# DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE PLANTAS MEDICINALES LOCALIZADO EN LA GRANJA AGROECOLÓGICA UCEVA

**SHARON DAYANA MEJIA IDARRAGA**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**VALLE DEL CAUCA**

**TULUÁ**

**2022**

# DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE PLANTAS MEDICINALES LOCALIZADO EN LA GRANJA AGROECOLÓGICA UCEVA


**SHARON DAYANA MEJIA IDARRAGA**

**DIRECTOR**

**LUISA FERNANDA CABEZAS BURBANO**

**DOCTORA EN FÍSICA**

**CODIRECTOR**

**HAROLD ANDRÉS MENDOZA MONTOYA**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**VALLE DEL CAUCA**

**TULUÁ**


**2022**

**Nota de aceptación**

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
**Presidente del jurado**

_____
**Jurado**

_____
**Jurado**

**Tuluá, 22 Abril de 2022**

# Tabla de contenido


Tabla de Figuras. ..... 5
Lista de tablas ..... 6
Lista de anexos ..... 7
Resumen. ..... 8
Abstract ..... 8
Introducción ..... 9
1. Planteamiento del Problema ..... 10
2. Justificación ..... 12
3. Objetivos del Proyecto. ..... 13
3.1. Objetivo General ..... 13
3.2. Objetivos Específicos ..... 13
4. Alcance ..... 14
5. Marco Referencial ..... 15
5.1. Estado del Arte ..... 15
***5.1.1. Sistemas de Riegos Existentes*** ..... 15
***5.1.2. Dispositivos de Transmisión de Datos.*** ..... 21
***5.1.3. Software de programación.*** ..... 27
***5.1.4. Las Plantas Medicinales.*** ..... 29
6. Diseño Metodológico ..... 37
7. Desarrollo del proyecto ..... 38
7.1. Proceso de selección de Dispositivo y Tipo de Riego. ..... 38
***7.1.1. Alternativas de solución.*** ..... 39
**7.1.2. Elección de alternativa.** ..... 41
7.2. Simulaciones. ..... 44
7.3. Descripción del Sistema y Finalidad. ..... 49
***7.3.1. Partes del Sistema.*** ..... 50
***7.3.2. Diseño de Red de Riego.*** ..... 51
***7.3.3. Diseño Fotovoltaico.*** ..... 55
***7.3.4. Internet de las cosas*** ..... 58
***7.3.5. Diseño de sistema de control*** ..... 61
7.4. Planos. ..... 63
8. Análisis Financiero. ..... 65
9. Conclusiones ..... 67
10. Recomendaciones ..... 68
11. Referencias ..... 69
Anexos ..... 74

# Tabla de Figuras

**Figura 1** Conexión de sensores a Arduino ..... 20
**Figura 2** Panel de control CadeSimu ..... 28
**Figura 3** Entorno del software Soft Confort V8 ..... 29
**Figura 4** Esquema de fuerza y mando de arranque directo de motor trifásico ..... 45
**Figura 5** Lógica combinacional ..... 46
**Figura 6** Esquema de fuerza y ladder propuesta para el sistema ..... 47
**Figura 7** Sistema de control para válvulas ..... 48
**Figura 8** Respuesta del sistema de control de encendido de cada válvula ..... 49
**Figura 9** Red de distribución de componentes de riego ..... 52
**Figura 10** Partes del Logo Siemens V8 ..... 53
**Figura 11** Sistema general de riego inteligente ..... 60
**Figura 12** Proceso de captura de datos ..... 61
**Figura 13** Sistema de control de lazo abierto ..... 61
**Figura 14** Sistema de control de lazo cerrado ..... 62
**Figura 15** LOGO web editor ..... 62
**Figura 16** Plano general del cultivo ..... 63
**Figura 17** Sistema de goteo ..... 64
**Figura 18** Sistema de micro goteo ..... 65

# Lista de Tablas

**Tabla 1** Plantas medicinales comercializadas en Bogotá ..... 31
**Tabla 2** Alternativas de solución (Sistema de riego) ..... 39
**Tabla 3** Alternativas de solución (Controlador programable) ..... 40
**Tabla 4** Especificaciones panel solar ..... 56
**Tabla 5** Consumo total del sistema ..... 57
**Tabla 6** Proyección de gastos ..... 66
**Tabla 7** Justificación insumos y productos a utilizar (Próximas fases del proyecto) ..... 66

# Lista de Anexos

**Anexo 1** Ampliación del Ladder de la figura 6. (Pag. 47) _____74
**Anexo 2** Diagrama de flujo del sistema en Logosoft - Activación de cama individual _____75
**Anexo 3** Diagrama de bloques del sistema Logosoft - Activación de camas (1ra parte) _____76
**Anexo 4** Diagrama de bloques del sistema Logosoft - Activación de camas (2da parte)_____77

**Resumen.**

El agua es un agente vital para las plantas, el riego proporciona el agua necesaria para su crecimiento, conservación y desarrollo. Las plantas son un 90% agua (FAO, Alianza el Heraldo-Universidad del Norte,2019); ésta es transportada por toda la planta de manera casi continua para mantener sus procesos vitales funcionando. Es necesario proporcionar una cantidad adecuada de agua a las plantas de un cultivo, para ello se pueden utilizar diferentes sistemas de riego controlados y automatizados de tal manera que se suministre la cantidad necesaria en el momento indicado, para evitar el desperdicio del recurso hídrico.

La presente investigación se realizó en el año 2021 y tuvo el propósito de mostrar un prototipo funcional de un sistema de riego, integrando tecnologías tales como: computación, comunicaciones y electrónica de potencia con el fin de automatizar el riego para sistemas cerrados o abiertos en cultivos de plantas medicinales.

**Abstract.**

Water is a vital agent for plants, irrigation provides the water necessary for their growth, conservation and development. Plants are 90% water (FAO, Alianza el Heraldo-Universidad del Norte,2019).it is transported throughout the plant almost continuously to keep its vital processes running. It is necessary to provide an adequate amount of water to the plants of a crop, for this different controlled and automated irrigation systems can be used in such a way that the necessary amount is supplied, at the right time to avoid the waste of the water resource.

The present research was carried out in 2021 and had the purpose of showing a functional prototype of an irrigation system, integrating technologies such as: computing, communications and power electronics in order to automate irrigation for closed or open systems in medicinal plant crops.

## Introducción

El riego es un sistema que proporciona el agua necesaria que necesita una planta para su crecimiento, fortalecimiento y desarrollo. Dada la situación actual medioambiental es necesario proporcionar una cantidad “exacta” de agua mediante el riego para lograr una mayor eficacia en el uso del recurso y evitar el desperdicio. Una de las alternativas para lograr este objetivo es la utilización de sistemas de riego con programación de autocontrol o automatización que permite una ejecución automática del riego en determinados tiempos, proporcionando una cantidad necesaria requerida por la planta.

También se considera necesario tener en cuenta otra serie de factores que se pueden controlar como son: el tipo de terreno, la humedad de éste, el pH, indicadores que relacionan variables meteorológicas tales como la temperatura, presión atmosférica, viento, entre otras y el cultivo (como la demanda evapotranspirativa), y en general, otra serie de variables que permitan determinar en forma continua el momento y cantidad de agua necesaria para un cultivo generando un sistema que este en capacidad de tomar decisiones teniendo en cuenta los indicadores en tiempo real.

El objetivo de la presente investigación es describir el desarrollo de un prototipo-sistema de riego automatizado que integre: el componente de entrada; consistente en la información obtenida para el regadío de plantas medicinales, variables meteorológicas, conservación de suelo y calidad de producto, el componente de control (Software para la toma de decisiones); y el componente de salida; compuesto por dispositivos electrónicos que encienden/apagan periféricos. A esto se agrega una interface de potencia para la cual los dispositivos pueden ser electroválvulas para la aplicación del riego, Hidroflow para aumentar la presión del agua, entre otros.

La presentación del trabajo realizado se hace en forma secuencial; es decir, se indica cómo se han desarrollado los sistemas de riegos existentes y las tecnologías de comunicación que se usaron para cumplir el propósito, además, presentar el diseño de simulación para establecer un prototipo que cumpla con los requerimientos estudiados y finalmente la implementación del diseño y pruebas pertinentes como sistema pivote.

## 1. Planteamiento del Problema

El sector agrícola se enfrenta a numerosos problemas relacionados con la escasez del agua principalmente originada en el cambio climático y al aumento de la demanda de agua por parte de la creciente población mundial. La agricultura es el mayor consumidor de agua del mundo. De acuerdo con Naciones Unidas, el riego representa el 70% de las extracciones de este recurso. Mientras la producción de alimentos consume aproximadamente el 30% de la energía mundial, que en su mayoría se produce de manera hidráulica (FAO, Alianza el Heraldo-Universidad del Norte, 2019).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), la extracción hídrica en Colombia es superior a los 11.767 km3, de los cuales más del 50% del total se deriva del sector agrícola. Este es el sector que más agua consume en el país frente a otros (Universidad del Norte, 2015). Para contrarrestar esta serie de situaciones se han desarrollado diferentes sistemas que permiten generar un ahorro de este recurso, así como potenciar su aprovechamiento.

Este trabajo aplicado se enfocó en la creación de un sistema de goteo a ser utilizado en cultivos de plantas medicinales; se ha encontrado que el uso de plantas para el tratamiento de enfermedades infecciosas es una práctica común en las culturas ancestrales. Debido a sus beneficios, bajo costo, escaso riesgo y la no generación de efectos secundarios se considera que

las plantas medicinales son un elemento muy importante en la recuperación de la salud y en la conservación del bienestar de quienes las consumen. En 1977 la Organización Mundial de la Salud [OMS], (2013) adoptó una resolución buscando promover a nivel mundial el uso de plantas medicinales como parte fundamental de la medicina tradicional.

Dicha resolución indica a los gobernantes de los países miembros de la OMS, a dar relevancia a la medicina tradicional y a quienes la practican. Las ventajas del empleo de las plantas medicinales se centran en que, junto a sus principios activos, existen en cada planta otros constituyentes de acción sinérgica, que potencian su acción haciendo más completo y duradero su efecto que cuando se utilizan estos principios activos en forma aislada.

El uso de las plantas medicinales se facilita porque se pueden recolectar fácilmente y sus beneficios son reconocidos por quienes las utilizan ya que ejercen una acción global sobre el organismo, aunque el efecto curativo puede ser más lento que el de los medicamentos convencionales el bienestar que aportan es más duradero. Las plantas medicinales han alcanzado tal auge y se ha popularizado en tal medida su uso que en la actualidad tiene una gran demanda a nivel nacional y se exportan a varios países.

“En el país se comercializan unas 156 especies de plantas medicinales, aromáticas y condimentarías. El 76% se destina a Estados Unidos, el 10% a Canadá, el 8% a Inglaterra y un 5% a la unión europea principalmente a Alemania, Holanda y Bélgica y se considera que el mercado hacia la Unión Europea es muy amplio y aún hay mucho por explorar” (Pabón et al., 2017, pp. 529-546).

Partiendo de la importancia que tienen las plantas medicinales y los cultivos en general en el equilibrio medioambiental se considera que debido a diversos factores externos que no se

pueden controlar se ha hecho necesario sistematizar los procesos agrícolas, convirtiéndose en una herramienta indispensable para la solución de problemáticas actuales y futuras.

En la Granja Agroecológica de tres esquinas (UCEVA), se han empleado métodos tradicionales muy poco eficientes para el riego de cultivos, lo cual ha requerido la utilización de altos volúmenes de agua para la labor de riego, con la consecuente pérdida de tiempo laboral del productor. Es por esto que ante esta situación se considera pertinente plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo debe estar constituido un sistema eficiente para el riego de los cultivos de plantas medicinales en la granja agroecológica de la UCEVA, que a su vez permita aprovechar el recurso hídrico disponible y de este modo satisfacer las necesidades actuales de la misma?

## 2. Justificación

Hasta el momento la Granja Agroecológica de tres esquinas (UCEVA) ha empleado métodos tradicionales poco eficientes para el riego de cultivos, lo cual ha requerido la utilización de altos volúmenes de agua para la labor de riego, trayendo como consecuencia el desperdicio del recurso y la perdida de algunos productos. Teniendo en cuenta que uno de los problemas principales que tiene la granja son las falencias en el sistema de riego de cultivo, desperdicio del agua y pérdidas económicas, se busca mejorar o superar las anomalías que se presentan día a día en la granja en cuanto a la supervivencia de las plantas y/o cultivos, afectando la microindustria agrícola dejando percibir que no existe un buen control de riego en áreas de difícil acceso, por tanto, se hace necesario implementar un manejo adecuado y eficiente de los recursos.

Partiendo de la situación detectada se planteó en este trabajo aplicado diseñar un prototipo para riego automatizado, tomando en consideración los estándares y parámetros para el

diseño del sistema, a su vez mejorar los cultivos de plantas medicinales contribuyendo a preservar la calidad y aumentar su productividad.

Este proyecto está articulado con los grupos de investigación Energías y ProAgro del programa Ingeniería Agropecuaria, de la facultad de ingeniería; dentro del proyecto de investigación denominado "Diseño de un sistema de riego automatizado y controlado para cultivos de plantas medicinales localizado en la granja agroecológica-UCEVA" y constituye el punto de partida para continuar con el desarrollo tecnológico y las actividades subsecuentes que conduzcan a realizar nuevos diseños de sistemas de riego que contribuyan a preservar el agua y a garantizar el aumento de ingresos económicos a la granja.

# 3. Objetivos del Proyecto.

## 3.1. Objetivo General

Desarrollar prototipo de un sistema de riego automatizado y controlado teniendo en cuenta los criterios metodológicos y los requerimientos del sistema de cultivos con plantas medicinales en la granja agroecológica UCEVA.

## 3.2. Objetivos Específicos

- Analizar los diferentes sistemas de bombeo, fuentes de abastecimiento de agua, instrumentos y diseño de sistemas de riego con plantas medicinales.
- Analizar el estado actual del sistema de riego utilizado en la granja de la Unidad Central del Valle del Cauca con el fin de definir los requerimientos necesarios que debe cumplir un sistema de riego para cultivos de plantas medicinales.
- Diseñar el prototipo del sistema de riego automatizado y controlado a partir de los requerimientos estudiados.

## 4. Alcance

El desarrollo del proyecto consiste en un prototipo mediante una simulación y visualización en 3D, este diseño, elaboración y aplicación está financiado con recursos de la universidad y el diseño se realiza en el marco del proyecto de investigación denominado “Diseño de un sistema de riego automatizado y controlado para cultivos de plantas medicinales localizado en la granja agroecológica-UCEVA” buscando que se pueda continuar con el desarrollo tecnológico y las actividades subsecuentes, que permitan disminuir el desperdicio de agua en las actividades de riego, entre otros beneficios de índole ambiental y construcción de alternativas socio-sostenibles. Con este trabajo se busca:

- Realizar un análisis del entorno para conocer el estado actual en la granja Agroecológica UCEVA, llevando a cabo una serie de visitas para tomar datos acerca del tamaño del cultivo, los tipos de plantas que hay, para identificar el sitio idóneo para ubicar el sistema, la forma de instalarlo y cuál va a ser la fuente generadora de agua.
- Adelantar una revisión documental para conocer los diferentes tipos de sistemas de riego, los cuidados de las plantas medicinales entre otros temas a través de la consulta de diferentes documentos, libros y trabajos de investigación que hagan referencia a estos temas.
- Hacer un diseño del prototipo del sistema de riego mediante el software Cadesimu o Soft Confort directamente del dispositivo Logo V8 y para el sistema en general una visualización en 3D.
- Plantear el análisis financiero partiendo de la cantidad de materiales necesarios para la construcción del sistema de riego, la mano de obra y el costo de los permisos para la implementación del sistema.

# 5. Marco Referencial

## 5.1. Estado del Arte

Se establece la situación actual del conocimiento en el área de la investigación: Una vez definido el problema, se debe sintetizar el contexto general (nacional y mundial) en el cual se ubica el tema de la propuesta, estado actual del conocimiento del problema, brechas que existen y vacío que se quiere llenar o mejorar con el proyecto. Adicional a ello se desarrolla un análisis de diferentes factores tales como: el entorno, terreno y tipo de plantas que se consideran en el proyecto, tipos de riegos existentes y dispositivos que se pueden utilizar.

### *5.1.1. Sistemas de Riegos Existentes*

#### 5.1.1.1. Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema de Riego Automatizado Para la Granja Experimental Nono de la UDLA (Barahona & Ramírez, 2016).

En el proyecto se desarrolla un prototipo de un sistema de riego por goteo y aspersión automáticos, que permita suministrar remotamente el agua, a través de un dispositivo electrónico de control que admita integrar y gestionar: un servidor web, una base de datos y que sea capaz de recibir y enviar señales, tanto de control como de información. La interface de comunicación entre el usuario y el sistema será una página web, en la cual se configurará los tiempos de regadío de los cultivos y por medio de un sensor de flujo se medirá la cantidad de agua utilizada por cada vez que haya sido utilizado el sistema. La información de los tiempos de encendido, apagado y cantidad de agua utilizada serán almacenados en una base de datos y presentados en una página web. El trabajo se realizó siguiendo una serie de pasos:

- Se seleccionan los dispositivos a utilizar: Arduino. Raspberry pi., PLC.
- Se establece la interfaz hombre máquina del sistema automático de riego.
- Se desarrolla la arquitectura de sistemas basados en la web.

