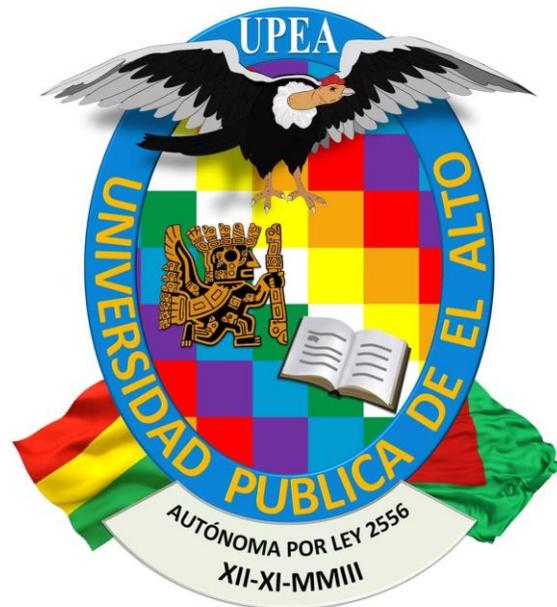


UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



PROYECTO DE GRADO

“PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO” CASO: “COMUNIDAD ALTO KOLLASUYO”

Para optar al título de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas

Mención: MENCIÓN GESTIÓN Y PRODUCCIÓN

Postulante: Zulema Torrez Callimia

Tutor Metodológico: Ing. Marisol Arguedas Balladares

Tutor Especialista: Ing. Roger R. Guachalla Narváz

Tutor Revisor: Ing. Yuly Ramírez Limachi

EL ALTO – BOLIVIA

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por siempre demostrarme su amor y preocupación en todas las etapas de mi vida, a mi padre que está en el cielo por creer en mí y mis hermanos que me apoyaron con sus consejos.

A mi esposo, que con su amor, comprensión y su apoyo incondicional, me ha dado la fortaleza para terminar con éxito este proyecto.

A mis hijos que son los que me dan la fuerza y son mi motor diario para seguir adelante en la vida.

A la UPEA, docentes y amigos que estuvieron siempre a mi lado y creyeron en mi como profesional y persona.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Pública de El Alto, que con su formación profesional y humana, nos brinda la oportunidad de ser profesionales.

Gracias, infinitas gracias a mis tutores.

Al tutor especialista, el Ing. Roger Reynaldo Guachalla Narvaez por todo el conocimiento compartido, por su paciencia y su predisposición, este proyecto no hubiera sido concluido sin su colaboración.

A la tutora revisora de Proyecto la Ing. Yuly Ramirez Limachi gracias por sus oportunos consejos en el desarrollo del Proyecto.

A la tutora metodológica Ing. Marisol Arguedas Balladares gracias por las sugerencias, por su guía en la elaboración de este proyecto.

Al Sr. Luis Aliaga Paz, secretario general de la comunidad Alto Kollasuyo, que me permitió realizar este proyecto.

RESUMEN

El agua es parte indispensable de la vida, un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos, su empleo y gestión constituyen un elemento primordial para incrementar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. Según la FAO¹, al final del siglo XX, la agricultura ha empleado el 70% de toda el agua utilizada en el mundo y estima que el destinado a riego crecerá en 14% para el 2030. La mejora en el uso del agua en la agricultura será necesaria para solucionar las situaciones previstas de escasez de agua.

El proceso de riego tradicional en la comunidad Alto Kollasuyo, Provincia Muñecas se la realiza por gravedad e inundación de surcos lo que implica mucho gasto de recurso hídrico y mano de obra lo que se quiere optimizar es el uso del agua producir más con menos recursos.

Se requiere implementar un prototipo de sistema de riego automatizado usando la metodología Meia V1.0 siguiendo las fases de diseño e implementación, como herramienta principal un módulo lógico programable LOGO! RCE y sensores de nivel, humedad, temperatura y lluvia para minimizar el uso del agua. El sistema de riego podrá ser controlado por el usuario mediante el panel frontal de control mediante conmutadores y pulsadores, también se controla por la interfaz web de LOGO! 8 desde cualquier dispositivo inteligente o laptop; esto permite monitorear el proceso en modo automático. El sensor de nivel controla el llenado del tanque de agua, si esta se encuentra en nivel alto automáticamente la electrobomba se apaga para así evitar el rebalsé de agua y los sensores de humedad, de temperatura y lluvia controlan el proceso de riego de forma automática y en modo manual podemos controlar el encendido y apagado de electroválvulas, para así poder optimizar recursos, sin necesidad de desplazarse de un lugar a otro.

¹FAO: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
1. MARCO PRELIMINAR.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1 Antecedentes Institucionales	2
1.2.2 Antecedentes Académicos	3
1.3 Planteamiento del Problema	4
1.3.1 Problema Principal.....	5
1.3.2 Problemas Secundarios	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 General	6
1.4.2 Específicos	6
1.5 Justificación.....	6
1.5.1 Técnica	6
1.5.2 Económica	7
1.5.3 Social	7

1.6 Metodología.....	7
1.6.1. Método de Ingeniería	7
1.6.2 Método Experimental de Campo	8
1.7 Herramientas.....	8
1.7.1 Herramientas de hardware	8
1.7.2 Herramientas de software.....	10
1.8 Límites y Alcances	10
1.8.1 Limites	10
1.8.2 Alcances	11
1.9 Aportes	11
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Introducción.....	13
2.2 Prototipo	13
2.3 Sistema de riego	14
2.4 Automatización.....	14
2.5 Sistema Automatizado	15
2.5.1 Modelo estructural de un Sistema Automatizado.....	15
2.5.2. Clasificación Tecnológica	16
2.5.3. Objetivos de la automatización	17
2.5.4 Elementos que forman la automatización	18
2.6 Dispositivos para el Diseño	19
2.6.1 PLC (Programable Logic Controller).....	19
2.6.2 Lenguajes de programación	21
2.6.3 Ventajas y desventajas del PLC	23

2.6.4 Comunicación Industrial.....	23
2.6.5 Electrobomba.....	24
2.6.6 Sensor Nivel de Agua	25
2.6.7 Sensores de Humedad del Suelo	25
2.8 Agricultura	26
2.8.1. Agricultura de Precisión	26
2.9 Descripción de los Sistemas de Riego	28
2.9.1 Riego por Gravedad.....	28
2.9.2 Riego por Aspersión	29
2.9.3 Riego por goteo	30
2.10. El agua en el suelo	31
2.10.1. Composición del suelo.....	31
2.10.2 Etapas de crecimiento de los cultivo.....	34
2.10.3 Evapotranspiración	34
2.10.4. Conductividad Eléctrica Del Suelo	37
2.11 Metodología.....	38
2.11.1 Métodos de ingeniería	38
2.11.2 Metodología MeiA	38
2.12. Software	40
2.12.1 Software de Compilación del Sistema	40
2.12.2 Software de diseño	42
2.13 Selección de PLC y Herramientas.....	43
2.13.1 Micro PLC logo 12/24RCE8	43
2.13.2 Materiales eléctricos y sensores	49

2.13.3 Materiales del sistema de tuberías y riego.....	53
2.14 Seguridad.....	54
2.15 Activación del servidor web en LOGO!.....	55
2.16 Pruebas.....	56
2.16.1 Técnica de caja blanca	56
2.16.2 Técnica de caja negra.....	57
2.17 Ciclo de vida del sistema.....	58
2.17.1 Desarrollo de prototipos.....	58
3. MARCO APLICATIVO.....	59
3.1. Introducción.....	59
3.1.1. Localización	59
3.1.2. Ubicación y Descripción de la Población	60
3.1.3. Clima.....	60
3.1.4. Hidrología	60
3.2. Descripción del procedimiento metodológico	61
3.3 Descripción del Sistema	61
3.4 Diagrama de flujo de datos.....	62
3.5 Diagrama de Bloques.....	63
3.6 Diseño del Sistema	64
3.6.1 Fase I: Secuencia Principal – Modo Automático.....	65
3.6.2 Fase II: Modo Manual	67
3.6.3 Fase III: Modos de Pruebas.....	68
3.6.4 Fase IV: Modo de Fallos	69
3.6.5 Fase V: Paro de emergencia	69

3.6.6 Fase VI: Proceso de riego normal	70
3.7 Descripción de los equipos del Sistema físico.....	73
3.8 Conexión con la PLC.....	74
3.8.1 Software de programación en la PC	74
3.8.2 Interfaz de LOGO!	75
3.9. Diseño del circuito eléctrico y electrónico.....	78
3.10 Pruebas Del Prototipo	78
3.10.1 Prueba capacidad de goteros.	78
3.10.2 Pruebas de Riego	79
3.10.2 Selección de Cultivo	80
3.10.4 Pruebas de instalación del sistema de riego.....	82
3.10.5 Pruebas de la distancia seleccionada.....	83
3.11 Pruebas de caja Blanca.....	84
3.12 Pruebas de Caja Negra	87
4. CALIDAD Y SEGURIDAD.....	89
4.1 Introducción.....	89
4.2 Pruebas de Calidad.....	89
4.2.1 Registro de datos de humedad y lluvia	91
4.3 Seguridad.....	92
4.3.1 Seguridad en la red.....	92
4.3.2 Seguridad en el programa	92
5 COSTO BENEFICIO	93
5.1 Introducción.....	93
5.2 Costos Directos	93

5.3 Costos Indirectos.....	94
5.4 Costo Total.....	95
5.5 Comparación de resultados entre ambos sistemas de riego.....	95
5.3 Reconocimiento de sitio de aplicación	96
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 Conclusiones.....	99
6.2 Recomendaciones.....	100
Bibliografía	101
MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO	105
MANUAL TÉCNICO	114
APÉNDICE A	120
APÉNDICE B	121
APÉNDICE C	122
APÉNDICE D	124
APÉNDICE E	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Organigrama de la comunidad de Alto Kollasuyo	3
Figura 2. 1: El Proceso del Prototipado	13
Figura 2. 2: Modelo estructural de un sistema automatizado.....	15
Figura 2. 3: Clasificación tecnológica.....	16
Figura 2. 4: Esquema básico de un PLC	20
Figura 2. 5: Ejemplo Control de Velocidad Con PLC	21
Figura 2. 6: Lenguajes de programación	22
Figura 2. 7: Niveles de comunicación industrial.....	24
Figura 2. 8: Ciclo de Aplicación de tecnología de la agricultura de precisión ...	27
Figura 2. 9: Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad	28
Figura 2. 10: Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad ..	29
Figura 2. 11: Tubería de polietileno empleada en sistemas de riego por goteo	30
Figura 2. 12: Distribución del agua cuando se aplica a los suelos.....	32
Figura 2. 13: Determinación de la humedad gravimétrica.....	33
Figura 2. 14: Determinación de la humedad volumétrica.....	34
Figura 2. 15: Factores que inciden en el consumo de agua por las plantas	35
Figura 2. 16 Modelo de ciclo de vida de un proyecto MEIA	39
Figura 2. 17: Ventana de LOGO Web Editor V1.0.1	41
Figura 2. 18: Ventana de Cade Simu V3.0	42
Figura 2. 19: Partes del LOGO! de Siemens	43
Figura 2. 20: Función AND	44
Figura 2. 21: Función OR.....	45

Figura 2. 22: Función NOT	46
Figura 2. 23: Función XOR	46
Figura 2. 24: Funciones Generales.....	47
Figura 2. 25: Funciones Especiales	48
Figura 2. 26: Funciones Especiales	49
Figura 2. 27: Fuente de alimentación de 12 V 5A.....	49
Figura 2. 28: Termo magnético Bipolar	50
Figura 2. 29: Pulsador de paro y encendido	50
Figura 2. 30: Pulsador de paro de emergencia.....	50
Figura 2. 31: Conmutador de tres posiciones	51
Figura 2. 32: Sensor de humedad.....	51
Figura 2. 33: Sensor de nivel	51
Figura 2. 34: Mini Bomba YX DC12V.....	51
Figura 2. 35: PT100	52
Figura 2. 36: Electroválvula	52
Figura 2. 37: Sensor de Lluvia MD-ML100	52
Figura 2. 38: Politubo Flexible.....	53
Figura 2. 39: Accesorios de riego	53
Figura 2. 40: Filtro.....	53
Figura 2. 41: Seguridad en la red.....	55
Figura 2. 42: : Caja blanca.....	56
Figura 2. 43 Caja Negra.....	57
Figura 2. 44: Ciclo de vida de un prototipo	58

Figura 3. 1: Comunidad Alto Kollasuyo, Municipio Chuma	59
Figura 3. 2: Diagrama general del sistema de riego automatizado	62
Figura 3. 3: Diagrama de flujo de datos con procesos.....	62
Figura 3. 4: Diagrama de bloques del prototipo	63
Figura 3. 5: Diagrama graficet de modo automático	66
Figura 3. 6: Diagrama de caso de uso Modo Automático	66
Figura 3. 7: Diagrama de caso de uso Modo Manual	68
Figura 3. 8: Diagrama graficet de modo Manual.....	68
Figura 3. 9: Diagrama graficet de Modo Paró de Emergencia.....	70
Figura 3. 10: Diagrama de caso de uso Modo Paró de Emergencia.....	70
Figura 3. 11: Diagrama de caso de uso proceso de riego normal.....	72
Figura 3. 12: Diseño de Sistema de Riego Automatizado.....	73
Figura 3. 13: Comunicación y conexión de la PC al LOGO!	74
Figura 3. 14. Interfaz de acceso al sistema	75
Figura 3. 15 Modo Automático	75
Figura 3. 16. Pantalla Modo Manual	76
Figura 3. 17: Paro de emergencia.....	77
Figura 3. 18: Parámetros del sistema de riego	77
Figura 3. 19: Simulación en Cade Simu.....	78
Figura 3. 20: Prueba de capacidad de goteros.	79
Figura 3. 21: Instalación de cultivo de fresa en masetas	82
Figura 3. 22: Pruebas de humedad mediante el tacto y la apariencia	83
Figura 3. 23: Diagrama de flujo del Sistema General	84
Figura 3. 24: Diagrama de flujo de Modo Manual	85

Figura 3. 25: Diagrama de flujo Modo Automático	86
Figura 4. 1: Interfaz de ingreso	89
Figura 4. 2: Interfaz del sistema riego automatizado con LWE	90
Figura 4. 3: Interfaz de parámetros con LWE	90
Figura 4. 4: Grafico de humedad y lluvia	91
Figura 5. 1: Ubicación del terreno	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: TABLA DE SENSORES.....	18
Tabla 2: VENTAJAS Y DESVENTAJAS RIEGO POR GRAVEDAD	29
Tabla 3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN	30
Tabla 4: VENTAJAS Y DESVENTAJAS RIEGO POR GOTEO	31
Tabla 5: MATERIALES ELÉCTRICOS Y SENSORES	49
Tabla 6: MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO	53
Tabla 7: FUNCIONES DE SEGURIDAD.....	54
Tabla 8: ENTRADAS DIGITALES Y ANALÓGICA.....	64
Tabla 9: SALIDAS DIGITALES	64
Tabla 10: DATOS DE SUELO.....	79
Tabla 11: COEFICIENTES DE CULTIVO DE LA FRUTILLA.....	80
Tabla 12: ANCHO DE FOLLAJE (m)	81
Tabla 13: VOLTAJE DE SALIDA DEL SENSOR DE HUMEDAD	82
Tabla 14: DISTANCIA DE 10 CM	83
Tabla 15: MODULO INTERFAZ DE INGRESO	87
Tabla 16: MODULO MODO AUTOMÁTICO	87
Tabla 17: MODULO MODO MANUAL	88
Tabla 18: MODULO MODO PARO DE EMERGENCIA	88
Tabla 19: REGISTRO DE DATOS DE HUMEDAD Y LLUVIA	91
Tabla 20: CORRELACIÓN ENTRE LA CONTRASEÑA Y PROTECCIÓN	92
Tabla 21: COSTOS DE MATERIALES DE LAS TUBERÍAS Y GOTEROS	93
Tabla 22: COSTOS DE MATERIALES ELECTRÓNICOS	94
Tabla 23: COSTOS INDIRECTOS DE INSTALACIÓN	95

Tabla 24: COSTOS TOTALES.....	95
Tabla 25: COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	96
Tabla 26: PROPUESTA DE COSTOS MATERIALES ELÉCTRICOS	97
Tabla 27: PROPUESTA DE COSTOS DE ACCESORIOS DE RIEGO.....	98
Tabla 28: COSTO TOTAL DE PROPUESTA.....	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Humedad gravimétrica (W)	32
Ecuación 2: Humedad gravimétrica (W %)	33
Ecuación 3: Humedad Volumétrica (W %).....	33
Ecuación 4: Evapotranspiración de cultivo de referencia.....	36
Ecuación 5: Evapotranspiración de un cultivo	37
Ecuación 6: Conductividad Eléctrica.....	37
.Ecuación 7: Tiempo de riego	81

1. MARCO PRELIMINAR

1.1 Introducción

Hoy en día la tecnología de la automatización ha permitido a las personas tener total control de los diversos objetos de uso diario en todo lo que los rodea, como ser en el hogar, el trabajo, los medios de transporte, los servicios, etc. Así como para el óptimo manejo del riego resulta conveniente, disponer de sistemas automáticos de control del riego.

El presente estudio consiste en diseñar e implementar un prototipo de sistema de riego automatizado para optimizar el empleo de agua, en la comunidad de Alto Kollasuyo, zona rural, cantón Sococoni, municipio de Chuma, la principal actividad productiva es la agricultura intensiva de hortalizas. El método de riego es por gravedad e inundación de surcos la cual emplea mucho tiempo de trabajo y recursos hídricos.

El proyecto consiste en un sistema electrónico-eléctrico automatizado a base de un PLC², donde se implementa un sistema de control de riego que por medio de sensores como ser: sensor de humedad, sensor de temperatura, sensor de lluvia determinan la humedad óptima del cultivo y un sensor de nivel que mantiene el nivel alto de agua en el tanque de reserva.

Para el desarrollo se utiliza la metodología MeiA³, que combina ingeniería de software con los métodos y estándares del campo de la automatización industrial, que incluye todas las fases desde el análisis, pasando por el diseño, hasta la implementación y explotación del proyecto.

² PLC: Controlador Lógico Programable

³ MeiA: (Metodología para Ingeniería de Automatización – Methodology for industrial Automation systems)

1.2. Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Institucionales

La comunidad de Alto Kollasuyo cantón Sococoni, municipio de Chuma capital de la Primera Sección de la provincia Muñecas del departamento de La Paz, el Municipio de Chuma se ubica en la parte central del departamento de La Paz a 175 km al noreste de la ciudad de La Paz en Bolivia. La principal actividad económica desarrollada es la agricultura con productos como el maíz, papa, haba, alverja, zanahorias, nabos y otros; la base de subsistencia es la comercialización de estos productos, destinando un 70% a la comercialización y 30% al consumo local. Le sigue la actividad ganadera con la crianza de ganado vacuno, ovino y porcino en menor escala para cubrir las necesidades de autoconsumo. Los terrenos son montañosos con pendiente accidentadas por estas razones solo 68% de los terrenos no son cultivables, solo el 32% son cultivables, para la siembra de maíz y papa (Paz L. A., 2019, pág. 2).

El fin principal de la comunidad es “el suma Qamaña”, o vivir bien, mediante el uso y aprovechamiento de los recursos existentes gestionando programas y proyectos de desarrollo productivo integral y sostenible como lo establece la constitución (Bolivia. Municipio de chuma, 2019, pág. 1).

Por ser una región valle, la zona cuenta con construcciones de terrazas o “tacanas”⁴. Ya que el área geográfica está constituida por cerros y montañas. Estas tacanas están construidas en forma de escalonadas, las cuales sirven para evitar el deslizamiento de tierra y para la producción agrícola.

⁴Las” tacanas”: Son conjuntos de terrazas escalonadas construidas por ancestros precolombinos en las laderas de las montañas andinas y rellenas con tierra de cultivo.

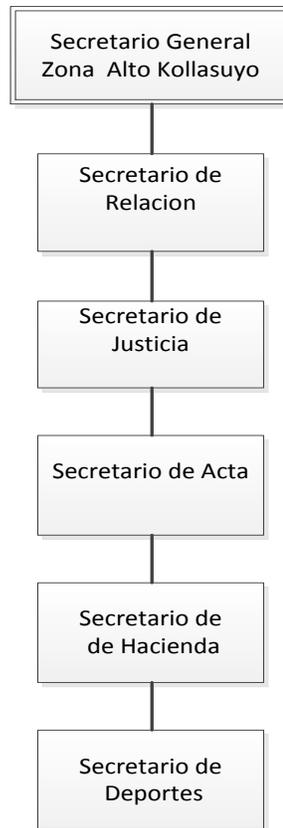


Figura 1. 1: Organigrama de la comunidad de Alto Kollasuyo
Fuente: (Bolivia. Municipio de chuma, 2019, pág. 4)

1.2.2 Antecedentes Académicos

En este apartado se cita los trabajos previos relacionados con el tema del proyecto. Estos trabajos pueden ser observados en tres ámbitos: Internacional, nacional y local.

- (Cañon & Cifuentes, 2018) "Prototipo de un Sistema Automatizado de riego para jardines", el proyecto está diseñado para pequeños jardines y su actividad puede ser monitoreada desde una aplicación móvil. Para el diseño del proyecto se utiliza la metodología Scrum. Se construyó un pequeño jardín que simula cualquiera que se pueda tener en el hogar, se realizó uso de un protoboard, un sensor de humedad, un sensor de temperatura LM35, una tarjeta Arduino y otros elementos capaces de interactuar para lograr un sistema integrado funcional. Colombia, Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá DC.

- (Bolaños, 2015) “Sistema de control de la humedad relativa para un invernadero utilizando el controlador lógico programable”, el sistema consiste en llevar a cabo el control de la humedad relativa, del aire del interior de un invernadero para el cultivo de tomates en el valle de Pampas, utilizando PLC S7-200 de Siemens con algoritmo de control PID. Perú, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- (García, 2013), “Controlador mediante PLC y microcontrolador”, se realizó un sistema de control de riego automático para policultivo con dos controladores diferentes. Utilizando métodos de control que regule el flujo del agua mediante un control ON/OFF, que depende de la información de un sensor que indica la humedad del terreno. España: Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- (Machaca, 2017) “Diseño de un sistema de control de invernadero aplicando lógica difusa”, el diseño consiste en un sistema de control de intervalos de temperatura difuso para la eficiente producción de hortalizas en un invernadero la metodología realiza análisis estadísticos del peso fresco de la lechuga en cada cierto tiempo de su crecimiento bajo el control de su humedad, temperatura que requiere la hortaliza. Bolivia, Universidad Pública de El Alto, El Alto.
- (Pinto, 2017), “Diseño de un sistema Electrónico para el control de riego gota a gota campo experimental de la facultad de agronomía” el proyecto consiste en un sistema electrónico que medirá parámetros como la temperatura y humedad por medio de sensores. El método utilizado es la metodología de investigación de aplicación tecnológica y la investigación científica. Bolivia, Universidad Mayor de San Andres, La Paz.

1.3 Planteamiento del Problema

Actualmente, la comunidad de Alto Kollasuyo no cuenta con infraestructuras de riego eficientes, ya que se observa perdidas de volúmenes de agua por infiltración y evaporización al no contar con reservorios de agua y la poca eficiencia en

aplicación del agua en parcelas, causados por el método de riego empleado (inundación a surcos), provocan bajos rendimientos por el estrés hídrico ocasionados en los cultivos, como también crecimiento de malezas por el arrastre de semillas.

El desconocimiento de técnicas de manejo de cultivos bajo riego (caudal, frecuencia y tiempo de riego) incide en rendimientos bajos, enfermedades, plagas, deterioro de la fertilidad y estructura del suelo.

1.3.1 Problema Principal

El sistema de riego utilizado en la comunidad de Alto Kollasuyo es por gravedad (mediante zanjas o canales) y por ello no hay un buen aprovechamiento del agua en los sembradíos al no tener una estrategia en el manejo hídrico para el riego de los cultivos, que causan desperdicio de grandes cantidades de agua.

1.3.2 Problemas Secundarios

- El manejo inadecuado del agua hace imperativo el cuidado de este recurso, ya que el riego tradicional requiere más del recurso hídrico.
- El riego tradicional implica tiempo y mano de obra. En días muy soleados se tarda más en regar y mucho esfuerzo físico.
- La frecuencia de riego no es el óptimo porque en días de insolación las plantas sufren resequedad ya que el caudal de agua disminuye ocasionando estrés hídrico en el cultivo.
- La humedad en el campo de cultivo no es uniforme por factores como el desnivel de terreno o la variación en el flujo de agua.
- La escorrentía ocasiona crecimiento de malezas por arrastres de semillas en el proceso de riego.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Diseñar un prototipo de sistema de riego automatizado para la comunidad de Alto Kollasuyo para optimizar la irrigación en cultivos, logrando minimizar el consumo del recurso hídrico.

1.4.2 Específicos

- Desarrollar el programa para la automatización del sistema de riego analizando los requerimientos para realizar el diseño del prototipo que permita un ahorro en la gestión del recurso hídrico, utilizando un PLC que controle sensores de humedad, temperatura, lluvia y nivel para optimizar el riego.
- Implementar un sistema electrónico-eléctrico de control y de potencia, para automatizar los procesos de riego que minimizan la mano de obra y el tiempo en el proceso de riego.
- Realizar pruebas con los goteros para encontrar cantidad de agua óptimo, también realizar pruebas con cada sensor para ver la frecuencia de riego.
- Realizar el sistema mecánico de la red de suministro del recurso hídrico de riego localizado o por goteo que permite la uniformidad de humedad.
- Realizar pruebas y revisar posibles fallas de prototipo, repetición de pruebas del prototipo de sistema de riego las veces que sea necesario para obtener la cantidad necesaria de humedad que cada planta requiere, evitando desperdicios de agua.

1.5 Justificación

1.5.1 Técnica

Actualmente la comunidad de Alto Kollasuyo cuenta con canales de riego por gravedad y manantiales de agua adecuadas para implementar el prototipo de sistema de riego automatizado. Como también cuenta con electricidad que es indispensable para el desarrollo del proyecto.

1.5.2 Económica

Con el prototipo del sistema de riego automatizado se minimiza la mano de obra de trabajo, esfuerzo físico y el tiempo al realizar el riego. Reduciendo pérdidas de recursos hídricos y dando la posibilidad al agricultor de realizar otras tareas ya que el riego es automatizado y el cultivo recibe la cantidad adecuada de agua y no sufre por inundación o sequedad.

1.5.3 Social

Con el prototipo de sistema de riego automatizado, se obtienen beneficios que apuntan a optimizar el uso hídrico en la zona, evitando así desperdicios innecesarios de agua o la falta de este recurso en días calurosos porque el sistema almacena agua en un tanque. Así se reducen los problemas que existen al realizar la planificación del riego debido a que el agricultor desvía el curso de los canales de agua afectando a otros cultivos. También se disminuyen posibles deslizamientos o derrumbes por infiltración u humedad excesiva ocasionadas por el riego tradicional.

1.6 Metodología

1.6.1. Método de Ingeniería

El proyecto se realiza en base a la metodología MeiA y método experimental para realizar las pruebas que necesite el prototipo.

1.6.1.1 Metodología para ingeniería de automatización MeiA

MeiA (*Methodology for industrial Automation systems*) es una metodología para el desarrollo de software de control en el ámbito de la ingeniería de automatización de procesos. Dicho software abarca tanto los sistemas que realizan el control directo del proceso, como el control general (o controlador de célula) que aborda el control de la producción comandando los sistemas de control directos, las funciones de diálogo con el personal y el tratamiento de la información del proceso (Burgos, Alvarez, Sarachaga, & Sainz, 2018, pág. 5).

Las fases de la metodología MeiA son:

- Fase I: Secuencia Principal – Modo Automático
- Fase II: Modo Manual
- Fase III: Modos de Pruebas
- Fase IV: Fallos
- Fase V: Paro de Emergencia
- Fase VI: Producción Normal.

1.6.2 Método Experimental de Campo

Los experimentos de campo son estudios efectuados en una situación “realista” en la que el investigador manipula una o más variables independientes en condiciones tan cuidadosamente controladas como lo permite la situación (Sampieri, 2014, pág. 150).

Se prueba el funcionamiento del prototipo de sistema de Riego automatizado, averiguando la cantidad de agua óptima en un cultivo, corrigiendo los errores en hardware y software, probando nuevamente hasta que llegue a funcionar correctamente.

1.7 Herramientas

Las herramientas empleadas en este proyecto, tanto de hardware como de software son:

1.7.1 Herramientas de hardware

- **PLC:** Un PLC o Autómata Programable posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar (Controladores logicos industriales, 2011, pág. 4).
- **Sensor de Nivel Genérico** La función principal del sensor de nivel es evitar que los depósitos se llenen más de lo conveniente o queden demasiado vacíos, y que las bombas no funcionen en vacío. (EH, 2019, pág. 4).

