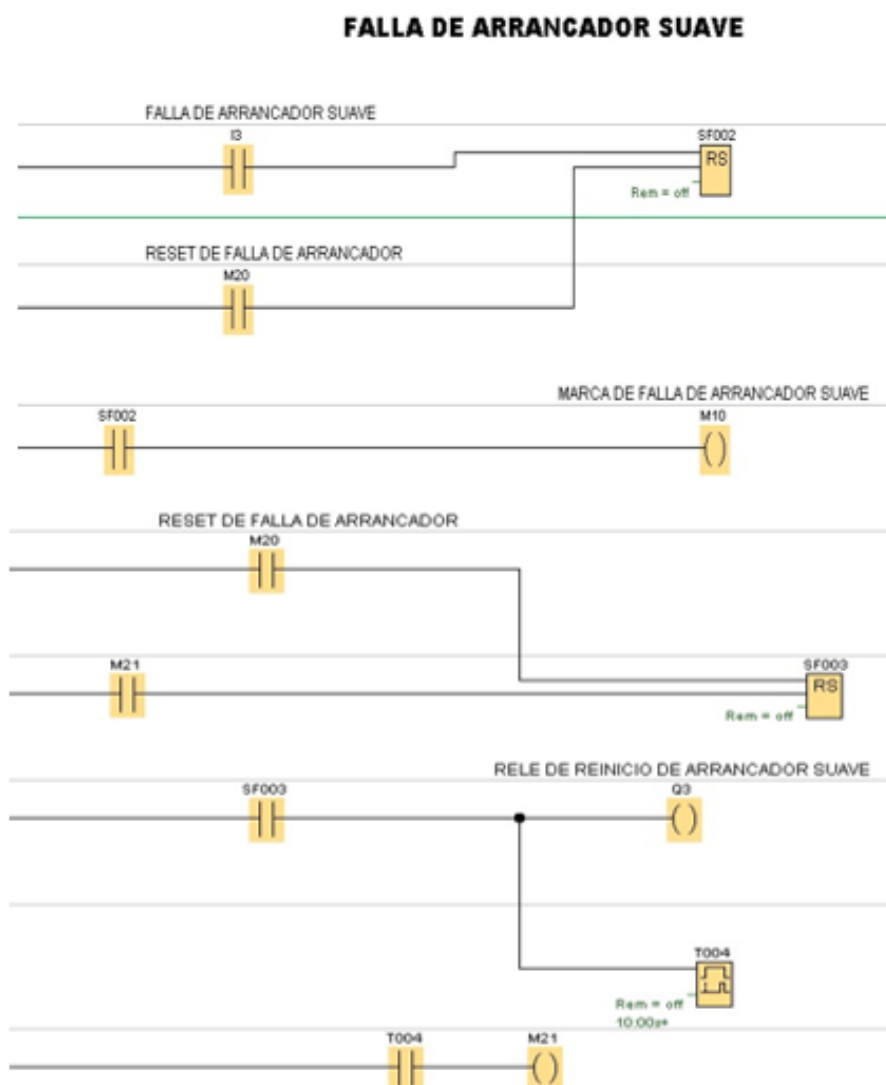
En la Figura 26 se muestra la línea de programación para el encendido de la bomba, en la que se puede encender de dos formas; la primera estando en el cuarto de bombas y, la segunda es con la pantalla que está ubicado en la casa principal de la hacienda. El I<sub>1</sub> es un pulsador abierto que se encuentra en el cuarto de bomba, M<sub>1</sub> es la marca, que en la pantalla muestra el botón de encendido, estos dos botones activarán Q1 que es la salida, que da el pulso para el arrancador suave por configuración que solo necesita un pulso para arrancar y un pulso para apagar.