- Se establece la comunicación entre los dispositivos mediante lenguaje de programación.
- Se crea una base de datos que almacena los datos tomados.
- Se establecen los costos de producción.

En relación con la metodología empleada en la investigación reseñada se observa que se utilizó un enfoque mixto, es decir, tomando elementos del método inductivo, deductivo y exploratorio. El proyecto se desarrolló utilizando las siguientes técnicas de investigación: Observación, para la recolección de datos, fichas de observación, fichas de resultados experimentales; entrevista, para determinar concretamente la situación actual de la Granja Experimental Nono de la UDLA y diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado.

#### 5.1.1.2. Análisis y Desarrollo de Prototipo Automatizado Para el Monitoreo de un Invernadero Orgánico en la Finca "La Piedra" Recinto de Cerecita, en la Localidad de Bajada de Chanduy, Por Medio de Alternativas Tecnológicas de Bajo Costo (Chávez & Merchán, 2019).

Este proyecto se enfocó en el sector agrícola con la finalidad de contribuir de manera idónea al fortalecimiento de esta actividad económica. La idea principal de esa propuesta fue facilitar el trabajo cotidiano de supervisión y riego de los colabores de la finca "La Piedra", a través de la construcción de invernaderos de bajo costo con el equipamiento de recursos tecnológicos de origen Open Source, como el caso de los sensores de humedad y temperatura controlados mediante la placa Arduino, para esto se dispuso diseñar el plan piloto para el análisis y desarrollo de prototipo automatizado para el monitoreo de un invernadero orgánico en la finca "la piedra" recinto de Cerecita, en la localidad de bajada de Chanduy, por medio de alternativas tecnológicas de bajo costo. Después de un análisis exhaustivo se llegó a la irrefutable conclusión de que los métodos más modernos de la agricultura de precisión no solo minimizarían la carga

laboral del empleado, sino que asegurarían un amplio margen de producción ya fuera para cultivos de corto, mediana o largo plazo.

El proyecto se realizó partiendo del hecho de que “La Piedra” es una finca netamente familiar, compuesta por la familia Apunte Caspi dueños de esta propiedad, ellos son los encargados del proceso de cuidado y mantenimiento de ese predio. Al ser tan extensa la propiedad se dificulta de gran manera tener un control óptimo y constante de las actividades relacionadas con la actividad productiva agrícola sobre todo en las áreas de monitoreo y riego. Se han encontrado serias dificultades en el proceso de regadío, ya que este se realiza de forma rudimentaria y empírica, impidiendo tener un control eficaz generando efectos negativos tales como las alteraciones en parámetros como humedad y temperatura, afectando considerablemente el nivel de producción del cultivo.

Para contrarrestar estos inconvenientes se ha optado por la edificación de techos ecológicos buscando aportar en la conservación de recursos, control de plagas y brindar condiciones climáticas que favorezcan al cultivo. Sin embargo, en el cultivo persisten los métodos tradicionales de control que obstaculizan implementar modelos eficaces en los procesos de monitoreo y cuidado. El problema de este tipo de metodologías es el elevado costo de un sistema tecnológico que pueda satisfacer esta necesidad. La construcción de un invernadero conlleva un proceso dispendioso que comprende:

- Estudio y preparación del suelo.
- Selección de materiales para la edificación del invernadero.
- Material Estructural.
- Cubierta.
- Estudio del cultivo y variables de subsistencia en un Invernadero.

- Invernadero automatizado.
- Placas para elaboración de prototipos electrónicos.
- Establecimiento de lenguaje de comunicación.
- Creación de base de datos.
- Elaboración de planos del invernadero automatizado

Como metodología se aplicó el modelo Scrum que consiste en una metodología ágil que sigue un conjunto de técnicas de trabajo en equipo. Es un marco de referencia de proceso de equipo único, utilizado para gestionar el desarrollo de productos. (Project Management Institute, 2018). Esta metodología contempla la adaptación de cambios que generen buenas prácticas en todas las etapas del desarrollo por tanto no afecten en el tiempo y costo del proyecto.

#### 5.1.1.3. Análisis, Diseño, Desarrollo e Implementación de un Sistema de Monitoreo Para el Cuidado Integral de Plantas Domésticas (Rosero, 2019).

Este proyecto tiene como propósito mantener informado al dueño de la planta del ecosistema que la rodea, para así impedir que factores ambientales como falta de agua, luminosidad o variaciones abruptas de temperatura repercutan de forma negativa en el desarrollo o mantenimiento de la planta. Durante el desarrollo del proyecto se logró recopilar a través de sensores implantados en la maceta datos informativos tales como valores de humedad, luminosidad y temperatura.

Al procesar esta información y compararla con los valores óptimos que debe tener la maceta para albergar en ella una planta, fue posible generar avisos mediante notificaciones tipo push al usuario de la aplicación, para que este tomara las medidas necesarias con el fin de evitar la muerte o deterioro de la planta.

El sistema consiste en monitorear constantemente el medio ambiente para que se puedan identificar posibles problemas en el cultivo. El uso de instrumentación se enfoca en obtener datos del entorno físico (temperatura, intensidad de luz, relación de humedad de la tierra), y estos datos se necesitan para ser procesados usando un apropiado micro controlador, que a su vez deberá poder brindar la posibilidad de conexión a internet para el acceso remoto al monitoreo.

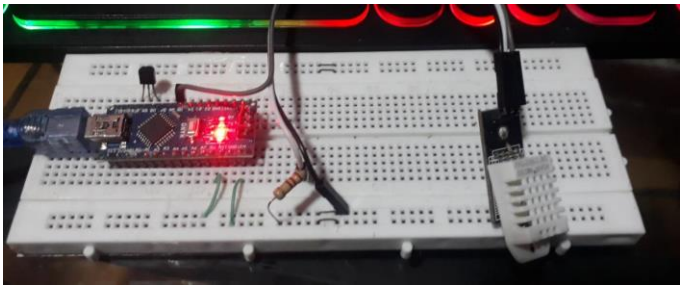
El diseño del dominio eléctrico para el actual dispositivo debe cumplir con los requisitos de datos de recopilación y procesamiento. Los criterios para el análisis de la selección y aplicación de los dispositivos tecnológicos están gobernados por importantes factores tales como: estáticas y dinámicas de la instrumentación en cuanto a temperatura, humedad, e intensidad luminosa, precio, facilidad de instalación, dimensiones físicas.

Mediante la aplicación móvil, será posible analizar las variables leídas, y así llevar al consumidor información amigable de las acciones pertinentes a tomar con su plantación.

Los rangos de lectura de cada uno de estos sensores los cuales son enviados por Arduino al servicio web para su interpretación y presentación al usuario el cual tomara las medidas necesarias para cambiar dicho estado o rango el cual se presenta por algún tipo de cambio en el ecosistema de la maceta en la que se sitúa la planta junto con todos los sensores.

**Figura 1**

*Conexión de sensores a Arduino*



*Nota*. La figura representa la conexión de sensores para capturar lecturas de temperatura, humedad e intensidad luminosa en tiempo real y ser enviados por Arduino a un servidor web que representará estos datos al usuario.

#### 5.1.1.4. Diseño e Implementación de Sistema de Riego Automatizado en un Invernadero de la Escuela Nacional de Agricultura, ENA (Amaya, 2015).

Con el propósito de adaptar una solución de riego automatizado a un invernadero, que pueda ser replicado utilizando dispositivos del mercado local y contribuir con programas de agricultura nacional, la Escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE desarrolló, en asocio colaborativo con la Escuela Nacional de Agricultura ENA, el proyecto de investigación aplicada denominado “Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Automatizado para el Desarrollo de la Agricultura Familiar en el Marco de la Seguridad Alimentaria”.

El proyecto fue ejecutado por docentes investigadores y estudiantes de ambas escuelas en atención al Convenio Marco celebrado entre ambas instituciones en el año 2014.

Este proyecto permite controlar la frecuencia y la duración del riego, el cual incluye la fertilización.

Se diseñó un sistema innovador de control automatizado con las características principales de medir la cantidad de riego, duración y frecuencia para volver más eficiente la

producción de hortalizas. El invernadero seleccionado funciona como un centro de abastecimiento para la venta de verduras frescas y libres de pesticidas.

Todos los dispositivos del sistema de riego automatizado son gobernados por un Controlador Lógico Programable, PLC.

El invernadero cuenta con un tablero eléctrico en el cual un Controlador Lógico Programable PLC controla diversos relés y por medio de una pantalla HMI se visualiza la activación de electroválvulas para la apertura y cierre de fertirriego, ya sea de forma manual o automática. Las electroválvulas son accionadas en las horas especificadas por medio de un programa previamente almacenado en la CPU del PLC. El sistema de riego automatizado está conectado con la instalación hidráulica de mezcla de fertirriego, lo que incluye alimentación hidráulica para el llenado del tanque de mezcla, tuberías de distribución y mangueras de goteo para cada sector de cultivo.

### *5.1.2. Dispositivos de Transmisión de Datos.*

#### 5.1.2.1. Dispositivos PLC'S (Euroinnova, 2021).

Los autómatas programables o también conocidos como PLC, son dispositivos programables que están diseñados para ser utilizados en el entorno industrial debido a su robustez, estos dispositivos tienen memorias internas que le permiten ejecutar acciones previamente programadas por parte del técnico, estos autómatas nos proveen soluciones específicas como temporizadores, contadores, comparadores, funciones, con el objetivo de poder controlar y manipular las entras y salidas ya sean digitales o analógicas de diversos procesos.

Los PLC como se los conoce son dispositivos electrónicos que pueden ser programados por el usuario a través de un software, estos dispositivos fueron fabricados para cumplir operaciones lógicas y están destinado a controlar grandes procesos y maquinas complejas. Este dispositivo es capaz de reemplazar una gran variedad de elementos mecánicos, tales como relés

de comandos, temporizadores y contadores electromecánicos, controles sencillos de lazos abiertos o lazos cerrados y además es capaz de poder tener el control o visualización de alarmas, y la regulación de dispositivos remotos (Cappiello & Pezzolo, 2017).

En la página web de la empresa Fatek (México) (s.f.) se define al PCL – Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable), como un instrumento electrónico con memoria programable por el usuario, que permite la implementación de funciones específicas como ser:

- ✓ Lógicas
- ✓ Secuenciales
- ✓ Temporizadas
- ✓ De conteo
- ✓ Aritméticas

Destinados a dirigir maquinas o procesos lógicos y/o secuenciales, mediante entradas y salidas digitales o análogas. Debido a que su funcionamiento es enteramente digital, consta de varios componentes parecidos a los que podemos encontrar en una computadora.

La estructura interna del PLC cuenta con arreglos de memorias destinados a alojar datos, programas, cuenta con un procesador o unidad de control, interfaces de entrada y de salidas, buses de comunicación, temporizadores y contadores.

***Unidad de Control (CPU: Central Procesing Unit)*.** Es la parte inteligente del sistema interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. El ciclo de SCAN del programa (lecturas de entradas, lectura de programas y escritura de salidas) se

realiza por default en 150 mil segundos, donde el PLC traduce a lengua máquina, realizando operaciones lógicas para realizar el proceso requerido.

***Fuente de alimentación.*** Unidad que proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema, se le provee la energía necesaria al PLC para su funcionamiento. La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución o en alterna a 110/220 Vca. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

***Memoria del programa.*** Destinada a almacenar la secuencia a realizar a partir de las señales de entrada, así como los datos de configuración del PLC.

***Memoria de Datos y Memoria de Imagen E/S.*** Memoria encargada de almacenar los datos resultantes de cálculos y del uso de variables internas, ligadas con la ALU (Unidad Aritmética Lógica), así como también almacena los últimos estados de las entradas o los enviados por las salidas.

***Interfaz de Entradas y Salidas.*** Interfaces destinadas a comunicar el PLC con el entorno, recibiendo y enviando respectivamente información o instrucciones, que después serán comparados en el CPU, donde se realizan acciones contempladas en el programa.

La sección de entradas mediante el interfaz adapta y codifica.

Hay dos tipos de entradas:

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

La sección de salida también interfaz y traba.

Hay dos tipos de salidas:

- Salidas digitales

- Salidas analógicas

***Buses de Comunicación.*** Conexiones que permiten la comunicación entre las unidades de memoria, la CPU, las interfaces de salida y entrada, contamos con 3 buses:

- ✓ Bus de Control: Modera los intercambios de información
- ✓ Bus de Datos: Transfiere datos al sistema
- ✓ Bus de dirección: Direccionamiento de la memoria y de los demás periféricos

***Contadores.*** Basados en los contadores digitales, pueden realizar el conteo de eventos externos, indicados a través de las entradas.

***Temporizadores.*** Actúa como un contador, con la diferencia que no realiza el conteo de eventos externos, lo hace a través de un generador de pulsos o de frecuencia dentro de la CPU.

***Buses de Campo.*** Unidades destinadas a permitir el intercambio de datos entre varios dispositivos, ya sean PLCs, PCs u otros, que puedan usar protocolos de información, ya sean Portibus, Profinet, MPI, DeviceNet, IO LINK, etc.

***Conversores Analógicos-Digitales.*** Destinados a leer datos analógicos y convertirlos a datos binarios.

#### 5.1.2.2. Logo V8 (PLC LOGO de siemens teoría y prácticas, s.f.)

El logo V8.2 es uno de los dispositivos más actuales de esta gama de PLC LOGO, Siemens como empresa diseñadora de este dispositivo, ofrece al usuario tener control de sus bloques de programación, de acuerdo con proceso o trabajo a implementar, el Logo consta con entradas digitales y analógicas, y a su vez salidas digitales. Existen varios modelos relacionados a este dispositivo. Su fabricante ha diseñado este autómata para que sea accesible a cualquier público, puesto que es muy económico y de fácil manejo para tareas no tan complejas.

Características:

- Comunicación y programación por Ethernet.
- Pantalla 6 líneas de 6 caracteres, 4 colores.
- Alimentación 12 a 24VDC, existen otras versiones a 110 & 220VAC.
- 8 DI Entradas Digitales, 4 de las cuales también son AI entradas Analógicas.
- 4 salidas a Relé, Soportan 240VAC/VDC 16A máx.
- Memoria: Soporta hasta 400 bloques.
- Permite expansiones de I/O.
- Registrador de Datos.
- Servidor WEB Embebido.
- Soporta tarjeta MicroSD Standard.
- Programación Software con LogoSoft Confort
- Reloj NTP Configurable

Utilidades del logo:

Principalmente es utilizado para automatizaciones y la domótica. Se trata de un autómata de poca potencia en comparación con los PLCs, eso no implica que no se puedan realizar pequeñas señales de la automatización, sino que está mucho más limitado en su poder de procesamiento, su número de entradas y su número de salidas. Es típico para automatizar sistemas de riego, parking, arranque de motores, alumbrado, calefacción etc., es decir, instalaciones lógicamente sencillas o máquinas, es todo aquello que no lleve más de 15 entradas y no mucho más de media docena de salidas seguramente pueda ser programado con un Logo, si tiene más requerimientos, probablemente haya que ir a autómatas de mayor capacidad (Siemens, 2014)

#### 5.1.2.3. Arduino.

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar (¿Qué es Arduino?, 2021). Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede <sentir> el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring1) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Los proyectos de

Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo, con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). Las placas se pueden ensamblar a mano3 o encargarlas pre ensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades. El Arduino es una placa basada en un micro controlador ATMEL. Los micro controladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa.

El micro controlador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al micro controlador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.

El tipo de periféricos que puedas utilizar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida de qué uso le estés pensando dar. Pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores.

#### 5.1.2.4. Raspberry PI (Fernández, 2018).

Es un ordenador de placa simple y bajo coste desarrollado en Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation. Es lo suficientemente potente como para facilitar el aprendizaje y realizar tareas básicas, y también permite programar y compilar programas que se ejecuten en él. Este tamaño reducido y la posibilidad de conectarle varios tipos de accesorio le dan una versatilidad que permite utilizarse para varios tipos de tareas. Su misión principal es la de enseñar informática en las aulas. Pero también sirve para utilizarse como un pequeño ordenador doméstico básico, y la comunidad de makers también la usa como motor para varios tipos de proyecto.

### *5.1.3. Software de programación.*

#### 5.1.3.1. CadeSimu (Márquez, 2020).

Es un programa de edición y simulación de esquemas de automatismos eléctricos. Este programa ofrece un sistema de emulación muy completo y de fácil uso. El usuario simplemente introduce los símbolos de manera organizada y luego el programa evaluará los estados de los componentes eléctricos para posteriormente, resaltar los conductores eléctricos.

Características:

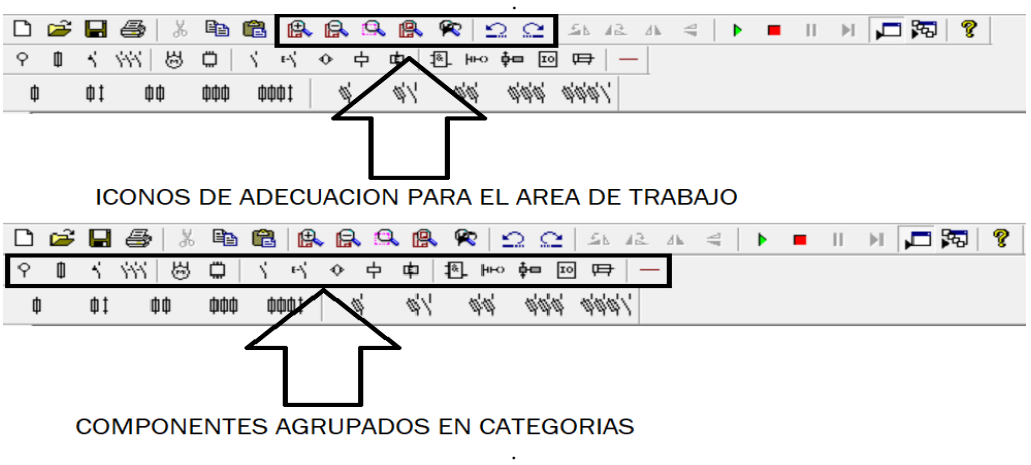
- Incluye una nueva librería de tipo electro neumática.
- Es posible usar módulos lógicos de tipo PLC S7-1200 y LOGO OBA8.
- Actualización de librerías para ofrecer una completa experiencia al usar relés electrónicos.