- **Electroválvula Genérico:** Una electroválvula es un dispositivo electrónico para detener o parar el flujo que pasa por una tubería, ésta se controla a través de una corriente eléctrica que pasa por una bobina solenoidal la cual transforma energía eléctrica en energía mecánica, para poder accionar la válvula (FESTO, 2010, pág. 65).
- **Electrobomba de agua Genérico:** Las electrobombas son un tipo de bombas hidráulicas que se caracterizan por ser accionadas a través de un motor eléctrico. Se emplean para transformar la energía con la que se activan en energía del fluido incompresible que mueve. Este fluido puede ser tanto líquido como una combinación de líquidos (Paz M. L., 2015, pág. 11).
- **Fuente de alimentación Genérico:** Es un dispositivo capaz de convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), que es la empleada por los dispositivos electrónicos, suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes, incluyendo usualmente protección frente a eventuales inconvenientes en el suministro eléctrico, como la sobretensión (Diaz, 2007, pág. 3).
- **Sensor de humedad Genérico:** El sensor de humedad se utiliza para detectar la humedad del suelo o si hay agua alrededor del sensor, basta con insertar en el suelo y el sensor empezara a medir. (Mendoza, 2013, pág. 6)
- **Sensor de temperatura Generico:** Un sensor de temperatura es un sistema que detecta variaciones en la temperatura del aire o del agua y las transforma en una señal eléctrica que llega hasta un sistema electrónico.
- **Sensor de lluvia:** El sensor de lluvia para riego automático detecta cuando se están produciendo precipitaciones para interrumpir el programa de riego. De esta manera, se optimiza el consumo de agua en el riego, evitando así su despilfarro (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 14).

- **Tubos de Riego Genérico:** Una red de tuberías de suministro de agua para riego localizado y para riego por aspersión se compone de los siguientes elementos:

- ❖ Tubería Primaria.
- ❖ Tubería Secundaria.
- ❖ Tubería Terciaria.
- ❖ Tubería Portaemisores

El diámetro de las tuberías depende del caudal que tiene que suministrar, así serán de diámetro menor las tuberías portaemisores y de mucho mayor tamaño la tubería primaria (Paz M. L., 2015, pág. 18).

- **Goterros Genéricos:** Estos emisores ofrecen un caudal fijo dentro de un rango más o menos amplio de presión. La utilidad de estos goteros radica en la capacidad de homogeneización del riego a lo largo de una línea de riego (Paz M. L., 2015, pág. 20).

1.7.2 Herramientas de software

- **Software de Compilación del Sistema:** Sirve para la elaboración del sistema, es el desarrollo del código de programa.
- **Software de Diseño del Sistema:** Se utiliza para realizar el diseño y la simulación del proyecto

1.8 Límites y Alcances

1.8.1 Límites

El proyecto se implementará a nivel de prototipo por el tiempo que implica implementar el sistema de riego automatizado, adecuándose a los requerimientos de riego de los cultivos de la comunidad Alto Kollasuyo, observando los niveles de humedad del suelo y temperatura del suelo, para hacer más eficientes los procesos de riego y manejo del agua.

No podrá cuantificarse el ahorro del recurso hídrico, porque no se implementara en una parcela o sembradíos.

1.8.2 Alcances

El prototipo de sistema de riego automatizado es una visión preliminar del sistema que se desea implementar a baja escala, que tiene un bajo costo y es una aplicación que funciona.

El proyecto tendrá 2 modos de funcionamiento: modo automático; que realiza los riegos en tiempo determinados por los sensores y los parámetros que se programa al inicio de cada temporada o etapa de riego y modo manual para realizar mantenimientos preventivos o la calibración de sensores. Cuenta también con modo de parada de emergencia que desactiva todas las funciones.

El circuito eléctrico-electrónico envía datos correspondientes a los sensores de nivel, humedad, temperatura y lluvia al PLC para que se ejecute su función de riego, de esta manera el supervisor puede tener una vista actualizada de la información enviada por los sensores, Se podrá visualizar mediante el panel de control activándose los pilotos de señalización cuando realice el riego. También se podrá visualizar por la PC en tiempo real ingresando por la IP del PLC configurándose una red local.

También se puede cambiar parámetros de tiempo, temperatura, humedad de acuerdo a las necesidades hídricas de los cultivos.

1.9 Aportes

En el presente proyecto gracias a los conocimientos de ingeniería de sistemas se comprueba la tecnología de los controladores programables, sensores de humedad del suelo, sensores de temperatura del suelo, sensor de lluvia y sensor de nivel, para activar componentes eléctrico - electrónicos para controlar el flujo de agua en terrenos de cultivos. Aplicando métodos de riego tecnificado en la uniformidad de humedad que ahorran mucho tiempo.

El prototipo de sistema de riego automatizado utiliza el método de riego por goteo que permite automatizar y ahorrar este preciado recurso que es el agua y según Paz M. L., (2015) da estos aportes:

- Ahorro de agua, se eliminan las pérdidas por conducción ya que el agua es transportada por las tuberías hasta la planta.
- Ahorro de mano de obra.
- Menor presencia de malezas.
- Mejoras en la producción y la calidad de frutos.
- Posibilidad de fertilizar continuamente.
- Aumento de la superficie bajo riego y aprovechamiento de terrenos marginales suelos pedregosos o de altos costos de nivelación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En el presente capítulo se pretende situar fundamentos teóricos sobre prototipo, sistemas de riego, automatización y sus respectivos contenidos, así como su aplicación dentro de los sistemas de riego, para el mejoramiento del área agrícola tales como: los tipos de riego, los tipos de actuadores y sensores. También sobre la metodología y las herramientas que se utilizaran en el presente proyecto.

2.2 Prototipo

La Real Academia Española define un prototipo como el “original ejemplar o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa” (RAE, 2016, pág. 857).

Desde el punto de vista de la Ingeniería del Software, se considera como: “Un prototipo es un modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas” (Salazar, 2012, pág. 2).

Entonces un prototipo es una versión inicial para hallar la solución de un sistema construido en un breve periodo de tiempo y mejorado en varias iteraciones para resolver un problema determinado.

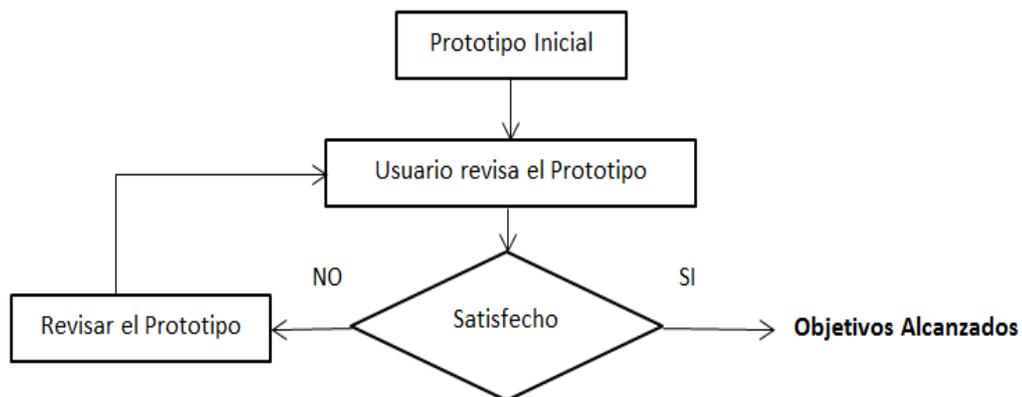


Figura 2. 1: El Proceso del Prototipado
Fuente: (Salazar, 2012, pág. 6)

2.3 Sistema de riego

“Es un conjunto de elementos ordenados que interactúan entre sí para asegurar la dotación de agua a las parcelas de forma permanente, en la cantidad suficiente y el momento oportuno, para cumplir el determinado fin” (Leris, 2015, pág. 8)

“Todo sistema de riego requiere de un diseño agronómico en el cual se deben tener en cuenta las características del suelo, cultivos a realizar, distancias de plantación, etc. Esta información proporciona datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por planta tiempo de riego, etc.” (Paz M. L., 2015, pág. 8)

Un adecuado sistema de riego, aporta la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que requiera el cultivo. Los sistemas de riego ofrecen una serie de ventajas que posibilitan racionalizar el agua disponible, utilizando tuberías de riego.

2.4 Automatización

“La automatización Industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, financieros, etc.” (Velazquez, 2003, pág. 7)

“Automatización es el proceso de diseño, realización y/o explotación de sistemas que emplean y combinan la capacidad de las máquinas para realizar tareas y controlar secuencias de operaciones sin la intervención humana. La automatización combina la aplicación conjunta de la tecnología eléctrica, electrónica, neumática, hidráulica y/o mecánica para transformar un gran número de procesos de fabricación”. (AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES-1, 2020, pág. 5)

La automatización Industrial combina un conjunto de tecnologías para optimizar los procesos de producción, procesos realizados habitualmente por personas.

2.5 Sistema Automatizado

2.5.1 Modelo estructural de un Sistema Automatizado

La estructura de un Sistema Automatizado puede clasificarse en dos partes claramente diferenciadas:

- Parte de Mando o Control
- Parte Operativa

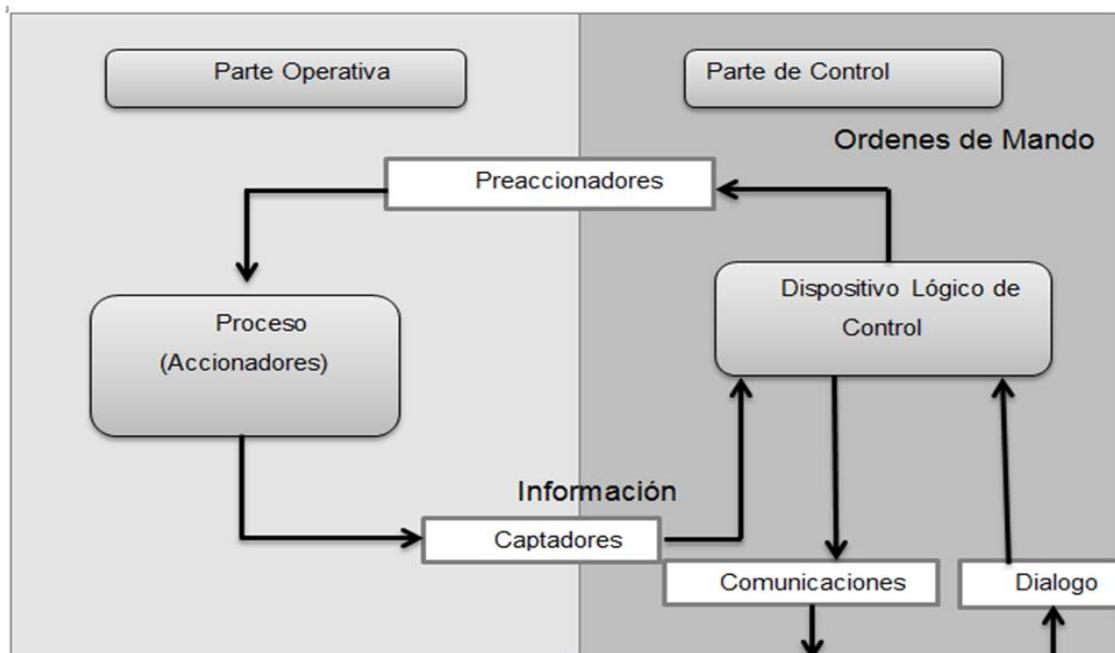


Figura 2. 2: Modelo estructural de un sistema automatizado
Fuente: (García, 1999, pág. 11)

2.5.1.1. La Parte Operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera (García, 1999, pág. 10).

2.5.1.2. La Parte de Mando

Suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los componentes de sistema automatizado (García, 1999, pág. 11).

2.5.2. Clasificación Tecnológica

El desarrollo de los controladores, su complejidad y eficacia, ha ido asociado al desarrollo tecnológico experimentado a lo largo de los tiempos. Básicamente se puede establecer la clasificación mostrada en el cuadro siguiente, partiendo de dos conceptos principales: lógica cableada y lógica programada (García, 1999, pág. 22).

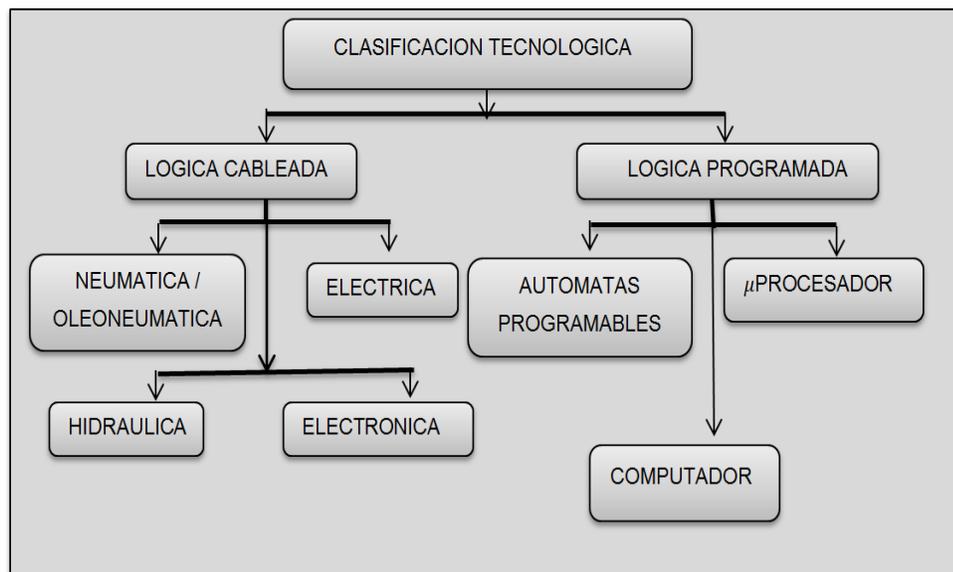


Figura 2. 3: Clasificación tecnológica
Fuente: (García, 1999, pág. 22)

2.5.2.1 Lógica cableada

La denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores(García, 1999, pág. 22).

2.5.2.2 Lógica programada

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del microprocesador, y de los sistemas programables basados en éste, computador, controladores lógicos y autómatas programables. Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología decrece (García, 1999, pág. 23) y frente a la lógica cableada presenta:

- Gran flexibilidad.
- Posibilidad de cálculo científico.
- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos.
- Arquitecturas de control distribuido.
- Comunicaciones y gestión.

2.5.3. Objetivos de la automatización

Según Jose Velazquez C. (Velazquez, 2003, pág. 7), los objetivos de automatizacion son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.5.4 Elementos que forman la automatización

2.5.4.1 Sensores y Transductores

Elementos que convierten magnitudes físicas en magnitudes eléctricas, que luego son transferidas a la parte de mando, para así conocer el estado del sistema (Ruedas, 2008, pág. 11).

Tabla 1: TABLA DE SENSORES

Tipos	Aplicaciones
• Inductivos	• Presencia
• Capacitivos	• Nivel
• Ópticos	• Presión
• Magnéticos	• Temperatura
• Ultrasónicos	• Flujo
	• PH

Fuente: Editado en base a (Ruedas, 2008, pág. 11)

2.5.4.2 Actuadores

Es el mecanismo que ejecuta la acción, calculada por el controlador y que modifica las variables de control (Ruedas, 2008, pág. 12), y podrían ser neumáticos, hidráulicos y eléctricos que transforman la energía en trabajo.

- Fuerza Lineal o giratoria.
- Movimiento lineal o giratorio.
- Capacidad de regulación.

- Acumulación de energía y transporte.
- Aspectos ambientales.
- Costes de energía.

2.5.4.3 Controladores

Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia (Mateos, 2006). Y se puede diferenciar en:

- Autómatas programables.
- Pc con tarjetas de adquisición de datos.
- Microcontroladores.
- Reguladores Digitales.

2.6 Dispositivos para el Diseño

2.6.1 PLC (Programable Logic Controller)

Según (Controladores logicos industriales, 2011, pág. 4) un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos. El PLC consiste en módulos de entradas, una CPU (unidad de proceso central) o procesador y módulos de salidas.

Los módulos de entrada aceptan una gran variedad de señales analógicas o digitales de diversos dispositivos como sensores, pulsadores entre otros, y los convierte en una señal lógica que puede usar la CPU, la cual toma las decisiones y ejecuta las instrucciones de control basadas en las instrucciones del programa de la memoria en la cual se almacena. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica (dependiendo del módulo de salida) que se puede usar para controlar diversos dispositivos como contactares, pilotos y muchos actuadores más. (Controladores logicos industriales, 2011, pág. 11) Los cuales son :

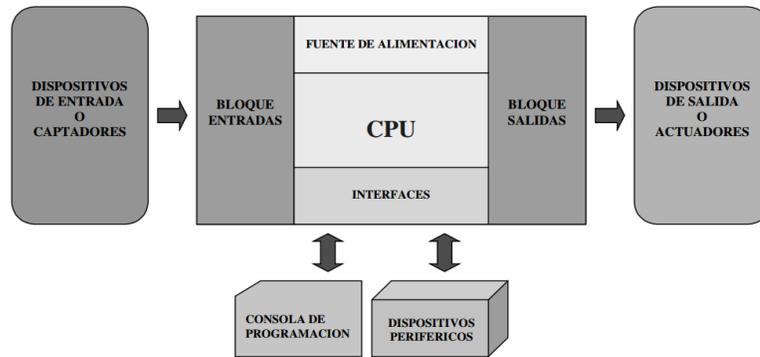


Figura 2. 4: Esquema básico de un PLC
Fuente: (Controladores logicos industriales, 2011)

- a. **La CPU:** Realiza operaciones de tiempo (ya sea trabajando con retardos o Temporizando), de secuencia, de combinación, de auto mantenimiento y retención.
- b. **Dispositivos de entrada y salida:** Que establecen la comunicación entre la CPU y el proceso, cumpliendo funciones tales como: filtrado, adaptación y codificación de las señales de entrada, decodificación y amplificación de las señales de salida que se han generado durante la ejecución del programa.
- c. **La Memoria:** Que permite el almacenamiento de datos del programa (RAM), El sistema operativo (ROM), el programa de usuario (RAM no volátil EEPROM), configuración de PLC (ROM o RAM no volátil para parámetros Configurables), rutinas de arranque (ROM) y rutinas de chequeo (ROM).
- d. **Consola de Programación:** Es el dispositivo mediante el cual es posible introducir al PLC el programa previamente ya elaborado con el fin de controlar el Proceso o los procesos elegidos. Este es interface entre el procesador y el Usuario. Está constituido principalmente por un display, un teclado con Comandos lógicos y de servicio.
- e. **Dispositivos Periféricos:** Los periféricos en un PLC son empleados para hacer una supervisión del proceso, ninguno de esta forma parte del circuito interno del PLC; algunos de estos son: monitor de vídeo, impresora, unidad de disco, leds, teclados, etc.

El ejemplo más utilizado es observar a pulsadores, conectados a las entradas del PLC, pueden usarse para poner en marcha y parar un motor conectado a través de un actuador a la salida que generalmente son contactores.

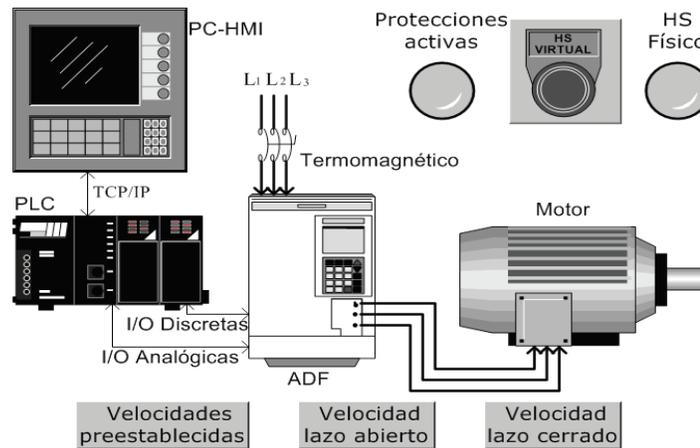


Figura 2. 5: Ejemplo Control de Velocidad Con PLC
Fuente: (Quezada, Flores, Gonzales, & Bautista, 2018, pág. 4)

El PLC lee el estado de las entradas (Pulsadores). El programa almacenado en el PLC utiliza las entradas para evaluar la lógica. Durante la ejecución del programa, el PLC actualiza los datos. El PLC escribe los datos en las salidas y arranca el motor mediante el contactor.

2.6.2 Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como puede ser un ordenador. En el caso de los PLC, los lenguajes de programación surgieron al mismo tiempo de la aparición del primer PLC, en 1968. Así se explica porque no se utilizaron para este fin lenguajes de programación de alto nivel como Pascal y C y, en su lugar, se emplearon otros lenguajes más simples y fáciles de entender, como podremos ver a continuación (Controladores logicos industriales, 2011, pág. 8).

Se considera lenguajes para la programación de los PLC el estándar designado como IEC 61131-3⁵ que son las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje. Según (Controladores logicos industriales, 2011, pág. 8) se definieron los siguientes cinco lenguajes.

- Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC) – un lenguaje de bloques de funciones secuenciales.
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD) – un lenguaje de diagramas de bloques secuenciales.
- Diagramas de Tipo Escalera (LAD) – un lenguaje de diagramas de relés (denominado de tipo escalera).
- Texto Estructurado (ST) – un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal).
- Lista de instrucciones (IL o STL) – lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

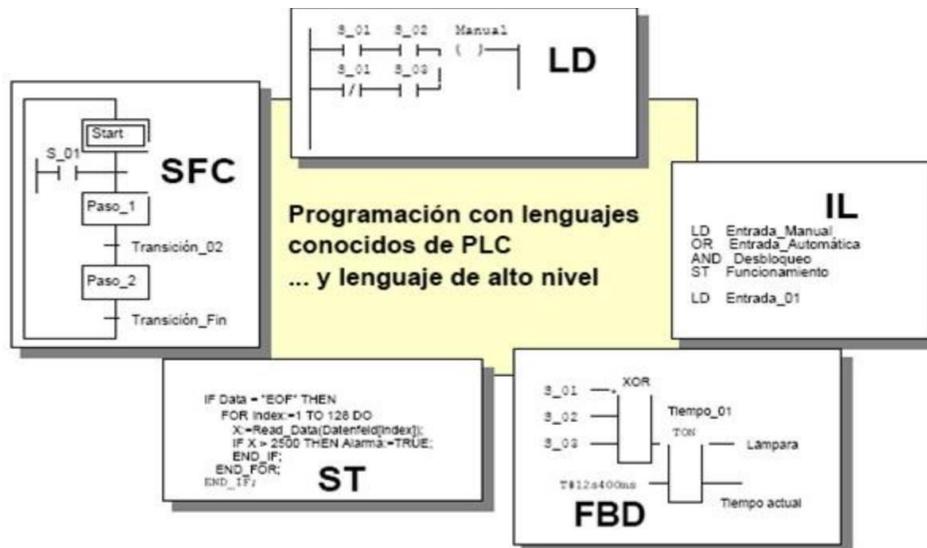


Figura 2. 6: Lenguajes de programación
Fuente: (Mateos, 2006)

⁵ IEC (International Electronic Commission), es una organización que se encarga de la normalización en el campo eléctrico, electrónico

2.6.3 Ventajas y desventajas del PLC

Estas son algunas ventajas:

- Control más preciso.
- Mayor rapidez de respuesta.
- Flexibilidad Control de procesos.
- Seguridad en el proceso.
- Mejor monitoreo del funcionamiento.
- Menor mantenimiento.
- Detección rápida de averías.
- Posibilidad de modificaciones sin elevar costos.
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómatas.

Estas son algunas desventajas:

- Mano de obra especializada.
- Centraliza el proceso.
- Condiciones ambientales apropiadas.
- Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.

2.6.4 Comunicación Industrial

Como expone (Ruedas, 2008, pág. 14) Ethernet ha sido la red LAN (Local Area Network) más exitosa de los últimos años. Basándose en esta red se ha diseñado la "Industrial Ethernet" (Ethernet industrial) para ejecutar labores de alta velocidad y con características tales que pueda ser empleada en las labores del control y automatización de procesos.

- Topologías de red– Bus, estrella, anillo, etc.
- Protocolos de comunicación.
 - Protocolos propietarios (CC Link).
 - Protocolos abiertos (Profibus, AS-I, Control Net).
- Estándares eléctricos y de comunicación– RS-232, R.

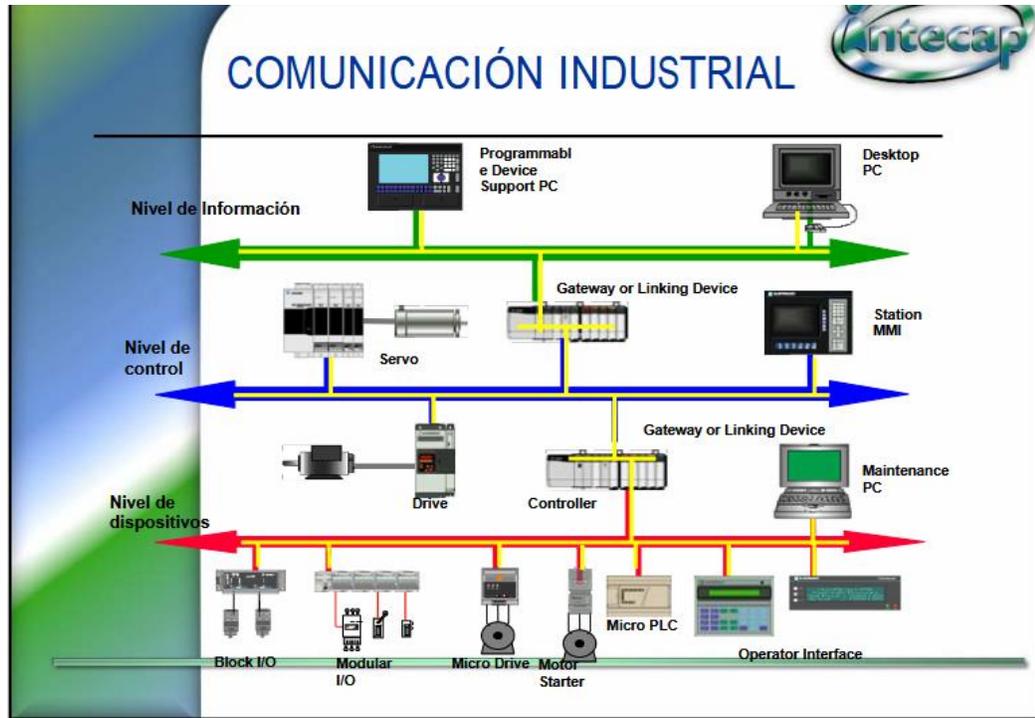


Figura 2. 7: Niveles de comunicación industrial
 Fuente: (Ruedas, 2008, pág. 15)

2.6.5 Electrobomba

La función de una electrobomba es transformar una fuerza centrífuga que son rotativas y transforman energía mecánica (en concreto energía cinética, movimiento circular del líquido) en presión. Para iniciar el movimiento del líquido se necesita de una energía generada por un motor (Mendoza, 2013, pág. 27)

Las electrobombas presentan generalmente mayor vida útil y al igual que en cualquier bomba centrífuga, su funcionamiento se basa en la entrada del fluido por el centro del rodete o impulsor, a su vez el giro genera la fuerza centrífuga que hace que el fluido pase al cuerpo de la bomba donde la energía cinética del fluido se transforma en presión. Finalmente, desde el cuerpo el agua o líquido será dirigido hacia donde se pretende trasladar a través de tuberías o mangueras (Mendoza, 2013, pág. 30)

2.6.6 Sensor Nivel de Agua

En nuestra actualidad y específicamente en la industria de la automatización, la medición de nivel ya sea de líquidos o sólidos es muy esencial e importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso.

El sistema de control de nivel tiene que tener sensores de agua de modo que puedan detectar si hay o no agua en el recipiente para que opere; para esto tenemos que colocar terminales en el recipiente que al hacer o no contacto con el agua envíe un voltaje a un circuito, el cual tendrá la función de recibir las señales enviadas por los sensores y procesarlas para dar una salida y determinar si encenderá o apagará a la bomba (EH, 2019, pág. 4).

2.6.7 Sensores de Humedad del Suelo

El suelo es un reservorio importante de agua, que transforma la precipitación pluvial, discontinua en el tiempo y espacio en descargas continuas conocidas como arroyos y ríos, y abastece continuamente con humedad las raíces de las plantas. La capacidad de retención del agua de lluvia en el suelo equivale a un tercio de toda el agua de los lagos y reservorios artificiales, y es mayor que todo el caudal de los ríos. El agua retenida por el suelo, incluida aquella del subsuelo, es superior a dos veces el orden de magnitud de todo el agua acumulada en la superficie terrestre (Mendoza, 2013).

Existen diversas posibilidades a la hora de estimar el contenido de agua en suelos, algunos métodos que permiten esto son:

- Gravimétricos
- Tensiométricos
- Resistivos
- Capacitivos
- TDR (Time Domain Reflectometry)
- Óptico
- Nuclear

Según los requerimientos de la medición y lo preciso que tenga que ser la muestra se escoge el método.

2.8 Agricultura

Históricamente, la agricultura es quizás una de las actividades que cambió el curso de la humanidad, pasando del nomadismo al sedentarismo. Es quizás, uno de los pilares de la economía de numerosas naciones; destaca su importancia como motor de desarrollo la producción para el consumo interno y la seguridad alimentaria de la población. Según estimaciones de la FAO, la agricultura es la única fuente de ingresos de alrededor del 70% de la población rural en el mundo; de un trabajo sacrificado y no exento de riesgos, se proporcionan los medios de subsistencia a millones de personas del planeta (Borja & Valdivia, 2007, pág. 3).

2.8.1. Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola (Bongiovanni, Montovani, Best, & Roel., 2006). La agricultura de precisión funciona como un esquema de administración que hace uso de múltiples tecnologías, con el objetivo de recolectar datos útiles que permitan favorecer a la producción a través de la comparación de diferentes fuentes; no obstante, ayuda a recopilar, interpretar y aplicar la información obtenida con el fin de impulsar y avanzar hacia una mejora que beneficie a la agricultura en distintas escalas.