**Figura 27.** Programación de apagado de la bomba

**Fuente:** Propia

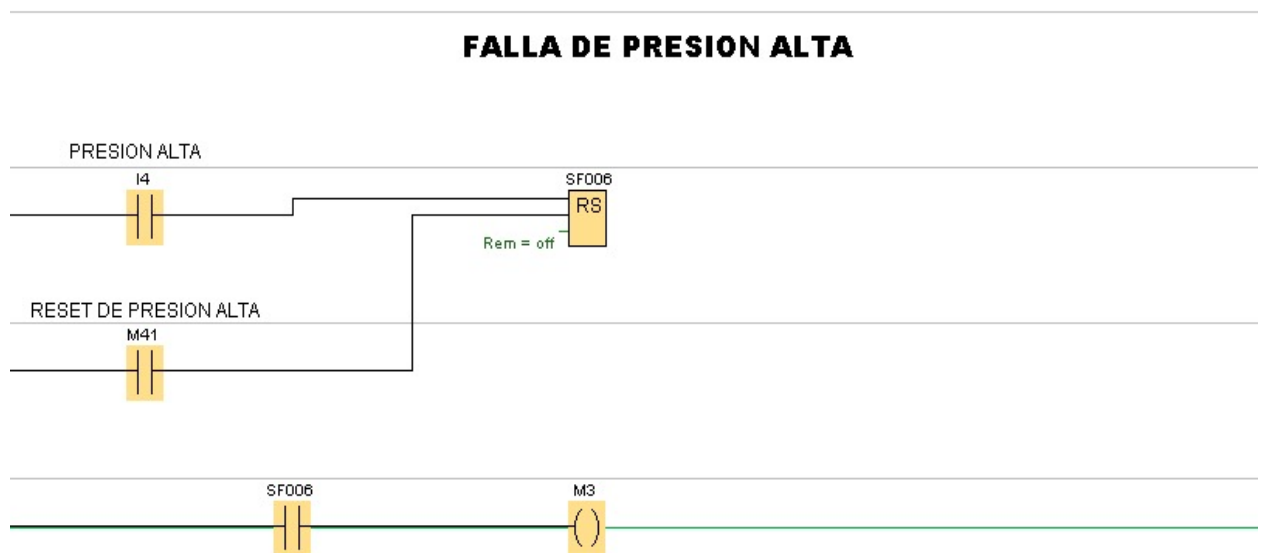
En la Figura 27 se observa el funcionamiento del apagado de la bomba por configuración del arrancador suave igual necesita un pulso para apagar, donde I2 es el pulsador cerrado que se encuentra en el cuarto de bomba, M2 es un pulsador de la pantalla, M10 es una falla si es que el arrancador bota alguna falla apagaría el arrancador automáticamente M3 es la falla por presión que apagaría el motor, M50 es la marca del horario lo que si no está en el horario permitido no dejará prender el arrancador suave. Todos estos contactos activarán Q2 que es la salida que apaga el arrancador suave.



**Figura 28.** Programación de la falla del arrancador suave

Fuente: Propia

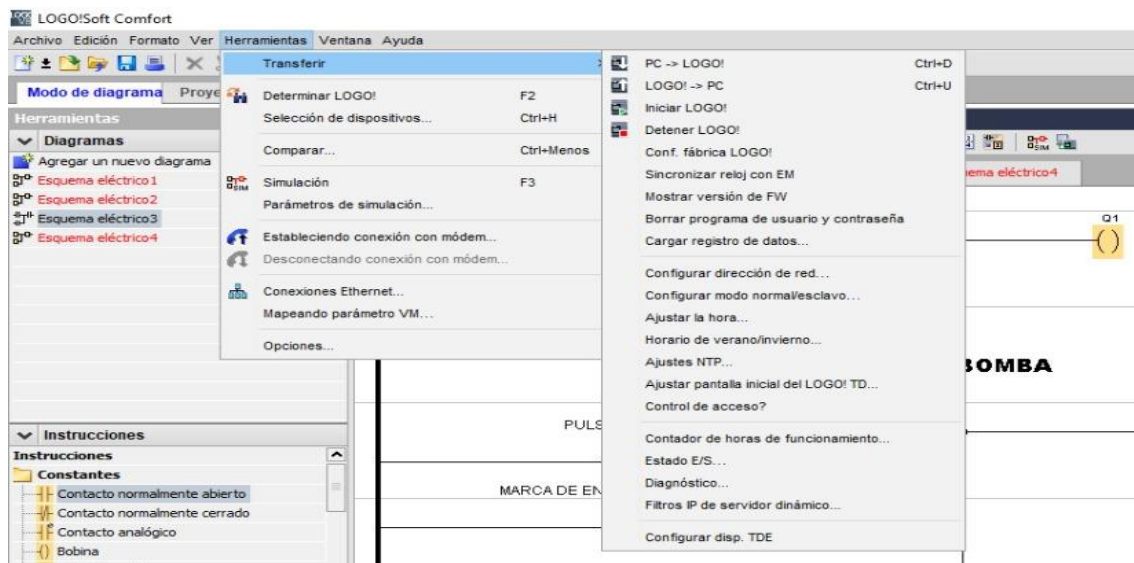
En la Figura 28 se muestra como procede la programación cuando el arrancador suave manda una falla, directamente se apaga el arrancador suave y no puede arrancar hasta revisar que pasó. I3 es la señal que envía el arrancador al PLC indicando fallas, la que se accionará el relevo autoenclavador SF002 (SET – RESET) este relé activará la marca M10, que no deja reactivar el arrancador suave. Con la falla verificada y para poder reiniciar se activará la marca M20 que es botón en la pantalla, este botón activará otro relé de autoenclavador SF003 este relé activará la salida Q3 que es el reinicio del arrancador suave, este se encenderá y el arrancador suave se apagará y después de 10 segundos se encenderá con esto el arrancador suave estará reiniciado.