- Cuenta con un actuador de tipo lineal eléctrico el cuál además de complementar la librería de motores, mejora la experiencia al usar el simulador de motores eléctricos.
- Posibilidad de usar lógica y ladder en las librerías.
- El programa ahora cuenta con una nueva serie de comandos más intuitivos los cuales facilitarán el uso de este software.
- Posee una gestión de recursos bastante optimizada lo cual permite usar el programa en ordenadores poco potentes.

Para que el sistema de simulación trabaje de manera correcta, el usuario debe asegurarse de que el esquema esté debidamente conectado y alimentado. Para ello, es muy recomendable descargarse los manuales del programa para poder familiarizarse con los nombres y figuras de los distintos componentes.

**Figura 2**

*Panel de control CadeSimu*



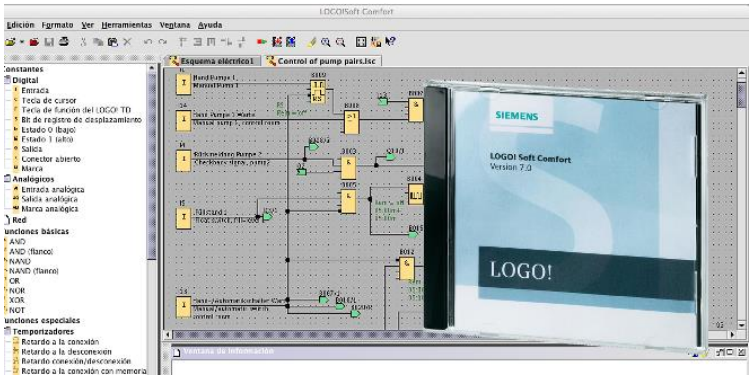

### 5.1.3.2. Soft Comfort

El software Soft Comfort V8 sirve para la intuitiva creación de programas, simulación de proyectos y documentación para los usuarios de Logo, añadiendo funcionalidades como la operación simple en modo red, la configuración automática de la comunicación con una pantalla

en la visualización de red y la capacidad de abrir hasta tres programas a la vez. Además, los usuarios pueden transferir una señal de un programa a otro arrastrando y soltando en el programa. Soft Comfort V8 también facilita la migración de los programas de las versiones anteriores.

***Figura 3***

*Entorno del software Soft Comfort V8*




*Nota.* Tomado de https://siemenslogo.com/blog/general/como-instalar-logo-soft-comfort-v8-en-windows

### *5.1.4. Las Plantas Medicinales.*

Fernández (2018) dice que las plantas medicinales son aquellos vegetales que elaboran sustancias que ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial para el organismo vivo.

***Sustancias activas.*** Son producto del metabolismo secundario de las plantas, no se encuentran en estado puro en las mismas, sino en forma de complejos cuyos componentes se complementan y se refuerzan en su acción sobre el organismo. Estas sustancias activas presentan un equilibrio fisiológico dentro de la planta y el organismo, debido a ello, resultan más asimilables por el cuerpo y carecen de efectos nocivos.

Beneficios de las plantas medicinales:

- Como medicamento son más baratas y menos tóxicas.
- Como medicamento preventivo ayudan a enfermarse con menor frecuencia.
- Como condimento en la industria alimentaria y casera.
- En farmacología para la elaboración de cosméticos.
- Para la elaboración de extractos como insecticidas y fungicidas.
- Se aprovechan mejor los huertos, jardines y parcelas caseras.
- Se contribuye a recuperar los recursos del planeta.
- Se conserva y evita que muera una tradición de medicina popular y folclórica de nuestros pueblos y antepasados.
- Como extractos vegetales para ser utilizados y exportados, ya que muchos países no pueden tener ni cultivar plantas medicinales tropicales, debido a la diferencia de climas y especies botánicas nativas. a continuación, se definen algunas formas de cultivar plantas medicinales:

***Jardines demostrativos.*** Son aquellos donde se siembran diversas especies que pueden ser útiles como alimento, condimento o medicina.

***Huerto mixto familiar.*** Se dispone de un terreno aledaño a la casa y no con un manejo extensivo.

***Huerto de producción extensiva.*** Es aquel donde se desarrollan en forma extensiva varios cultivos, lo cual depende de la disponibilidad de la tierra y el mercado.

Hay algunos factores que se deben considerar para el diseño de jardines de plantas medicinales:

- Considerar el tamaño y formas de las plantas, se debe tener en cuenta la altura de las especies, las de mayor altura se deben ubicar en la parte trasera y las pequeñas al frente.

- Las plantas que atraen o repelen insectos se deben distribuir a las orillas del jardín.
- Se deben considerar los aspectos agroclimáticos que requiera cada especie.
- Para cada variedad planificar un espacio considerable y así evitar la competencia.
- Manejar la poda.
- Pueden ubicarse plantas silvestres o nativas de la región, siempre y cuando se posea información de su identidad y propiedades.

#### 5.1.4.1. Plantas medicinales que se comercializan en Bogotá (Colombia) para el tratamiento de enfermedades infecciosas (Pabón, Rodríguez, & Hernández, 2017).

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con participación de vendedores de plantas medicinales de la Plaza Samper Mendoza (Bogotá-Colombia), epicentro del mercado de hierbas medicinales y aromáticas de la capital, a la cual llegan compradores y vendedores de diferentes partes del país. Para la realización de este trabajo se contó con la autorización del Instituto para la Economía Social (IPES); así como, con la aprobación de cada una de las personas que fueron entrevistadas quienes firmaron un formato de consentimiento informado, avalado por el comité de ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de La Salle. Se pueden apreciar algunos tipos de plantas medicinales, parte de la planta que se utiliza y su modo de uso en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Plantas medicinales comercializadas en Bogotá*

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | FAMILIA | PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA | MODO DE USO |
|---|---|---|---|---|
| Abrojo | *Alternanthera sessilis* | Amaranthaceae | Toda la planta | Infusión |
| Achiote | *Bixa orellana* | Bixaceae | Toda la planta | Infusión |
| Aguacate | *Persea americana* | Lauraceae | Tallo | Cocción |
| Ajenjo | *Artemisia absinthium* | Asteraceae | Toda la planta | Infusión |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ajo | *Allium sativum* | Liliaceae | Frutos | Infusión |
| Albahaca | *Ocimum campeshianum* | Lamianceae | Toda la planta | Infusión |
| Alcachofa | *Cynara scolymus* | Asteraceae | Tallo | Infusión |
| Amapola | *Papaver rhoeas* | Papaveraceae | Flor | Baños |
| Caléndula | *Calendula officinalis* | Asteraceae | Flor | Infusión y baños |
| Canela | *Cinnamomum zeylanicum* | Lauraceae | Toda la planta | Infusión |
| Caña agria | *Costus spicatus* | Zingiberaceae | Toda la planta | Infusión |
| Cactus | *Euphorbia trigona* | Euphorbiaceae | Flor | Cocción |
| Caracola | *Kohleria spicata* | Gesneriaceae | Raíz | Cocción |
| Cargadita | *Zornia diphylla* | Fabaceae | Frutos | Infusión |
| Celidonia | *Drymaria corbata* | Caryophyllaceae | Hojas | Infusión |
| Chirrite | *Marsypianthes chamaedrys* | Lamianceae | Hojas | Infusión |
| Cicuta | *Conium maculatum* | Apiaceae | Toda la planta | Cataplasma |
| Cedrón | *Aloysia citriodora* | Verbenaceae | Toda la planta | Infusión |
| Clavo | *Syzygium aromaticum* | Myrtaceae | Toda la planta | Infusión |
| Cuasia amarga | *Quassia amara* | Simaroubaceae | Tallo | Cocción |
| Cola de caballo | *Equisetum bogotensis* | Equisetaceae | Toda la planta | Infusión |
| Colonziño | *ND* | ND | Hojas | Cocción |
| Consuelda | *Symphytum officinale* | Boraginaceae | Hojas | Cocción con leche |
| Diente de león | *Toraxacum officinale* | Asteraceae | Toda la planta | Cocción |
| Guaba | *Phytolacca bogotensis* | Phytolaccaceae | Toda la planta | Baños |
| Gualanday | *Jacaranda caucana* | Bignoniaceae | Toda la planta | Infusión |
| Guatila | *Sechium edule* | Curcubitaceae | Frutos | Cocción |
| Guayaba | *Psidium guajava* | Myrtaceae | Frutos | Jugo |
| Hierbabuena | *Mentha piperita* | Lamiaceae | Hojas | Infusión |
| Hinojo | *Foeniculum vulgare* | Apiaceae | Toda la planta | Cocción |
| Jengibre | *Zingiber officinale* | Zingiberaceae | Raíz | Infusión |
| Limón | *Citrus limon* | Rutaceae | Frutos | Zumo |
| Limonaria | *Cymbopogon citratus* | Poaceae | Hojas | Infusión |
| Llantén | *Plantago major* | Plantaginaceae | Hojas | Machacar y tomar zumo |
| Lluvia de plata | *Breynia nivosa* | Phyllantaceae | Flor | Cataplasma |
| Malva | *Malva sylvestris* | Malvaceae | Aérea | Cocinar y tomar |
| Malvavisco | *Althaea officinalis* | Malvaceae | Hojas y flor | Infusión |
| Manzanilla | *Matricaria chamomilla* | Asteraceae | Toda la planta | Infusión |
| Marañon | *Anacardium occidentale* | Anacardiaceae | Frutos | Licuado en leche |
| Marrubio | *Marrubium vulgare* | Lamiaceae | Toda la planta | Cocción |
| Mastranto | *Hyptis capitata* | Lamiaceae | Toda la planta | Cocción |
| Matarraton | *Glicidia sepium* | Fabaceae | Toda la planta | Infusión |
| Mazorca de agua | *Gunnera schultessi* | Gunneraceae | Flor | Cocción |
| Mejorana | *Origanum mejorana* | Lamiaceae | Hojas | Infusión |
| Menta | *Mentha pulegium* | Lamiaceae | Hojas | Infusión |
| Sábila | *Aloe vera* | Xanthorrhoecaceae | Cristales | Tomar los cristales con clara de huevo |
| Salvia | *Salvia officinalis* | Lamiaceae | Hojas | Infusión |
| Salvia chiquita | *Salvia chiquita* | Lamiaceae | Hojas | Infusión |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sanagua | *Manicaria saccifera* | Arecaceae | Frutos | Infusión |
| Sándalo | *Santalum album* | Santalaceae | Toda la planta | Infusión |
| Sauco | *Sambucus nigra* | Adoxaceae | Flor | Infusión |

*Nota.* Ésta tabla muestra algunas plantas medicinales que son comercializadas actualmente en Colombia, su modo de uso y la parte que se utiliza de ésta. Tomada de *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* Pabón, L. C., Rodríguez, M. F. & Hernández Rodríguez, 2017. Estudio autorizado por el Instituto para la Economía Social.

#### *5.1.4.2.* Factores que inciden en la producción agrícola.

Se desarrolló un análisis de diferentes factores tales como: el terreno de las plantas, el tipo de planta del sistema, el cuidado y la conservación del suelo, tipos de riegos existentes y dispositivos a utilizar.

***Terreno.*** Primero que todo se debe tener en cuenta que se debe evitar la siembra de plantas medicinales en sitios cercanos a pozos sépticos, desagüe de baños y cerca de sitios de producción pecuaria; se debe establecer un control de plagas y enfermedades eficaz (control manual y biológico) para evitar que las plantas pierdan sus nutrientes.

***Tipo de Planta.*** Las plantas medicinales contienen sustancias químicas (principios activos) los cuales ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial sobre el organismo vivo. Su utilidad primordial es servir como droga o medicamento que alivie las enfermedades o restablezca la salud perdida.

Las plantas medicinales se dividen en:

***Plantas aromáticas.*** Plantas medicinales cuyo principio activo está constituido total o parcialmente por esencias.

***Plantas condimentarías.*** Plantas aromáticas que son utilizadas en alimentos para acentuar o mejorar el sabor, olor y color de los alimentos.

***Plantas medicinales.*** Aquellas plantas que presenta acción farmacológica sobre varios sistemas o aparatos del organismo.

En términos de conservación del suelo, una planta es cultivada cuando se la separa de su ambiente natural, se labra la tierra, se abona, se poda y se riega regularmente; dependiendo el tipo de planta se debe tener en cuenta la humedad y la temperatura para que la planta crezca y no muera. La conservación del suelo es de vital importancia ya que si se pierde el suelo donde se planta se pierde la zona de cultivo y por ende la producción.

Para el cuidado de la fertilidad y salud del suelo es necesario utilizar abonos verdes (El uso de determinadas plantas, tanto individualmente como mezcladas, generalmente de crecimiento rápido, que preceden o suceden a los cultivos comerciales, con el fin de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Guanche, 2012), aplicación de materia orgánica (constituye la capa primera del suelo**,** compuesta por restos en descomposición de seres vivos, como plantas, animales y residuos que brindan diversos nutrientes a los organismos productores, como la vegetación. Los suelos más fértiles son justamente aquellos con mayor presencia de materia orgánica, ya que esta aporta nutrientes y evita contaminación biológica en el cultivo. También es necesario realizar muestras del suelo para analizar su fertilidad (Formas nitrogenadas (Nitrógeno total, Kjeldahl, Nítrico, Amoniacal y Orgánico), Fósforo, Bases disponibles (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio) (Editorial Etecé, 2021).

***¿Qué parámetros se analizan en los análisis de suelos?*** La información que nos aportan los análisis de suelos y que no debemos pasar por alto antes de cualquier decisión a tomar es la siguiente:

***Textura.*** Este parámetro nos dirá cuál será la mejor estrategia de riego para sacarle el máximo provecho al agua aportada. En el plano de la nutrición nos indicará en general el

contenido en sales y nos dará una previsión de la capacidad de retención de nutrientes. Todo ello nos indicará qué elementos deben ser aportados, en qué dosis y qué forma química de aplicación es la más recomendable.

***PH.*** Nos indicará la reacción que tendrá el suelo, si ácida o alcalina. Este carácter dará idea de la disponibilidad que tendrán en la solución de suelo elementos como el fósforo y los micronutrientes, muy sensibles a variaciones en este factor.

***Conductividad Eléctrica***. Indica la salinidad del suelo. Dependiendo de este valor sabremos si el cultivo a sembrar/plantar es tolerante a nuestro suelo o la mejor estrategia de abonado y riego para conseguir el mejor resultado.

***Nutrientes a Disposición de la Planta***. Ya sean macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) o micronutrientes (hierro, boro, manganeso, cinc, molibdeno y cobre) debemos saber en qué proporciones podemos encontrarlos en nuestro suelo, siempre hablando de su forma disponible ya que de poco nos servirá conocer la cantidad total que habrá de uno de ellos si luego sólo un mínimo porcentaje se encuentra soluble para entrar por las raíces (Agq Labs & Technology, 2020).

***Tipos de Riegos Existentes.*** La cantidad del agua de riego afecta el rendimiento del cultivo y las condiciones físicas del suelo, por lo tanto, es necesario establecer un sistema de riego que permita proporcionar la cantidad de agua necesaria para el cultivo.

***Las plantas y sus requerimientos.*** Como seres vivos, las plantas necesitan de agua para vivir; los cultivos absorben los nutrientes del suelo y realizan varias funciones fisiológicas en presencia de agua. El riego proporciona a la planta el agua imprescindible para su crecimiento y desarrollo; para garantizar el riego adecuado, pero aprovechando al máximo los caudales de agua disponibles, se pueden utilizar sistemas de riego con programación de control automático, para

asegurar el suministro cuando y en la cantidad que la planta necesite, para evitar el desperdicio de agua (Espinosa et al., 2011).

El sistema de riego depende del tipo de suelo, del cultivo, de la cantidad de agua necesaria, de la mano de obra disponible y de los recursos económicos ya que un sistema de riego supone una inversión considerable en el negocio agropecuario. El riego no solo implica el costo de su instalación sino también el de su mantenimiento.

Un adecuado sistema de riego suministra la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que requiera el cultivo. Existen distintas tecnologías de riego, cada uno con ventajas y desventajas. Lo importante es lograr que el sistema de riego sea lo más eficiente posible para que quede más agua a disposición del cultivo.

Otros aspectos a considerar en el presente proyecto son ***la automatización y el control***, la Automática, según la Real Academia Española (2019) “es la ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos”. Se puede considerar por lo tanto que Automatización y Automática son términos equivalentes.