Esta actividad hace uso de herramientas que permiten aumentar la rentabilidad de los cultivos, así como su calidad, cantidad y rendimiento, por lo tanto ocupa elementos como computadoras, sensores de suelo, sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica, monitores de rendimiento y cualquier otra tecnología que ayude a controlar y automatizar el manejo específico de una zona o área de cultivo y además que permita gestionar de forma localizada a distintas especies vegetales desde diferentes puntos (Best & Zamora, 2008).



Figura 2. 8: Ciclo de Aplicación de tecnología de la agricultura de precisión
Fuente: (Best & Zamora, 2008)

La agricultura de precisión ayuda a aumentar la eficiencia productiva de manera considerable, ya que permite llevar a cabo un análisis mucho más profundo del área; lo cual implica conocer la variabilidad del campo, es decir que a través de esto es posible saber si el lugar es óptimo para cultivar y qué se puede producir en él, entre otras cosas; además gracias a esta técnica es se pueden realizar muestreos del suelo con el fin de conocer sus condiciones, el tipo de materia orgánica con la que cuenta, las deficiencias y los nutrientes que puede aportar.

Otro de los beneficios de poner en práctica esta actividad es que permite saber con precisión qué tipo de riego necesita la zona, si es necesario aplicar fertilizantes y qué técnica de cultivo es la más adecuada. Mediante la aplicación de este tipo de tecnología también es posible identificar el tipo de plagas que pueden atacar a la producción y llevar a cabo un control más minucioso.

2.9 Descripción de los Sistemas de Riego

El riego, constituye diversos procedimientos que permiten la distribución eficiente del agua sobre la superficie del suelo. Actualmente existen distintos tipos de riego que facilitan al agricultor compensar el déficit de precipitaciones y los suministros necesarios para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de riego más utilizados son: riego por gravedad, riego por aspersión y el riego por goteo.

2.9.1 Riego por Gravedad

El riego por gravedad, también llamado riego de superficie, consiste en inundar parte del suelo que se quiere regar conduciendo el agua por medio de surcos; este sistema da lugar a grandes pérdidas de agua y resulta difícil controlar el caudal y por lo tanto en humedad, a la vez que puede erosionar el suelo en aquellas zonas que presentan una pendiente pronunciada. Como ventaja se menciona su menor costo en relación a otros sistemas (Borja & Valdivia, 2007, pág. 110).



Figura 2. 9: Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad
Fuente: (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111)

Para realizar este tipo de riego, el agricultor debe contar con un embalse o estanque lo suficientemente grande. En él se acumulará toda el agua, que por medio de largas acequias se dirigirá a los puntos de riego.

Tabla 2: VENTAJAS Y DESVENTAJAS RIEGO POR GRAVEDAD

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Debido a la simplicidad de su infraestructura, es uno de los más económicos.• Los requerimientos energéticos para su funcionamiento son prácticamente nulos, gracias al empleo de la energía gravitatoria.• El viento no es un factor limitante en la distribución del agua.	<ul style="list-style-type: none">• No es conveniente utilizarlo en terrenos desnivelados, ya que el agua podría desviarse e impedir su correcta distribución.• Al humedecer la mayor parte del terreno se puede propiciar la aparición de maleza y enfermedades.

Fuente: Editado (Borja & Valdivia, 2007, pág. 110)

2.9.2 Riego por Aspersión

Consiste en aplicar el agua en forma de lluvia sobre las plantas, a través de un sistema de aspersores conectado a una tubería y a una motobomba.



Figura 2. 10: Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad
Fuente: (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111)

Estos, en su mayoría, pueden instalarse en cualquier tipo de topografía, lo que es una importante ventaja. Sin embargo, en el caso de la aspersión, el viento puede ser un factor limitante. Se recomienda su instalación en terrenos con vientos menores a 15 km/hr (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111).

Tabla 3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No se necesita nivelar el suelo. • Se reduce el riesgo de erosión. • Se economiza agua. • Se suministra agua rica en oxígeno. • Se puede aplicar fertilizantes y pesticidas simultáneamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • La inversión y mano de obra puede ser elevada. • La instalación de estos sistemas es mucho más compleja. • Al igual que el riego por gravedad podría incrementar la aparición de maleza.

Fuente: Editado (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111)

2.9.3 Riego por goteo

Es un riego utilizado en su mayoría en zonas áridas. Consiste en distribuir el agua generalmente ya filtrada y con fertilizantes sobre o dentro del suelo. De esta manera el agua llega directamente a la zona de raíces de las plantas cultivadas, el agua necesaria para su desarrollo (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111).



Figura 2. 11: Tubería de polietileno empleada en sistemas de riego por goteo
Fuente: (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111)

La distribución se realiza por una red de tuberías generalmente de plástico, ya sea de polietileno o PVC hidráulico en las líneas principales. En las líneas laterales se realiza con tubería flexible o rígida de polietileno.

Tabla 4: VENTAJAS Y DESVENTAJAS RIEGO POR GOTEO

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Permite un crecimiento adecuado del sistema de raíces. • Permite la aplicación de fertilizantes en el agua de riego. Esto garantiza una mayor disponibilidad de nutrientes a la zona de raíces. • Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de goteo puede taparse si no se filtra el agua correctamente. • Además, la inversión inicial es alta y es indispensable contar con personal técnico capacitado para el diseño.

Fuente: Editado (Borja & Valdivia, 2007, pág. 111)

2.10. El agua en el suelo

El conocimiento de los suelos es fundamental para la planificación de los sistemas de riego. En general, un estudio de suelos puede contener muchos y variados componentes dependiendo del objetivo para el cual se realiza.

2.10.1. Composición del suelo

El suelo está formado por tres partes: sólida, líquida y gaseosa. La parte sólida está formada por pequeñas partículas que se han separado del material original (rocas) y una pequeña proporción de material orgánico que ha generado la vegetación existente a través del tiempo. Las partículas de suelo dejan espacios libres que están ocupados, ya sea por agua o por aire. La suma de los espacios huecos en un suelo seco, se llama porosidad, los poros vacíos se llenan con agua luego de una lluvia o riego (Mendoza, 2013, pág. 2).

En líneas generales la porosidad varía dentro de los siguientes límites (Mendoza, 2013):

- Suelos ligeros: 30 – 45 %
- Suelos medios: 45 – 55 %
- Suelos pesados: 50 – 65 %
- Suelos turbosos: 75 – 90 %

El agua que se infiltra en el suelo, puede tomar tres caminos: una parte queda almacenada en la zona de raíces y es el agua aprovechada por la planta, para realizar sus funciones fisiológicas y su desarrollo; otra se evapora desde la superficie del suelo y otra parte se desplaza hasta una profundidad mayor que la profundidad de raíces; a esta última se le conoce como filtración profunda o percolación, esta agua tampoco es utilizada por las plantas para su desarrollo (Mendoza, 2013, pág. 2).



Figura 2. 12: Distribución del agua cuando se aplica a los suelos
Fuente: (Mendoza, 2013, pág. 3)

2.10.1.1. Contenido de humedad de suelo

El contenido de la humedad de suelo puede ser expresado de dos maneras:

a) Por unidad de masa de suelo:

Conocido como Humedad Gravimétrica (W), es la relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida.

$$W = \frac{M_a}{M_s} \quad (gr / gr; ton / ton)$$

Ecuación 1: Humedad gravimétrica (W)

Dónde:

Ma: Masa de agua

Ms: Masa de suelo.

Generalmente se expresa en porcentaje:

$$W\% = \frac{M_a}{M_s} * 100$$

Ecuación 2: Humedad gravimétrica (W %)

Ejemplo práctico:

Indica por ejemplo que un suelo con 20% de humedad contiene 20 gr de agua en 100 gr de suelo.

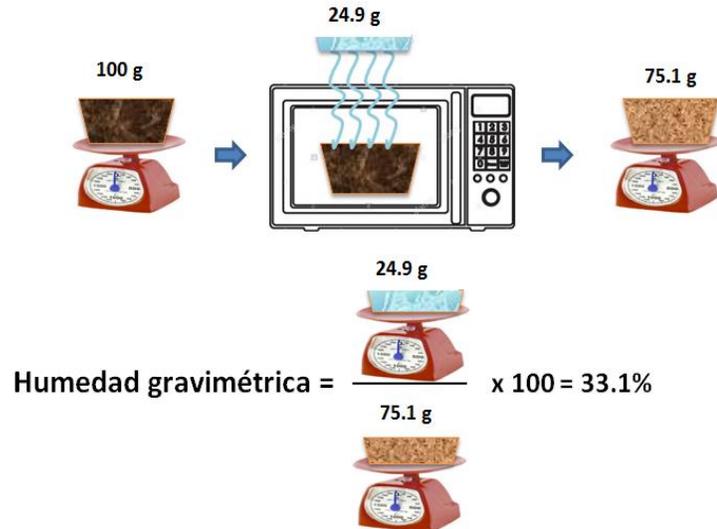


Figura 2. 13: Determinación de la humedad gravimétrica
Fuente: Editado (Mendoza, 2013, pág. 5)

b) Por unidad de volumen de suelo:

Conocido como Humedad Volumétrica (θ TITA), se muestra con la siguiente expresión:

$$\theta(\%) = \frac{V_w}{V_t} * 100$$

Ecuación 3: Humedad Volumétrica (W %)

Dónde:

θ : Contenido de humedad con base en volumen en porcentaje decimal.

V_a : Volumen ocupado por el agua.

V_s : Volumen ocupado por el suelo.

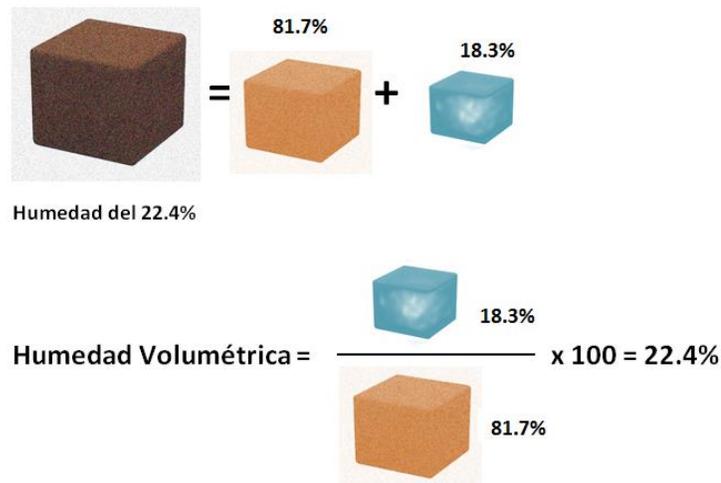


Figura 2. 14: Determinación de la humedad volumétrica
 Fuente: Editado (Mendoza, 2013, pág. 5)

2.10.2 Etapas de crecimiento de los cultivo.

A medida que los cultivos se desarrollan, aumentan su altura, el consumo de agua varia, y el área de cobertura foliar también.

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración.

En que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de Kc correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada (Mendoza, 2013, pág. 16).

2.10.3 Evapotranspiración

Las necesidades hídricas de los cultivos expresan la cantidad de agua que es necesario aplicar para compensar el déficit de humedad del suelo durante un período vegetativo.

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos simultáneos en los que se pierde agua desde la superficie del suelo por evaporación, y desde los cultivos por transpiración (Mendoza, 2013, pág. 16).

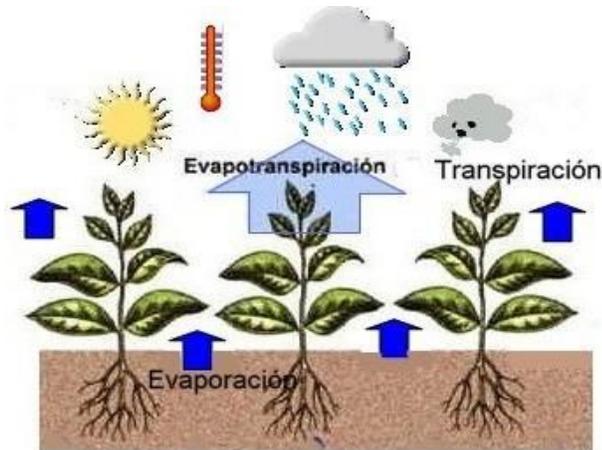


Figura 2. 15: Factores que inciden en el consumo de agua por las plantas
Fuente: (Mendoza, 2013, pág. 16)

La evapotranspiración suele expresarse en mm de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo. Un milímetro de agua evapotranspirada es igual a un litro por cada metro cuadrado de terreno. Si un cultivo consume 5 mm/día significa que consume cada día cinco litros por cada metro cuadrado de terreno. El sistema de riego debe ser capaz de proporcionar esa cantidad de agua.

a) Evapotranspiración de un cultivo referencial (ET_o).

La noción de ET_o ha sido establecida para reducir las ambigüedades de interpretación a que da lugar el amplio concepto de evapotranspiración y para relacionarla de forma más directa con los requerimientos de agua de los cultivos (Mendoza, 2013, pág. 17).

Existen muchos métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, en función de datos climáticos. El método a emplear se determina por el tipo de datos disponibles y el nivel de exactitud requerido. Puede usarse el método del tanque evaporímetro, fórmulas empíricas (Blaney – Criddle, Turc, Thornthwite, Hargreaves) o programas informáticos, como el CROPWAT, de la FAO, basado en la fórmula de Penman – Monteith (Mendoza, 2013, pág. 17).

b) Métodos para establecer la evapotranspiración.

Como se dijo anteriormente existen varios métodos para determinar la evapotranspiración, que van desde los directos hasta los indirectos, los métodos directos implican costos económicos, así como tiempo de realización, por lo que para el presente proyecto su aplicación es imposible, por lo tanto de los métodos indirectos se escoge el propuesto por la FAO Penman-Monteith⁶, debido a su fundamento teórico, las buenas críticas que ha recibido y por contarse con todos los datos necesarios para su aplicación.

La ecuación FAO Penman-Monteith permite calcular la ETo a partir de la radiación, temperatura del aire, humedad, velocidad del viento y ubicación geográfica del sitio en cuestión.

$$E_{To} = \frac{0.408\Delta(R_n - G + \gamma 900 T + 273 u_2(es - ea))}{\text{frac}(\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2))}$$

Ecuación 4: Evapotranspiración de cultivo de referencia

Dónde:

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Rn: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJm² /día).

Rs: Radiación extraterrestre (mm /día).

G: Flujo de calor del suelo (MJm² /día).

T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).

U2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s).

es: Angulo horario.

ea: Angulo horario.

⁶ La fórmula de Penman-Monteith FAO es ampliamente recomendada como el método estándar para estimar la evapo-transpiración de referencia con validez mundial en los diferentes tipos de clima.

Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa /°C).

γ : Constante psicométrica (KPa /°C).

c) Evapotranspiración de un cultivo.

La evapotranspiración de un cultivo se puede determinar al multiplicar la evapotranspiración referencial por el coeficiente de cultivo, así:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Ecuación 5: Evapotranspiración de un cultivo

Dónde:

ET_c: Evapotranspiración del cultivo (mm).

K_c: Coeficiente de cultivo.

ET_o: Evapotranspiración referencial (mm).

2.10.4. Conductividad Eléctrica Del Suelo

La CE (Conductividad eléctrica) mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales.

Las unidades utilizadas para medir la CE son dS/m (decisiemens por metro). Esta medida es equivalente a la que anteriormente se utilizaba: mmhos/cm. (Mendoza, 2013, pág. 10).

$$C = 0.64 * CE$$

Ecuación 6: Conductividad Eléctrica

Dónde:

C = Contenido salino (g/litro)

CE = Conductividad eléctrica (dS/m)

2.11 Metodología

2.11.1 Métodos de ingeniería

Se emplea diversos métodos de ingeniería, situados en el nivel teórico, empírico y estadísticos-matemáticos, destacando:

2.11.1.1 Método inductivo

Permite realizar las respectivas encuestas, entrevistas a los actores principales de la directiva de la comunidad, permitiendo un análisis del estado actual de este proyecto.

- **Encuesta:** Es la técnica que a través de la entrevista con el Secretario General de la Comunidad Alto Kollasuyo se obtuvo información como los requerimientos principales para el diseño del prototipo sistema de control de riego automatizado. (Véase Anexos)

2.11.1.2. Método deductivo

Este proceso permite presentar conceptos, principios, reglas, definiciones a partir de los cuales se analizó, se sintetizó, comparó, generalizó y demostró los conflictos que hay al momento de realizar un riego de forma manual y tradicional.

2.11.2 Metodología MeiA

Combina las disciplinas de la ingeniería de software con los métodos y estándares del campo de la automatización industrial. En lo referente a la ingeniería del software, MeiA adopta el estándar internacional ISO⁷/IEC 12207 Ingeniería de software y sistemas - Procesos del ciclo de vida del software (ISO/IEC 12207, 2008), que establece el marco de referencia de los procesos, las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto software, abarcando la vida del sistema desde la definición de los requisitos hasta la finalización de su uso (Burgos, Alvarez, Sarachaga, & Sainz, 2018, pág. 6).

⁷ ISO (International Organization for Standardization) Organización Internacional de Estandarización,

Concretamente, se adoptan los siguientes procesos:

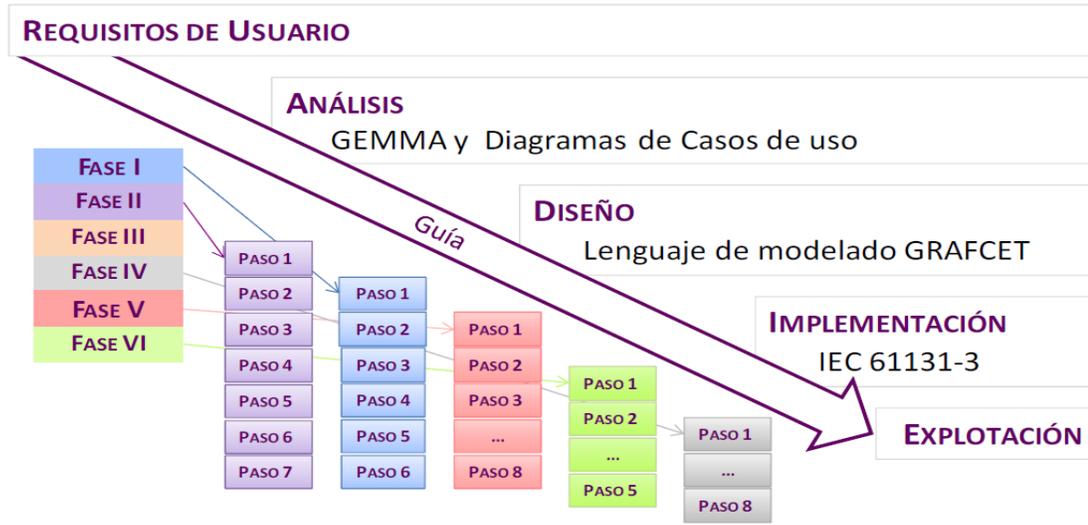


Figura 2. 16 Modelo de ciclo de vida de un proyecto MEIA
Fuente: (Burgos, Alvarez, Sarachaga, & Sainz, 2018, pág. 4)

Según (Burgos, Alvarez, Sarachaga, & Sainz, 2018, pág. 11) Estos procesos de implementación comienzan identificando los modos de operación que determinan las perspectivas a analizar en las distintas fases de MeiA.

- **Secuencia Principal - Modo Automático.** La Fase I establece la secuencia principal del funcionamiento del sistema en modo automático, es decir, organiza tanto el arranque como la parada programada del sistema, generando las señales de mando que informan a producción normal sobre el estado del sistema en cada momento.

- **Modo Manual.** La Fase II organiza tanto el arranque como la parada del sistema en modo manual cuando existe la necesidad de verificar individualmente ciertos movimientos o partes del proceso sin respetar el orden habitual del ciclo, normalmente bajo el control del personal de mantenimiento; por ejemplo, para realizar el reajuste o calibración de ciertos sensores y/o actuadores, para ejecutar operaciones de mantenimiento preventivo, correcciones por desgaste, solventar fallos, etc.

- **Modo de Pruebas.** La Fase III analiza la necesidad de verificar paso a paso o de forma continua ciertos movimientos o partes del proceso, respetando el orden habitual del ciclo según el ritmo que marque el personal a cargo de dicha tarea.

- **Fallos.** La Fase IV identifica, analiza y evalúa los fallos que pueden producirse en el proceso, identificando dos tipos: aquéllos que permiten que el sistema siga en producción (incluso aceptando degradación de la calidad del producto) y aquéllos que forzosamente harán evolucionar el sistema hacia una parada controlada.

- **Paro de emergencia.** La Fase V organiza tanto el arranque como la parada del sistema para el tratamiento de emergencias.

- **Producción Normal.** La Fase VI analiza las operaciones del proceso para identificar y diseñar los procedimientos que realizarán dichas operaciones, y establece el orden de realización definiendo el ciclo normal de producción.

2.12. Software

2.12.1 Software de Compilación del Sistema

2.12.1.1 LOGO Soft Comfort V8.2 de Siemens

El software Soft Comfort V8.2 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. Manejo sencillo en el modo individual y planificación sencilla del proyecto en el modo en red. (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016)

- Programación intuitiva y configuración de las múltiples funciones; interconexión rápida y sencilla mediante el clic de un ratón.
- Configuración automática de la comunicación y representación en la vista de red.

- Visualización simultánea de hasta tres programas, que permite arrastrar y soltar las señales de un programa a otro.
- Posibilidad de utilizar programas de versiones precedentes.
- Requisitos del Sistema WINXP, WIN7, WIN8, WIN10, 32/64 BIT MAC OSX 10.6 BIS 10.9 LINUX SUSE 11.3, SP3, K 3.0.76

2.12.1.2 LWE V1.0.1

LOGO! Web Editor V1.0, incluido en LOGO! Soft Comfort 8.2, también se ha actualizado. Admite hasta 10 páginas web personalizadas con diferente resolución y proporciona una configuración más simple para visualizar y/o cambiar valores y datos en LOGO! V8.2. Todos los navegadores comunes de Internet para HTML 5 son compatibles.



Figura 2. 17: Ventana de LOGO Web Editor V1.0.1
Fuente: Elaboración propia

Puede encontrarse en el siguiente enlace:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109767410/information-and-content-logo!-soft-comfort-v8-2-sp1-?dti=0&dl=en&lc=fr-BE>

2.12.2 Software de diseño

2.12.2.1 Cade_Simu V3.0

Cade_Simu V3.0 es un software de diseño y simulación de circuitos eléctricos y automáticos con carácter exclusivamente educacional.

Este programa ha sido desarrollado por J. L. Villanueva Montoto y puede descargarse desde la web del autor: <http://personales.ya.com/canalPLC/>.

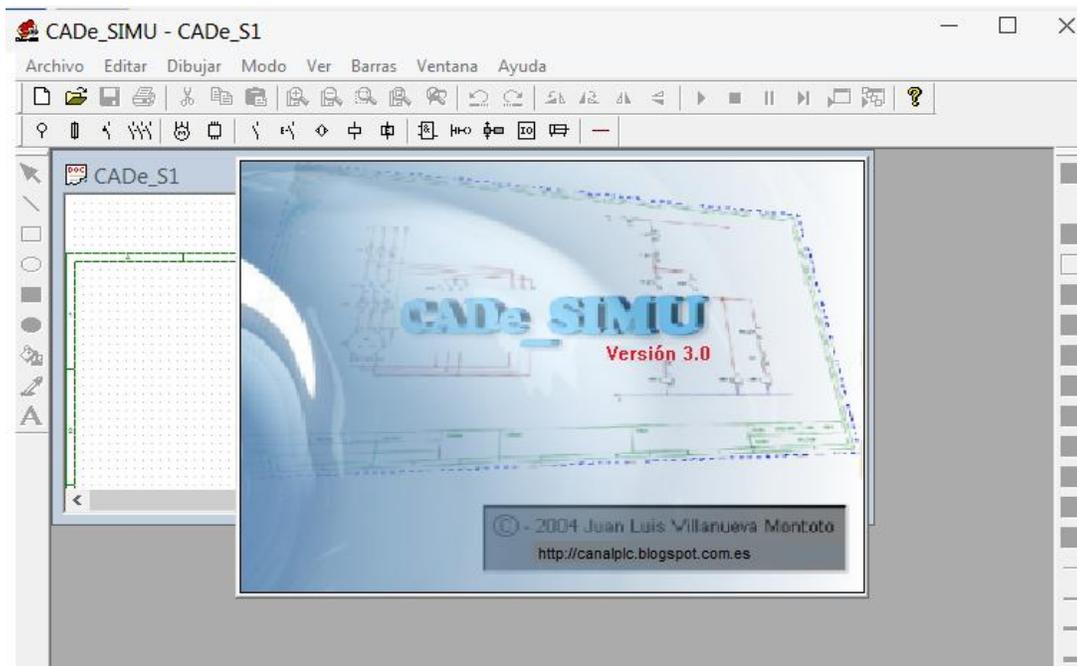


Figura 2. 18: Ventana de Cade Simu V3.0
Fuente: Elaboración propia

2.12.2.2 StarUML

StarUML versión 3.2.2 es una herramienta que puede encontrarse en el siguiente enlace: <http://staruml.sourceforge.net/en/>.

El aspecto visual de la herramienta es sencillo. En su parte central, se presenta un panel en donde se muestra el diagrama activo; en la parte izquierda, se presenta la paleta con los potenciales elementos a insertar en el diagrama; en la parte derecha, la vista del modelo y la ventana de propiedades; y en la parte inferior, se presentan diferentes pestañas, como puede ser la pestaña de la página principal.

2.13 Selección de PLC y Herramientas

2.13.1 Micro PLC logo 12/24RCE8

Logo es un micro-PLC o PLR (relé lógico programable), compacta fácil de usar y económica para tareas de mando simples y es de aplicación universal que nos ofrece la línea Alemana SIEMENS (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 2).



Figura 2. 19: Partes del LOGO! de Siemens
Fuente: (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 1)

Las principales características son:

- Alimentación en 12Vcc, 24Vcc/ac, 115-230VCC/AC.
- Versiones con/sin display LCD.
- Display del estado de las entradas/salidas, bits de memoria, día de la semana/hora y mensajes de texto.
- Versiones con 8 Entradas/4 salidas digitales integradas y dos entradas analógicas en las versiones de alimentación DC.
- Salidas a relé o transistores.
- Posibilidad de expansión hasta 24 entradas y 16 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.
- 2 entradas rápidas hasta 2kHz.

Para la programación directa o manual se utilizan las puertas lógicas o funciones lógicas del algebra de Boole. Por eso es imprescindible conocer las puertas lógicas más utilizadas.

Las puertas lógicas son componentes electrónicos representados por un símbolo con una, dos, tres o cuatro entradas y una sola salida que realizan una función (ecuación con variables binarias, ceros y unos), y que toman unos valores de salida en función de los que tenga en los de entrada.

2.13.1.1 Funciones Generales FG

- **Puerta Lógica AND**

La salida estará en estado 1 siempre que estén en estado 1 todas las entradas. Si alguna entrada está en estado 0, la salida también estará en estado 0. Representa **pulsadores abiertos en serie**.

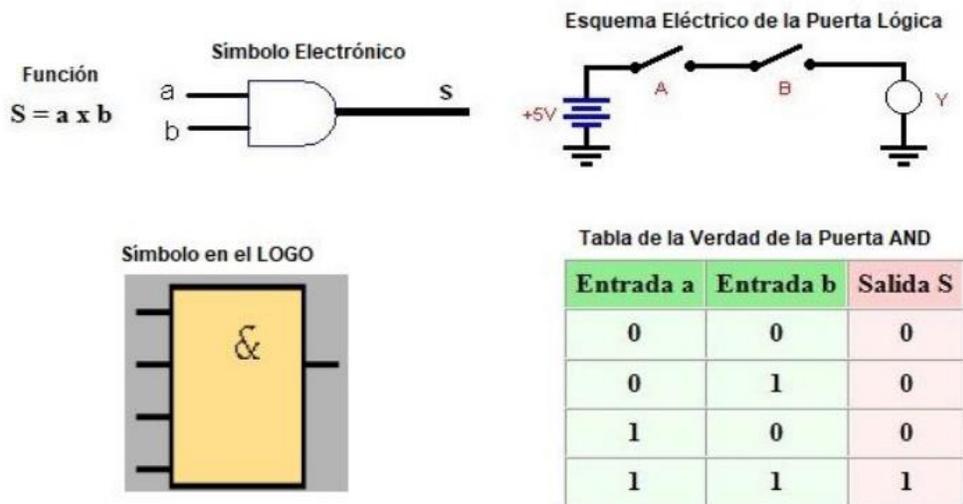
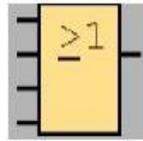


Figura 2. 20: Función AND
Fuente: (AREA TECNOLOGIA)

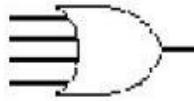
- **Puerta Lógica OR**

La salida tomará el estado 1 cuando alguna de las entradas tome el estado 1. Con que solo una entrada esté en estado 1 ya la salida estará en estado 1. Representa pulsadores abiertos en paralelo.