**Figura 29.** Programación de la falla debido a altas presiones

**Fuente:** Propia

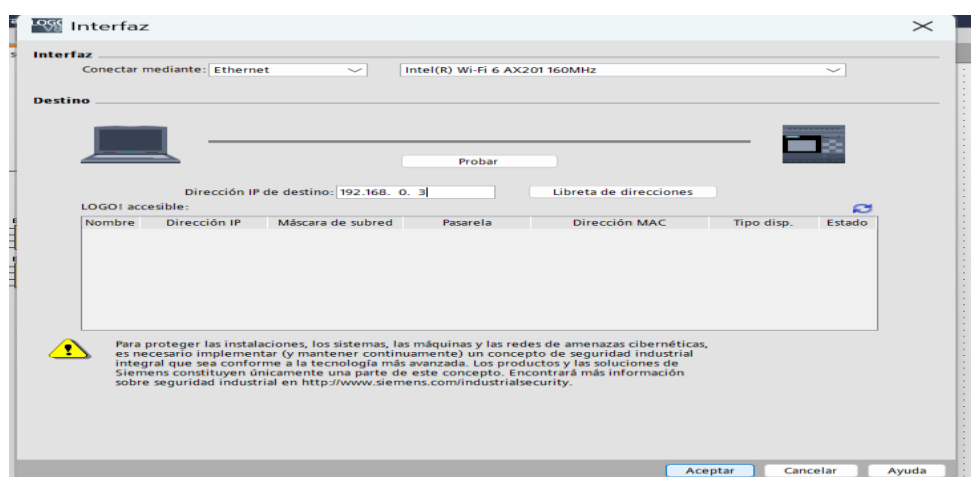
El I4 accionará el relé de autoenclavador SF006 este relé activa una marca M3 que hace que se apague el arrancador suave (bomba), I4 la señal del presostato que está ubicado en el cuarto de bomba, esta señal indica que la bomba tiene una presión alta, y no dejará encenderla, hasta revisar porque se subió la presión, es así que solo conociendo la falla se puede reiniciar desde la pantalla con un botón M4.



**Figura 30.** Indicaciones para subir programa al Mini PLC Logo

**Fuente:** Propia

En la Figura 30 se indica como subir el programa al mini plc logo, se va a la ventana de herramientas, ahí se despliega una lista de opciones, busca la opción transferir, de ahí le va a salir otras listas de opciones, escoger la dice LOGO-PC se le va a abrir otra ventana, como se muestra en la Figura 32, le va a salir la IP de mini PLC logo, de ahí colocar aceptar y el programa ya está cargado.