La evolución tecnológica en los campos de la electrónica, comunicaciones, robótica, semiconductores, etc., permite hoy en día la automatización y el control vía remota de muchos procesos de producción que en otros tiempos eran ejecutados por personal humano. Esta evolución tecnológica ha permitido que el hombre automatice tareas repetitivas y no necesariamente estando presente, lo que se traduce en un aumento de productividad y en un ahorro de tiempo del factor humano en las empresas. Esta rama de la ciencia, la Automatización, se implementa a través de un Sistema de Control, que, haciendo una analogía con la definición dada de los Sistemas de Riego, se puede decir que es el conjunto de dispositivos y técnicas

eléctricas, electrónicas y mecánicas de gestión, que permiten la automatización y control de un proceso determinado. Un controlador lógico programable usado en control industrial y diseñado específicamente para controlar máquinas y procesos, los PLC trabajan monitoreando sus entradas y dependiendo del estado que se tenga en la entrada se activan o desactivan las salidas. El software de programación depende de cada fabricante, aunque los leguajes de programación más difundidos son:

***Lenguaje de Escalera.*** Este es un lenguaje gráfico, que mediante símbolos representa componentes eléctricos y electrónicos, sus símbolos se encuentran normalizados por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) y son usados por todos los fabricantes.

***Lenguaje Booleano***. Está basado en el álgebra booleana, este tipo de programación consiste básicamente en instrucciones de lenguaje de máquina. La principal desventaja de este tipo de lenguaje es que es difícil de leer.

***Diagrama de funciones.*** Es un lenguaje simbólico, en el que sus variables se representan mediante símbolos lógicos, este lenguaje es similar a trabajar con circuitos de puertas lógicas (Barahona & Ramírez, 2016).

## 6. Diseño Metodológico

Este proyecto se desarrolla a partir de una investigación cuantitativa que surge a partir de la revisión de la literatura y que a partir de ella se combinan varios elementos para la formación de una estrategia que permita solucionar un problema cotidiano.

El proceso de análisis del proyecto se divide en tres etapas:

***Etapa I: Exploración.*** se hace una revisión documental, se construye el marco teórico y se inicia una construcción referencial que será aplicada en el diseño del proyecto. La información

documental permite informar sobre hechos que han pasado o están pasando con los actores o en la zona de estudio e indagar sobre otras visiones derivadas de otros autores.

***Etapa II: Descripción y Análisis.*** se realiza una contextualización del caso de estudio, se analiza el terreno y los requerimientos de hidratación de la tierra para diferentes tipos de plantas.

***Etapa III: Interpretación.*** Se implementa el prototipo y se interpretan los resultados obtenidos de las etapas anteriores permitiendo realizar una evaluación de estabilidad del prototipo.

# 7. Desarrollo del proyecto

## 7.1. Proceso de selección de Dispositivo y Tipo de Riego.

Se realiza un análisis de los diferentes dispositivos de comunicación existentes, teniendo en cuenta el alcance de comunicación y el uso que se dará que en este caso es automatizar.

Entre los diferentes dispositivos que se han utilizado, los más relevantes son:

- Arduino
- Zigbee
- Raspberry pi
- Logo v8
- Módulos bluetooth

Todos tienen el objetivo de comunicar el sistema, la diferencia entre ellos es el alcance (distancia) que tiene esa comunicación sin interrupciones. Teniendo en cuenta que la automatización consiste en transferir tareas de producción o tareas repetitivas de intervención humana a un conjunto de elementos electrónicos.

Los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos basados en microprocesadores, utilizados para el control de procesos industriales o máquinas. Proporcionan funciones avanzadas, entre ellas el monitoreo analógico, control y control de movimiento a alta velocidad, además de la posibilidad de compartir datos a través de redes de comunicación.

Teniendo en cuenta la existencia de diferentes tipos de riego tales como:

- Riego por surcos.
- Riego por inundación.
- Riego por aspersión.
- Riego por goteo.

Se hace una selección del tipo de riego que mejor se adapte a las necesidades del cultivo y se establece el diseño del riego automatizado según el terreno disponible para la construcción.

### *7.1.1. Alternativas de solución.*

**Tabla 2**

*Alternativas de solución (Sistema de riego)*

| **Alternativa #1**<br>***Riego por microaspersión.*** | **Alternativa #2**<br>***Riego por goteo.*** | **Alternativa #3**<br>***Riego por goteo y microaspersión.*** |
|---|---|---|
| Permite ajustar la potencia y la orientación del riego, asegurando que llega por igual a todo el terreno.<br>Es susceptible de ser usado tanto en terrenos llanos como en zonas con elevaciones o depresiones del terreno.<br>El consumo de agua necesario es menor que en otros tipos de riego, por ejemplo, en el caso del riego por surcos.<br>La potencia de las mangueras de aspersión permite que el agua llegue a más distancia y que sean necesarias menos salidas de riego para llegar a todo el terreno.<br>A pesar de que el agua sale con más presión, esta se deposita suave y uniformemente sobre el terreno, es | Permite automatizar las instalaciones y puede ser implantado en cualquier tipo de terrenos, incluso en terrenos más rocosos.<br>Necesita una menor cantidad de agua que el resto de los tipos de riego, gracias a las salidas de agua bien estudiadas, según las necesidades del cultivo.<br>Es un tipo de riego mucho más indicado para zonas arenosas o con pendientes. Al regar solo en las zonas donde realmente se necesita, combate la proliferación de malas hierbas.<br>Beneficios:<br>- Mayor uniformidad de aplicación de agua. | Beneficios:<br>- Eficiencia en el uso del agua.<br>Uniformidad del sistema alternando los dos tipos de riego.<br>- La aspersión se utiliza en mayor rango de cobertura y el goteo en corto rango.<br>- Se establecen intervalos de riegos con temporizador.<br>Ahorro en mano de obra.<br>- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo. |

| | | |
|---|---|---|
| decir, no llega a las plantas con presión suficiente como para causar daños en ellas.<br>Beneficios:<br>- Humedad ambiental y agua asimilable por las plantas.<br>- Se puede regar en zonas desniveladas.<br>- Se regula la temperatura en toda la planta y no solo en la raíz. | - Mejora la salud de la planta.<br>- Mejor control de malas hierbas.<br>- Ahorro energético. | |

*Nota.* Ésta tabla muestra la comparación entre los sistemas de riego por goteo y microaspersión y la fusión entre los mismos. Información tomada de *Manual de capacitación* (Liotta, Carrión, Ciancaglini, & Olguín, 2015, p.15). Autorizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la ciudad de Buenos Aires. También se construyó con información del informe sobre *Factores a considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado* (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2008).

**Tabla 3**

*Alternativas de solución (Controlador programable)*

| **Alternativa #1**<br>***Arduino.*** | **Alternativa #2**<br>***Raspberry pi.*** | **Alternativa #3**<br>***Logo.*** |
|---|---|---|
| Se presenta como una plataforma de Hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares (Aranda, 2014, p.62).<br>Es recomendado para sistemas que requieren poco procesamiento donde se integran sensores, motores, pantallas, etc., como robots educativos, sistemas de alarma, Impresoras 3D, CNC, sistema de riego, sistemas de monitoreo de datos, aprendizaje de tecnología en colegios y universidades.<br>La función es la de automatizar procesos digitales. Esto es, el uso del procesador que tiene para la creación de aplicaciones que resuelvan problemas. | La flexibilidad de este dispositivo lo convierte en una buena opción de computadora de uso general y bajo consumo de energía. (Upton y Halfacree, 2014, p.133). Es recomendado en aplicaciones donde se requiere alta capacidad de procesamiento con conectividad, además de aplicaciones como emulador de vídeo juegos, centro de entretenimiento, reproducción de vídeo de alta calidad, robots que requiere procesamiento avanzado y minería de datos.<br>Consumo y potencia de computo: 282 MIPS según el fabricante.<br>Beneficios:<br>- Facilidad de uso.<br>- Soluciones domóticas.<br>- Implementación en sistemas de red.<br>- Sistema operativo. | Mediante los autómatas se solucionan muchas instalaciones eléctricas en edificios (ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, alumbrado de escaparates, etc.), así como en la construcción de armarios de distribución, de máquinas y de aparatos (ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de aguas residuales, automatismos, etc.). También se utiliza para implementar sistemas de control especiales en invernaderos, para el procesamiento de señales de control y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones para el control distribuido local de máquinas y procesos.<br>Consumo y potencia de computo: Depende de la ejecución completa de un programa, básicamente la lectura de las entradas, el |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Consumo y potencia de computo: 1MIPS/MHz según el fabricante.<br>Beneficios:<br>- Facilidad de uso.<br>- Fiabilidad.<br>- Documentación y recursos de aprendizaje. | - | Interconexión con dispositivos electrónicos como sensores u actuadores. | procesamiento del programa y la posterior escritura de las salidas y se denomina “Ciclo del programa” (Siemens,2017). Lo anterior quiere decir que no se cuenta con un valor estándar de MIPS (Millones de instrucciones por segundo) tal como el Arduino o la Raspberry sino que ésta debe de ser calculada cuando se finaliza la construcción del sistema. (Ver páginas 57-58).<br>Beneficios:<br>- Por ser programable, es flexible y versátil.<br>- Ahorro de cableado.<br>- Es escalable: se pueden añadir más o menos entradas y salidas.<br>- Puede tener una pantalla asociada de mando. |

*Nota*. Ésta tabla muestra la comparación entre dispositivos de comunicación que se pueden utilizar en el presente proyecto. Información tomada de los libros Sistemas programables avanzados (Mercado Fernández, 2019) y Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry pi (Aranda D., 2014).

### 7.1.2. Elección de alternativa.

Criterios de selección:

- Ahorro de agua.
- Preservar la calidad de la planta.
- Beneficiar económicamente a los agricultores.
- Beneficios de índole ambiental.
- Optimización del tiempo laboral.
- Disminuir las necesidades fundamentales del proceso.

Dado que el sistema que se está estructurando debe suministrar una cantidad agua constante y uniforme que de tal modo contribuya a solucionar la problemática del desperdicio de

agua y a la preservación de la calidad de las plantas, se opta por seleccionar la alternativa #3 implicando la combinación de riego por goteo y aspersión.

Un sistema de riego por goteo está compuesto principalmente de emisores suministrados por una red de distribución de agua, misma que idealmente contiene equipo de control de zona. En el punto de conexión, el suministro de agua es controlado por válvulas automáticas. Después de ser filtrada, el caudal y la presión del agua son reguladas a niveles apropiados para alimentar a la cantidad de emisores y plantas a regar; de allí, el agua se distribuye a cada emisor vía una red de tubería fabricada en PVC o PE. El emisor, independientemente de que sea cinta de goteo, emisor de goteo, jet o micro-aspersor, lleva el agua y nutrientes a la raíz de cada planta (Rizo, 2019).

Se tiene como ventajas:

- La disminución de pérdida de agua por la evaporación además que es un sistema permite un control sobre las malas hierbas o maleza que crece al lado del cultivo.
- Aumento del rendimiento del cultivo y la calidad de sus productos, gracias a que en la raíz queda acumulada el agua hasta en un 90% (Ruiz, 2013).

El sistema de riego por microaspersión consiste en aplicar el agua imitando la lluvia, es decir, mediante un chorro de agua pulverizada en gotas. El mecanismo funciona a través de una red de tuberías que transporta el agua hasta los aspersores, los cuales utilizan presión para dispararla. El riego como tal es potenciado a través de un sistema de bombeo (Agropinos,2022).

Se tiene como ventajas:

- La calidad de la entrega de agua a los cultivos es mucho mejor, ya que es un sistema de riego que imita la lluvia.

- Este sistema de riego presenta un menor consumo de agua ya que el regadío es controlado por tiempo y hay un control en la dosificación del agua.
- La distribución del agua sobre las plantas y los cultivos es bastante homogénea contribuyendo a preservar la calidad de la planta.

Las ventajas anteriormente mencionadas fueron tomadas del informe sobre Factores a considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado (FAO, 2008).

Finalmente se concluye que un sistema de riego automatizado de goteo y microaspersión no representa mayor inversión ni mano de obra beneficiando así económicamente a los agricultores y optimizando el tiempo laboral. Además, no hay riesgos de deterioro por erosión, principalmente si el suelo en el perímetro mojado está cubierto evitando la contaminación ambiental.

De los dispositivos mencionados anteriormente, el que mejor se adapta a las necesidades del sistema de automatización son los Logos, debido a que se presenta un mejor control sobre el sistema, al monitoreo de procesos, operatividad, su fácil uso y bajo costo; también se tiene en cuenta que en caso de error en el proceso puede detenerse o corregirse inmediatamente sin retrasar el sistema.

La automatización de este sistema de riego tiene como razón primordial controlar el tiempo de regadío por medio de órdenes emitidas por un Controlador Lógico Programable Logo, las órdenes permitirán manipular automáticamente la apertura y cierre de las electroválvulas ubicadas a lo largo del terreno plantado. Con la ayuda de un Panel, se elegirán la apertura de las electroválvulas del sistema y se ingresarán los tiempos de riego para controlar el inicio y el fin del proceso, esto garantizará la humedad requerida en ciertas áreas y en determinadas horas y preservar la calidad de las plantas medicinales. Con la automatización del sistema se controlará

los tiempos de riego, disminuyendo las pérdidas de agua, logrando de esta manera disminuir las falencias del proceso e incrementar la productividad.

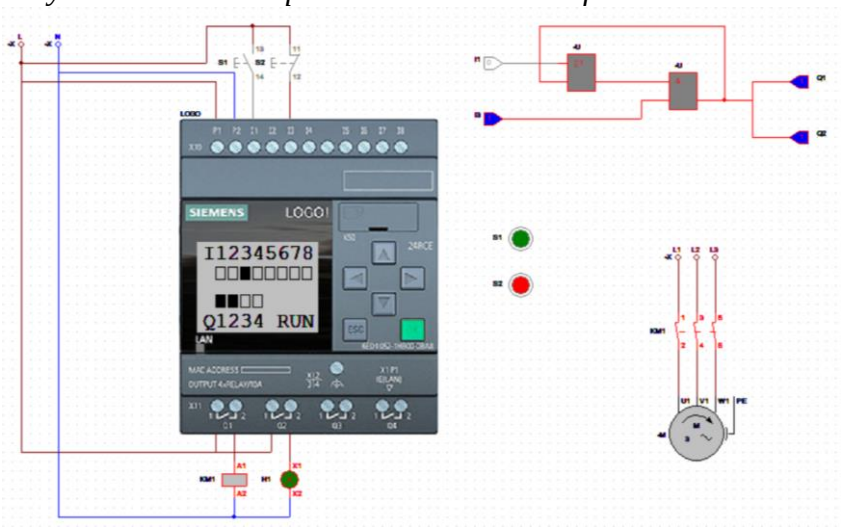
La selección de tipo de riego se basa en el que mejor aproveche el recurso hídrico y el mejoramiento de humedad del suelo, El riego por goteo se define como la aplicación precisa, lenta y frecuente de agua mediante un punto o una línea de emisores sobre o bajo la superficie del suelo, que funcionan con baja presión de trabajo y con bajo caudal, produciendo un humedecimiento parcial de la superficie del suelo. Es un sistema que permite el ahorro del agua ya que proporciona la cantidad necesaria para la planta; El riego por goteo será constante en un periodo de tiempo establecido en la programación del Logo, además, se selecciona el riego por aspersión para tiempos muy cálidos o en aquellos días que se presente sequedad en el suelo, ya que este tipo de riego permite un control mayor en la dosificación del agua y la distribución del agua sobre las plantas y los cultivos es bastante homogénea y puede ser controlada con la velocidad de la aspersión.

## 7.2. Simulaciones.

A continuación, se presenta un esquema alusivo a la interfaz Hombre-Máquina y el esquema de fuerza para el arranque directo de un motor trifásico:

**Figura 4**

*Esquema de fuerza y mando de arranque directo de motor trifásico*




*Nota*. Sistema de conexión de entradas y salidas para el arranque de un motor trifásico. Elaboración propia.

La figura 4 consiste en conectar 3 fusibles (componente de instalaciones eléctricas que se interrumpe o funde cuando la corriente resulta excesiva) de forma independiente a cada una de las líneas (L1; L2; L3) de ahí se conectan a la entrada de los contactos principales (CP) del arrancador magnético y la salida de los mismos a la protección térmica (PT) que constituye internamente el contactor eléctrico (KM1) y de ahí al motor, cuya función es suministrar la energía directamente al motor.

Para hacer que el circuito funcione, se utiliza un dispositivo Logo que permite constituir el esquema a partir de entradas y salidas que realizaran una acción la cual es arrancar el motor trifásico a partir de señales.

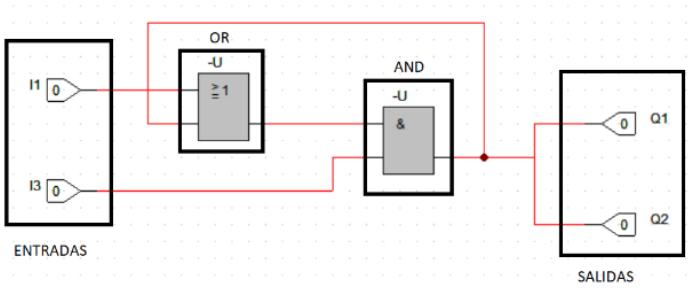
Principalmente se debe alimentar el logo con una línea (positiva) y un neutro (negativo), establecer las entradas las cuales son un contacto normalmente abierto para encender el circuito y un contacto normalmente cerrado para apagar el circuito; la salida está constituida por un contactor eléctrico (KM1) que está conectado directamente al motor en el esquema de fuerza

como se menciona anteriormente y un bombillo de señalización que permite visualizar si el circuito está funcionando correctamente.