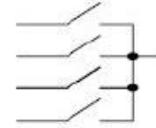
EN LOGO



ELECTRONICA



ELECTRICA



ECUACION

$$Q = A+B \rightarrow \text{se lee "Q es función de A o B"}$$

TABLA DE VERDAD

ENTRADAS				SALIDAS
A	B	C	D	Q
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

EJEMPLO

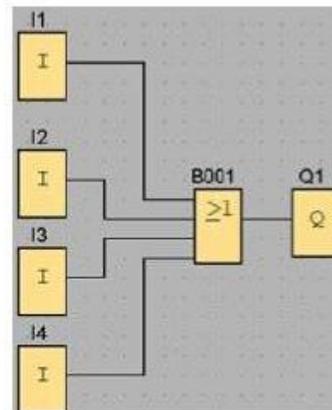


Figura 2. 21: Función OR
Fuente: (AREA TECNOLOGIA)

- **Puerta NOT**

Invierte el estado de la entrada. Si la entrada es 0 la salida es 1 y si la entrada es 1 la salida es 0. Es como un pulsador cerrado.

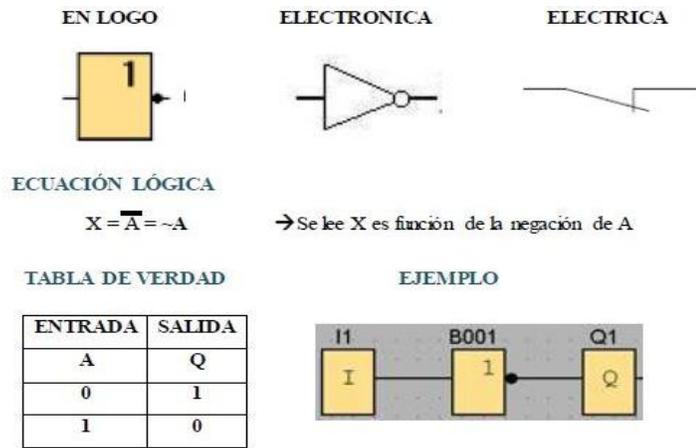


Figura 2. 22: Función NOT
Fuente: (AREA TECNOLOGIA)

- **Puerta XOR**

La salida de la función XOR (O-exclusiva) adopta el estado 1 si las entradas tienen diferentes estados. Es como un conmutador.

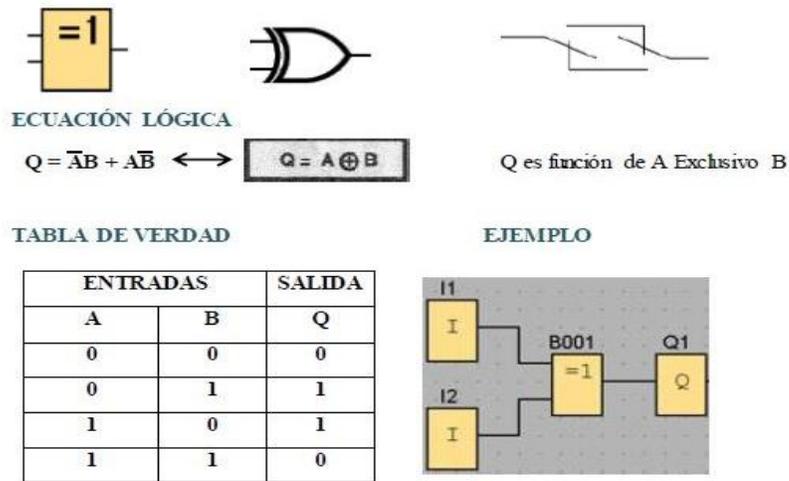


Figura 2. 23: Función XOR
Fuente: (AREA TECNOLOGIA)

: Todas estas puertas o funciones son las llamadas por logo **Funciones Generales** y que en LOGO! las verás dentro del apartado **FG**. Aquí se expone un resumen:

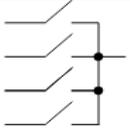
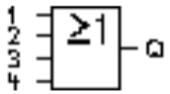
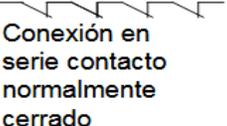
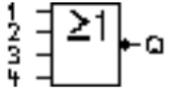
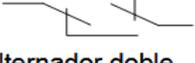
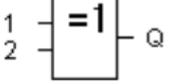
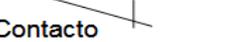
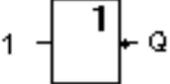
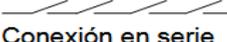
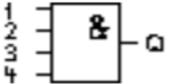
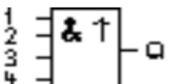
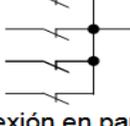
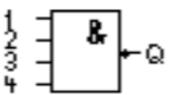
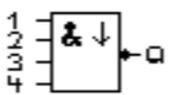
 Conexión en paralelo contacto normalmente abierto		O (OR) (véase pág. 99)
 Conexión en serie contacto normalmente cerrado		O-NEGADA (NOR) (véase pág. 100)
 Alternador doble		O-EXCLUSIVA (XOR) (véase pág. 101)
 Contacto norm. cerrado		INVERSOR (NOT) (véase pág. 101)
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 Conexión en serie contacto normalmente abierto		AND (AND) (véase la página 96)
		AND con evaluación de flanco (véase la página 96)
 Conexión en paralelo contacto normalmente cerrado		AND-NEGADA (NAND) (véase la página 97)
		NAND con evaluación de flanco (véase la página 98)

Figura 2. 24: Funciones Generales
 Fuente: (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 94)

2.13.1.2 Funciones Especiales SF

Funciones Especiales, llamadas en LOGO como SF. Por ejemplo los temporizadores están dentro de este tipo de funciones.

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
Tiempos		
	Retardo a la conexión (véase la página 114)	Rem
	Retardo a la desconexión (véase la página 118)	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión (véase la página 120)	Rem
	Retardo a la conexión con memoria (véase la página 122)	Rem
	Contador avance/retroceso (vea la página 147)	REM
	Contador de horas de funcionamiento (véase la página 151)	Rem
	Interruptor de valor umbral (véase la página 156)	
Interruptor		
	Conmutador analógico de valor umbral (véase la página 159)	
	Interruptor analógico de valor umbral diferencial (véase la página 162)	
	Comparador analógico (véase la página 166)	
	Vigilancia del valor analógico (véase la página 171)	

Figura 2. 25: Funciones Especiales
Fuente: (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 110)

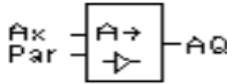
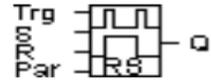
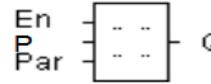
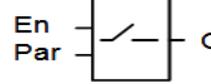
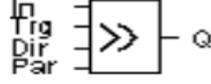
Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
	Amplificador analógico (véase la página 175)	
Otros		
	Relé autoenclavador (véase la página 177)	REM
	Relé de impulsos (véase la página 179)	REM
	Textos de aviso (véase la página 182)	
	Interruptor de software (véase la página 189)	REM
	Registro de desplazamiento (consulte la página 193)	REM

Figura 2. 26: Funciones Especiales
Fuente: (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 112)

2.13.2 Materiales eléctricos y sensores

Se optó por los siguientes materiales eléctricos y electrónicos:

Tabla 5: MATERIALES ELÉCTRICOS Y SENSORES

	<p>Fuente de alimentación industrial conmutada (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 20) Modelo H-60-12:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de salida 5A • Tensión nominal de salida 12 VDC, estabilizada, a prueba de cortocircuitos. • Acometida monofásica (tensión nominal de entrada 120/230 V AC, 50/60 Hz). • Puede utilizarse como fuente de alimentación regulable y fija.
---	--

Figura 2. 27: Fuente de alimentación de 12 V 5A
Fuente: Elaboración propia



Figura 2. 28: Termo magnético Bipolar
Fuente: Elaboración propia

Termo magnético Bipolar C60N DE 16A, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica que pasa a través de él si esta sobrepasa los 16A. Consta de varias partes, un electroimán, una bobina y una lámina formada por dos metales de diferente coeficiente de dilatación, bimetal, conectadas en serie y por las que circula la corriente. (Manual y Catalogo del electricista, 2017, pág. 1/45)



Figura 2. 29: Pulsador de paro y encendido
Fuente: Elaboración propia

Los pulsadores XB4-BA1, son elementos mecánicos de cierre y apertura. Un pulsador se activa actuando sobre él, pero volverá a su posición de reposo automáticamente cuando se elimine la acción que lo ha activado. Son elementos que intervienen en el diálogo hombre-máquina (Manual y Catalogo del electricista, 2017, pág. 5/5).

- Pulsadores normalmente abiertos (NA): Cuando los pulsamos se efectúa la conexión interna de sus dos terminales.
- Pulsadores normalmente cerrados (NC): Cuando los pulsamos se efectúa la desconexión de sus dos terminales



Figura 2. 30: Pulsador de paro de emergencia
Fuente: Elaboración propia

Pulsador de paro de emergencia ZB4-BJ2, la cabeza de estos pulsadores es bastante más ancha que en los normales y de color rojo. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente. Estos pulsadores llevan un dispositivo interno de enclavamiento de manera que, una vez pulsado, no se puede reanudar el funcionamiento de la instalación hasta que se desenclave, por ejemplo, mediante un giro de la cabeza o una llave auxiliar (Manual y Catalogo del electricista, 2017, pág. 5/11).



Figura 2. 31: Conmutador de tres posiciones
Fuente: Elaboración propia

Los interruptores y conmutadores XB4-BD21 son elementos que conectan o desconectan instalaciones y máquinas eléctricas mediante el posicionado de una palanca. A diferencia de los pulsadores, al ser accionados, se mantienen en la posición seleccionada hasta que se actúa de nuevo sobre ellos. (Manual y Catalogo del electricista, 2017, pág. 5/10)

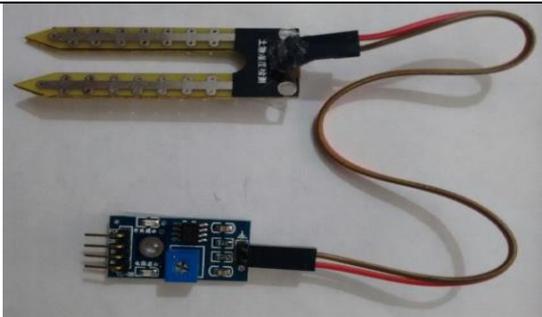


Figura 2. 32: Sensor de humedad
Fuente: Elaboración propia

El sensor seleccionado (Md-HG100) es un sensor de humedad de suelos. El sensor de humedad tiene un módulo regulador de señal. Este se alimenta con 5VDC. Tiene dos pines de salida una digital que se puede ajustar por medio de un potenciómetro y otra analógica con un rango de 1V (muy húmedo) a 4,9V (Seco). (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 12)



Figura 2. 33: Sensor de nivel
Fuente: Elaboración propia

Un electro nivel es un dispositivo que controla automáticamente el nivel en depósitos de agua u otros líquidos, accionando la bomba cuando el nivel está por debajo de lo deseado; también puede ayudar a proteger la bomba por bajo nivel de succión (Manual y Catalogo del electricista, 2017, pág. 6/53)



Figura 2. 34: Mini Bomba YX DC12V
Fuente: Elaboración propia

Las principales características de la mini bomba según (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 20) son:

- Voltaje de trabajo: DC12V
- Corriente de funcionamiento: 0,5-0.7A
- Corriente de carga vacía: 0.18A
- Succión máxima: 2 m
- Tráfico: 1,5-2L/Min (aprox.)



Figura 2. 35: PT100
Fuente: (Ingecozc)

El sensor PT-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de Platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico. (Ingecozc)



Figura 2. 36: Electroválvula
(Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 20)

La electroválvula AC-EV012 (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 20) controla el flujo de agua en una tubería es ahora más sencillo con la ayuda de esta válvula solenoide. Las válvulas solenoides son un tipo de electroválvula todo/nada o abierto/cerrado. El cuerpo de la válvula está fabricado en plástico con roscados machos a ambos lados de 1/2" para conexión estándar NPS (recta).



Figura 2. 37: Sensor de Lluvia MD-ML100
(Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 14)

Modulo sensor de lluvia MD-ML100 le permite detectar gotas de lluvia y seguimiento de humedad

El módulo tiene dos salidas: analógica A0 y digital D0 , la salida digital D0 – aparece señal 0 o 1 dependiendo de la configuración de umbral que se fija el umbral con el potenciómetro (Catalogo Patzi.tec, 2020, pág. 14)

Tensión de funcionamiento: 3.3V -5 V

Fuente: Elaboración propia

2.13.3 Materiales del sistema de tuberías y riego

Tabla 6: MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO

 <p data-bbox="362 596 716 657">Figura 2. 38: Politubo Flexible Fuente: Elaboración propia</p>	<p data-bbox="841 317 1432 621">Normalmente se utilizan como tuberías terciarias en cultivos hortícolas y cereales en riego por aspersión, en sustitución de las tuberías de polietileno que requieren un mayor espacio para su almacenamiento y cuando se recogen crean bobinas de elevado tamaño (Paz M. L., 2015, pág. 18).</p>
 <p data-bbox="342 1129 737 1190">Figura 2. 39: Accesorios de riego Fuente: Elaboración propia</p>	<p data-bbox="841 735 1432 1182">Goteros autocompensados y accesorios (Paz M. L., 2015, pág. 20), estos emisores ofrecen un caudal fijo dentro de un rango más o menos amplio de presión. La utilidad de estos goteros radica en la capacidad de homogeneización del riego a lo largo de una línea de riego, ya que los últimos emisores de la línea normalmente tienen una menor presión que los primeros debido a la caída de presión por rozamiento del agua con la tubería.</p>
 <p data-bbox="378 1543 699 1604">Figura 2. 40: Filtro Fuente: Elaboración propia</p>	<p data-bbox="841 1276 1432 1535">Los filtros de agua (Mendoza, 2013) son efectivos para aguas poco sucias con materiales de origen inorgánico del tamaño de limos o arenas. Los filtros de mallas se presentan en tres modalidades, según el sistema de limpieza que tengan, manual, semiautomáticos y automáticos.</p>

Fuente: Elaboración propia

2.14 Seguridad

En este apartado se describe las siguientes funciones de seguridad para mejorar la protección del LOGO! :

Tabla 7: FUNCIONES DE SEGURIDAD

Función de Seguridad	Descripción
Seguridad en la red	Los pasos siguientes ayudan en la protección en la red: <ol style="list-style-type: none">1. Defina el área segura y el área insegura en la red.2. Ponga un cortafuegos en el área segura y el área insegura3. Configure el cortafuegos:<ul style="list-style-type: none">• Bloquee los puertos siguientes: 80; 102; 135; 502-510; 10005.• Abra el puerto 8080 para acceder de forma segura al servidor.
Seguridad de accesos a los programas	Los siguientes métodos de protección pueden ayudar a proteger los programas contra accesos no autorizados. <ul style="list-style-type: none">• Protección por contraseña• Protección anticopia
Seguridad de accesos a los menús	Es posible limitar el accesos a determinados menús del LOGO! ajustando el nivel de acceso.

Fuente: Editado (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 309)

Siemens recomienda proteger el acceso desde el servidor web a LOGO! con una contraseña segura. Las contraseñas seguras tienen ocho caracteres como mínimo, constan de letras, números y caracteres especiales, no son palabras que puedan encontrarse en un diccionario, ni son nombres, ni identificadores que puedan derivarse a partir de información personal.

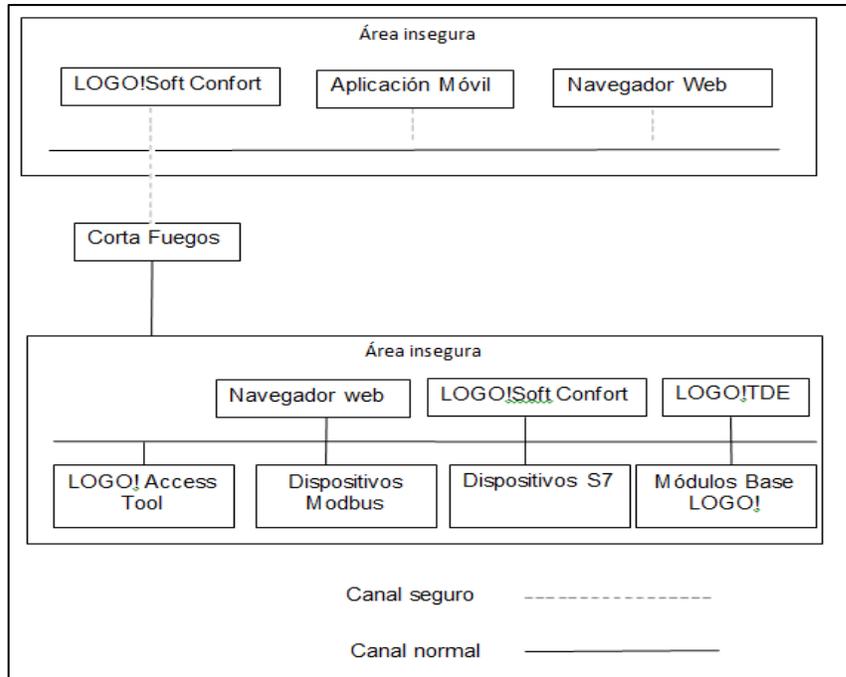


Figura 2. 41: Seguridad en la red
Fuente: Editado (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 310)

2.15 Activación del servidor web en LOGO!

Para mostrar los textos de aviso de LOGO! en un navegador web, debe activarse el servidor web en los ajustes de red de LOGO.

El servidor web de LOGO! soporta los siguientes navegadores web:

- Microsoft Internet Explorer versión 8.0 o superior.
- Mozilla Firefox versión 11.0 o superior.
- Google Chrome versión 16.0 o superior.
- Apple Safari versión 5.0 o superior.
- Opera versión 12.0 o superior.

El servidor web de LOGO! soporta los siguientes dispositivos de comunicación cuando se

- PC convencional.
- series iPhone de Apple.
- teléfonos inteligentes y tabletas con sistema Android en versión 2.0 o superior.

2.16 Pruebas

El objetivo principal de las pruebas es aportar calidad al producto que se está desarrollando. Para llevar a cabo las pruebas se verifica el comportamiento del programa sobre un conjunto de casos de prueba. Estos casos de prueba se generarán mediante técnicas y estrategias específicas de pruebas que nos ayudarán a conseguir la búsqueda de los errores de un programa (Sánchez, 2015).

2.16.1 Técnica de caja blanca

Según (Sánchez, 2015, pág. 31) la técnica de caja blanca es una técnica de diseño de casos de prueba que usa la estructura de control para obtener los casos de prueba. Dentro de esta estructura de control podemos encontrar la estructura de un componente de software como puede ser sentencias de decisiones, caminos distintos del código, la estructura de una página web, etc.

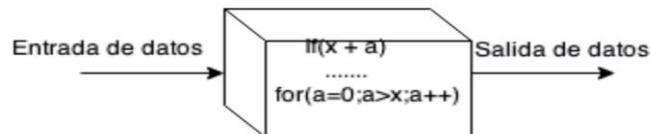


Figura 2. 42: : Caja blanca
Fuente: (Sánchez, 2015, pág. 31).

Los métodos de prueba de caja blanca aportan los siguientes puntos:

- Garantizan que todas las rutas del código se revisan al menos una vez.
- Revisan las condiciones lógicas.
- Revisan estructuras de datos.

Tipos de Prueba de Caja Blanca:

- Prueba de la Ruta Básica.
- Pruebas de la estructura de control.
- Prueba de condición.
- Prueba del flujo de datos.
- Prueba de bucles.

2.16.2 Técnica de caja negra

Con respecto a las técnicas de diseño de caja negra, expone (Sánchez, 2015, pág. 39), son las que utilizan el análisis de la especificación, tanto funcional como no funcional, sin tener en cuenta la estructura interna del programa para diseñar los casos de prueba a diferencia de las pruebas de caja blanca, estas pruebas se suelen realizar durante las últimas etapas de la prueba.



Figura 2. 43 Caja Negra
Fuente: (Sánchez, 2015, pág. 39).

Con los métodos de caja negra se intenta encontrar los errores:

- Funciones incorrectas o faltantes.
- Errores de inicialización y terminación.
- Errores de interfaz.
- Errores en las estructuras.

Tipos de prueba de caja negra

- Métodos gráficos de prueba.
- Partición Equivalente.
- Análisis de valores límite.
- Prueba de tabla ortogonal.
- Pruebas de interfaces gráficas.
- Prueba de arquitectura cliente/servidor.
- Pruebas de servidor.
- Pruebas de base de datos.
- Pruebas de transacción.
- Pruebas de comunicación de red.
- Pruebas de documentación.
- Pruebas de sistemas de tiempo real

2.17 Ciclo de vida del sistema

2.17.1 Desarrollo de prototipos

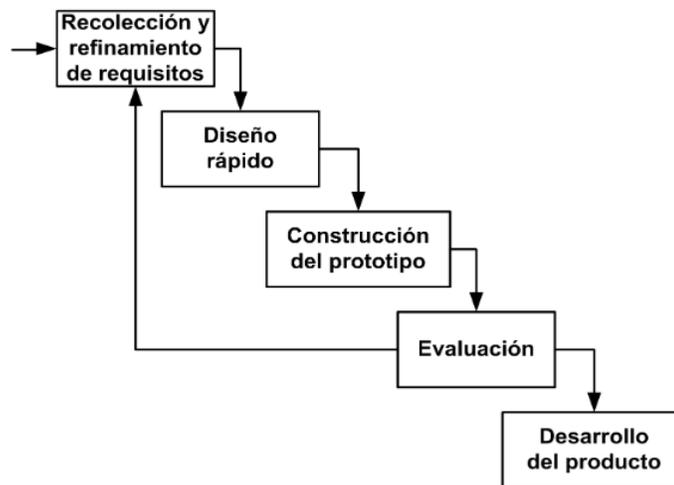


Figura 2. 44: Ciclo de vida de un prototipo
Fuente: (Berzal, pág. 25)

Como expone (Berzal, pág. 25) normalmente, el cliente es capaz de definir un conjunto general de objetivos para el sistema que se debe de construir, pero no identifica los requisitos detallados. En otros casos, puede que nosotros no estemos seguros de la eficiencia de un algoritmo, de la capacidad de nuestro diseño para soportar los requerimientos del sistema o de la forma en que debe diseñarse la interfaz de usuario. En cualquiera de estas situaciones, resulta adecuado construir un prototipo.

El desarrollo de prototipos reduce el riesgo de que el proyecto fracase y facilita la especificación de requerimientos de productos que desconocemos. En tal caso, se utiliza un modelo iterativo de refinamiento de prototipos en el que, tras varias iteraciones, se construye un sistema que se adapte mejor a las necesidades del cliente.

3. MARCO APLICATIVO

3.1. Introducción

En este capítulo se presenta el diseño metodológico y el montaje del prototipo de sistema de riego, que se encarga de realizar el control automático del sistema de riego.

3.1.1. Localización

La propuesta del prototipo de sistema de riego automatizado debe estar diseñado para una superficie de terreno de aproximadamente 500 metros² de área verde de la comunidad de Alto Kollasuyo.

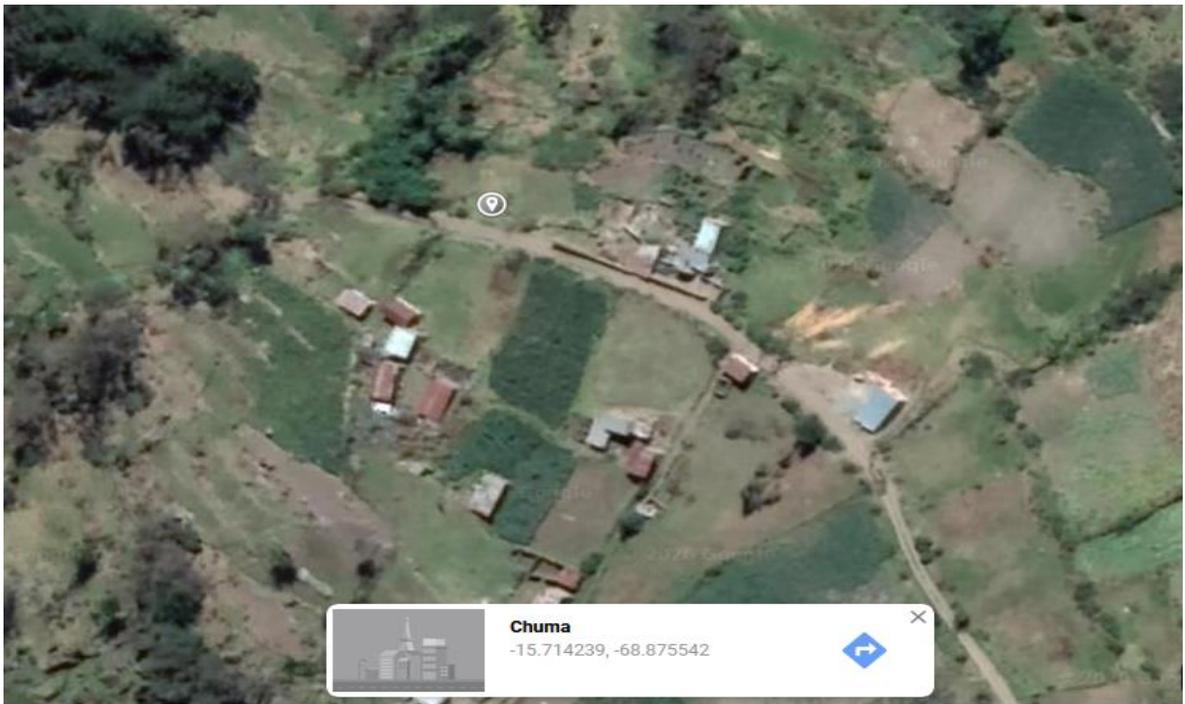


Figura 3. 1: Comunidad Alto Kollasuyo, Municipio Chuma

Fuente:<https://www.google.com.bo/maps/@-15.7145732,-68.8753659,381m/data=!3m1!1e3>

3.1.2. Ubicación y Descripción de la Población

La ubicación de la comunidad de Alto Kollasuyo se encuentra ubicada al occidente de Bolivia.

- Departamento: La Paz.
- Provincia: Muñecas.
- Municipio: Chuma.
- Latitud Sur: 15° 42' 45,1" S (-15,7125°).
- Longitud Oeste: 68° 52' 38,6" W (-68,8774°).
- Altitud: 3372 metros (11.063 pies).

3.1.3. Clima

La zona de estudio no cuenta con una estación meteorológica cercana; localizada en una zona montañosa, con presencia de serranías, con un clima predominantemente templado, por ser cabecera de valle, húmedo. La máxima precipitación se produce en los meses de enero y febrero, la temporada de lluvia se inicia generalmente en diciembre para concluir en marzo. Durante estos cuatro meses se produce una precipitación del 60 al 80%. (Morales J. , 2007, pág. 27).

Estudio de identificación de zonas de riesgo de La Paz.

3.1.4. Hidrología

La región pertenece a la cuenca del Río Beni, con sus respectivas subcuencas y ríos normalmente encajonados entre montañas a excepción de algunos sitios en los que se practica agricultura en terrazas de ribera de río. Asimismo en toda la región se practica la agricultura a secano, constituyéndose en agricultura de subsistencia y en áreas reducidas con uso de riego, los que se encuentran principalmente en rivera de río y cultivos comerciales. (Morales J. , 2007, pág. 26). Las fuentes de agua de la zona de estudio provienen principalmente del deshielo de las cumbres nevadas, las cuales forman en las partes bajas anchos ríos, También se conforma por Manantiales subterráneas.

3.2. Descripción del procedimiento metodológico

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental aplicada (ensayo y error) debido a que los datos e información son obtenidos de manera teórica, práctica, para ello se recurrió a bibliografías establecidas en libros, publicaciones electrónicas, revistas y otros. El riego seleccionado es por goteo. En este caso se implementó con una manguera de Politubo flexible de 3 m y 12 goteros con capacidad de suministrar 4 litros de agua en una hora, automatizando el proceso mediante un autómatas programable mini PLC LOGO!.

3.3 Descripción del Sistema

En este proyecto una vez analizadas todas los requerimientos de programación de riego y la cantidad de agua que necesita el cultivo, se tiene el objetivo de entender perfectamente cómo funcionan todos los sensores y actuadores para posteriormente poder implementarlos en un programa mediante el PLC LOGO! de siemens.

El sistema de riego automatizado comienza con el suministro de agua de un río mediante una electroválvula y electrobomba a un tanque de agua 500 litros aproximadamente, de ahí distribuirá el líquido mediante otra electroválvula a la red de tuberías de riego, realizando un riego localizado a la raíz de las plantas utilizando goteros.

El tanque de reservorio de agua tiene un sensor de nivel que controla el nivel de agua. Apaga o activa el suministro de agua en caso de que el nivel de agua sea alto o el nivel sea bajo.

Las electroválvulas se accionan a través del sistema de control ya sea de forma automático o manual. Todo este proceso lo gestiona el PLC LOGO! siguiendo las instrucciones configuradas por los requerimientos del proyecto.

Dichos requerimientos son estudiados de forma diaria por el sensor de humedad, sensor de temperatura del suelo, dependiendo de su lectura que ingresan parámetros al PLC, decide accionar los actuadores dependiendo en modo automático o manual.