**Figura 31.** Ventana para cargar el proyecto al PLC con su IP correspondiente

**Fuente:** Propia

### 3.5.1. Configuración de LOGO WEB SERVER



**Figura 32.** Ventana de acceso para servidor web

**Fuente:** Propia

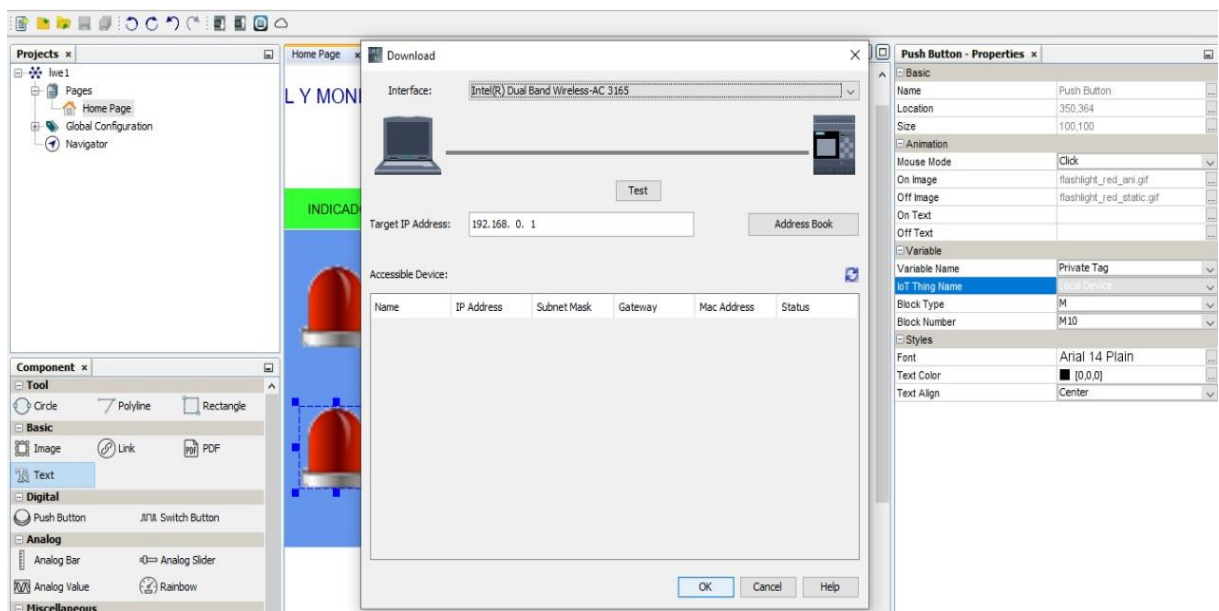
En este campo, mediante la pantalla se puede ir directamente a herramientas, donde se pone transferir y allí se busca la opción que indique control de acceso, mediante esto se abrirá una ventana que pide enlazar al Logo que debe estar conectado a la computadora, de allí se debe abrir una pantalla y busca la opción donde dice acceso de servidor web y dar clic donde dice permitir acceso de servidor web, en la que solicita ingresar una contraseña para poder entrar al servidor web, escoger la opción aplicar y de ahí entrar al servidor web porque queda configurado que admite proceder subir la programación.

En este campo se muestra, como se procede a subir el programa de la pantalla de servidor web, donde se tiene que ir a la opción herramientas, donde dice cargar se abre el enlace para cargar y dar clic.



**Figura 33.** Ventana con indicaciones para cargar el programa a servidor web

Fuente: Propia



**Figura 34.** Interfaz demostrando la carga del programa al IP asignado

Fuente: Propia



### 3.6. Carga de paneles solares



**Figura 35.** Panel Solar.

**Fuente:** Propia

Son instrumentos que convierten la energía solar en energía eléctrica, la luminosidad se interna en la parte inferior del instrumento semiconductor diseñados de tensión que ayuda producir una corriente de una fibra exterior.

Aquí se muestra como quedo el panel solar con el tablero de control, que va a accionar el electro válvulas en el horario establecido

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 4.1. Pruebas de control de válvulas durante el funcionamiento

Como se mostró en el capítulo anterior, referente al desarrollo técnico relacionado a la planificación, impulso e implantación de “Automatización, control y monitoreo de un sistema de riego por bombeo de agua a través de sistema fotovoltaico en la empresa San Biritute S.A.”. De esta manera, en este apartado se hace referencia a la descripción de pruebas del sistema y los elementos que se utilizan y manipulan para realizar en control del banco de salida de agua, así como también el detalle de la programación y la propuesta alternativa sugerida.

A continuación, se puntualizará el funcionamiento de prueba y control:

- Para la salida de agua se utiliza una válvula reguladora con la cual se controla el caudal. De esta manera, dentro del proceso de control de las electroválvulas se observó que funcionaron de manera exitosa, las pruebas realizadas mostraron que el fluido de las válvulas se abre y se cierra a la hora programada por medio del sistema cumpliendo eficazmente su objetivo; es decir, que los ensayos fueron positivos de gran importancia y eficacia.
- A parte de realizar las pruebas y el control se buscó verificar el funcionamiento de las válvulas sistemáticamente, donde se debe tener en cuenta la automatización mediante el sistema implementado y observar la garantía, calidad y seguridad del proceso. A través de la prueba se puso todo en funcionamiento.



**Figura 36.** Control de válvulas.

**Fuente:** Propia.

#### **4.2. Pruebas de Control de Arrancador**

La prueba de encendido fue analizada con la finalidad de localizar fallas y poder evaluar la condición y rendimiento, en este sentido, el motor arranca y enciende correctamente sin presentar algún problema, es por ello, que la bomba arranca con normalidad; es decir, tres veces la corriente nominal y posee una cuerva de 10 segundos (así funciona). El control arrancador se comporta de forma lineal, pero con una estabilización a alta frecuencia.

El dispositivo permite mantener la presión de la operación de forma transcendental, de acuerdo a la escala de trabajo programado.