Después de establecer entradas y salidas se debe realizar una lógica combinacional que permita encender y apagar el circuito respectivamente, se utilizan 2 entradas, una compuerta AND y una compuerta OR, 2 salidas, funcionan de la siguiente manera:

**Figura 5**

*Lógica combinacional*



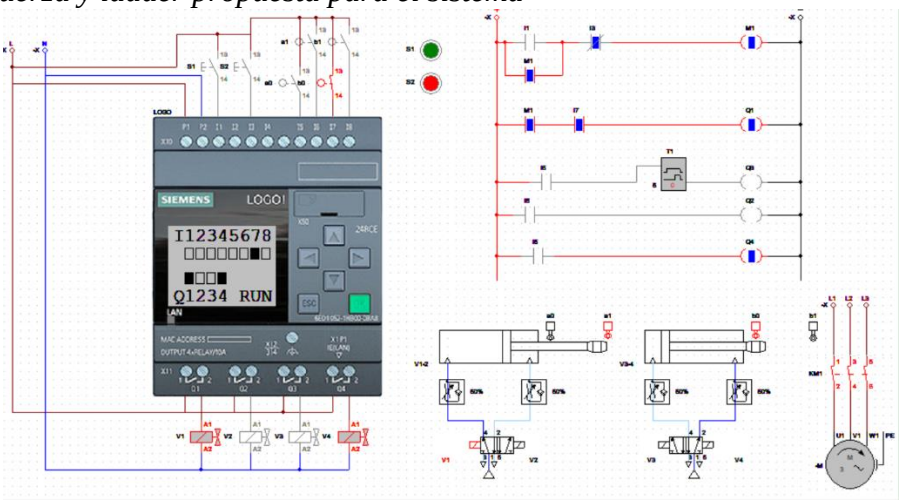

*Nota*. Elaboración propia.

La entrada I3 al ser un contacto normalmente cerrado siempre va a estar activa, pero al estar conectada a una compuerta AND no pasará nada hasta que la otra entrada no esté activa, al presionar la entrada I1 tengo a la salida de la compuerta OR un 1(alto) debido a que según su tabla de verdad si una de sus dos entradas esta activa o sus dos entradas están activas como salida tendré un 1(alto) lo que permitirá que la salida se encienda.

Este esquema combinacional está programado para el pulso de los botones de encender y apagar.

**Figura 6**

*Esquema de fuerza y ladder propuesta para el sistema*




*Nota*. Elaboración propia.

Mediante el programa (figura 6) se implementaron 4 válvulas de las cuales se activan 2 durante 5 segundos, se desactivan y se activan las otras 2 durante 5 segundos respectivamente. Para ello se establece una lógica de contactos en la que se consideran 6 entradas: botón de encendido, botón de apagado y 4 finales de carreras, en la implementación física del sistema estos finales de carreras serán selectores manuales de dos posiciones para encender/apagar cada válvula. El final de carrera indica la válvula que está encendida, como podemos ver en la ilustración 6 al activarse el final de carrera a1 corresponde a la válvula V1 y al estar activado el final de carrera b0 corresponde a la válvula V4; se implementa un temporizador con tiempo de 5 segundos para el encendido de las primeras camas, se apaga y se encienden durante 5 segundos de las segundas camas.

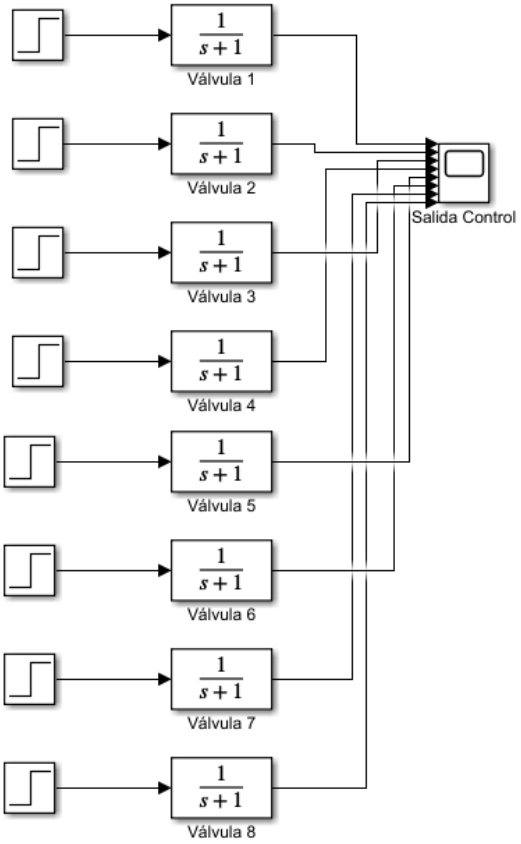
La realización del Ladder (diagrama/lógica de contactos) en la Figura 6 es con el fin de simular el temporizador que me permite encender/apagar las válvulas. El motor trifásico está encendido durante determinado tiempo (el tiempo en que concluya el regado en la totalidad de las camas existentes en el cultivo) y luego se apaga, dado que el sistema de riego automatizado

no va a estar controlado con sensores que envían los datos actuales de la temperatura, humedad y pH se debe realizar una simulación donde accionar el botón inicie el riego de manera automática por un determinado tiempo.

Finalmente, para el encendido de cada válvula se representa mediante un sistema de control todo/nada ya que se requiere un control muy preciso, el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada, obteniendo a la salida solo dos estados, cuando está completamente activada (on) y completamente desactivada (off).

**Figura 7**

*Sistema de control para válvulas*

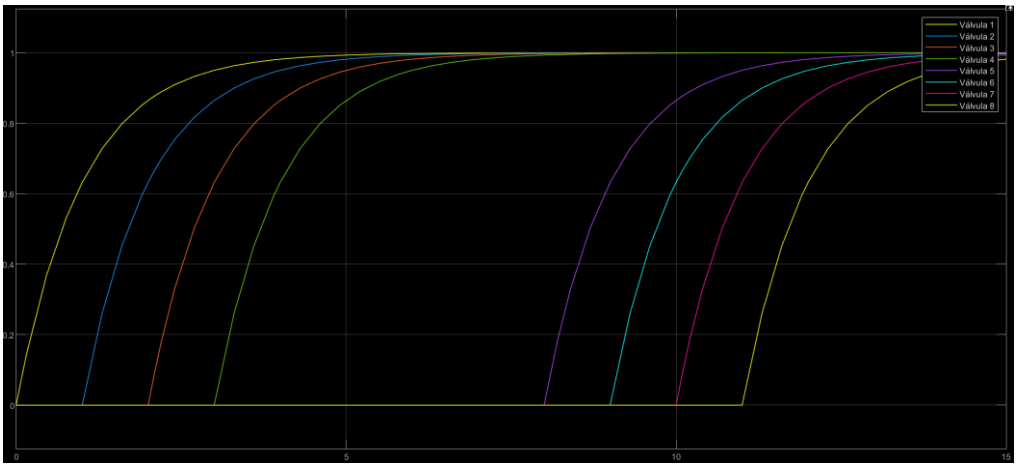



*Nota*. Elaboración propia.

Este tipo de control es utilizado en procesos simples como el control de nivel de agua, donde se quiere evitar el derramamiento de agua. El sistema permite analizar el comportamiento de encendido de cada válvula en un periodo de tiempo establecido y el apagado de esta misma válvula. Se tiene una respuesta rápida en donde se inicia el encendido automático de la cama comprendida por 4 válvulas en 5 segundo y el apagado de estás y de inmediato el encendido de la otra cama comprendida por 4 válvulas más (10 segundos de simulación). Se aprecia en la ilustración 8 donde la respuesta representada por la línea amarilla representa una cama (4 válvulas) y la línea azul representa la otra cama (4 válvulas).

**Figura 8**

*Respuesta del sistema de control de encendido de cada válvula*




*Nota*. Elaboración propia.

### 7.3. Descripción del Sistema y Finalidad.

El desarrollo tecnológico conseguido en el campo de la electrónica permite realizar de forma automática el riego de jardines y zonas verdes, y otras operaciones como la fertirrigación o la limpieza de los filtros del cabezal de riego, lo que ha dado lugar a un mayor control y facilidad de manejo de las instalaciones y a una disminución de los costes de mantenimiento.

Se pretende un sistema de riego programado con pequeñas operaciones que va desde la apertura o cierre de una válvula, hasta la realización de una programación integral del riego, que permite realizar de forma automática distintas operaciones además del riego propiamente dicho. Tiene como finalidad permitir un mayor control de la dosis de riego aplicada y así conseguir una mayor eficiencia y ahorro de agua.

### *7.3.1. Partes del Sistema.*

***Válvulas.*** Son dispositivos con características móviles que permiten abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir o controlar el flujo de fluidos. Es un mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema. Un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos.

***Electroválvulas.*** Son dispositivos que controlan la circulación del agua en función de una serie de impulsos eléctricos enviados desde el programador de riego. Se componen principalmente de dos elementos: un diafragma, que permite o impide el paso del agua a través de la electroválvula, y un solenoide, que recibe los impulsos eléctricos, y que a su vez acciona la apertura o el cierre de la membrana.

***Micro aspersores.*** Están destinados a suministrar el riego mediante gotas muy finas. Poseen un deflector giratorio, denominado rotor o bailarina, que ayuda a ofrecer un mayor diámetro de cobertura, una menor tasa de precipitación que los difusores, un mayor tamaño de gota, y una mejor distribución del agua (sobre todo en uniformidad de distribución).

***Hidroflow.*** Equipo para aumentar y regular la presión del agua. Puede ser desde el acueducto o alimentación de pozo o tanque elevado, este equipo se encargará de controlar la

presión en el sistema de riego por aspersión, ya que no se cuenta con la presión necesaria del tanque elevado para el buen funcionamiento de los aspersores.

***Tubo conduit.*** La tubería conduit PVC se fabrica de acuerdo a la NMX-E-012 y se utiliza en la conducción de cableado eléctrico tanto aparente como oculto y es especialmente recomendado para sistemas aislados a tierra ya que no conduce la electricidad.

***Tubo de agua de alta presión.*** Está diseñado para transportar agua para consumo humano a presión y es fabricada para ser unida con cemento solvente. Los tubos vienen de extremo liso y los accesorios con campana.

***Registro de incorporación.*** Se utiliza en acometidas domiciliarias de agua potable para controlar el fluido desde el medidor hacia la vivienda o para instalar en el collar de derivación.

***Tablero de control industrial.*** Los tableros eléctricos son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico desde un circuito básico en un hogar hasta el de una máquina industrial. En estos se puede concentrar los dispositivos de conexión, maniobra, protección, etc.

***Logo Siemens V8.*** Será el controlador lógico del sistema electrónico, el cual le brindará la capacidad a los usuarios de controlar en secciones y dos tipos de riegos del cultivo; además visualizará el estado de funcionamiento del sistema en el cultivo de plantas medicinales.

### *7.3.2. Diseño de Red de Riego.*

Se debe colocar rociadores de mayor alcance (rotores y rociadores de impacto) en zonas amplias, aspersores convencionales en zonas más estrechas y micro aspersores o goteros en las zonas muy tupidas. Sin embargo, distintos tipos de rociador tienen distintos requerimientos de presión y caudal. La precipitación de los rociadores deberá ser similar, y la necesidad de agua de las plantas también. Por otra parte, se deberá garantizar que cada rociador reciba el caudal

requerido a la presión requerida. Para ello se deberá estimar qué caudal es capaz de entregar la instalación de agua a la presión requerida por el tipo de regador empleado.

#### 7.3.2.1. Instalación del Tubo.

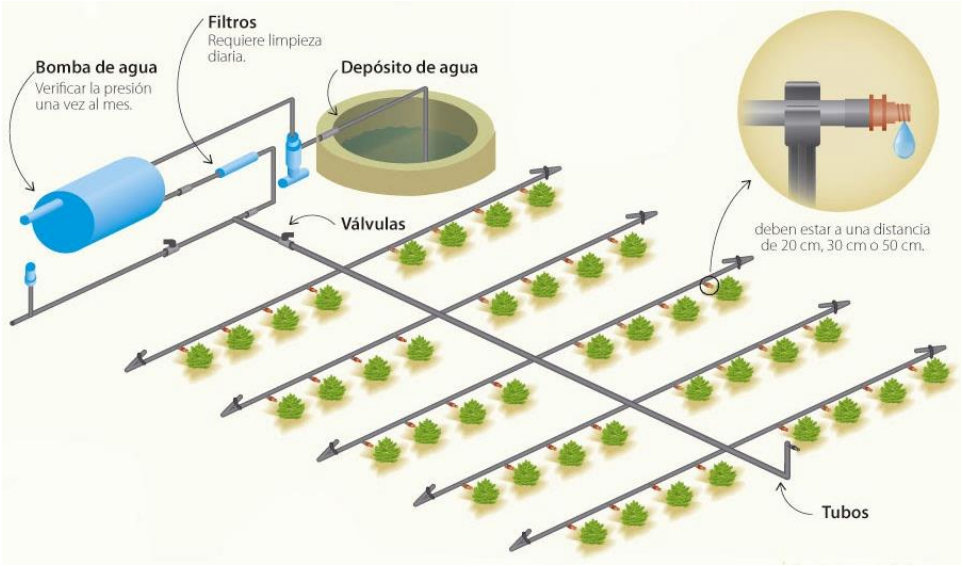
Coloque el tubo y los accesorios cerca de las zanjas de acuerdo al modo al que serán instalados. Tenga cuidado de no dejar que suciedad o sedimentos entren en el tubo. Comenzando con el punto de conexión (o válvula anti-retorno, si fuera pertinente) mida, corte e instale el tubo, hasta llegar hasta la última agrupación o tramo.

#### *7.3.2.2. Preparación del Sistema.*

Utilizando el plano del terreno y las banderas de señalización, marque la ubicación de los aspersores y sus válvulas por zona. Realice los ajustes según resulten necesarios para asegurar una cobertura completa de aspersor a aspersor.

**Figura 9**

*Red de distribución de componentes de riego*

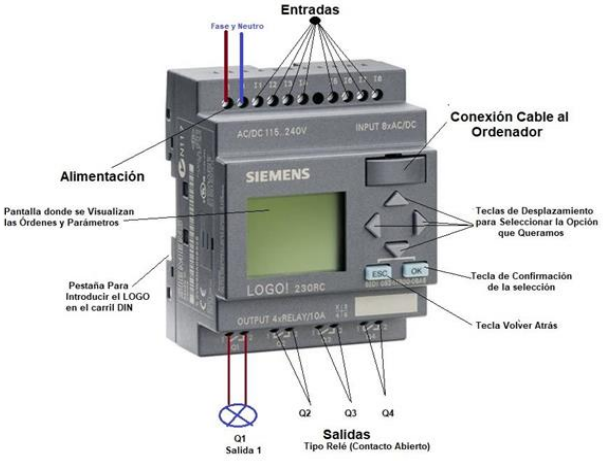



*Nota.* Prototipo de diseño de camas para cultivo de plantas medicinales con distribución de componentes. Tomado de www.gestiriego.com

### 7.3.2.3. Partes del Controlador

**Figura 10**

*Partes del Logo Siemens V8*




*Nota.* Tomado de https://www.areatecnologia.com/electricidad/plc-logo.html

### 7.3.2.4. Instalación del tablero.

El sistema puede operar en 2 modos: automático y manual.

Cuenta con 11 entradas:

- 8 entradas para las válvulas.
- 1 selector de 3 posiciones para: 0 apagado, 1 automático, 2 manual.
- 1 selector para el Hidroflow.

Cuenta con 9 salidas:

- 8 salidas para las válvulas.
- 1 salida para el Hidroflow.

### 7.3.2.5. Ubicación de las electroválvulas.

Una vez subdividido el sector, cada una de las zonas debe tener su propia válvula. La válvula controla el caudal del agua en una zona de aspersores. Indique una electroválvula para

cada zona y luego agrupe las electroválvulas en una zona, creando una agrupación de electroválvulas.

**7.3.2.6. Pautas de Riego.**

1. No ponga más de una válvula en funcionamiento a la vez.

2. Riegue temprano por la mañana cuando hay menos viento y la presión es mejor. El riego temprano también reducirá la evaporación de agua. No se recomienda el riego en la tarde. Las plantas tienen mayores posibilidades de contraer enfermedades cuando permanece mojado durante un tiempo largo, especialmente toda la noche durante el verano. El riego durante un día caluroso de verano también puede quemar las plantas debido a la evaporación, la cual deja sedimentos de sodio en las plantas.

3. En la mayoría de las áreas, la planta requiere entre 40 y 50 mm de agua por semana durante los meses de más calor. Las áreas cálidas y áridas pueden requerir más.

4. Active su sistema manualmente todas las semanas para asegurarse que todo está funcionando adecuadamente. Inspeccione y limpie los aspersores para asegurar un funcionamiento adecuado.

**7.3.2.7. Ventajas del Proceso.**

***Ahorro de agua.*** La cantidad de agua que se aplica se ajusta en cantidad y oportunidad a la evapotranspiración de los cultivos. Se eliminan las pérdidas por conducción, ya que el agua es transportada por tuberías hasta la planta y se reducen las pérdidas por infiltración profunda y de escurrimiento al pie. La eficiencia de riego es muy alta (90 al 95 % en goteo y 85 % en micro aspersión).