3.4 Diagrama de flujo de datos

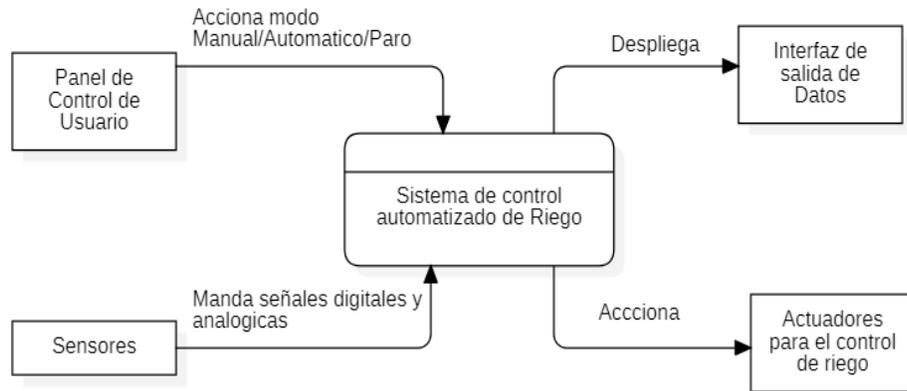


Figura 3. 2: Diagrama general del sistema de riego automatizado
Fuente: Elaboración propia

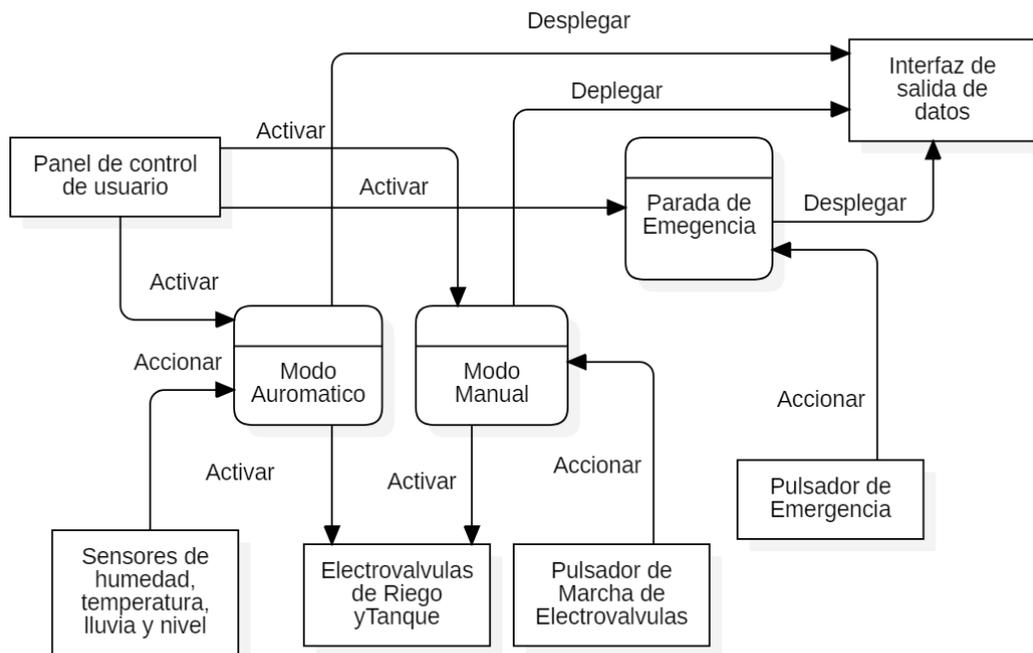


Figura 3. 3: Diagrama de flujo de datos con procesos
Fuente: Elaboración propia

3.5 Diagrama de Bloques

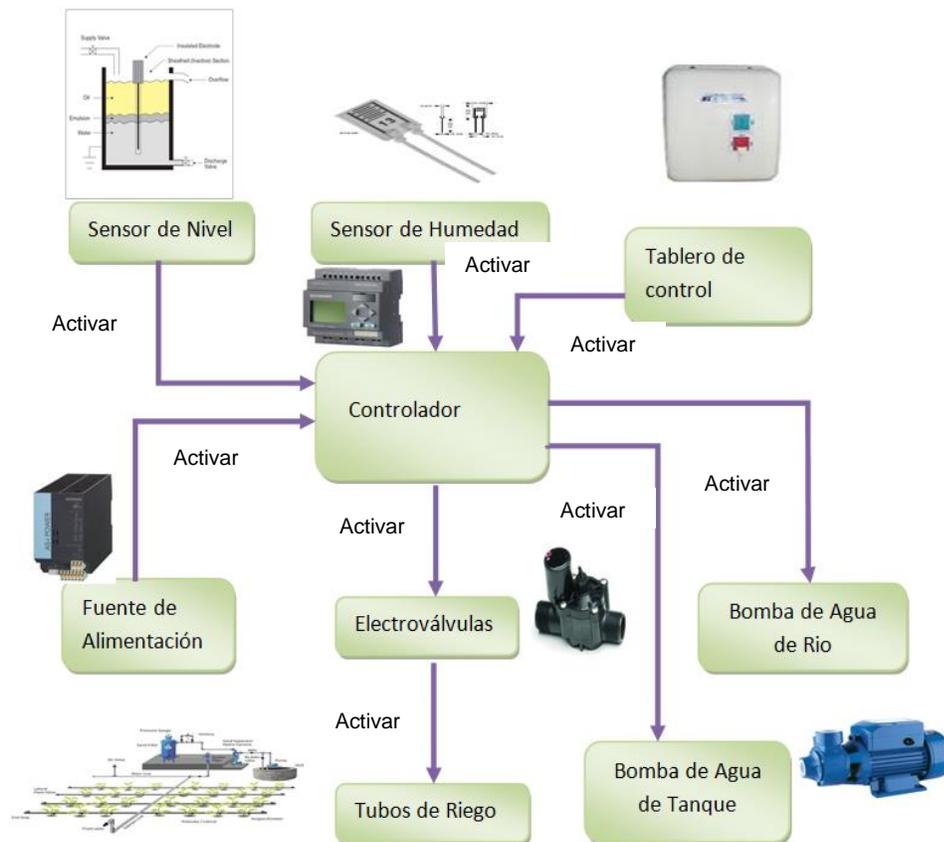


Figura 3. 4: Diagrama de bloques del prototipo
Fuente: Elaboración propia

- **Fuente de Alimentación:** Proporciona el voltaje requerido para el funcionamiento del sistema.
- **Controlador:** Procesa los datos leídos por los sensores y según el programa envía señales a los actuadores (electroválvulas, electrobomba).
- **Electroválvula;** Dispositivo electrónico para detener o parar el flujo de agua.
- **Sensor de Nivel:** Mide la altura del líquido, dentro de un tanque.
- **Electrobomba:** Se utilizan para desplazar el líquido desde un sitio a otro.
- **Sensor de humedad:** Se utiliza para detectar la humedad del suelo.
- **Sensor de temperatura:** Mide la temperatura del suelo y medio ambiente.

- **Tubos de Riego:** Una red de tuberías de suministro de agua para riego.
- **Tablero de control:** Utilizada para interactuar con las acciones deseadas.

3.6 Diseño del Sistema

La metodología MeiA nos da pautas para desarrollar un sistema automatizado utilizando PLC cumpliendo las siguientes fases que son: modo manual, modo automático, modo de pruebas, fallos, paro de emergencia, modo de producción todo con el objetivo de realizar un óptimo riego en el cultivo.

Tabla 8: ENTRADAS DIGITALES Y ANALÓGICA

Nro.	Entradas	Definición	Variable
1	I1	Conmutador Manual/Automático	Digital
2	I2	Pulsador de Emergencia, pulsador NC	Digital
3	I3	Sensor de Nivel	Digital
4	I4	Sensor de Temperatura	Analógico
5	I5	Pulsador de Riego	Digital
6	I6	Pulsador de Tanque	Digital
7	I7	Sensor de Humedad	Analógico
8	I8	Sensor de Lluvia	Analógico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: SALIDAS DIGITALES

Nro.	Salidas	Definición	Variable
1	Q1	Electroválvula y Electrobomba de 12 V	Digital
2	Q2	Electrobomba de 12 V	Digital
3	Q3	Electroválvula de 12 V	Digital
4	Q4	Bocina de Alarma	Digital

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 Fase I: Secuencia Principal – Modo Automático

En esta fase se establece la secuencia principal del sistema, que organiza tanto el arranque del sistema en modo automático como la parada programada del mismo, generando las señales de mando que informan un riego automático normal sobre el estado del sistema en cada momento.

Para establecer el funcionamiento en modo automático del sistema se deben realizar los siguientes pasos:

Pasó 1 - Solicitud de funcionamiento modo automático: Se establece la forma de activar o poner en marcha el sistema en modo automático; se activa mediante un conmutador automático/manual, desde el supervisor. Supervisando el nivel de agua necesario para que inicie el ciclo, así como también la humedad del suelo, temperatura y clima.

Pasó 2 - Fin de proceso: Analiza cuándo se da por finalizado el proceso de riego que activan los sensores de humedad, sensor de temperatura y sensores de lluvia que indican que se ha terminado el último ciclo de riego o cuando finaliza la etapa de producción de los cultivos.

Pasó 3 - Marcha de finalización: Analiza la necesidad de realizar determinadas acciones al finalizar los ciclos de riego; como operaciones de vaciado y/o limpieza de tanque de almacenamiento de agua, calibración de sensores, cambios de sensores, etc.

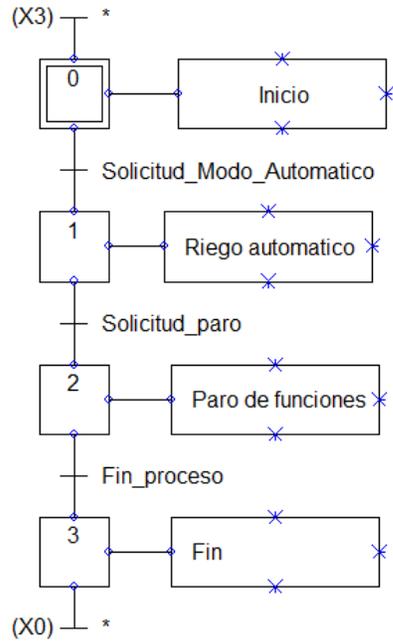


Figura 3. 5: Diagrama grafset de modo automático
Fuente: Elaboración propia

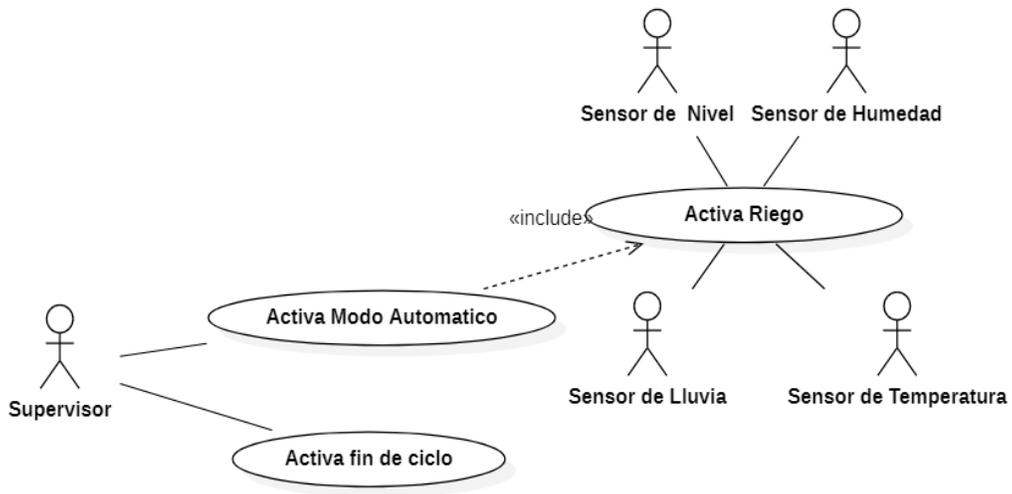


Figura 3. 6: Diagrama de caso de uso Modo Automático
Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Fase II: Modo Manual

Organización del arranque y parada del Modo Manual:

En esta fase se organiza tanto el arranque como la parada del sistema para funcionar manualmente. Para ello, se analiza la necesidad de verificar individualmente partes del proceso sin respetar el orden habitual del ciclo, normalmente bajo el control del personal de mantenimiento; para realizar el reajuste o calibración de ciertos sensores y/o actuadores, para ejecutar ciertas operaciones de mantenimiento preventivo, correcciones por desgaste y para solventar fallos.

Paso 1 – Se establece la forma de activar este modo de funcionamiento; mediante un conmutador automático/manual y también desde un sistema SCADA, al producirse alguna situación determinada en el proceso como fallo o paro de emergencia, etc.

Paso 2 - Procedimiento manual - Controles: Identifica los elementos de control disponibles para realizar las acciones del proceso que son: dos pulsadores del panel de control que activa la electroválvula de riego y la electroválvula del tanque de reserva, un conjunto de controles del sistema SCADA.

En cualquier caso, será necesario evaluar cada una de las acciones para determinar si precisan medidas de seguridad; por ejemplo, limitar el tiempo de llenado del tanque almacenamiento recorrido, comprobar el sensor de nivel. etc.

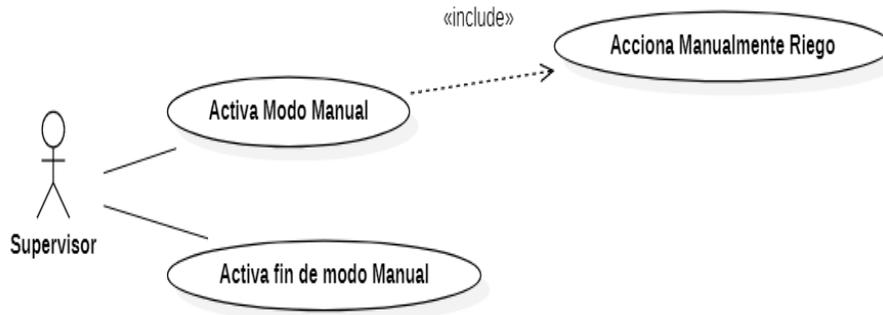


Figura 3. 7: Diagrama de caso de uso Modo Manual
Fuente: Elaboración propia

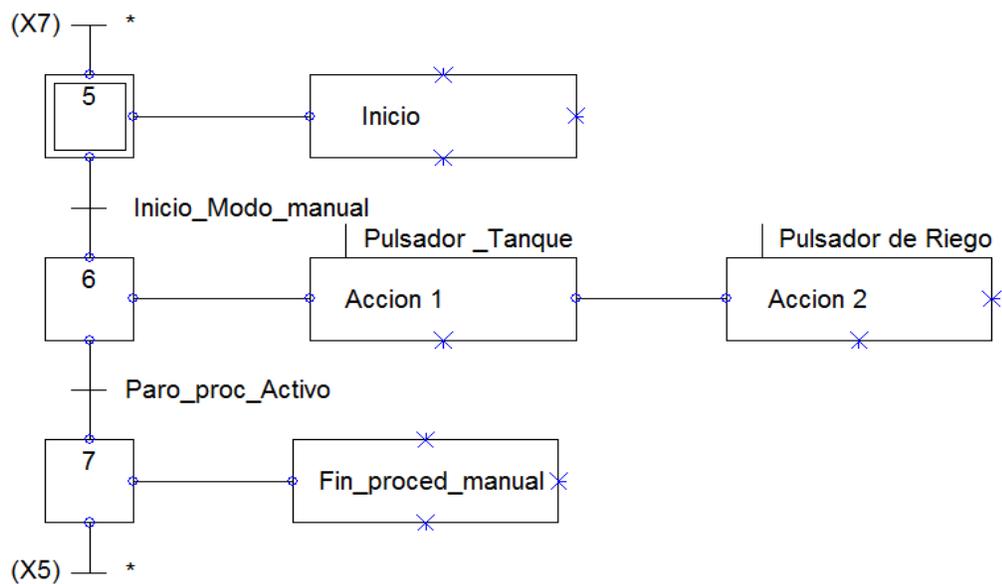


Figura 3. 8: Diagrama graficet de modo Manual
Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Fase III: Modos de Pruebas

El modo de prueba contempla el funcionamiento paso a paso para un avance ordenado, mediante la activación de un pulsador, o bien por bloque funcional para la puesta a punto de una parte del proceso requiriendo seleccionar el bloque y activar su marcha.

3.6.4 Fase IV: Modo de Fallos

En esta fase se identifican, analizan y evalúan los fallos que pueden producirse en el proceso, identificando dos tipos: aquéllos que permiten que el sistema siga funcionando y aquéllos que forzosamente harán evolucionar el sistema hacia una parada controlada. Aunque cada posible fallo se analizará de forma independiente, se podrán agrupar aquellas situaciones que requieran tratamientos similares.

3.6.5 Fase V: Paro de emergencia

Organización del funcionamiento del Paro de Emergencia.

En esta fase se organiza tanto el arranque como la parada del sistema para el tratamiento de emergencias. En la mayoría de los procesos, las emergencias se tratan como un módulo autónomo del controlador tanto a nivel de hardware como de software. Para establecer el procedimiento de Emergencia del sistema se deben realizar los siguientes pasos:

Paso 1– Solicitud de emergencia: Establecer la forma de activar la parada de emergencia; tras la evaluación de un fallo no solucionable por situaciones del proceso al alcanzar un nivel límite máximo o en caso de no existir suficiente agua un nivel mínimo en el tanque de almacenamiento de agua.

Pasó 2– Emergencia –Parada inmediata: La activación de la emergencia implica detener el proceso de forma inmediata con independencia del estado en el que se encuentre y realizar las acciones necesarias para llevar al sistema a una situación de parada segura, tanto desde el punto de vista de producción como de seguridad humana.

Pasó 3– Preparación de arranque - salida de fallo: Analizar la necesidad de realizar determinadas acciones a la salida del fallo para preparar el proceso y continuar con el riego normal.

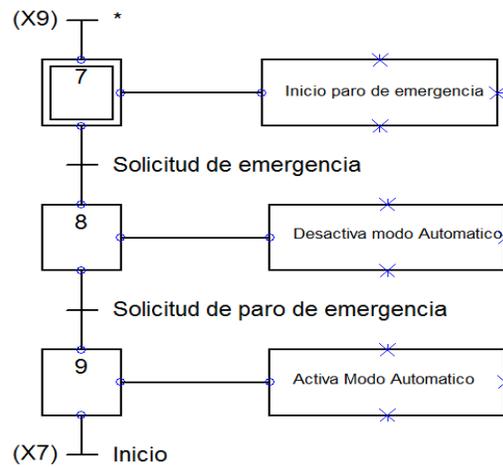


Figura 3. 9: Diagrama graficet de Modo Paró de Emergencia
Fuente: Elaboración propia

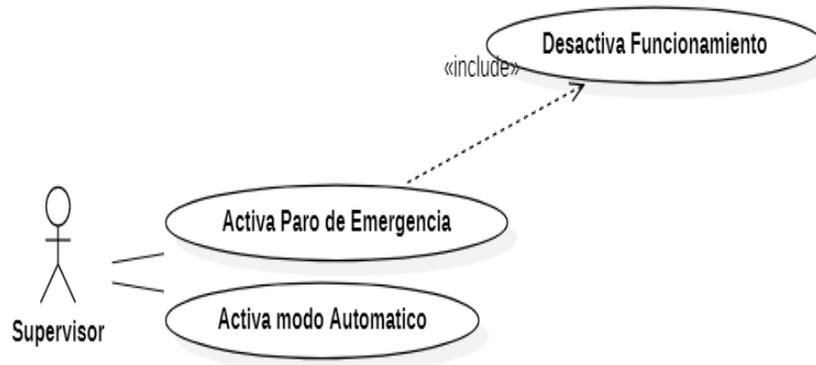


Figura 3. 10: Diagrama de caso de uso Modo Paró de Emergencia
Fuente: Elaboración propia

3.6.6 Fase VI: Proceso de riego normal

Operaciones del proceso y definición del ciclo normal de riego automatizado. En esta fase se analiza las operaciones del proceso, se establece el orden de realización definiendo el ciclo normal, y se identifican, analizan y diseñan los procedimientos que realizarán dichas operaciones.

Las operaciones del proceso se descomponen en tareas coordinadas realizadas por uno o varios procedimientos, distinguiendo:

Paso 0 – Operaciones del proceso - Procedimientos: Regar el cultivo según requerimientos de humedad y clima.

Paso 1 – Marcha del procedimiento: Establece la forma de poner en marcha el procedimiento; cuando el conmutador Automático/Manual este en modo Automático se inicia el procedimiento de riego.

Paso 2 – Descripción del procedimiento: Se inicia cuando el sensor nivel del tanque de almacenamiento este en alto y la humedad del suelo sea mínima y el sensor de lluvia este desactivo, se activa los actuadores de riego hasta que el sensor de humedad envíe una señal de humedad optima y el procedimiento entra modo de espera censando constantemente los sensores de nivel de tanque, humedad, temperatura de suelo y lluvia.

Paso 2.1 – Identificación de señales: Identificar las señales externas, sensores y actuadores, señales del panel de operación y aquéllas que provienen del supervisor.

I1= Conmutador Manual/Automático

I2= Pulsador de Emergencia

I3= Sensor de Nivel

I4= Sensor de Temperatura de suelo

I5= Pulsador de Riego

I6= Pulsador de Tanque

I7= Sensor de Humedad

I8= Sensor de Lluvia

Paso 2.2 – Tareas: El sistema censa el nivel de agua I3 si está activo enciende la electroválvula Q1 para llenar el tanque, una vez lleno esta a su vez predispone el riego ya que se tiene el tanque de reserva de agua llena si el sensor de lluvia, sensor de humedad y sensor de temperatura de suelo están activas (sin humedad) que activa a la electroválvula de riego que deja pasar el líquido así empieza el proceso de riego por las líneas de tuberías con goteros que tarda 15 minutos.

Termina cuando el sensor de humedad (húmedo) se desactive. Este proceso lo realiza diariamente dependiendo el clima.

Q1= Electroválvula de tanque y electrobomba de tanque

Q2= Electrobomba de riego

Q3= Electroválvula de riego

Q4= Bocina de llamada de emergencia

Pasó 3 – Paro en estado intermedio: No se considera el paso intermedio.

Pasó 4 – Parada del procedimiento: Cuando el sensor de humedad 17 tenga un valor umbral alto el proceso de riego termina finaliza el procedimiento.

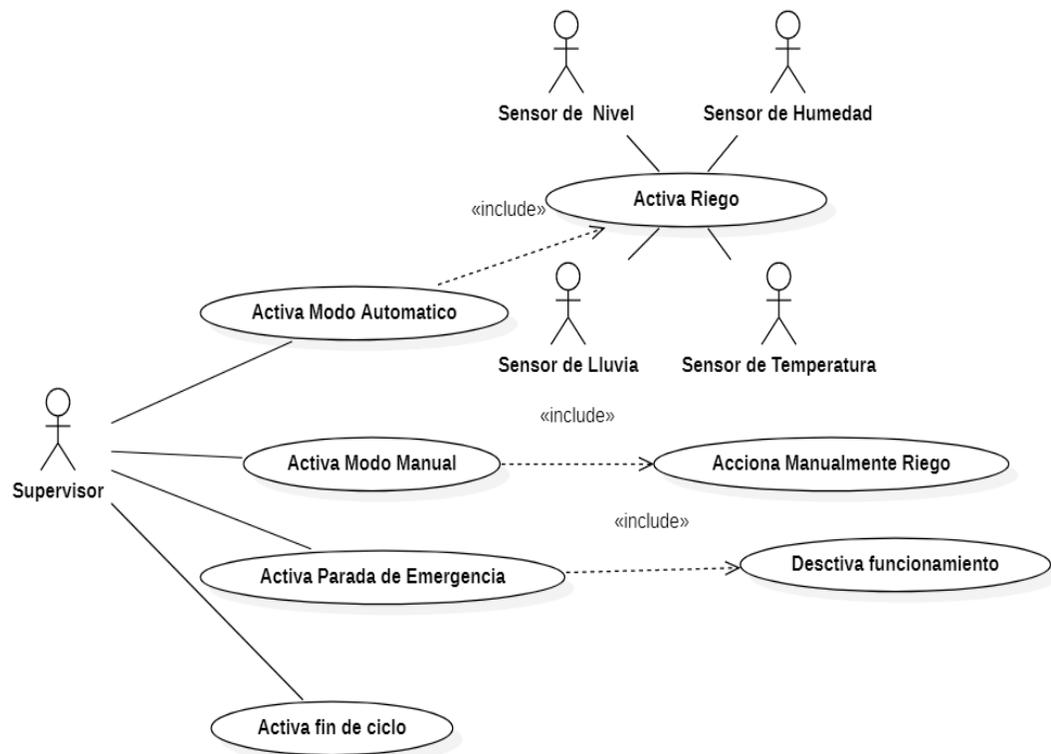


Figura 3. 11: Diagrama de caso de uso proceso de riego normal
Fuente: Elaboración propia

3.7 Descripción de los equipos del Sistema físico

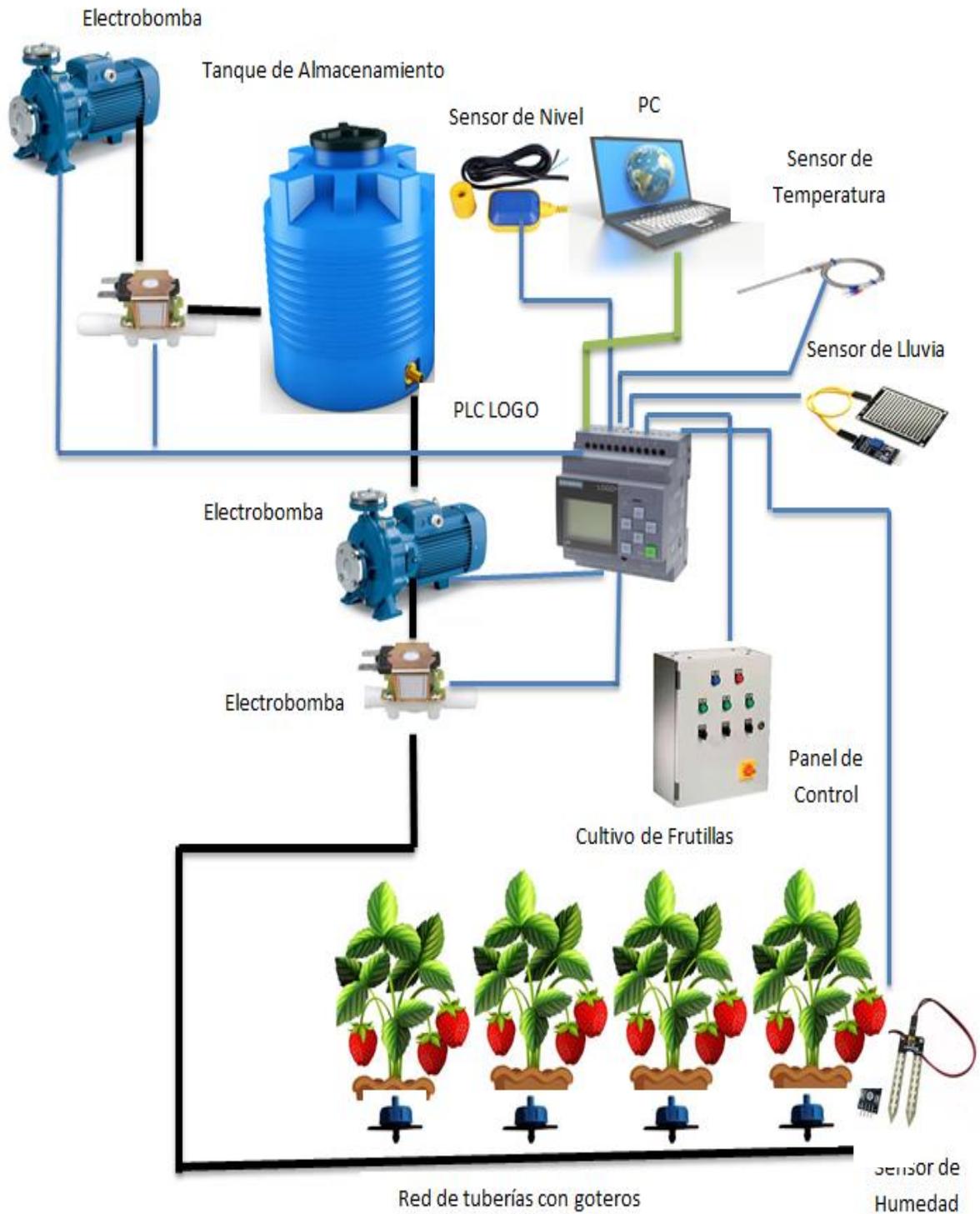


Figura 3. 12: Diseño de Sistema de Riego Automatizado
Fuente: Elaboración propia

3.8 Conexión con la PLC

Todos los modelos de LOGO permiten ser conectados a un PC con un cable Ethernet RJ45. En el tema de la programación de un logo se puede trabajar tanto diagramas ladder (escalera o de contactos) o en diagrama de bloques, y en su editor LogoSoft Comfort permite transformar de una forma a otra, el LOGO trabaja como un programa de bloques y aunque suba los programas desde un programa en ladder siempre al descargarlos se devolverán en forma de bloques. Internamente LOGO genera miles de pulsos por ciclo de programa (un ciclo de programa es como un barrido que hace a todas las instrucciones del programa).

3.8.1 Software de programación en la PC

El software de programación para PC es el LogoSoft Comfort (que se encuentra traducido al castellano). LogoSoft permite la programación de forma gráfica sobre un determinado modelo de LOGO! para la programación de este dispositivo se maneja la versión LogoSoft Comfort V8.2.

Una vez que se realiza la programación del proyecto, se debe de pasar esta información al LOGO! o PLC y para esto se realiza la conexión entre la PC y el Logo. Una vez que se guarde la información en el dispositivo este funcionará, es importante que el LOGO! tenga asignada una IP y para que el dispositivo sea reconocido y así se establezca la comunicación entre los dos dispositivos.