**Figura 37.** Prueba de arrancador.

**Fuente:** Propia.

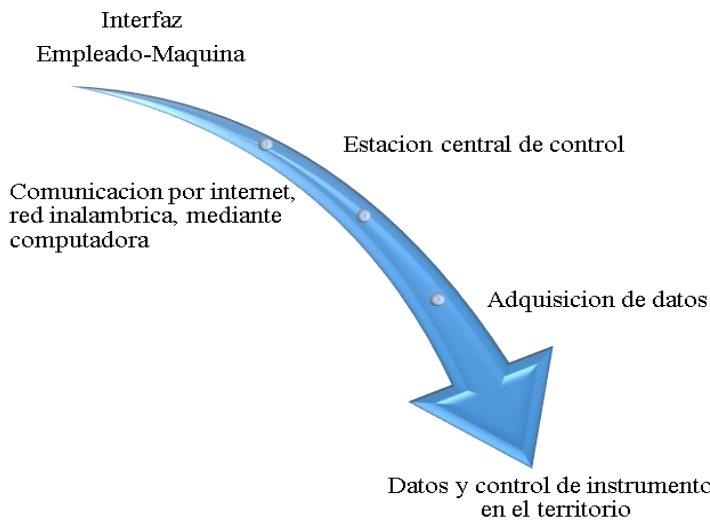
### **4.3. Pruebas del Monitoreo**

La comunicación se realizó por red de interna de la empresa y comunica exitosamente donde podemos observar el encendido de la bomba que se hace desde el sistema de red que funciona en un área específica dentro de la hacienda.

La automatización industrial tiene como objetivo principal controlar los procesos sin requerir una gran intervención por parte de los técnicos, también conocidos como operadores. Actualmente se están desarrollando sistemas SCADA que sirven para supervisar, adquirir y controlar los datos que permiten la manipulación de diversas variables presentes dentro de un proceso o planta. La configuración de un sistema

SCADA requiere el uso de varios periféricos, como software de aplicación, sistemas de comunicación y unidades remotas.

Estos periféricos permiten a los operadores ver y acceder a procesos industriales completos a través de sus computadoras. Un sistema SCADA consta de un conjunto de aplicaciones que facilitan la gestión y control de operaciones automatizadas a través de una interfaz gráfica que brinda acceso a la planta y la comunicación digital con equipos y actuadores, dichos sistemas se utilizan en diversos procesos industriales (López, 2015)



**Figura 38.** Sistematización del Monitoreo.

*Elaborado por:* Ángel Jiménez .



**Figura 39.** Monitoreo del sistema de riego.

**Fuente:** Propia.

Las variables a ser monitoreada en el sistema de bomba de lazo cerrado son:

- Presión - Fuerza que tiene el agua en su expulsión.
- Corriente - permite el funcionamiento de la bomba.

El proceso de control de la bomba se establece en los criterios de:

- Tiempo de encendido
- Tiempo de apagado

#### **4.4. Pruebas de Protecciones de Presión**

Se realizó una prueba simulando que la válvula no abra en la hora indicada y la presión llegó a 60 PCI y la bomba mandó la señal al PLC y automáticamente se apagó mandando una señal de presión alta al PLC, con eso demostramos que la prueba de presión está bien.



**Figura 40.** Protección de presión.

**Fuente:** Propia.

#### **4.5. Informe del Proyecto Actual**

El informe presentado proporciona información del antes y después en el proceso de implementación en la automatización de riego dentro de la empresa San Biritute S.A.

- Instalaciones de riego
- Instalaciones eléctricas de paneles
- Sistemas de monitoreo

Mediante fotografías del lugar se evidenciará la diferencia en el desarrollo y la propuesta actual.

#### **4.6. Evaluación de la Automatización del Sistema de Riesgo**

En cada etapa se especifica el proceso de la automatización y flujograma de las tareas actuales, en la que se determinan las ventajas como ahorro de energía y beneficios que brindan cada uno de los procesos automatizados, utilizando la tecnología y los ralloos ultravioletas como mecanismos, en la que se logre mejora en la productividad.

El sistema ofrece un mecanismo óptimo y oportuno mediante las fases de control, puesto que en cada uno de los métodos determinados de forma sistemática contribuyen a un mejor desempeño, por medio de la automatización.