***Uniformidad de aplicación.*** Debido a que la aplicación se realiza por emisores con igual caudal y ubicados a distancias regulares, es posible la entrega de agua con muy buen grado de uniformidad, inclusive en terrenos con topografía irregular.

***Aumento de la superficie bajo riego.*** Es posible incrementar la superficie con la misma disponibilidad de agua en un 30-35 %. Esto se debe al incremento de la eficiencia de uso.

Menor presencia de malezas: contribuye a facilitar el control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada, ya que el agua se entrega directamente al lado de las plantas y a lo largo de la hilera del cultivo, quedando seca gran parte de la superficie entre las líneas (aproximadamente una tercera parte). Además, la población de malezas disminuye porque el agua se aplica filtrada, libre de semillas.

***Compatible con labores culturales.*** En goteo es posible efectuar otras labores mientras se riega (tratamientos fitosanitarios, poda, raleo de frutos, cosecha, etc.).

Ahorro en labores culturales: debido a una menor proliferación de malezas, se disminuyen trabajos de desmalezado (arada, desbrozado, rastreada, etc.). También se reduce el laboreo para mejorar condiciones de infiltración (como es común en riego por superficie) y se elimina la labor de construcción de acequias y preparación del riego.

***Ahorro de mano de obra.*** el sistema permite disminuir la mano de obra involucrada. Un solo operador de riego puede manejar 80-100 ha. Mejoras en la producción y calidad de la planta: debido a que se encuentran mejor satisfechas las necesidades hídricas y nutritivas en todo momento y a lo largo de la temporada. En áreas de piedemonte se obtiene también una mayor precocidad (todo aquel proceso, cualidad o habilidad que se desarrolla o que llega a su término antes de lo habitual).

### *7.3.3. Diseño Fotovoltaico.*

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo denominado célula fotovoltaica (Peña et al., 2017).

Para la implementación del panel se toman en cuenta los datos de producción de energía de éste, se propone utilizar un Panel solar mono PERC half cell 455W; adicional a ello, se debe tener en cuenta la potencia consumida por los dispositivos que se utilizará en el presente proyecto.

**Tabla 4**

*Especificaciones panel solar*

| **Panel solar mono PERC half cell** | | |
|---|---|---|
| Ítem | Descripción | Unidad |
| 1 | Potencia pico (PMAX) | 455W |
| 2 | Voltaje a máxima potencia (VMPP) | 41,82V |
| 3 | Intensidad a máxima potencia (IMPP) | 10,88A |
| 4 | Voltaje en circuito abierto (VOC) | 49,85V |
| 5 | Intensidad en corto circuito (VOC) | 11,41A |

*Nota.* Elaboración propia.

El Logo V8 se alimenta con 12/24V DC y la corriente consumida son 1,3A.

Las electroválvulas se alimentan con 12V y consume una corriente de 320mA, se consideran 8 electroválvulas en el proyecto. Además de ello, se conectará un contactor para el panel el cual consume una potencia de 30W.

$W_{Logo} = V_{Logo} * I_{Logo} = 24V * 1{,}3A = 31{,}2W$ Potencia consumida por el logo

$W_{val} = V_{val} * I_{val} = 12V * 320mA = 2{,}4W\ Potencia\ consumida\ por\ cada\ electroválvula$

$2{,}4W * 8 = 19{,}2W\ Potencia\ total\ consumida\ por\ las\ electroválvulas$

Variables:

- $W_{logo}$: Potencia consumida por el logo.
- $V_{logo:}$ Voltaje consumido por el logo.
- $I_{logo:}$ Corriente consumida por el logo.
- $W_{val}$: Potencia consumida por la válvula.
- $V_{val:}$ Voltaje consumido por la válvula.

- $I_{val:}$ Corriente consumida por la válvula.

A partir del anterior cálculo se estima el consumo total de los dispositivos, teniendo en cuenta una elevación al 150% (aumento del porcentaje de consumo) para garantizar su buen funcionamiento:

**Tabla 5**

*Consumo total del sistema*

| Dispositivos | Consumo (W) | Elevación | Consumo (W) |
|---|---|---|---|
| Logo | 31,2 | 150% | 78 |
| Electroválvulas | 2,4 | 150% | 6 |
| Contactor | 30 | 150% | 75 |
| **Total** | 63,6 | 150% | 159 |

*Nota.* Elaboración propia.

Basándose en un promedio de uso diario del sistema el cual dependerá exclusivamente de las necesidades de riego que establezca el encargado de la granja o del riego y suponiendo las condiciones de temperatura más adversas se tendría un riego máximo de 2 horas diarias, el sistema no funcionaría 24 horas solo el logo estaría funcionando todo este tiempo:

Teniendo en cuenta la tabla anterior donde tenemos una potencia total de 159 w por un periodo de uso completo de 2 horas máximo, tendríamos un consumo total de 318 w/h; en reposo solo funciona el logo el cual tendría la función de procesar los tiempos en modo automático y será de 748.8w/h en 24 horas.

Cálculo de MIPS (Millones de instrucciones por segundo): Éste cálculo se realiza teniendo en cuenta el Anexo 3 y Anexo 4 (Diagrama de bloques del sistema Logosoft - Activación de camas, pag.76-77).

Dado que la estructura de programación creada para el sistema de riego cuenta con:

- 16 compuertas AND.

- 8 compuertas OR.
- 8 Temporizadores.

El manual del logo (Siemens,2017, p.359) nos provee información para determinar el tiempo de ciclo, es necesario sumar todas las funciones que tiene el programa, cada función equivale al 0,1ms. Posteriormente al totalizar esta suma se debe hacer la conversión de ms a s y dividir éste resultado en 1'000.000 como se indica a continuación.

Determinamos el tiempo de ciclo por función:

$$Compuertas\ AND: 0{,}1ms\ x\ 16 = 1{,}6ms$$

$$Compuertas\ OR: 0{,}1ms\ x\ 8 = 0{,}8ms$$

$$Temporizadores: 0{,}1ms\ x\ 16 = 0{,}8ms$$

Sumamos los tiempos hallados:

$$Tiempo\ de\ ciclo\ (Total): 1{,}6ms + 0{,}8ms + 0{,}8ms = 3{,}2ms$$

Convertimos de ms a segundos (0,1ms=0,001s):

$$3{,}2msx0{,}001s = 0{,}0032s$$

Finalmente calculamos los Millones de instrucciones por 1'000.000:

$$1000000/_{0{,}0032s} = 312{,}5M\ MIPS$$

Del resultado se puede concluir que, al tratarse de un programa mínimo (pequeño), se está usando la capacidad total del Logo (trabajo rápido). A medida que se va integrando más funciones, la unidad de procesamiento es menor.

#### *7.3.4. Internet de las cosas*

Internet de las cosas o Internet of Things (IoT) es una red de dispositivos de procesamiento con identidades únicas que pueden conectarse y transferir datos a través de una

red sin requerir la interacción humana directa. Se puede controlar, administrar y programar para seguir reglas específicas del contrato.

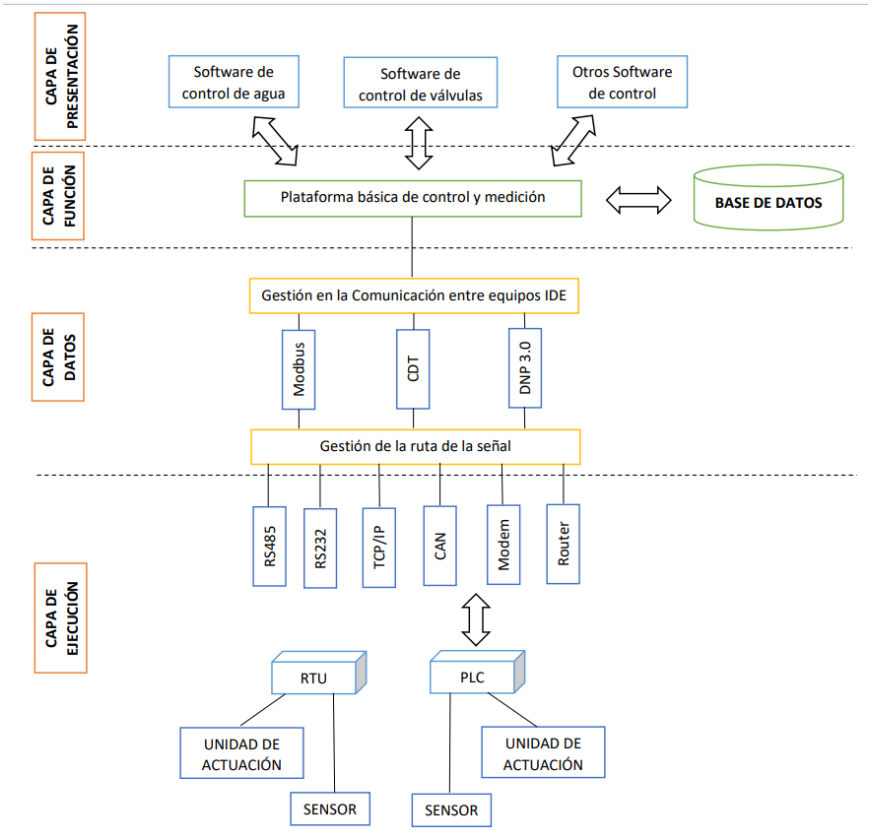
IoT ha evolucionado desde la convergencia de tecnologías inalámbricas, sistemas micro-electromecánicos (MEMS), micro servicios e internet. La convergencia ha ayudado a derribar las paredes de silos entre la tecnología operativa (OT) y la tecnología de la información (TI), permitiendo que los datos no estructurados generados por máquinas sean analizados para obtener información que impulse mejoras (Evans, 2011).

Logo V8 cuenta con un Servidor web integrado en todas las unidades básicas de control y mando a través de WLAN e Internet. Protegido mediante contraseña y adecuado para todos los navegadores convencionales.

El servidor web es fácil de configurar. Los usuarios pueden seleccionar libremente las opciones de visualización deseadas para usar el Logo pantalla o la pantalla TDE, ser utilizado con Smartphone, Tablet o PC requiere conexión con Router.

**Figura 11**

*Sistema general de riego inteligente*




*Nota.* Elaboración propia.

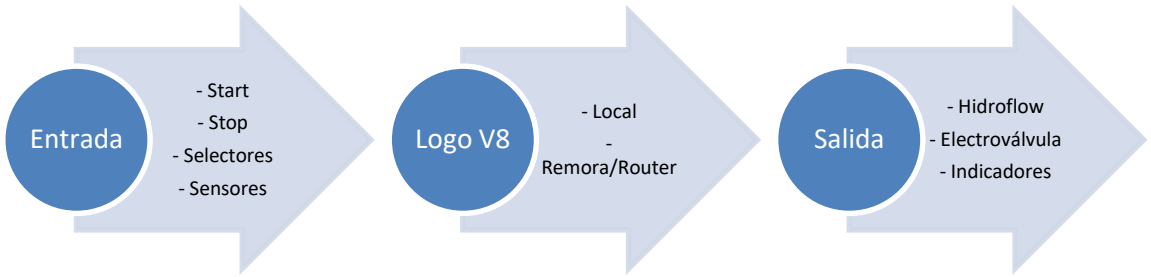
La estructura general del sistema de riego inteligente se divide en cinco unidades: unidad de captación de datos, unidad procesadora de datos y visualización en la zona de la plantación, unidad de recolección y estadística de datos en tiempo real, unidad de seguimiento de factores de decisión y la unidad remota, estación de ingeniería. (figura 11).

Dada una estructura general del sistema, se establece una estructura de captura de datos mediante un proceso de control en el que se tienen las diferentes entradas o pulsos que intervienen en el sistema, se procesa mediante el controlador Logo y finalmente conlleva a la

salida que corresponde al accionamiento de los dispositivos que me controlan el sistema de riego (Figura 12).

**Figura 12**

*Proceso de captura de datos*




*Nota.* Elaboración propia.

### *7.3.5. Diseño de sistema de control*

**Figura 13**

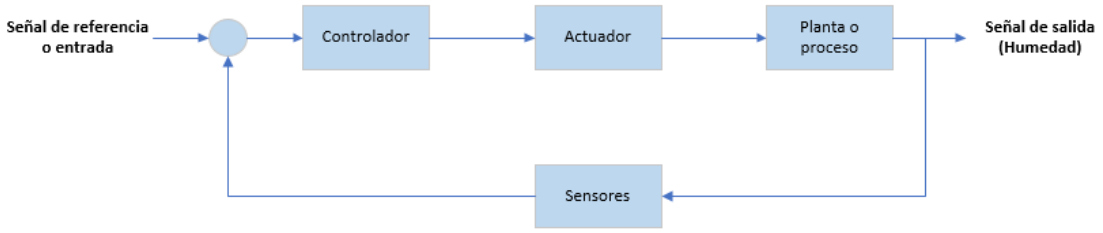
*Sistema de control de lazo abierto*

*Nota.* Elaboración propia.

En lazo abierto (figura 13) se puede controlar el sistema por tiempo o caudal de agua, se calcula la duración del riego en función de la dosis necesaria, caudal y número de aspersores colocados, los elementos principales en este tipo de control son las electroválvulas que se instalan normalmente cerradas para evitar el paso de agua y el programador o PLC que incorpora un reloj que abre o cierra los circuitos eléctricos en las horas que esté programado.

**Figura 14**

*Sistema de control de lazo cerrado*




*Nota.* Elaboración propia.

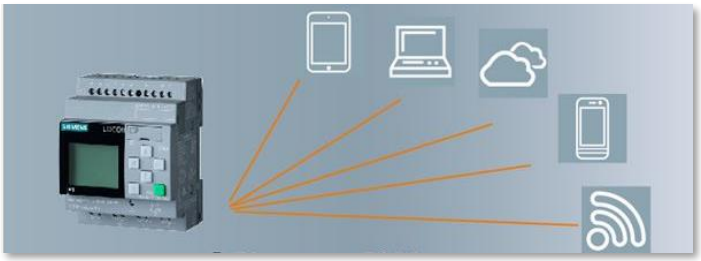
En la implementación de las próximas fases del proyecto de investigación, el diseño pasa de ser un sistema de control abierto a ser un sistema de control cerrado ya que se mantendrá un respectivo control de variables meteorológicas mediante la instalación de sensores, estas variables serán el proceso de realimentación del sistema que contribuye mejoras en el presente sistema.

Con Logo editor web se puede diseñar un propio sitio web, que en última instancia actuará como su interfaz de usuario de control remoto, permite crear sitios web personalizados, que se utilizan para controlar y monitorear el logo en tareas automatizadas.

- Se puede dibujar gráficos, integrar textos, imágenes y enlaces.
- Valores digitales: se muestran como iconos o botones de control.
- Valores analógicos (grabables) como cifras, gráfico de barras o deslizador analógicos (grabables).

**Figura 15**

*LOGO web editor*



*Nota*. Tomado de https://www.automation24.biz/siemens-logo

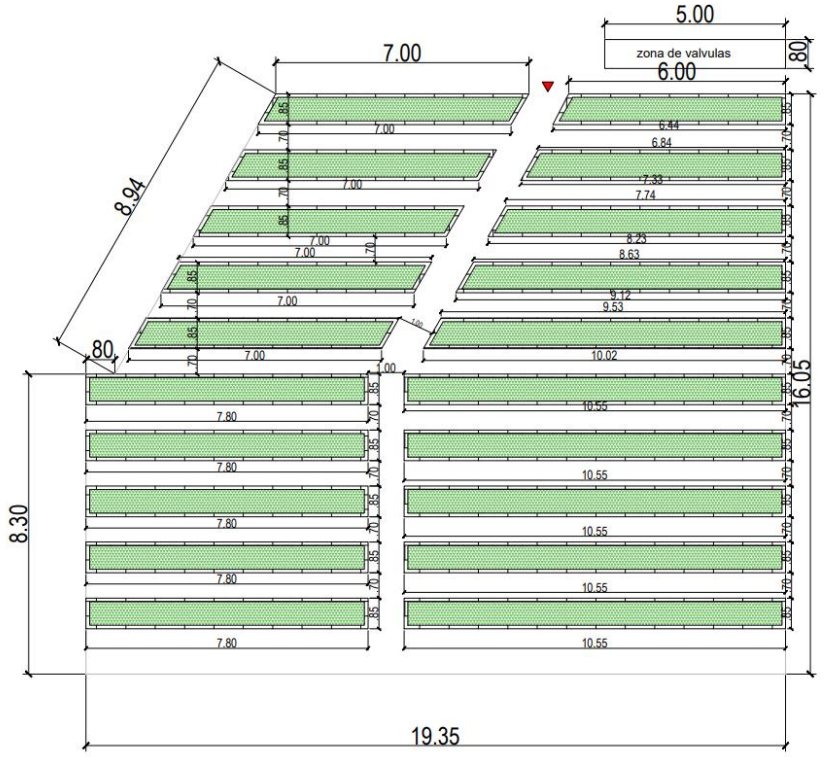
Se transfiere los datos de su sitio web completo a una tarjeta Micro SD que se ingresa directamente al logo, después de abrir el sitio web en una PC, teléfono inteligente o tableta, los dispositivos y el sistema en general se pueden controlar y monitorear de forma inalámbrica.