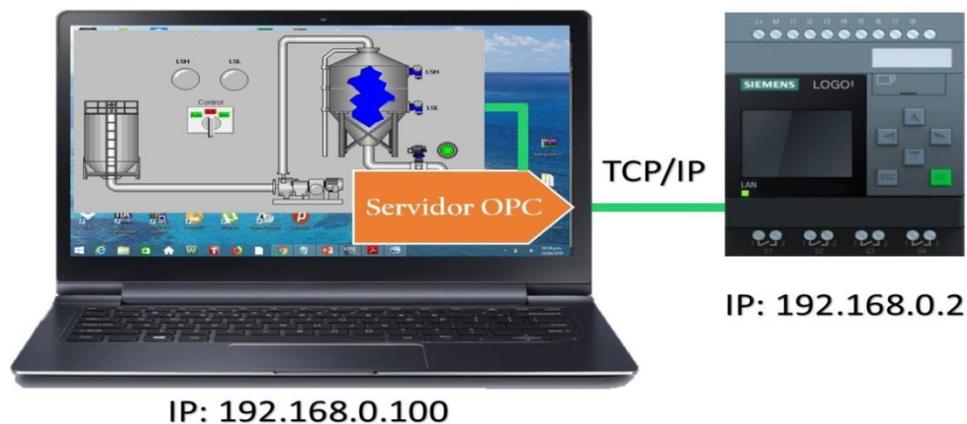


Figura 3. 13: Comunicación y conexión de la PC al LOGO!
Fuente: (Automation, 2015)

3.8.2 Interfaz de LOGO!

El módulo lógico programable LOGO! tiene su interfaz web propia, en este caso se establece la conexión del dispositivo mediante la red local que se crea una interfaz de usuario, es el medio con que el usuario puede comunicarse con el sistema de riego automatizado. En la Figura 3.26 se muestra la página principal de acceso a la interfaz web de LOGO! de Siemens la cual da acceso al funcionamiento del sistema ingresando la contraseña.

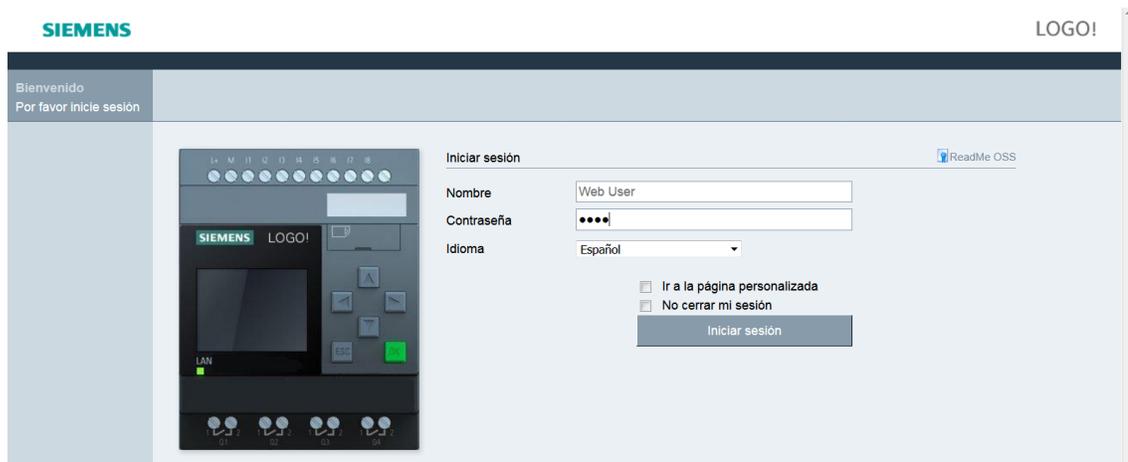


Figura 3. 14. Interfaz de acceso al sistema
Fuente: Elaboración propia

Luego de ingresar al sistema se despliega la pantalla en modo automático o manual.

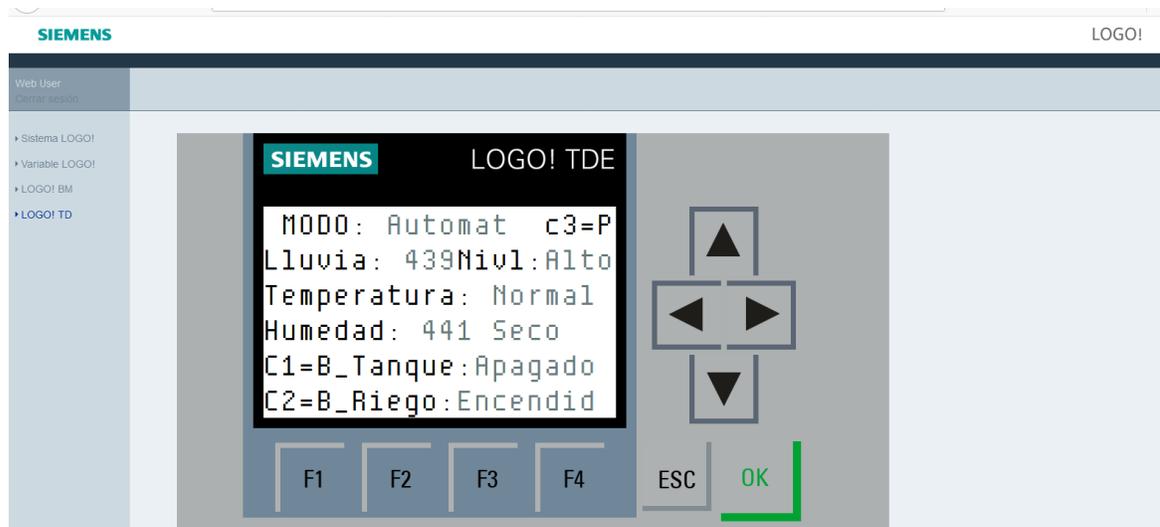


Figura 3. 15 Modo Automático
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 3.15, donde se visualiza los parámetros establecidos del sensor de humedad, sensor de lluvia, el estado del nivel de agua del tanque de reserva y así también el encendido o el apagado del proceso de riego, y de el llenado de agua en el tanque.

La siguiente pantalla muestra el modo manual del sistema donde el proceso de riego ya no es automático se puede activar mediante el panel de control por pulsadores para la electroválvula de riego y las electroválvulas del llenado del tanque este proceso se puede activar pulsando las teclas C1 y C2.

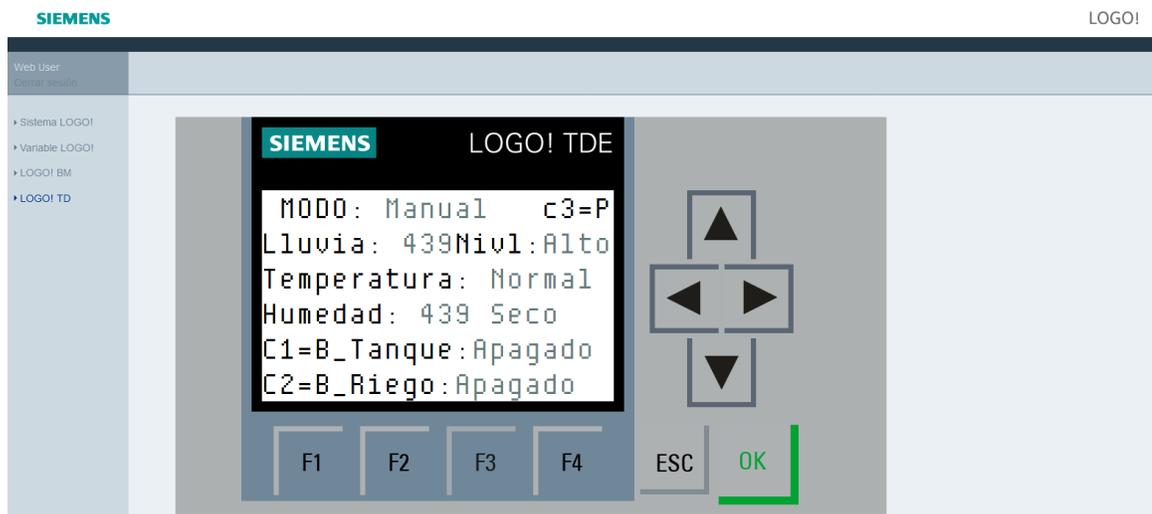


Figura 3. 16. Pantalla Modo Manual
Fuente: Elaboración propia

Pantalla que muestra el modo de paro de emergencia la cual apaga todo proceso si estuviera en modo automático o manual, activa una bocina de alarma y piloto de señalización de emergencia.



Figura 3. 17: Paro de emergencia
Fuente: Elaboración propia

Pantalla que muestra parámetros de sensor de humedad y tiempo de riego, podemos cambiar los parámetros de conexión o desconexión del sensor de humedad y el tiempo de riego.



Figura 3. 18: Parámetros del sistema de riego
Fuente: Elaboración propia

3.9. Diseño del circuito eléctrico y electrónico

Se realizó el diseño del circuito la parte de control y potencia en el software de simulación Cade Simu para luego implementar en el prototipo.

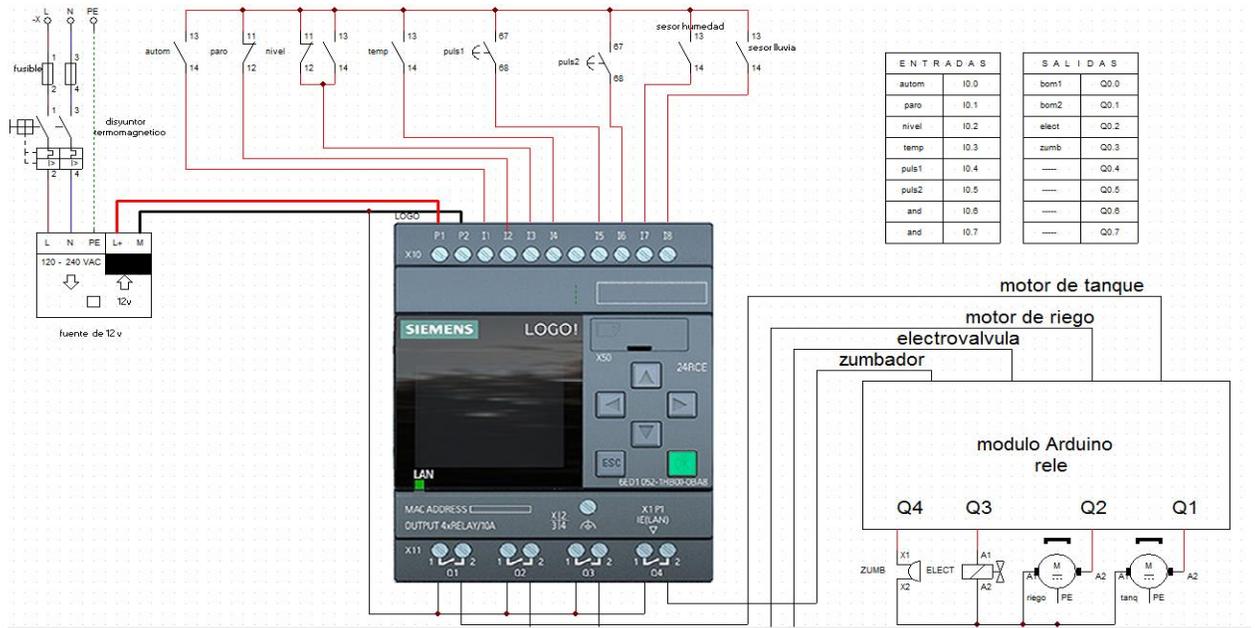


Figura 3. 19: Simulación en Cade Simu
Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado todo el circuito del sistema y el programa, en fase de análisis y diseño se procede a realizar las diferentes pruebas, las cuales consiste en que el sistema se encuentre en diferentes tipos de estados del suelo (seco, húmedo y saturado con agua) para realizar las mediciones correspondientes y comprobar si es capaz de cumplir las condiciones y requerimientos de problema, para dar las respectivas validaciones.

3.10 Pruebas Del Prototipo

Una vez instalado el control de mando se realiza pruebas obteniendo resultados.

3.10.1 Prueba capacidad de goteros.

Según las características de los goteros entregadas por el fabricante, en promedio, a una presión constante de agua se entregan 4 litros de agua en 1 hora. Se realizó pruebas para verificar que la capacidad de los goteros fuera la misma.



Figura 3. 20: Prueba de capacidad de goteros.
Fuente: Elaboración propia

Transcurridos 20 minutos las botellas de 1 Litro se llenaron en proporciones muy semejantes como se puede observar en la figura.

3.10.2 Pruebas de Riego

El prototipo de sistema de riego automatizado toma parámetros de referencia para un riego eficiente.

Tabla 10: DATOS DE SUELO

SUELO	
Tipo de Textura	Franco
CC%	120
PMP%	10
CC- PMP(mm/m)	150
Humedad Inicial(mm/m)	150
Infiltración (mm/m)	35

Fuente: Elaboración propia tomado de análisis de suelo

Dónde:

CC%: Capacidad de campo representa un perfil de suelo húmedo a CC.

PMP%: Punto de Marchites Permanente.

CC- PMP (mm/m): Humedad aprovechable

Hum. Inicial (mm/m): Humedad inicial

Infil (mm/m): Tasa máxima de infiltración de precipitación

3.10.2 Selección de Cultivo

Para realizar pruebas en el proyecto se utiliza plantines de frutilla que necesitan una humedad constante.

Tabla 11: COEFICIENTES DE CULTIVO DE LA FRUTILLA

Mes	Kc(Coeficiente De cultivo)
Enero	0.40
Febrero	0.50
Marzo	0.65
Abril	0.70
Mayo	0.70
Junio	0.70
Julio	0.70
Agosto	0.70
Septiembre	0.70
Octubre	0.70
Noviembre	0.66
Diciembre	0.63

Fuente: (Uribe, 2015, pág. 53)

En la siguiente tabla se presenta el requerimiento de agua de acuerdo a ET_0 , el ancho del follaje y el mes. Mediante esta información es posible realizar una estimación del requerimiento de riego del cultivo.

Tabla 12: ANCHO DE FOLLAJE (m)

ETo mm/ día	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	0.53	0.60	0.68	0.75	0.82
2	1.06	1.21	1.35	1.49	1.64
3	1.60	1.81	2.03	2.24	2.46
4	2.13	2.42	2.70	2.99	3.27
5	2.66	3.02	3.38	3.73	4.09
6	3.19	3.62	4.05	4.48	4.91
7	3.73	4.23	4.73	5.23	5.73
8	4.26	4.83	5.40	5.98	6.55
9	4.79	5.43	6.08	6.72	7.37

Fuente: (Uribe, 2015, pág. 53)

Para el cálculo del volumen total que se necesita para el riego del cultivo de fresa durante los 120 días, se considera una lámina neta total de 0.53 mm/día y un ancho de follaje de 0.5 m.

El tiempo de riego (TR) se calcula en base al requerimiento de agua (litros por metro lineal, L/m) y el caudal total de los emisores que riegan ese metro de plantación

$$TR = \frac{\text{Requerimientos de agua } \left(\frac{L}{m}\right)}{\text{Caudal emisor } \left(\frac{L}{h}\right) \text{ en 1 m}}$$

.Ecuación 7: Tiempo de riego

$$TR = \frac{0.53 \left(\frac{L}{m}\right)}{3.5 \left(\frac{L}{h}\right) \text{ en 1 m}} = 0.15h = 9.08 \text{ min}$$

El tiempo de riego calculado es de 9 minutos diariamente.

3.10.4 Pruebas de instalación del sistema de riego.

Una vez adquiridos y probados los goteros, se realiza la instalación del sistema de riego por goteo en la maqueta que se conforma de dos masetas de madera de 120 cm. de largo por 30 cm de ancho. Se instalan una red de tuberías con dos líneas secundarias con 6 goteros por lado, los cuales se distribuyen uniformemente en los 2,4 metros disponibles de cultivo.



Figura 3. 21: Instalación de cultivo de fresa en masetas
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: VOLTAJE DE SALIDA DEL SENSOR DE HUMEDAD

Humedad %	Voltios de Salida
0	4.3
20	4.0
40	3.8
60	3.0
80	2.0
100	0.9

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3. 22: Pruebas de humedad mediante el tacto y la apariencia (Bolda & Dara, 2015)

3.10.5 Pruebas de la distancia seleccionada.

Se realiza experimentos de la distancia aproximada de instalación de sensor de Humedad en distintos tiempos como se ve en las tablas:

Tabla 14: DISTANCIA DE 10 CM

Distancia de 10 cm		Distancia de 20 cm	
Tiempo en Minutos.	Sensor en Voltios	Tiempo en Minutos.	Sensor en Voltios
1	4,95	2	4,95
2	4,94	4	4,94
3	4,93	6	4,93
4	4,84	8	4,84
5	3,84	10	3,84
6	2,98	12	2,98
7	2,22	14	2,22
8	1,98	16	1,98
9	0,86	18	0,86
10	0,25	20	0,25

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar pruebas se analiza la información y se concluye que el sensor de humedad se activa el umbral de apagado porque disminuye la resistencia y existe menor voltaje en la salida del sensor pasados 10 minutos. Ya que en 10 minutos cada plantín será regado con medio litro de agua.

Con base a la capacidad de agua que entregan los goteros en una hora y teniendo en cuenta la lámina de agua que requiere la frutilla para crecer de manera óptima, se procede a colocar el sensor a una distancia de 10 cm.

3.11 Pruebas de caja Blanca

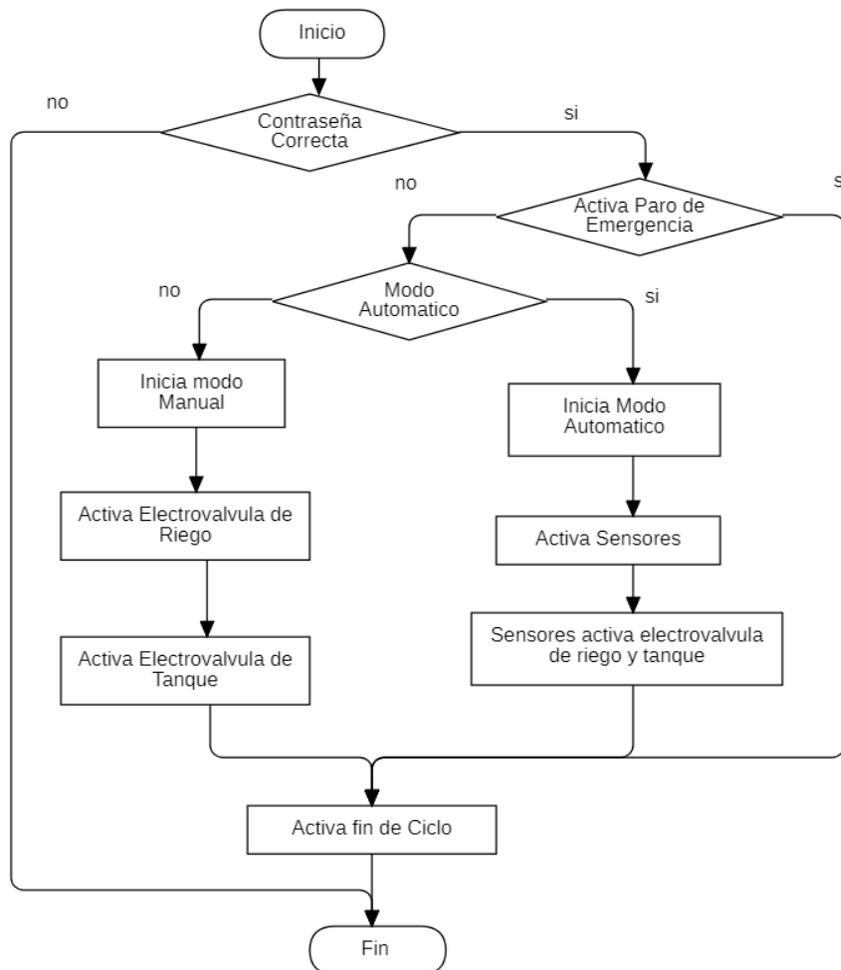


Figura 3. 23: Diagrama de flujo del Sistema General
Fuente: Elaboración propia

En las pruebas de caja blanca se hace la selección más adecuada del flujo de datos, para llegar a una resolución correcta, esto para probar las variables y definiciones en el programa. Se procede a realizar los siguientes diagramas:

a. Funcionamiento del sistema en modo Manual

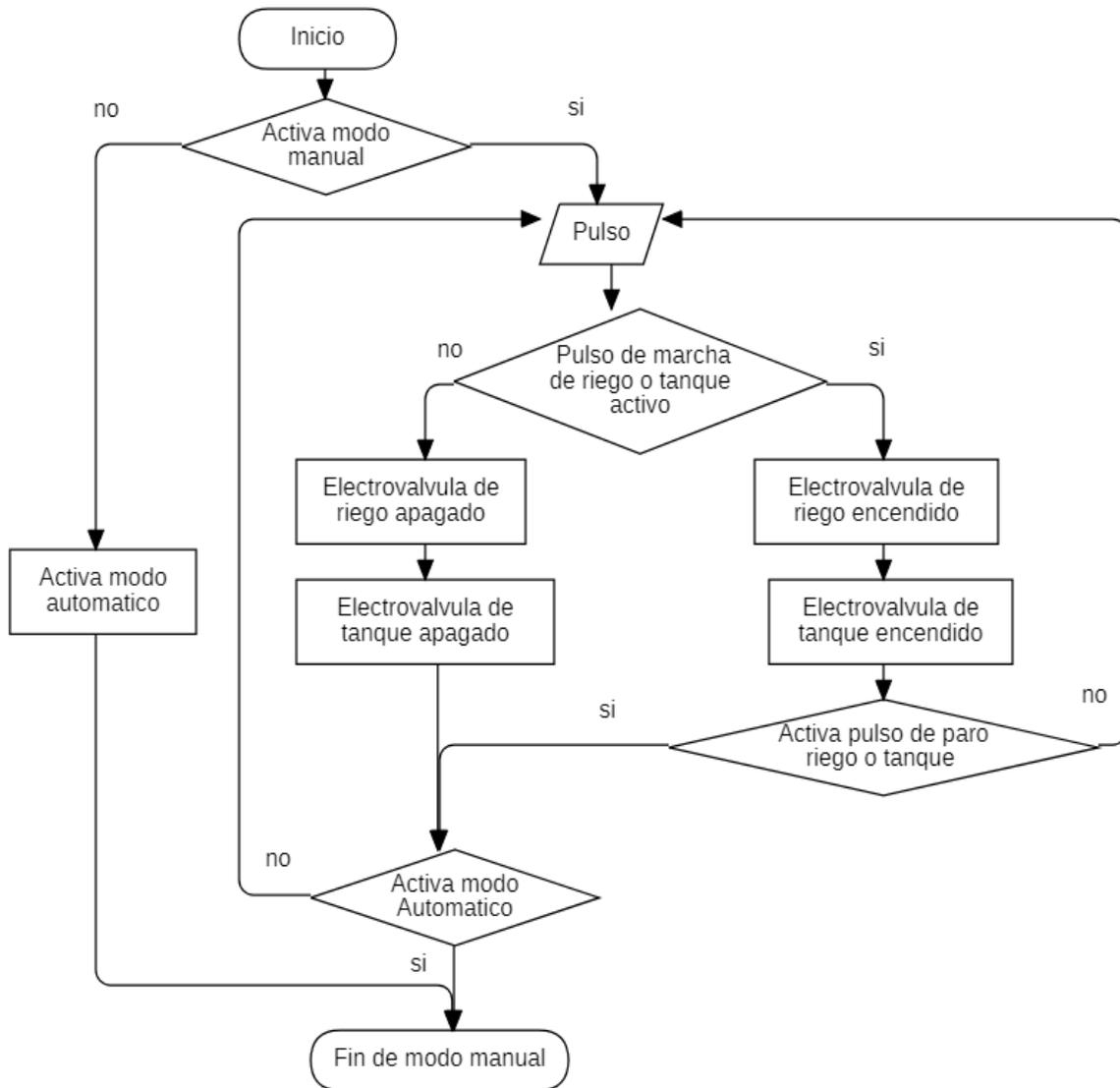


Figura 3. 24: Diagrama de flujo de Modo Manual
Fuente: Elaboración propia

b. Funcionamiento del sistema en modo Manual

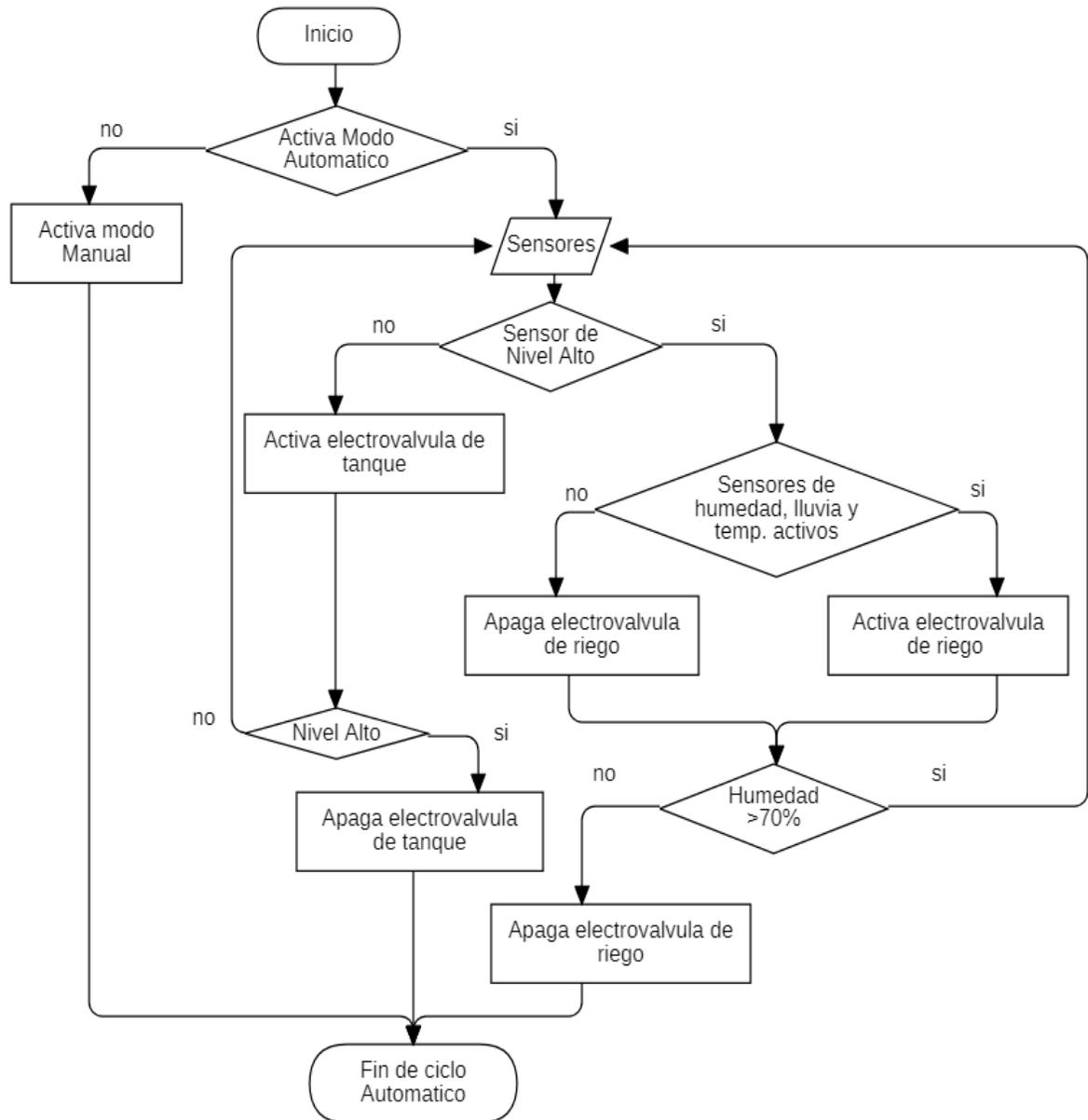


Figura 3. 25: Diagrama de flujo Modo Automático
Fuente: Elaboración propia

3.12 Pruebas de Caja Negra

En las pruebas de caja negra, nos enfocamos solamente en las entradas y salidas del sistema, sin preocuparnos en tener conocimiento de la estructura interna del programa de software.

Se procede a realizar la evaluación de acuerdo a los módulos para comparar los resultados que entrega el sistema mediante interfaces de resultados.

Tabla 15: MODULO INTERFAZ DE INGRESO

Entrada	Se solicita ingreso al sistema, se verifica validación.
Proceso	Se valida el ingreso para la conexión al Sistema de Riego.
Salida	Se ingresa al sistema de riego y se visualiza los valores de humedad, temperatura, nivel y clima.
Resultado	Como se muestra en la figura 3.32 el sistema despliega todos los parámetros especificados anteriormente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: MODULO MODO AUTOMÁTICO

Entrada	Se activa conmutador modo automático
Proceso	Se verifica condiciones iniciales para empezar el riego automático que mandan los sensores que son: nivel alto de reserva de agua, humedad baja, clima seco y alta temperatura.
Salida	Se visualiza la activación de la electroválvula de riego y electroválvula de llenado del tanque de reserva.
Resultado	Como se muestra en la figura 3.33 el sistema despliega todos los parámetros especificados anteriormente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: MODULO MODO MANUAL

Entrada	Se activa conmutador modo manual.
Proceso	Se activa manualmente el riego mediante dos pulsadores que activan de manera independiente las electroválvulas de riego y llenado del tanque de reserva.
Salida	Se visualiza la activación de la electroválvula de riego y electroválvula de llenado del tanque de reserva.
Resultado	Como se muestra en la figura 3.34 el sistema despliega todos los parámetros especificados anteriormente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: MODULO MODO PARO DE EMERGENCIA

Entrada	Se activa pulsador de parada de emergencia
Proceso	Se activa manualmente mediante el pulsador de parada de emergencia que se enclava.
Salida	Se desactiva todo el sistema y se activa la bocina de alarma y el piloto de señalización de paro y se visualiza mensaje de paro.
Resultado	Como se muestra en la figura 3.35.