Para el cumplimiento del desarrollo de las diferentes secciones se han necesitados una serie de datos de los diferentes procesos empleados en lo que se muestra:

- Capacidad en los procesos de producción.
- Ahorro de tiempos por medio de los procesos automatizados y coordinados.
- Disminución de costo de producción e inversión.
- Veloz riesgo por horas.
  - Ahorro y ventajas al efectuar la automatización mediante nuevo método.
  - Conexión de red al sistema digital - cómputo.
  - Toma de decisiones en menor tiempo.
  - Flujo de información periódica.

#### **4.7. Propuesta Alternativa**

Conocido los acápite anteriores y con base a la estructura existente en la hacienda se procedió a la rehabilitación y reajuste de equipos existentes con la marcada diferencia que ahora se va a implementar la automatización, control y monitoreo de un sistema hidratación agrícola por bombeo de agua a través de sistema fotovoltaico. Para ello se utilizó un equipo de control automático, como es el PLC Logo, que permite la intervención de la programación apropiada que nos admite tener un control total del mencionado sistema automatizado, abaratado costos y mano de obra rudimentaria.



Con la propuesta de automatización la empresa obtendrá varios beneficios tales como, bajar el consumo de agua en un 10% en el sistema de riego, otros de los factores que brinda es tener un ahorro de energía solar por cada grupo de panel, debido a que las válvulas estarán encendidas en un tiempo de dos horas diaria y el alcance del sistema de riego llega a dos hectáreas; también, se reducirá la mano de obra del personal que opera; es decir, con la aplicación del procedimiento se requiere el servicio de dos técnicos, uno para verificar el campo y el otro para operar el cierre de válvulas y monitoreo del sistema de cómputo.

En este contexto se plasma un trabajo eminentemente técnico acorde a la era digital y funcionamiento de nuevos procesos que abren camino al campo analógico y moderno. La investigación es para fines didácticos que permiten tanto a estudiantes como docentes afianzar sus conocimientos en temas relacionados con sistema de control, supervisión y simulación.

#### **4.8. Valoración**

Este tipo de trabajos no tiene ningún impacto negativo en el medio ambiente siempre y cuando se tomen las precauciones adecuadas en cuanto al uso de los componentes. En este ámbito es importante el cumplimiento de las normas internacionales y los tratados pertinentes además debido al diseño del dispositivo, se genera algo de ruido, pero no afecta la audición humana.

Los componentes eléctricos y electrónicos están instalados correctamente y cumplen con los estándares de seguridad recomendados, que incluyen: conexión al

módulo solar. Por ello, es importante manejar el equipo con cuidado y contar con personal capacitado.

#### 4.9. Presupuesto

**Tabla 3.** Costo de equipos de fuerza y control

<b>Costo Equipos de fuerza y control</b>				
<b>N.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	1	Controlador lógico programable	\$145	\$145
2	6	Programador semanal	\$28	\$168
3	1	Sensor de presión	\$180	\$180
4	6	Válvulas eléctricas	\$300	\$1800
<b>Total</b>				<b>2.293</b>

Elaborado por: Ángel Jiménez.

**Tabla 4.** Costo paneles y baterías

<b>Costo paneles baterías</b>				
<b>N.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	3	Baterías fotovoltaicas AGM o Gel	\$100	\$300
2	3	Regulador de carga	\$10	\$30
3	3	Sistema fotovoltaico autónomo	\$40	\$120
<b>Total</b>				<b>\$450</b>

Elaborado por: Ángel Jiménez.

**Tabla 5.** Logística

<b>Logística</b>				
<b>N.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	12	Transporte	\$7.50	\$90
2	12	Alimentación	\$35	\$420
<b>Total</b>				<b>\$528</b>

Elaborado por: Ángel Jiménez .

**Tabla 6.** Costo total

<b>N.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>1</b>	1	Costo de equipos de fuerza y control		\$ 2.293
<b>2</b>	9	Paneles y baterías		\$450
<b>3</b>	1	Logística		\$528
		<b>Total</b>		\$3271

Elaborado por: Ángel Jiménez.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 5.1. Ahora en Agua

Antes con el encendido manual de las bombas no tenían control de la hora de riego de la plantación había daño debido a presión ya que los operadores se olvidaban y cerraban válvulas y eso hacía que la presión suba y rompa tuberías, así mismo no tenía control de cuantas horas de riego existía en la plantación, la bomba pasaba encendida mucho tiempo y abarcaba más consumo de energía.

El encendido era manual ese proceso lo realizaba entre 4 a 5 personas diarias para el riego y eso llevaba mano de obra un poco más alto.

Con el proyecto que se realizó se mejoró:

- Que el riego sea periódico (siempre cumpliendo un horario establecido) y horas adecuadas de riego e implica las horas necesarias de riego.
- Redujo el daño a las tuberías ya que tenemos la protección de sobre presión.
- Contrala las horas de riego en la plantación para tener un mejor control.