### 7.4. Planos.

El área de plantas medicinales, aromáticas y condimentarias, ubicado en la granja Agroecológica de la UCEVA, Tuluá, Valle del Cauca, Colombia, tiene un área de 287.12m$^2$. La forma de riego es por aspersión y goteo. El área del proyecto se divide en 10 camas de cultivo. En total se encuentran 66 especies entre plantas medicinales, aromática y condimentarias. La fuente de agua de riego es un tanque elevado alimentado por una bomba tipo lapicero sumergida en el aljibe de la granja de 10 hp trifásica y conectada con un sistema de arranque directo con un contactor y una térmica para protección de la misma.

**Figura 16**

*Plano general del cultivo*



Teniendo en cuenta que cada especie posee características y necesidades hídricas diferentes el riego automático cobra importancia y se puede implementar teniendo en cuenta factores como la humedad del suelo, los puntos de marchitez de las plantas, la topografía del lugar, las condiciones climáticas entre otros, determina el tipo y ubicación de los puntos de monitoreo, incluyendo un total de 10 puntos de monitoreo de flujo de tuberías, 8 puntos de control de válvulas remotas, 4 puntos de monitoreo de humedad del suelo, 1 punto de monitoreo del nivel de agua, 1 punto de monitoreo de la calidad del agua y 1 punto de monitoreo meteorológico. El diseño real de los puntos de monitoreo se muestra en la Figura 17 y 18.

**Figura 17**

*Sistema de goteo*

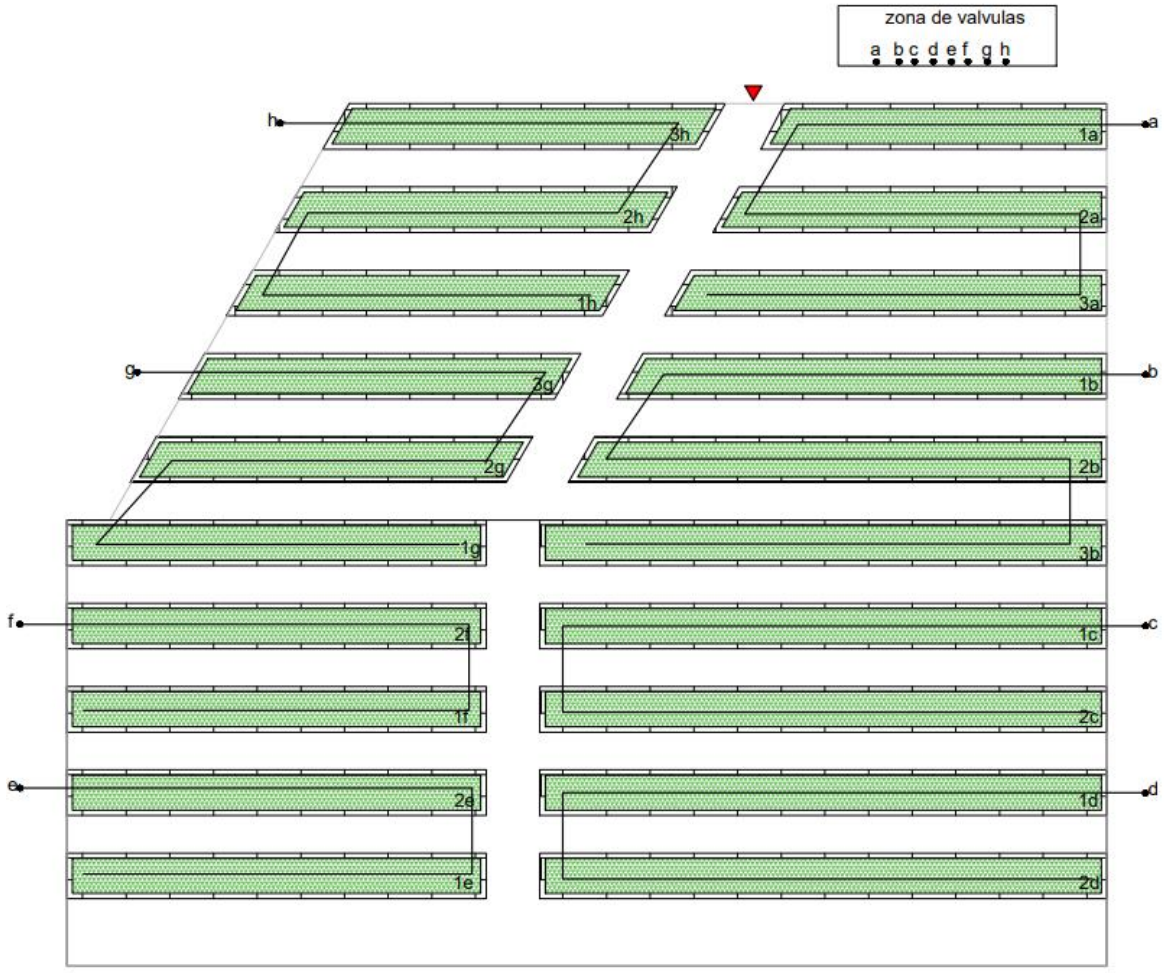
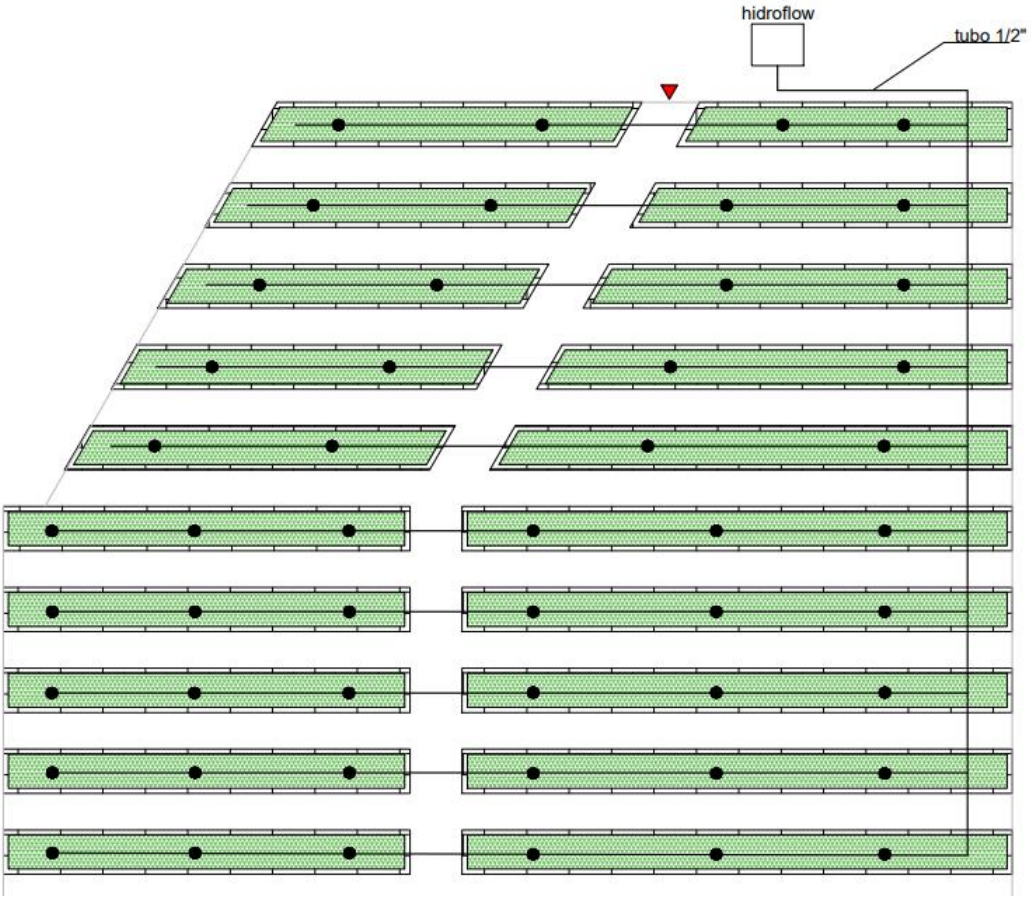


**Figura 18**

*Sistema de micro goteo*




## 8. Análisis Financiero.

El presente proyecto de investigación está financiado con recursos del Proyecto de investigación del grupo Energías y ProAgro denominado: “Diseño de un sistema de riego automatizado y controlado para cultivos de plantas medicinales localizado en la granja agroecológica-UCEVA”, a continuación, se muestra una proyección de gastos de los materiales e insumos y equipos necesarios para la implementación del sistema.

**Tabla 6**

*Proyección de gastos*

| Cantidad | Producto | v/unitario | v/total |
|---|---|---|---|
| 1 | Logo Siemens Versión 8 | $ 1.800.000,00 | $ 1.800.000,00 |
| 1 | Hidroflow | $ 500.000,00 | $ 500.000,00 |
| 8 | Electroválvulas | $ 140.000,00 | $ 1.120.000,00 |
| 400m | Cable #18 | $ 1.700,00 | $ 680.000,00 |
| 42 | Tubo conduit 1/2" | $ 2.350,00 | $ 98.700,00 |
| 12 | Tubo conduit 1" | $ 12.900,00 | $ 154.800,00 |
| 7 | Tubo de agua de alta presión 1" | $ 20.000,00 | $ 140.000,00 |
| 7 | Collarín de 1" a 1/2" | $ 10.000,00 | $ 70.000,00 |
| 7 | Registro de incorporación | $ 30.000,00 | $ 210.000,00 |
| 10 | Tubo agua de alta presión 1/2" | $ 7.000,00 | $ 70.000,00 |
| 1 | Tablero 60*40*25 | $ 207.000,00 | $ 207.000,00 |
| 23 | Conectores de manguera | $ 1.000,00 | $ 23.000,00 |
| 350m | Cinta de goteo de 10cm | $ 285,71 | $ 100.000,00 |
| 50 | micro aspersores | $ 3.000,00 | $ 150.000,00 |
| 10 | Selectores 2 posiciones | $ 14.000,00 | $ 140.000,00 |
| 1 | Selector 3 posiciones | $ 17.000,00 | $ 17.000,00 |
| 1 | Mano de obra | $1.500.000,00 | $1.500.000,00 |
| | **Total** | | **$ 6.980.500,00** |

*Nota*. Elaboración propia.

**Tabla 7**

*Justificación insumos y productos a utilizar (Próximas fases del proyecto)*

| **Producto** | Justificación | V/total |
|---|---|---|
| Sensor Fs200 | Para mediciones de la humedad y temperatura del suelo. | $ 153.000,00 |
| Sensor PCE-PH20S | Determinar de forma directa el valor pH del suelo. | $ 607.000,00 |
| Panel solar mono PERC half-cell 455W | Generar energía fotovoltaica | $ 640.000,00 |
| Inversor cargador POWEST MPPT 1KVA 12VDC | Detectar cuando la batería baja hasta el mínimo y activa la función de cargador | $ 1.160.000,00 |

| | | |
|---|---|---|
| Batería GEL 100Ah – 12VDC | almacenar la energía generada por el panel solar | $ 700.000,00 |
| Riel | Montaje de panel solar | $ 38.500,00 |
| Clamp | Fijación de riel | $ 28.000,00 |
| Conectores MC4 | Conectores eléctricos para conexión de paneles | $ 12.000,00 |
| Protección DPS sobrevoltajes | Protectores eléctricos o supresor de tensión para proteger los dispositivos de altas tensiones | $ 145.000,00 |
| Mini breaker DC 1x16 | | $ 38.600,00 |
| Mini breaker DC 2x32 | | $ 51.200,00 |
| Fusible y portafusible 32A | | $ 36.000,00 |
| 9 metros de cable | Para las baterías | $ 69.000,00 |
| Cofre eléctrico 40*30*20 | | $ 180.000,00 |
| Canal montaje tablero | | $ 9.500,00 |
| Riel DIN | Para montaje de tablero | $ 19.000,00 |
| 10 metros de cable PV 4mm2 | | $ 46.000,00 |
| | **Total** | $ 4.193.632,00 |

*Nota*. Elaboración propia.

## 9. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases permitirá la idealización del funcionamiento de los sistemas de riego tradicionales los cuales generan un alto consumo de recurso hídrico, deterioro de las cosechas y perdidas económicas, a partir de estos hallazgos se propuso el planteamiento de una alternativa inteligente para ser implementada en los diferentes sembrados agrícolas que existen en la huerta de la granja agroecológica de la UCEVA; la alternativa diseñada se basa en la aplicación de distintas tecnologías para la construcción un prototipo que regula y controla el sistema de riego en todo momento; se considera muy importante el uso de métodos de automatización porque permiten minimizar la acción de los usuarios, facilita el control y la gestión, y permite el aprovechamiento los recursos.

El desarrollo de este estudio para el desarrollo de un prototipo de riego automatizado enfocado en la granja de la UCEVA, representa gran ventaja a los estudiantes de las diferentes ramas de la ingeniería o usuarios que lo requieran ya que con la automatización del riego se puede obtener un gran ahorro de agua y energía la vez. Esto se logra mediante la programación del diseño, ya que el tiempo de riego es corto y así mismo al término de cada trabajo el sistema se apaga automáticamente disminuyendo el tiempo de operación y mano obra, debido a que es un sistema que provee la cantidad necesaria de agua al cultivo, evitando la humedad en la cosecha e influye de manera positiva en la productividad de los cultivos de plantas medicinales.

Finalmente, el proyecto proporcionará un documento informativo para los investigadores, de tal modo que puedan continuar con el desarrollo tecnológico y las actividades subsecuentes (fase II y fase III), y que tiene como premisa elemental el estudio de procesos productivos enfocados en plantas medicinales y paralelo a esto disminuir el consumo de agua para la actividad de riego, entre otros beneficios de índole ambiental (control de humedad y plagas), y de construcción de alternativas socio-sostenibles.

## 10. Recomendaciones

Debido a que es un proyecto de investigación se requiere adaptarlo a nuevas tecnologías, implementar al sistema sensores, indicadores, paneles solares, también se recomienda adecuar el espacio como un invernadero, es decir, cerrar el espacio, mantener un eficiente control de plagas, esto ayudará a mantener un buen control de la temperatura, la humedad y otras variables meteorológicas. También, un adecuado mantenimiento al tanque proveedor de agua y un buen manejo de los dispositivos por parte de los operadores de la granja. Todo con el fin de mejorar el cultivo, preservar la calidad de las plantas y evitar el desperdicio de agua, así mismo se permita

tener un espacio para el análisis de las aguas que se van a suministrar al cultivo para así tener un estudio más especializado de la calidad de agua.

## 11. Referencias


Agq Labs & Technology. (2020, 9 enero). *Análisis de suelos agrícolas*. AGQ Labs Colombia. https://agqlabs.co/analisis-de-suelos-agricolas/

Agropinos. (2022, 24 marzo). Sistema de riego por aspersión: todo lo que debe saber. https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-riego-por-aspersion

Amaya, E. (s.f). Diseño e implementación de sistema de riego automatizado en un invernadero de la escuela nacional de agricultura, ENA. *Revista tecnológica*, *7*(1). http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2551/1/CAP%208.pdf

Aranda, D. (2014). Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry pi (1.ª ed., pp. 62-). Buenos Aires: Dalaga. Buenos Aires: Dalaga.

ARTICNE. (29 de Marzo de 2020). *Qué es blender y para que sirve*. Obtenido de https://articne.com/3d/que-es-blender/

Barahona, A., & Ramírez, E. (2016). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado para la granja experimental Nono de la UDLA*. Quito: Universidad de las Américas. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6179

CEAC Blog. (2 de Julio de 2013). *Simulación de circuitos con CADe_SIMU*. Obtenido de https://www.ceac.es/blog/simulacion-de-circuitos-con-cadesimu#:~:text=CADe_SIMU%20es%20un%20programa%20de,para%20posteriormente%20realizar%20la%20simulaci%C3%B3n.

Chávez, D., & Merchán, R. (2019). *Análisis y desarrollo de prototipo automatizado para el monitoreo de un invernadero orgánico en la finca "La piedra" recinto de cerecita, en la localidad de bajada de chanduy, por medio de alternativas tecnológicas de bajo costo*. [Trabajo de grado, Universidad de Guayaquil] https://1library.co/document/yevp8r4z-analisis-desarrollo-prototipo-automatizado-monitoreo-invernadero-alternativas-tecnologicas.html

Editorial Etecé. (2021). Materia orgánica. En *Concepto*. Etecé. https://concepto.de/materia-organica/#ixzz6xpQxe0pF

Editorial La República S.A.S. (2013, 23 septiembre). Riego por goteo permite ahorros de un 40% en el consumo de agua. Diario La República. https://www.larepublica.co/archivo/riego-por-goteo-permite-ahorros-de-un-40-en-el-consumo-de-agua-2063351

Evans, D. (2011). *La próxima evolución de internet lo está cambiando todo*. Docplayer. https://docplayer.es/3372941-Internet-of-things-la-proxima-evolucion-de-internet-lo-esta-cambiando-todo-autor-dave-evans-abril-2011.html

González, A. D., Vargas, A., Álvarez Cano, S., & Reyes, V. J. (2017). *Sistema de riego automatizado constituido de elementos electrónicos, dispositivo móvil y la construcción de aspersor*. Iberoamerican Journal of Project Management.

Guanche, A. (2012, junio). *Abonos verdes*. AgroCabildo. https://www.agrocabildo.com

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf

Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olguín, A. (2015). Manual de capacitación: Riego por goteo. PROSAP. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Marquez, R. (2020, 23 julio). *Conoce cade simu, un programa muy útil para elaborar esquemas eléctricos*. Windtux. https://windtux.com/cade-simu-programa-esquema-electrico/

Mercado Fernández, J. A. (2019). Sistemas programables avanzados (1.ª ed., p. 44). Madrid (España): Paraninfo. Madrid (España): Paraninfo.

OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (2008). FACTORES QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE RIEGO MÁS ADECUADO (pp. 26–32). Nelson González Loguercio. Recuperado de https://www.fao.org/3/aj470s/aj470s.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2013). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014–2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/95008/9789243506098_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pabón, L., Rodriguez, M., & Hernández, P. (2017). Plantas medicinales que se comercializan en Bogotá (Colombia) para el tratamiento de enfermedades infecciosas. *Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, *16*, 529–546. https://www.redalyc.org/pdf/856/85653615002.pdf

*PLC LOGO de siemens teoría y prácticas*. (s,f). Área tecnológica. https://www.areatecnologia.com/electricidad/plc-logo.html

Peña, A., Gutierrez, D., & Caldas, F. (2017). *Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica con potencia activa de 1 kw*. [Trabajo de grado, Universidad corporativa de Colombia] https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14677/1/2017_dise%C3%B1o_implementaci%C3%B3n_sistema.pdf

Quesada Hernandez, A. (2008). *Las plantas medicinales.* Costa Rica: Revista Biocenosis.

Rosero, J. (2019, mayo). *Análisis, diseño, desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo para el cuidado integral de plantas domésticas*. [Trabajo de grado, Pontificia universidad católica del Ecuador]

http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17064/TESIS%20ROSERO%20JOSUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rizo, E. (2019, 7 octubre). ¿Por qué elegir el riego por goteo sobre otras técnicas de irrigación? Hortalizas. https://www.hortalizas.com/mundo-agronomo/irrigacion-mundo-agronomo/por-que-elegir-el-riego-por-goteo-sobre-otras-tecnicas-de-irrigacion/

Ruiz, C., & Quinte, J. (2018). Monitoreo de Procesos Industriales a través del Servidor Web del Controlador logo v8. *Nexos Científicos*, 39-52.

Siemens (2017). Manual de producto Logo 8 (10.ª ed., p. 359). Alemania: Division Digital Factory. Alemania: Division Digital Factory.

Universidad del Norte. (2015). La agricultura consume el 70% del agua en el mundo. *Alianza Heraldo*. Published.

Universidad de Oviedo. (2004). *Autómatas programables.* Oviedo, España.

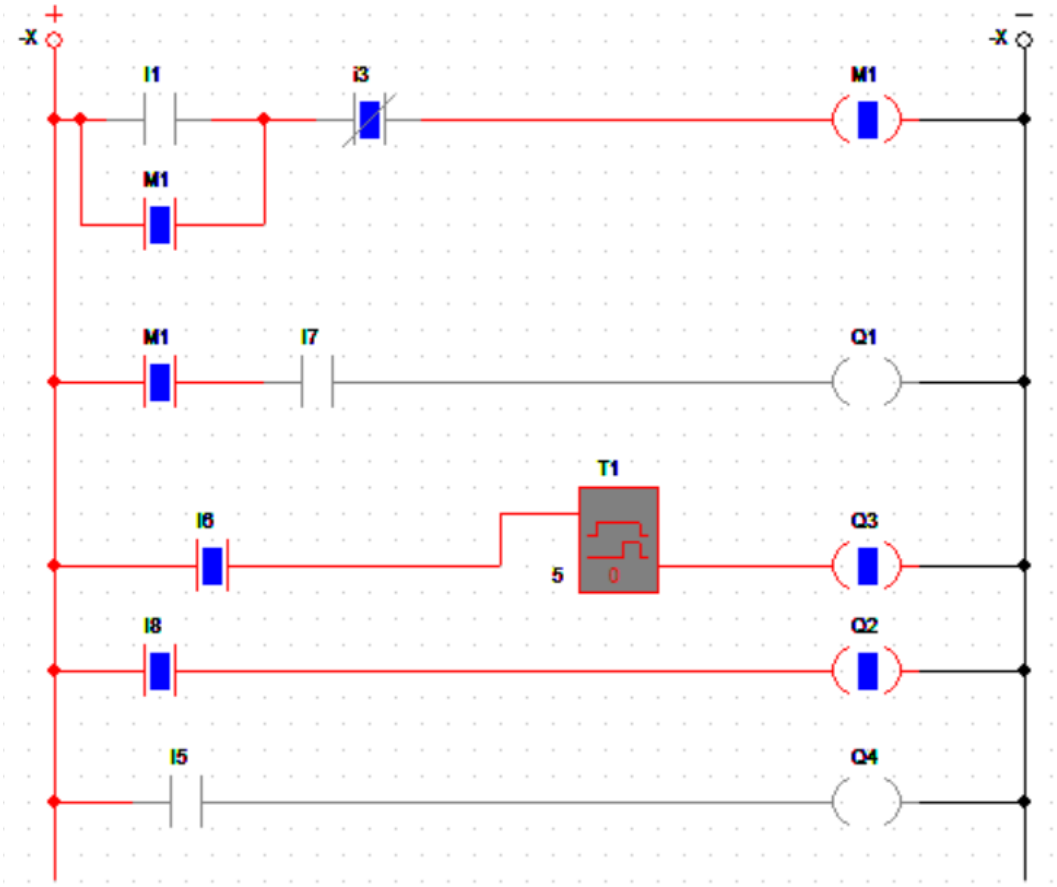
Xataca Basics. (s.f.). *Arduino y Raspberry Pi: qué son y cuáles son sus diferencias*. Obtenido de https://www.xataka.com/basics/arduino-raspberry-pi-que-cuales-sus-diferencias

Zavala Davalos, L. A. (2017). A*plicación de un módulo de comunicación enlazado a un controlador lógico para un sistema de riego automatizado.* riobamba-ecuador: escuela superior politécnica de chimborazo.

# Anexos

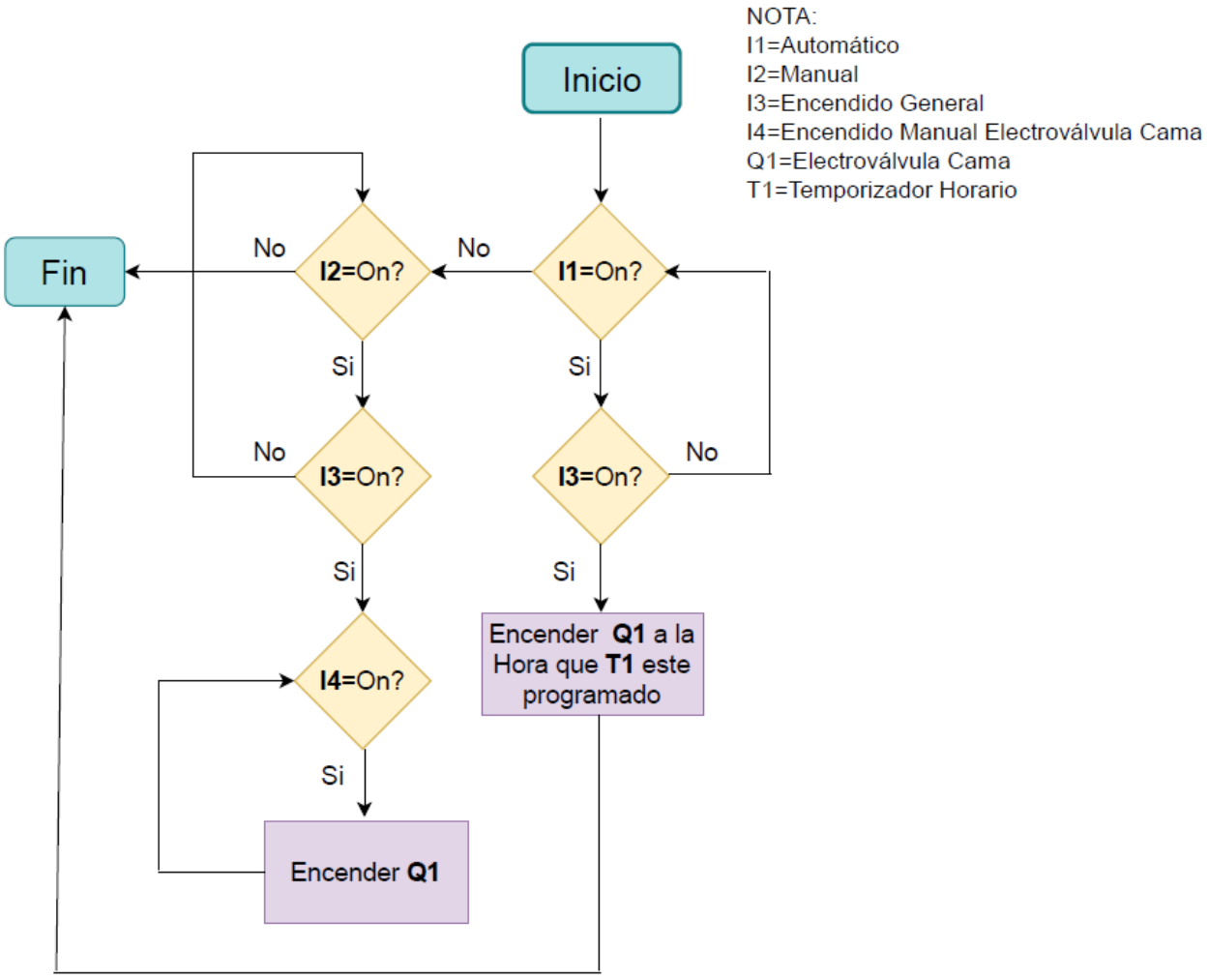
## Anexo 1

*Ampliación del Ladder de la figura 6. (Pag. 47).*



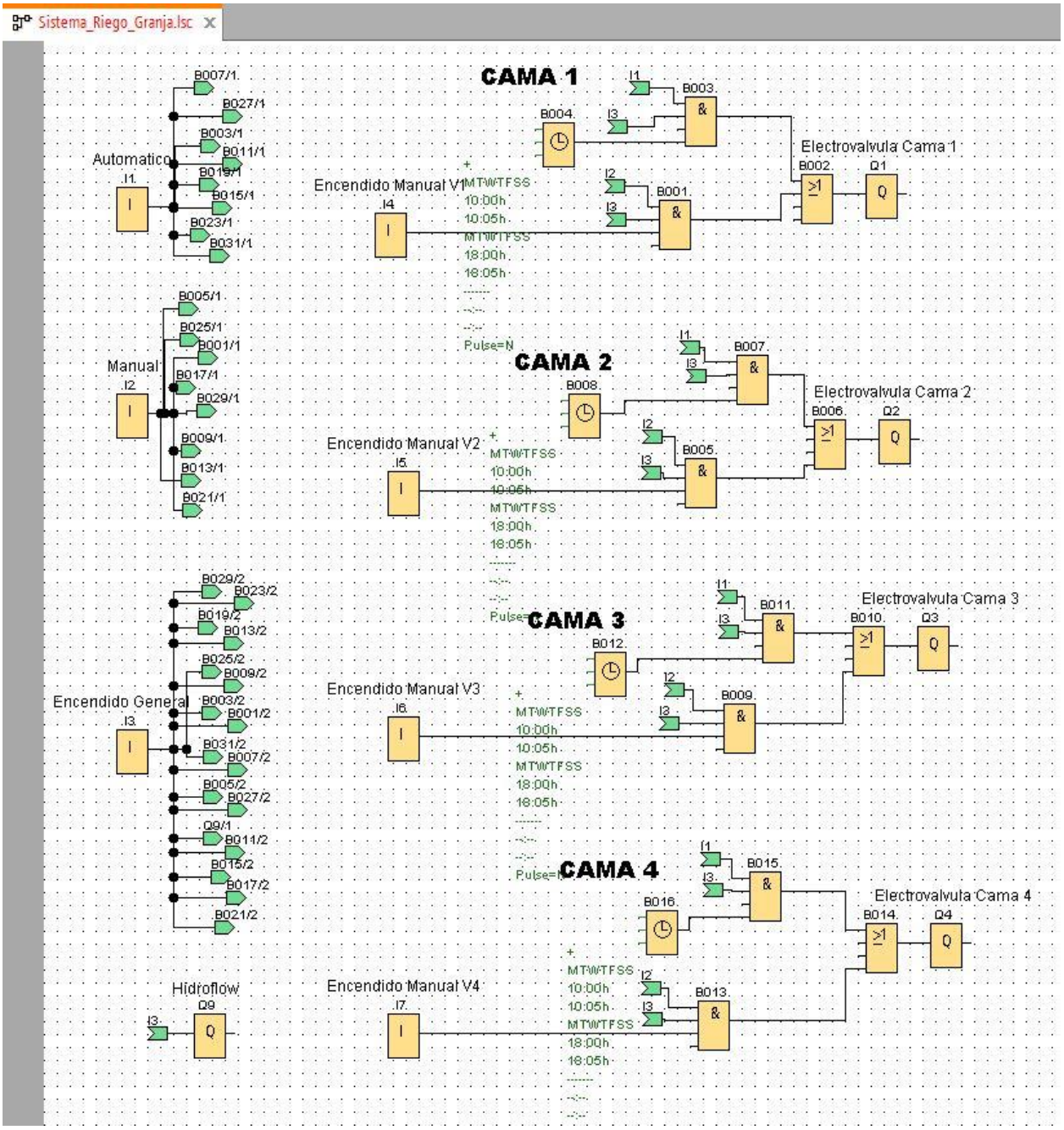
**Anexo 2**

*Diagrama de flujo del sistema en Logosoft - Activación de cama individual*



**Anexo 3**

*Diagrama de bloques del sistema Logosoft - Activación de camas (1ra parte)*



**Anexo 4**

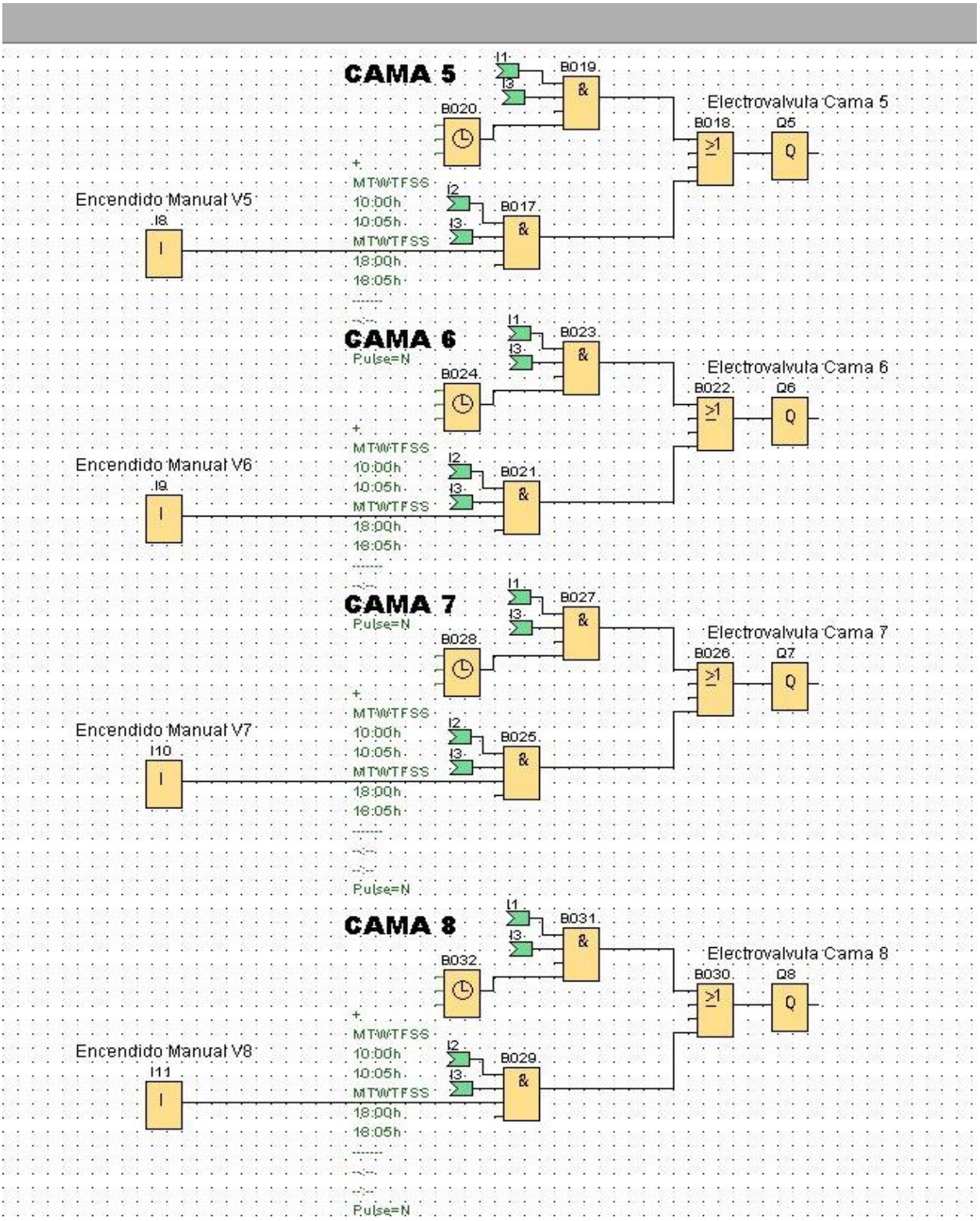



*Diagrama de bloques del sistema en Logosoft - Activación de camas (2da parte)*