Fuente: Elaboración propia

4. CALIDAD Y SEGURIDAD

4.1 Introducción

En este capítulo se determina la calidad que posee el sistema, los procedimientos que se tiene que tomar en cuenta para temas de seguridad y la gestión de riesgos.

Debido a que el sistema ha sido desarrollado con una visión de calidad en el diseño y funcionalidad que es uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta.

4.2 Pruebas de Calidad

La herramienta principal que se utiliza para el desarrollo del proyecto es un PLC LOGO! de la marca siemens que cumple estrictamente los requisitos de calidad estipulados en la norma ISO 9001.

Se diseñó páginas personalizadas mediante LogoSoft Comfort V8.2 combinando con la herramienta de diseño LWE V1.0.1 que permite editar un entorno más amigable para el usuario para monitorear el prototipo de sistema de riego automatizado y regular la humedad del cultivo en línea.

Al igual que con el servidor WEB se ingresa con la misma contraseña pero ahora se debe habilitar con la opción ir a la página personalizada (Véase Manual de usuario).



Figura 4. 1: Interfaz de ingreso
Fuente: Elaboración Propia

Se realiza el diseño de un sistema SCADA para monitorear los procesos de riego en modo manual y automático como se observa en la figura 4.2.

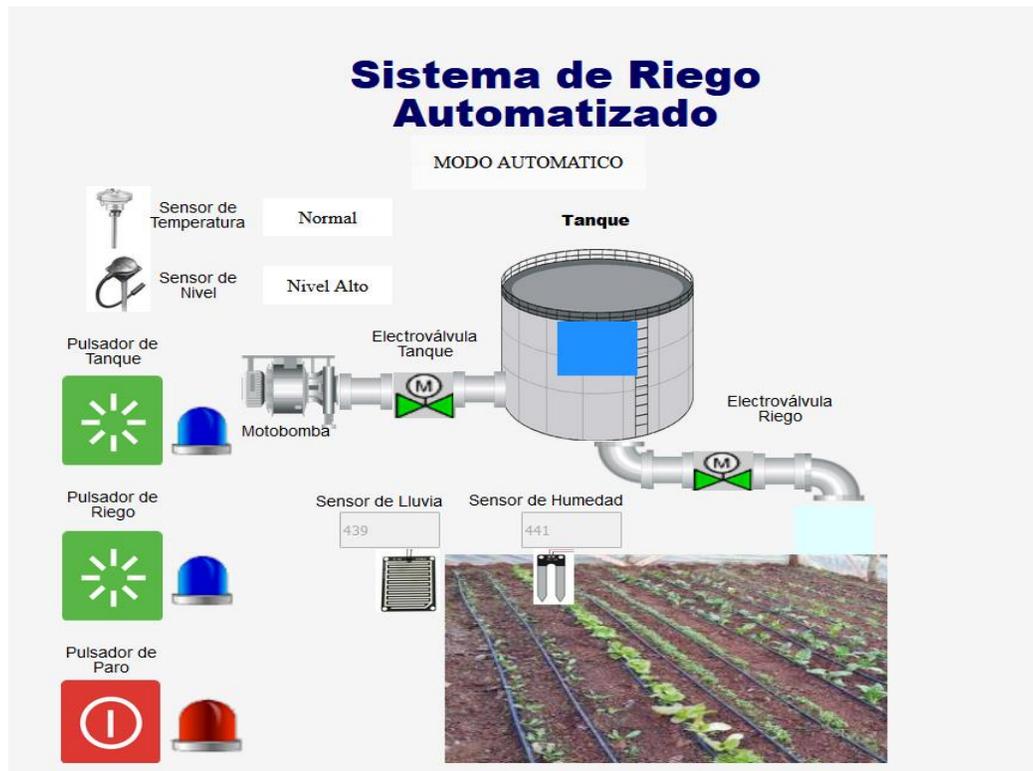


Figura 4. 2: Interfaz del sistema riego automatizado con LWE
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.3 se observa los parámetros que se pueden modificar.

Figura 4. 3: Interfaz de parámetros con LWE
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Registro de datos de humedad y lluvia

Se configura el registro de datos para el programa, después de transferir el programa de LOGO! Soft Comfort a LOGO! es posible editar los elementos asociados al bloque de registro de datos. El sistema realiza el registro de datos de humedad registros que se puede extraer a Excel que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19: REGISTRO DE DATOS DE HUMEDAD Y LLUVIA

Fecha	Día	Hora	Humedad	Lluvia
24/10/2020	Sábado	11:37:51	150	441
24/10/2020		14:59:58	237	439
25/10/2020	Domingo	11:35:00	240	439
25/10/2020		14:55:40	310	439
26/10/2020	Lunes	11:35:00	92	439
26/10/2020		14:55:40	211	439
27/10/2020	Martes	11:35:00	230	439
27/10/2020		14:55:40	370	439
28/10/2020	Miércoles	11:35:00	120	439
28/10/2020		14:55:40	158	439
29/10/2020	Jueves	11:35:00	215	439
29/10/2020		14:55:40	270	439

Fuente: Elaboración propia

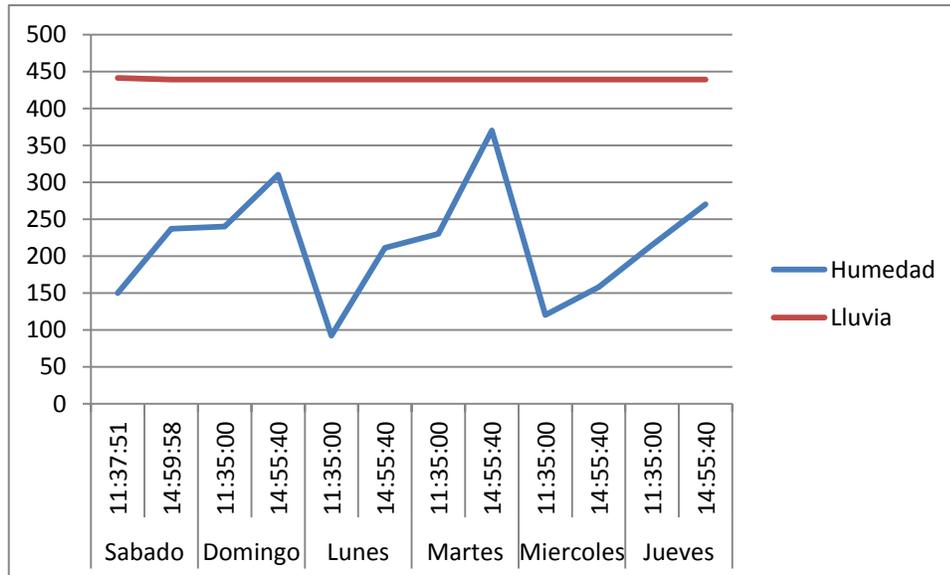


Figura 4. 4: Grafico de humedad y lluvia

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba permite medir factores que se evalúa, por lo tanto podemos decir que el producto fue diseñado y desarrollado con calidad que garantiza su confiabilidad para la toma de decisiones.

4.3 Seguridad

LOGO! 8 cuenta con un servidor web integrado en todas las unidades básicas de control y mando, través de WLAN e Internet. Protegido mediante contraseña y adecuado para todos los navegadores convencionales.

LOGO! 8 puede ser utilizado con smartphone, tablet o PC, con el mismo aspecto que en una LOGO! pantalla o pantalla TDE. LOGO! 8 requiere conexión con router. El acceso no autorizado a LOGO! desde el servidor web puede afectar al funcionamiento del proceso.

4.3.1 Seguridad en la red

El acceso desde el servidor web a LOGO! está protegida con una contraseña segura. Y es segura porque la dirección IP es privada y la red es local.

4.3.2 Seguridad en el programa

El programa está protegido por contraseña pero deja de estar protegido si se introduce la contraseña correcta, con lo que es posible editar o copiar el programa y retirar la tarjeta.

Tabla 20: CORRELACIÓN ENTRE LA CONTRASEÑA Y PROTECCIÓN

Protección contraseña programa	por del	Protección anticopia del programa	Editar	Copiar	Borrar
-		-	Si	Si	Si
Si		-	Si, con contraseña	Si	Si
-		Si	No	No	Si
Si		Si	Si, con contraseña	Si, con contraseña	Si

Fuente: Elaboración propia basado (SIEMENS LOGO! Manual de producto, 2016, pág. 304)

5 COSTO BENEFICIO

5.1 Introducción

En este apartado se tendrá el costo total del prototipo implementado y el costo de materiales eléctricos, electrónicos y tuberías de sistema de riego para un terreno de 500 m² para de esta manera analizar la factibilidad de la automatización en este campo.

Según (Roble, 2012, pág. 9) la importancia que tienen los costos para realizar la planeación, el desarrollo y el control de todos aquellos gastos o inversiones que se realizan en las empresas, y que se efectúan con el objeto de obtener un producto o un bien. Los costos según su tipo se identifican en:

- Costos directos.
- Costos indirectos

5.2 Costos Directos

Son los costos que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas (Roble, 2012, pág. 11). Son costos que intervienen directamente en la ejecución del proyecto, aquí se toma en cuenta: materiales utilizados.

Tabla 21: COSTOS DE MATERIALES DE LAS TUBERÍAS Y GOTEROS

N ^a	Descripción	Cantidad	P/U en Bs	Total en Bs
1	Gotos Auto compensable 16mm	12	2.40	28.8
2	Final de línea 16mm	2	0.80	1.6
3	Espiga rosca 16mm	1,9	1.9	1.9
4	Tee espiga 16mm Irritec	1	1.4	1.4
5	Codo espiga 16mm Irritec	2	1.8	3.6
6	Politubo Flexible	5	1.6	8
7	Acople c/llave dentado	1	8.1	8.1
8	Filtro de gasolina	2	7.5	15
			Total	68,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: COSTOS DE MATERIALES ELECTRÓNICOS

Nº	Descripción	Cantidad	P/U en Bs	Total en Bs
1	LOGO 12/24 RCE	1	853	853
2	Fuente de Alimentación	1	95	95
3	Disyuntor Termo magnético	1	25	25
4	Disyuntor Diferencial	1	60	60
5	Sensor de humedad Arduino	2	16	16
6	Sensor de nivel	1	50	50
7	Mini bombas electrónicas 12 V	2	60	120
8	Pulsador NA, NC	4	10	40
9	Interruptor	1	15	15
10	Pulsador de Emergencia	1	25	25
11	Rieles Din	1	12	12
12	Cable canal	2	12	24
13	Bocina	1	6	6
14	Foco Piloto	4	3,5	15
15	Relé de 5V Arduino	1	28	28
16	Sensor de Lluvia	1	14	14
17	Sensor de Temperatura	1	100	100
			Total	1384

Fuente: Elaboración propia

5.3 Costos Indirectos

Son aquellos costos que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas (Roble, 2012, pág. 11), pero se constituyen en un costo complementario para la producción en general.

Tabla 23: COSTOS INDIRECTOS DE INSTALACIÓN

Nº	Descripción	Tiempo	P/U en Bs	Total en Bs
1	Luz Eléctrica	1 mes	30	1384
2	Costo de desarrollo (Salario mínimo)	1 mes	2122	2122
3	Internet	1 mes	154	154
			Total	2306

Fuente: Elaboración propia

5.4 Costo Total

Este se refiere a todos los costos, los cuales son costos directos e indirectos en la siguiente tabla se observa el valor total que nos ha costado la implementación del proyecto ya mencionado.

Tabla 24: COSTOS TOTALES

Nº	Descripción	Total en Bs
1	Gastos directos	1666.4
2	Gastos Indirectos	2306
Total		3974

Fuente: Elaboración propia

5.5 Comparación de resultados entre ambos sistemas de riego.

Una vez obteniendo los datos de riego automatizado y riego tradicional, prosigue con la comparación de ambos, con el fin de poder visualizar la diferencia de consumos de cantidad de agua, el mismo que garantice el objetivo del proyecto, la eficiencia del riego automatizado.

Según (Paz L. A., 2019) el flujo de agua en el río es de 4 lt/seg₁ y riega 3 horas en una superficie de 500 m² en la que se utiliza 10800 litros y el prototipo de riego automatizado se implementó en 1 m² de superficie utilizando 12 goteros por 9 minutos de riego lo que equivale a un consumo de 6 litros sabiendo que en ese tiempo consume cada emisor ½ litro de agua.

Entonces el consumo en 1m² es de 6 litros y en 500 m² es de 3000 litros de agua, utilizando riego tecnificado llegando a los siguientes resultados:

Tabla 25: COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Tipo de riego	Cantidad de agua utilizada en litros.	Cantidad de agua utilizada en %	Reducción en el consumo de agua en %
Riego tradicional	10800 litros	100 %	0
Riego automatizado	3000 litros	27.77 %	72 %

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un ahorro en el consumo de agua en riego del 72%.

5.3 Reconocimiento de sitio de aplicación

Para la implementación del sistema se selecciona un terreno de 500 m² de cultivo de frutillas, el terreno está ubicado en la comunidad de Alto Kollasuyo.

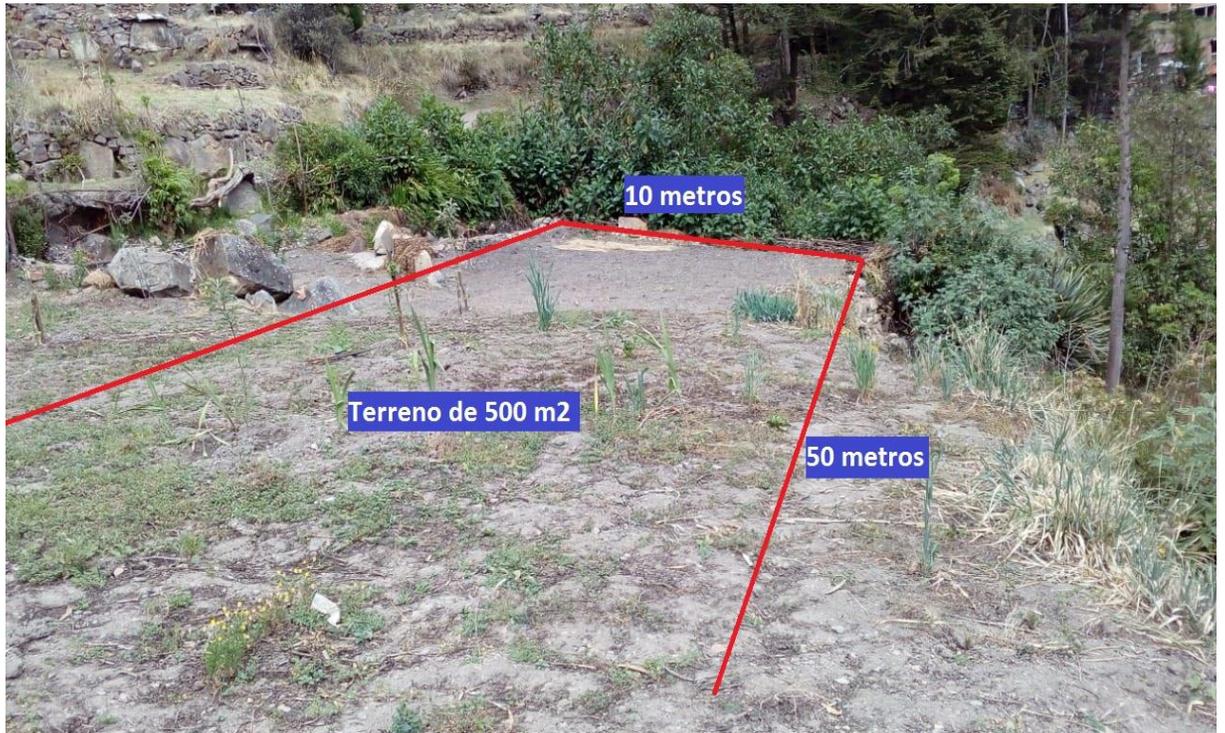


Figura 5. 1: Ubicación del terreno
Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: PROPUESTA DE COSTOS MATERIALES ELÉCTRICOS

Nº	Descripción	Cantidad	P/U en Bs	Total en Bs
1	LOGO 12/24 RCE	1	853	853
2	Fuente de Alimentación	1	95	95
3	Disyuntor Termo magnético	1	25	25
4	Disyuntor Diferencial	1	60	60
5	Sensor de humedad	2	16	16
6	Sensor de nivel	1	50	50
7	Sensor de Lluvia	1	14	14
8	Sensor de Temperatura	1	100	100
9	Interruptor	1	15	15
10	Pulsador de Emergencia	1	25	25
11	Rieles Din	1	12	12
12	Cable canal	2	12	24
13	Bocina	1	6	6
14	Foco Piloto	4	3.50	15
15	Relé de estado Solido	2	70	140
16	Pulsador NA, NC	4	10	40
17	Electroválvula	1	293.55	293.55
18	Electrobomba	1	900	900
			Total	3683.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: PROPUESTA DE COSTOS DE ACCESORIOS DE RIEGO

Nº	Descripción	Cantidad	P/U en Bs	Total en Bs
1	Niple PVC 1R	8 Pza.	3.40	27.20
2	Codo PVC 1HR	7 Pza.	7.90	55.30
3	Unión Universal 1HR	1 Pza.	12.80	12.80
4	Llave esfera3FF 1HR-IRRITEC	3 Pza.	29.10	87.30
5	Adaptador 901 32mmx1HR-IRRITEC	2 Pza.	12.80	25.60
6	Adaptador 901 32mmx1HR-IRRITEC	5 Pza.	11.60	58.00
7	Tubo PVC e-40 1R	1 Ml.	13.20	13.20
8	Filtro de Anilla YDV 1 120 Mesh 5m3/h M-R-IRRITEC	1 Pza.	105.60	105.60
9	Tapon 921 PN16 32mm PR-IRRITEC	2 Pza.	12.70	25.40
10	Tee PVC 1R	1 Pza.	9.40	9.40
11	Acople c/Llave Dentado VPP 16mm	23 Pza.	8.10	186.30
12	Gromet 16mm IRRITEC	23 Pza.	1.40	32.20
13	Final de Linea AFL 16mm IRRITEC	23 Pza.	0.80	18.40
14	Tapon de cinta 813 16mm PR-IRRITEC	23 Pza.	3.50	80.50
15	Politubo Flexible c/gotero DN16mm c30cm 1.6 1/hx400m IRRITEC	1130 Ml.	2.10	2.373.00
16	Politubo HDPE PN16 DN32mm-TIGRE	50Ml	8.80	440.00
17	Tanque	1	500	500
			Total	4.050.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: COSTO TOTAL DE PROPUESTA

Nº	Descripción	Total en Bs
1	Costos de materiales eléctricos	3683.55
2	Costos de materiales de tuberías	4550.20
2	Costos de desarrollo	2122.00
Total		10355.75

Fuente: Elaboración propia

La propuesta en el costo real es de 8233.75 Bs

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El proyecto ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

- Se realizó los requerimientos de humedad y riego para realizar el diseño mediante encuestas y manuales de cultivo.
- Se desarrolló un estudio de campo sobre la problemática asociada al riego de cultivos en la comunidad de Alto Kollasuyo, Provincia Muñecas, que permite aseverar la pertinencia, viabilidad y significación práctica del proyecto.
- Se desarrolló el programa para la automatización del Sistema mediante el software LOGOSoft Confort V8.2.
- Se logró realizar el análisis y el diseño mediante el uso de grafset para realizar la automatización.
- Se logró implementar un sistema electrónico y de potencia para automatizar los procesos de riego.
- Se logró con éxito el monitoreo de la humedad de suelo, donde se puede visualizar en tiempo real los datos de humedad de suelo, así como será capaz de almacenar un registro de datos.
- Se realizó pruebas y revisiones de posibles fallos del prototipo.
- Se hizo varias repeticiones para ver el proceso de riego con plantines de frutilla.
- Se cuenta con un prototipo de sistema de riego automatizado de cultivos que es susceptible a ser mejorado, para satisfacer necesidades de irrigación.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar este tipo de sistemas de riego automatizado en diferentes tipos de riego tecnificado que puedan ayudar a un eficiente uso de agua.
- Realizar mantenimiento preventivo mensualmente para verificar el buen funcionamiento de cada sensor, electrobombas, electroválvulas y la red de tuberías que llevan los goteros.
- Para la utilización del PLC LOGO!, se debe tener los principales conocimientos de electrónica, automatización y programación.
- El sistema debe estar instalado en una caseta, protegido de los efectos del clima.

Bibliografía

- AREA TECNOLOGIA. (s.f.). Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de AREA TECNOLOGIA: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/plc-logo.html>
- Automation, I. I. (2015). *Que es un PLC y para que sirve*. Recuperado el 10 de 5 de 2019, de <https://intrave.wordpress.com>
- AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES-1. (2020). Caracas: IES Fr. Martín Sarmiento – Dpto. De Electricidad.
- Berzal, F. (s.f.). *El ciclo de vida de un sistema de información*. Granada: Universidad de Granada.
- Best, D. S., & Zamora, I. Z. (2008). *Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión*. Santiago, Chile: Fundación para la Innovación Agraria.
- Bolaños, G. A. (2015). *“Sistema de control de la humedad relativa para un invernadero utilizando el controlador lógico programable”*. (Proyecto de grado), facultad Universidad Nacional de Huancavelica de Perú.
- Bolda, M., & Dara, S. (2015). *Manual de Producción de Fresa para los agricultores de la Costa Central*. California: CDFFA.
- Bolivia. Municipio de chuma. (2019). *Estatuto organico de la comunidad Alto Kollasuyo*. La Paz: Gobernacion de La Paz.
- Bongiovanni, R., Montovani, E. C., Best, S., & Roel., A. (2006). *Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*. Montevideo, URUGUAY: PROCISUR/IICA.
- Borja, J. V., & Valdivia, R. A. (2007). *Introduccion a la Agronomia* (1 ed.). Quito-Ecuador: EDIMEC.
- Burgos, A., Alvarez, M. L., Sarachaga, I., & Sainz, M. J. (2018). *Metodologia MeiA*. Valencia: Actas de las XXXV Jornadas de Automática.
- Cañon, D., & Cifuentes, E. L. (2018). *Prototipo de un sistema automatizado de riego para jardines*. Bogota: Fundacion Universitaria los Libertadores,

Facultad de Ingenieria y Ciencias Basicas, Programa de Ingenieria de Sistemas.

Catalogo Patzi.tec. (2020). Alto - Bolivia: Patzi.tec.

Controladores logicos industriales. (2011). *UNED Departamento de ingenieria electrica, electronica y control*, 22.

Diaz, P. H. (2007). *Fuente de Alimentacion Reguladas*. Cartagena: Universidad Politecnica de Cartagena.

EH. (2019). *Medicion y Deteccion de nivel*. España: Endres+Hauser.

FAO. (2016). *AQUASTAT*. Recuperado el 21 de 5 de 2019, de AQUASTAT: <http://www.fao.org>

FESTO. (5 de 2010). *Neumatica Electroneumatica Fundamentos*. Denkendorf, Alemania: Festo Didactic GmbH&Co.

García, E. M. (1999). *Automatización De Procesos Industriales*. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.

Ingecozc. (s.f.). Recuperado el 20 de julio de 2020, de Ingecozc: <http://www.ingecozs.com/pt100.pdf>

Leris, L. (2015). *Presion, Mantencion y Operacion de Sistemas de riego a Presion*. Arica: Inia Intihuasi.

Machaca, H. Q. (2017). *“Diseño de un sistema de control de invernadero aplicando lógica difusa”*. El Alto: (Proyecto de grado),)Universidad Pública de El Alto de Bolivia, Carrera ingenieria de Sistemas El Alto .

Manual y Catalogo del electricista. (2017). Argentina: Scneider.

Mateos, F. (2006). *Sistemas Automatizados*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Mendoza, A. E. (2013). *Riego por Goteo*. El Salvador: CENTA.

Morales, J. (2007). Proyecto fortalecimiento de las capacidades de respuesta a amenazas naturales en los municipios de Chuma, Ayata Y Aucapata

- Provincia Muñecas - Departamento de La Paz. *Estudio de identificación de zonas de riesgo de La Paz*, 90.
- Paz, L. A. (15 de 5 de 2019). Entrevista al Secretario General de Alto Kollasuyo. (U. Z. Torrez, Entrevistador)
- Paz, M. L. (2015). Riego por goteo. *Manual De Riego*, 28.
- Pinto, J. Q. (2017). *Diseño de un sistema Electronico para el control de riego gota a gota campo experimental de la facultad de agronomia*. (Proyecto de grado), Universidad Mayor de San Andres Facultad de Tecnologia La Paz - Bolivia.
- Quezada, J. C., Flores, E., Gonzales, M., & Bautista, J. (2018). *Sistema HMI-PLC-ADF- Motor CA para control de velocidad*. Mexico: Ingeniería Investigación y Tecnología.
- RAE. (2016). *Diccionario Enciclopedico Universal Master Interactivo*. Madrid: CULTURAL, S.A.
- Roble, C. L. (2012). *Costos Historicos*. Mexico: Red de Tercer Milenio S.C.
- Ruedas, C. (2008). Automatización Industrial: áreas de aplicación para ingeniería. *Boletín Electrónico Nº10*, 19.
- Salazar, E. C. (2012). *Prototipo, el contexto y la ingenieria del software*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.
- Sampieri, D. R. (2014). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Sánchez, J. M. (2015). *Pruebas de Software. Fundamentos y Técnicas*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- SIEMENS LOGO! Manual de producto. (2016). *SIEMENS AG 07/2016*, 105.
- Uribe, A. (2015). *Riego en Frutilla*. Chile: INIA Quillampu.
- Velazquez, J. C. (2003). Como Justificar Proyectos de Automatizacion. *Autimatizacion CIM de la URP*, 25.

ANEXOS

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO



- ETAPA DE CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO
- MANEJO DE USUARIO
- MODO DE FUNCIONAMIENTO

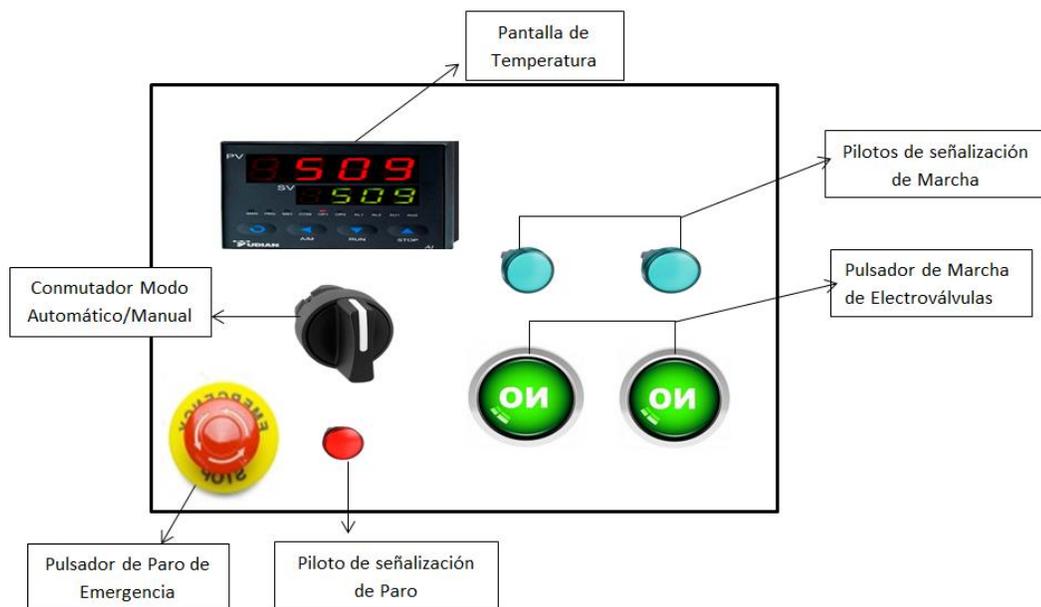
SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO

El objetivo de este manual de usuario es que el supervisor pueda manipular de forma correcta el sistema que se está implementado.

ETAPA DE CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

Se realiza el tablero con el código de colores según IEC 73.

En operación normal, el sistema inicia verificando los sensores y configurando el módulo de comunicación. Durante este proceso se debe observar los pilotos de señalización, conmutador de modo manual/automático, funcionando notificando la operación que se observa en la figura:



El sistema de control se maneja físicamente con los parámetros ya establecidos en proyecto de sistema de riego automatizado, con el conmutador modo automático donde los sensores actúan sobre las electroválvulas de riego y tanque y en modo manual se deja responsabilidad del supervisor acción de poner en marcha y paro las electroválvulas de riego y tanque.

Con el pulsador de parada de emergencia se desactiva todo el sistema en modo manual o automático hasta que el supervisor lo desactive.

MANEJO DE USUARIOS REGISTRADOS EN EL EQUIPO

El manejo de contraseña de usuario en el sistema está almacenado en memoria, permitiendo guardar el registro.