- Con un horario establecido se redujo el horario de funcionamiento de la bomba solo en tiempo de riego.
- Con el control y monitoreo a distancia se consiguió reducir la mano de obra ya que con este sistema solo se necesita 2 personas 1 en la casa hacienda donde se encuentra la pantalla de monitoreo que se encargaría de encender y ver cualquier anomalía y otras personas que sea encarga de verificar la planeación por si hay algún daño en el sistema de riego.

Antes la bomba se encendía un promedio de 8h a 10h promedio por que se olvidaban los operadores con el proyecto se ahorraría 2h de riego menos (realizar una estimación en base el ahorro y sentido del caudal de la bomba).

$$55Kw \times \frac{0.065\$}{km} = \$3.57 \text{diarios (8h de encendido de bomba)} = 28 \times 30 \text{ días} =$$

$$\$858 \times 12 \text{ meses} = \$10296$$

$$55Kw \times \frac{0.065\$}{km} = \$3.57 \text{diarios (6h de encendido de bomba)} = 21 \times 30 \text{ días} =$$

$$\$643,5 \times 12 \text{ meses} = \$7722$$

Al año esto representa un 25% de ahorro una vez implementado el proyecto con respecto a las 2 horas de riego que se ahorran con este sistema. No se tiene una estimación de ahorro determinada en dólares porque la empresa San Biritute S.A. paga una cuota fija por utilizar el canal estatal.

## 5.2. Fallas de funcionamiento del sistema

Con el control que se realizó y las pruebas correctas no habido ninguna falla de tuberías y de horario de riego programado. Como fallas externas se pudo registrar que la

hacienda se encuentra ubicada en una zona rural, por este motivo ha sucedido repentinamente que se ha ido la energía en media tensión por la caída de un árbol.

### 5.3. Conclusiones

- La idea de un sistema fotovoltaico para suministrar energía solar al programador semanal y válvulas automáticas del sistema de riego fue un éxito, este sistema proporciona una fuente de energía sostenible y renovable para operar sistemas de riego de manera eficiente y respetuosa con el medio ambiente. El uso de energía solar no sólo reduce la dependencia de las fuentes de energía tradicionales, sino que también ayuda a reducir los costos operativos a largo plazo y garantizar la confiabilidad y el suministro estable de energía a los sistemas de riego.
- La automatización de los sistemas de riego mediante controladores programables como los PLC Logo y los controladores semanales ha demostrado ser una solución eficaz para mejorar los sistemas de riego de una empresa, esta tecnología hace que el sistema sea más sencillo de operar, más fácil de programar y más fácil de usar para los empleados. Por consiguiente, la automatización permite un control preciso de los tiempos y volúmenes de riego, optimizando el consumo de agua y asegurando un sistema más eficiente con menos desperdicio de recursos hídricos.
- El sistema de riego instalado ha logrado con éxito su objetivo de garantizar un sistema de riego fiable y eficiente que satisfaga las necesidades de San Biritute. La combinación de energía solar para el suministro eléctrico y la automatización mediante controles programables ha aumentado significativamente la eficiencia y precisión del riego, garantizando un aprovechamiento óptimo de los recursos

hídricos, este enfoque ha permitido a la empresa mejorar su sistema de riego actual, aumentar la productividad y reducir los costos operativos a largo plazo.

### Referencias Bibliográficas

- Ambientum. (2020). *www.ambientum.com*. Obtenido de Ambientum:  
[https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/el\\_sol\\_fuente\\_basica\\_de\\_energia.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/el_sol_fuente_basica_de_energia.asp)
- Antonio Serena Ruiz, F. A. (2010). *Guía Práctica de sensores*. Copyriht.
- ARCONEL. (11 de 2018). *www.regulacionelectrica.gob.ec*. Obtenido de *www.regulacionelectrica.gob.ec*:  
<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulacion-para-microgeneracion-fotovoltaica-para-autoabastecimiento-de-consumidores/>
- Ayovi, A., & Montalvo, M. (2023). Automatización de un sistema de riego por aspersión. 1-108. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24965/1/UPS-GT004368.pdf>
- Ayuntamiento de Huelva. (2020). *www.lineaverdehuelva.com/*. Obtenido de *www.lineaverdehuelva.com/*: <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/energias-renovables/Que-son-las-energias-renovables.asp>
- Begnini, L., Lecaro, A., & Shauri, J. (2022). Ventajas de la automatización de las gestión por procesos. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 984-996. doi:10.23857/pc.v7i7
- Bustos, D. (12 de Julio de 2017). *Repositorio UNAM*. Obtenido de Repositorio UNAM:  
<https://repositorio.unan.edu.ni/8246/1/97476.pdf>

- Chamba, E., & Oyague, S. (2022). Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el cantón Mocache. *Tesis de Grado*. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23572/1/UPS-GT003976.pdf>
- Cortes, V., & Vargas, M. (2020). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES MEDIANTE IOT EN LOS CULTIVOS URBANOS DE LA FUNDACIÓN MUJERES EMPRESARIAS MARIE POUSSEPIN. (U. C. Colombia, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Garnacho, G., Vallejo, R., & Moreno, J. (2020). Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de Pediatría*, 92(6), 377.e1-377.e9. doi:10.1016/j.anpedi.2020.04.014
- Gonzales, V. (2020). Importancia de la radiación solar como fuente de energía. *CITE energia*, 8.
- Gutiérrez & Iturralde. (2017). Obtenido de <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+b%C3%A1sico+de+instrumentaci%C3%B3n+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671>
- Heras Sánchez, M. A. (21 de Marzo de 2017). *Repositorio UCSG*. Obtenido de Repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7733/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-57.pdf>
- Heras, M. A. (21 de Marzo de 2017). *Repositorio UCSG*. Obtenido de Repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7733/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-57.pdf>
- IICA. (2021). Gestión y manejo del agua en la agricultura. *Red COMAL*, 3-15.

- Inca, G., Cabrera, D., Villata, D., Bautista, R., & Cabrera, H. (2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas. *Ciencia Latina Internacional*, 9493-9509. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6835](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6835)
- Jiménez, C. J. (Diciembre de 2021). *scielo* . Obtenido de <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v8n3/2409-8752-ucsa-8-03-20.pdf>
- Jimenez, E. (2004). *INDUSTRIALES, TÉCNICAS DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADAS EN PROCESOS*. España: Universidad La Rioja.
- Jorge cabrera Berríos. (septiembre de 2023). *TELCOMBLOG* . Obtenido de <https://telcomplus.org/controladores-logicos-programables/>
- Jose Luis Romeral. (2016). *Automatas programable* . Marcombo .
- Martín, S. G. (2017). *SCIELO*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-358X2017000100151](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2017000100151)
- Martínez, M., González, N., & Luna, A. (2021). Efficiency of uniformity of irrigation by exudation in production of *Capsicum chinense* Jacq. And its economic repercussion. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(2), 117-125.
- MEER, C. (2016). *ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN ECUADOR* . Guayas.
- Morales, A., & Gomez, D. (2022). DESARROLLO DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO. Guayaquil.
- Muñoz, L. A. (2021). *ontrol y monitoreo de la humedad y*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7843>.
- Pombo, S. (Diciembre de 2020). DESARROLLO DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO. Pamplona.



- Prefectura de Santa Elena. (23 de Noviembre de 2011). *Santa Elena*. Obtenido de Santa Elena: <https://www.santaelena.gob.ec/index.php/san-biritute>
- Ruiz, F. (2023). Simulación de una microrred basada en energías renovables y tecnología del hidrógeno usando TRNSYS. 1-85. Sevilla.
- SIEMENS. (2010). LOGO! Web Editor Online Help. *LOGO! Web Editor Online Help*. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/854/109768854/att\\_990441/v1/LWE\\_Help\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/854/109768854/att_990441/v1/LWE_Help_en-US.pdf)
- SIRAI. (2020). Electroválvulas para aplicaciones generales. *Electroválvulas*. Obtenido de [https://www.academia.edu/4480751/Electro\\_Valvulas](https://www.academia.edu/4480751/Electro_Valvulas)
- (2022). *Sistema de riego* . San Biritute. .
- (2022). *Sistema de Riego*. San Biritute.
- Tumbaco, K., & Pantaleón, K. (2023). Generación de Generación Eléctrica a Traves de un Sistema Fotovoltaico OFF GRID en la Zona Rural de Guayaquil. 1-82. Guayaquil.
- Valdiviezo. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Lima.

## ANEXOS

### Anexo 1. Instalación de sistema eléctrico de riego.



### Anexo 2. Desarrollo de adaptaciones hacia la bomba de riego.





**Anexo 3. Instalación del sistema fotovoltaico para riego.**



**Anexo 4. Instalación de electroválvula con conexión al sistema de riego.**



**Anexo 5.** Desarrollo de partes mecánicas y de soporte del sistema de riego.