MODO DE FUNCIONAMIENTO

El sistema puede ser manejado de forma remota mediante el servidor web de LOGOSoft Confort V8.2 para ello se necesita un navegador de internet.

c. FUNCIONAMIENTO MODO AUTOMÁTICO

Una vez termina la configuración inicial, el dispositivo realiza los riegos de manera autónoma identificando la necesidad hídrica del terreno mediante los sensores. En este proceso, el sistema evalúa la humedad del suelo y cuando llega a una condición que la humedad de suelo no es suficiente, activa una electroválvula que suministra el agua necesaria para que el terreno se mantenga con una humedad estable.

Mientras el proceso de activación y desactivación de la electroválvula se da, el sistema genera un registro de datos que se guarda en una tarjeta sim.

En la tabla se presentan las respuestas otorgadas de manera autónoma por el dispositivo ante alguna condición:

CONDICIÓN	RESPUESTA DEL DISPOSITIVO
TERRENO SECO	El terreno se encuentra seco, inicio de riego
TERRENO HÚMEDO	El terreno se encuentra húmedo, fin del riego
TIEMPO DE OPERACIÓN	El sistema lleva un registro de días en operación.

d. MODO MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

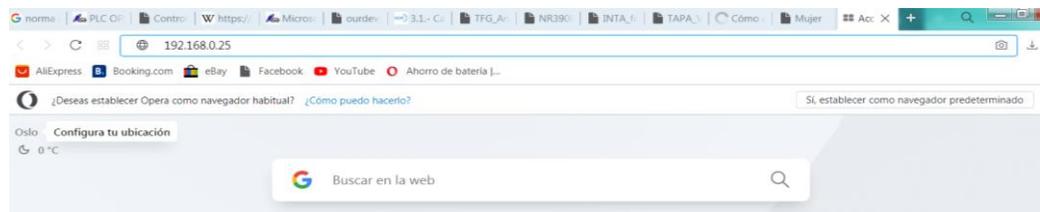
A parte del funcionamiento automático, el sistema permite al usuario tener interacción de manera manual el objetivo es brindar libertad en la toma de una decisión al usuario de forma que este manipule los riegos a su voluntad.

En el modo manual, el dispositivo evade la verificación de las condiciones de seguridad para permitir una acción y deja esa responsabilidad al usuario. Al ejecutar una acción manual el dispositivo no cambiará su estado hasta que el usuario de la orden de que se cambie.

1. Iniciar sesión en el servidor web

Abra el navegador web.

Introduzca la dirección IP del módulo base LOGO! en la barra de direcciones IP. Acceso LAN (red de área local).

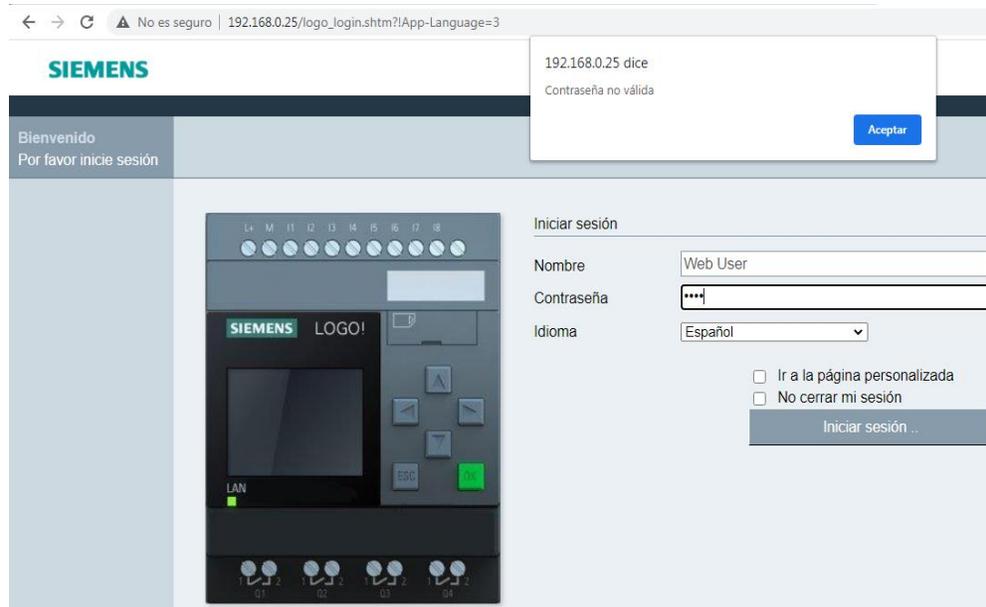


2. Luego nos aparecerá la siguiente pantalla que es la plataforma de Logo de Siemens, para ingresar al sistema se debe registrar la contraseña.



Cambie el idioma a español y haga clic en Log ON (Iniciar sesión).

3. Si la contraseña no es correcta aparece la siguiente pantalla.



4. En caso que la contraseña es correcta ingresa al sistema.

Una vez haya iniciado sesión, el servidor web de LOGO! muestra toda la información del sistema del módulo base LOGO!, incluida la generación del módulo, el tipo de módulo, la versión de firmware (FW), la dirección IP y el estado del módulo. Teniendo las siguientes opciones de menu: Sistema LOGO!, Variable LOGO!, LOGO! BM, y LOGO! TD.

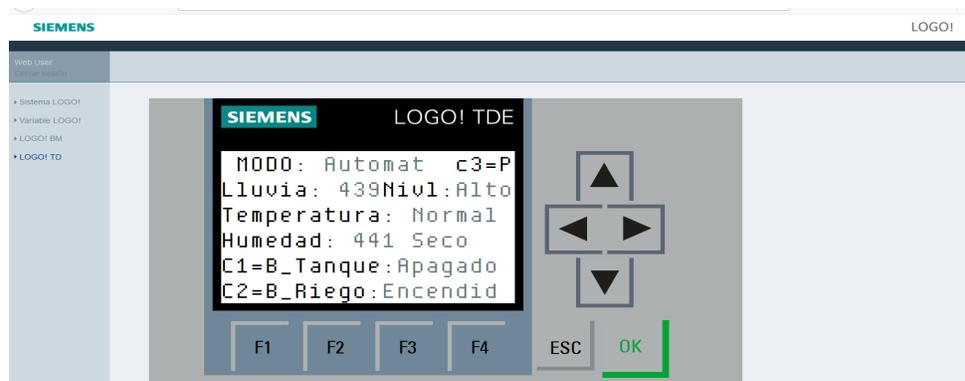


5. En la siguiente opción de Variable LOGO podemos observar las variables de entrada y salida.

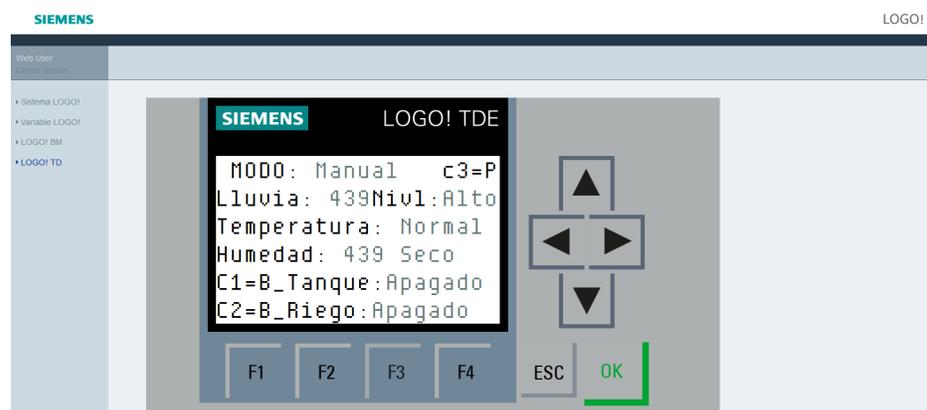
Borrar	Rango	Dirección	Tipo	Formato de visualización	Valor	Modificar valores	Modificar
X	I	I1	BIT	BOOL	true		⊗
X	I	I2	BIT	BOOL	true		⊗
X	I	I3	BIT	BOOL	false		⊗
X	I	I4	BIT	BOOL	false		⊗
X	Q	Q1	BIT	BOOL	false		⊗
X	Q	Q2	BIT	BOOL	false		⊗
X	AI	AI1	WORD	SIGNED	157		⊗
X	AI	AI2	WORD	SIGNED	439		⊗

Agregar variable Modificar todos los valores

6. Pulse o toque LOGO! BM o LOGO! TD en la barra de navegación izquierda y verá mensajes activos en el dispositivo virtual.

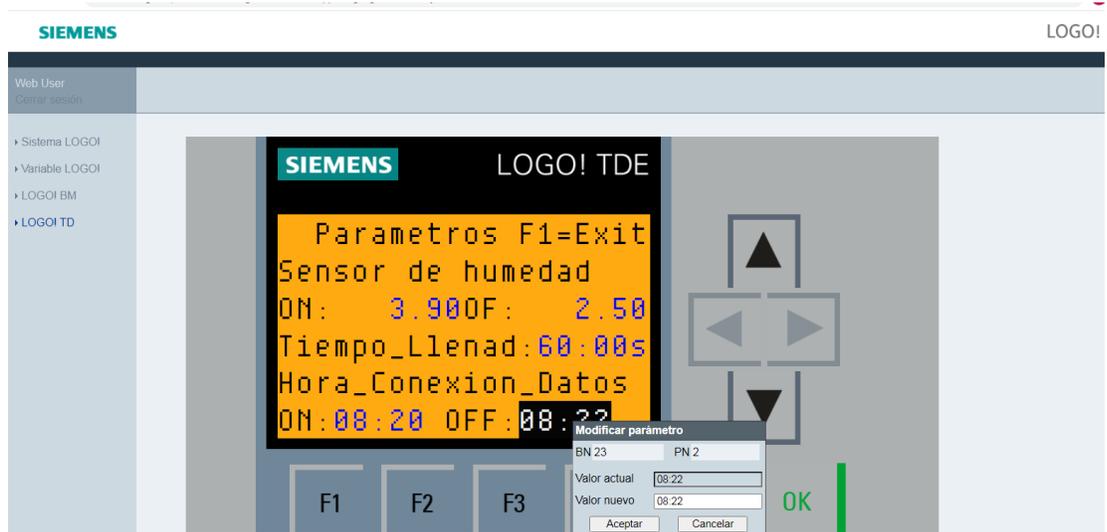


7. En el modo manual se activa las electroválvulas de riego mediante las teclas C1 y C2 también se cambia los parámetros de conexión y desconexión cuando se activa la tecla de función C3.

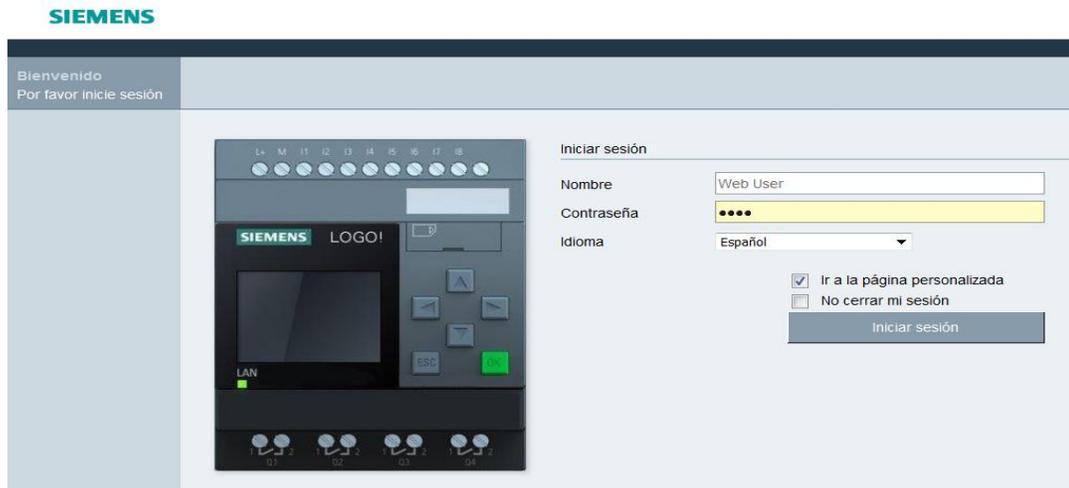


8. Funcionamiento de las teclas en el módulo virtual, previamente se han programado las teclas de cursor y de función en el programa, será posible realizar las siguientes operaciones básicas en el módulo base LOGO! virtual o en el LOGO! TDE virtual utilizando dichas teclas:

Haciendo clic en C3 se puede modificar los parámetros del programa.



9. Funcionamiento por el navegador web del LOGOSoft Confort V8.2 se necesita un navegador de internet, se introduce la IP del dispositivo y despliega la siguiente pantalla.

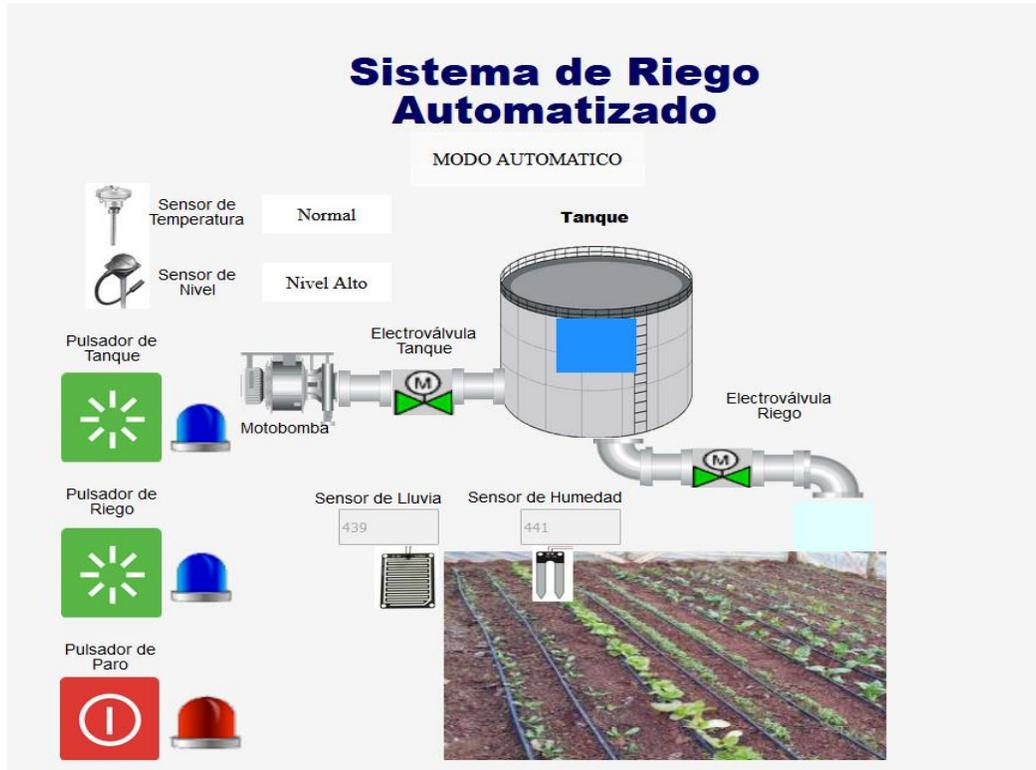


Habilitar la opción ir a página personalizada y luego hacer click en iniciar sesion

10. Ingresa a la página principal del sistema en la que puede navegar por tres páginas personalizadas.



11. En la página de Sistema de riego es un sistema SCADA del proyecto que monitorea el funcionamiento en tiempo real.



12. En la página de parámetros podemos cambiar los parámetros de sensor de humedad, y tiempo de llenado en el tanque.

Parámetros

	ON	OFF
Sensor de Humedad	<input type="text" value="439"/>	<input type="text" value="150"/>
Sensor de Lluvia	<input type="text" value="440"/>	
Hora de Conexión	<input type="text" value="02:29:36"/> s	
Hora de Desconexión	<input type="text" value="02:29:37"/> s	

Fecha/Hora Tues. 14:45:47
2020 - 11 - 24

MANUAL TÉCNICO



- **REQUERIMIENTOS PARA CABLEADO Y FUNCIONAMIENTO DEL LOGO!**
- **COMPATIBILIDAD DE LOGO 8**
- **REQUISITOS MÍNIMOS DE HARDWARE**



PRECAUCIÓN

Lea atentamente las instrucciones de este manual antes de proceder a la instalación del tablero. La instalación debe realizarse en “ausencia de tensión” y únicamente por personal calificado.

Precauciones y recomendaciones de seguridad

	No encienda el dispositivo cuando su uso está prohibido, suponga algún tipo de peligro.
	RIESGO DE SHOCK ELÉCTRICO. Por favor observe el peligro de que un posible shock eléctrico esté presente.
	TERMINAL DE SEGURIDAD A TIERRA. Indica seguridad a tierra primaria.
	No intente desmontar el tablero o sus accesorios. El mantenimiento del mismo solo podrá ser realizado por personal calificado.
	Disyuntor termo magnético.

Requerimientos para Cableado y Funcionamiento del LOGO!

Para cablear el LOGO! utilice un destornillador con un ancho de hoja de 3 mm.

Para los bornes no se requieren punteras. Es posible utilizar conductores que cumplan los requisitos siguientes:

- Secciones de hasta:
 - 1 x 2,5 mm²
 - 2 x 1,5 mm² por cada segundo portabornes
- Material del conductor: Cu
- Régimen de temperatura de aislamiento: 75 °C
- Par de apriete: De 0,5 Nm a 0,6 Nm o de 4,5 in.lbf a 5,3 in.lbf.

Dimensiones

Las dimensiones de montaje de LOGO! cumplen con la norma DIN 43880.

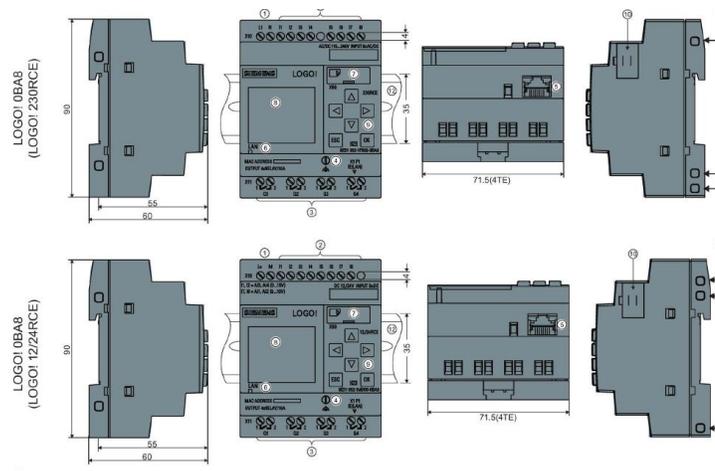
LOGO! se puede fijar a presión en un perfil soporte de 35 mm de ancho según la norma DIN EN 60715 o se puede montar en la pared con dos tornillos M4.

Ancho de LOGO!:

El LOGO! TDE mide 128,2 mm de ancho.

Los módulos base LOGO! 0BA8 miden 71,5 mm de ancho.

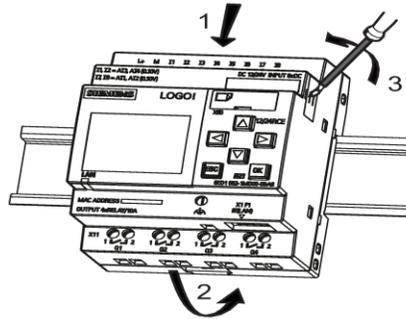
Los módulos de ampliación LOGO! miden 35,5 mm (DM8...) o 71,5 mm (DM16...).



Montaje

Para montar un módulo base LOGO! y un módulo digital en un perfil normalizado, proceda del siguiente modo:

1. Enganche el módulo base LOGO! en el perfil soporte.
2. Empuje la parte inferior del módulo hacia abajo hasta que encaje en el perfil. La corredera ubicada en la parte posterior del módulo debe quedar enclavada.



Requisitos mínimos de hardware

Al elegir una computadora para ejecutar LOGO!, o al considerar una actualización a una computadora más antigua, hay muchos factores a considerar como:

Windows XP (32 bits), 7 (32/64 bits) u 8 (32/64 bits)

PC Pentium IV.

150 Mbytes de espacio libre en el disco mínimo.

RAM de 256 Mbytes.

Tarjeta gráfica SVGA con resolución mínima de 800 x 600 (256 colores).

LOGO! 8 24CE, Módulo lógico con display.

- Alimentación: 12/24 V cc
- Entradas 12/24 V cc
- Salidas relé

Características de los nuevo LOGO 8

Este es un breve resumen de lo que puedes esperar de los nuevos equipos:

- Habrá como hasta ahora equipos con display y sin el. Concretamente, y al menos de momento, 4 equipos basic que tendrán pantalla y otros tanto que serán logo puro sin ella.
- Todos los equipos dispondrán de interfaz ethernet.
- Todos los equipos vendrán con servidor web.
- Para copiar y almacenar datos, pasaremos de las memorias actuales a las tarjetas SD estandard (lo cual agradecerás seguramente).

- Se podrán registrar datos en la memoria interna o en tarjetas Micro SD estándar en todos los equipos Basic.
- Conexión en red de hasta 2 veces 8 equipos Basic en Ethernet.
- Comunicación con equipos Simatic, paneles y servidores OPC basados en protocolo S7.
- Los programas pueden ser de hasta 400 bloques de función en todos los equipos Basic.
- 64 marcas analógicas.
- 64 marcas digitales.
- 4 registros de desplazamiento con 8 bits cada uno
- Función de reloj astronómico que permitirá usar el logo para el encendido y apagado de luces.
- Funciones de diagnóstico
- Tiempo de arranque configurable (de 1 a 10 segundos)
- Zona de direccionamiento de periferia ampliada (24 DI, 20 DO, 8 AI y 8 AO)
- Nuevos display en los equipos LOGO! Modular Basic con 3 colores de fondo y 6 x 16 caracteres.
- Nueva pantalla LOGO! TDE con 3 colores de fondo 6 x 20 caracteres y dos interfaces Ethernet).
- Representación gráfica (Trace) integrada para las señales analógicas con el LOGO! Modular y el LOGO! TDE).
- Todos los equipos LOGO! 8 equipos Basic con dimensiones de carcasa idénticas a las del LOGO! 6 (4 TU).
- Mismas versiones de tensión que el LOGO! 6 (12/24V, 230V).
- Nuevos módulos de ampliación digitales y analógicos para el LOGO! 8.

Compatibilidad de LOGO 8

- Uno de los puntos más conflictivos en casos de actualización. Por eso es tranquilizante saber que los programas serán compatible con los de los Logo! 6.
- Tienen los mismos puntos de conexión que el LOGO! 6
- Ahora viene la parte menos positiva:
- Los módulos de ampliación del LOGO! 6/7 no se pueden utilizar con los equipos del LOGO! 8 Basic
- Los módulos de ampliación del LOGO! 8 no se pueden utilizar con los equipos de LOGO! Basic anteriores (incluyendo el LOGO! 7).

LOGO! Soft Comfort V8:

Características nuevas importantes:

- Funciones de referencia gráficas
- Tabla de estado incluyendo salvaguarda en un PC (formato CSV)
- Opciones de diagnóstico, comentarios y alineación de los bloques de función mejorada
- Importación / exportación de los nombres de puerto
- Sustitución de los bloques de función
- Teclado virtual para textos de aviso
- Reloj astronómico con retardo on/off configurable
- Macros (funciones definidas por el usuario) incluyendo comentarios, nombres de puerto, contraseña y transferencia de parámetros
- Simulación de red offline
- Posibilidad de trabajar con los sistemas operativos de Microsoft Windows desde XP hasta Windows 8 (32 y 64 bits), MacOSX desde 10.6 Snow Leopard y Linux sobre todas las distribuciones Linux en las que Java 2 es ejecutable.
- Volcado del programa a través del cable de programación RS232, USB o Ethernet.
- Todas las versiones se pueden programar (LOGO 0BA0 a LOGO 8)
- Modo red y programa individual
- Intercambio de datos entre los equipos LOGO! Basic a través de la función de arrastrar y soltar
- Representación gráfica de la red
- Configuración automática de la interfaz Ethernet e identificación automática de los nodos accesibles en la red
- Usabilidad e interfaz de usuario gráfica mejorada

APÉNDICE A

Glosario de Términos

ETo	Evapotranspiración de un cultivo referencial
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura
MeiA	Methodology for industrial Automation systems
PLC	Controlador Lógico Programable
PC	Computadora personal
AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Continua
CNA	Contactos Normalmente Abiertos
CNC	Contactos Normalmente Cerrados
V	Voltaje
CPU	Unidad de Proceso Central
E/S	Entradas y Salidas
VDC	Voltios en Corriente Continua
HMI	Interface Hombre-Máquina

APÉNDICE B

COTIZACIÓN

N° 2020 - 2472

Sucursal - SUCURSAL 12 DE OCTUBRE

Fecha: 08 Jun 2020

Para: TORREZ



Z. 12 de Octubre Av. Jorge Carrasco Calle 6 Nro. 555
Telf: 2829072
Email: rmarter@riegotodo.com
www.riegotodo.com
El Alto - Bolivia

Telf.:

Moneda: Boliviano

T.C.: 6.96

N°	Descripción	Cantidad	P/U	Total
1	Flotador Electrico 1 estación Flotador Electrico 1 estación Cod.:AC44075	1 Pza.	80.00 Bs	80.00 Bs
2	Programador Eléctrico 4 Estaciones-K-RAIN Programador Eléctrico 4 Estaciones-K-RAIN Cod.:CB44034	1 Pza.	820.00 Bs	820.00 Bs
3	Filtro Anilla YDV 3/4 120 Mesh 5m3/h M R-IRRITEC Filtro Anilla YDV 3/4 120 Mesh 5m3/h M R-IRRITEC Cod.:CB44065	1 Pza.	100.80 Bs	100.80 Bs
4	Electrobomba 0.5hp 1x1 H R-CITYPUMPS Electrobomba 0.5hp 1x1 H R-CITYPUMPS Cod.:L144002	1 Pza.	497.00 Bs	497.00 Bs
5	Tubo PVC E-40 1/2 R Tubo PVC E-40 1/2 R Cod.:LC44029	1 Ml.	6.20 Bs	6.20 Bs

Son: Un Mil Quinientos Cuatro 00/100 Bolivianos

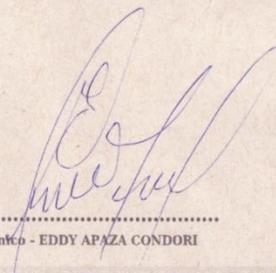
Fecha de Entrega: Inmediato

Forma de Pago: efectivo

Validez de la Propuesta: 15 Días

Total Bs.:	1,504.00
Descuento Bs.:	0.00
Total Bs.:	1,504.00
Total Sus.:	216.09
Impuesto:	0.00





.....
Técnico - EDDY APAZA CONDORI

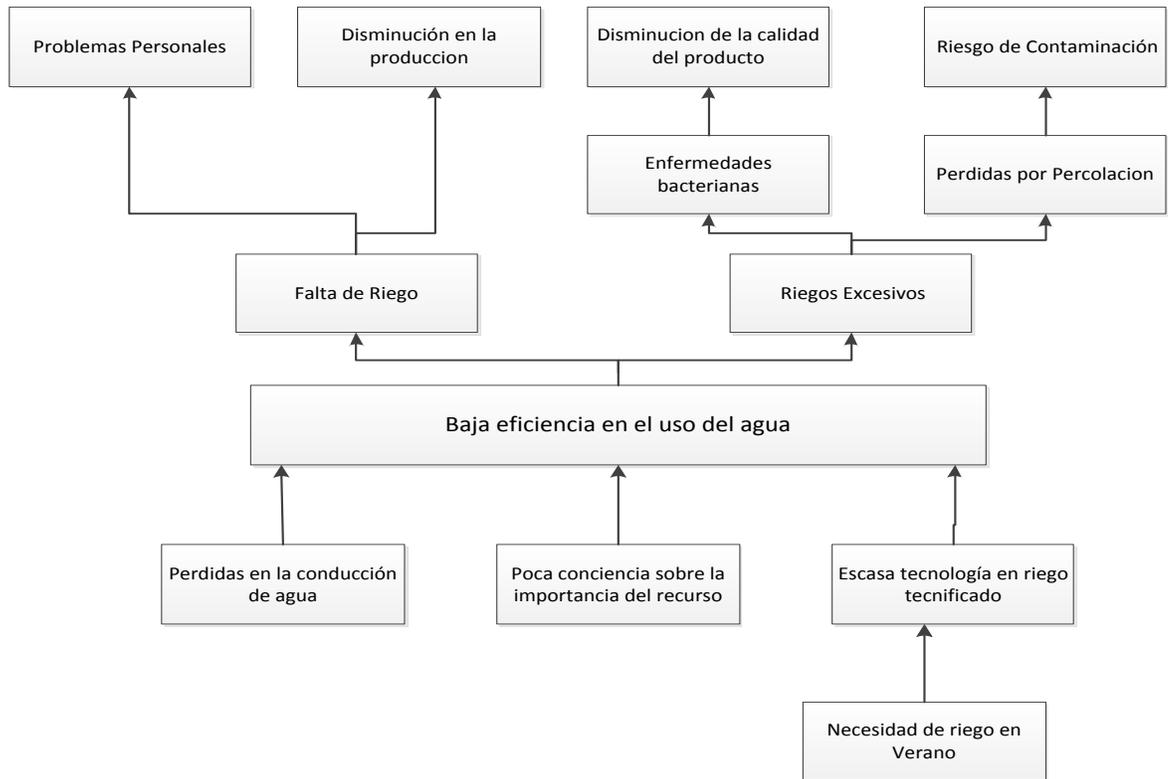
Glosa:

By. Gengloo

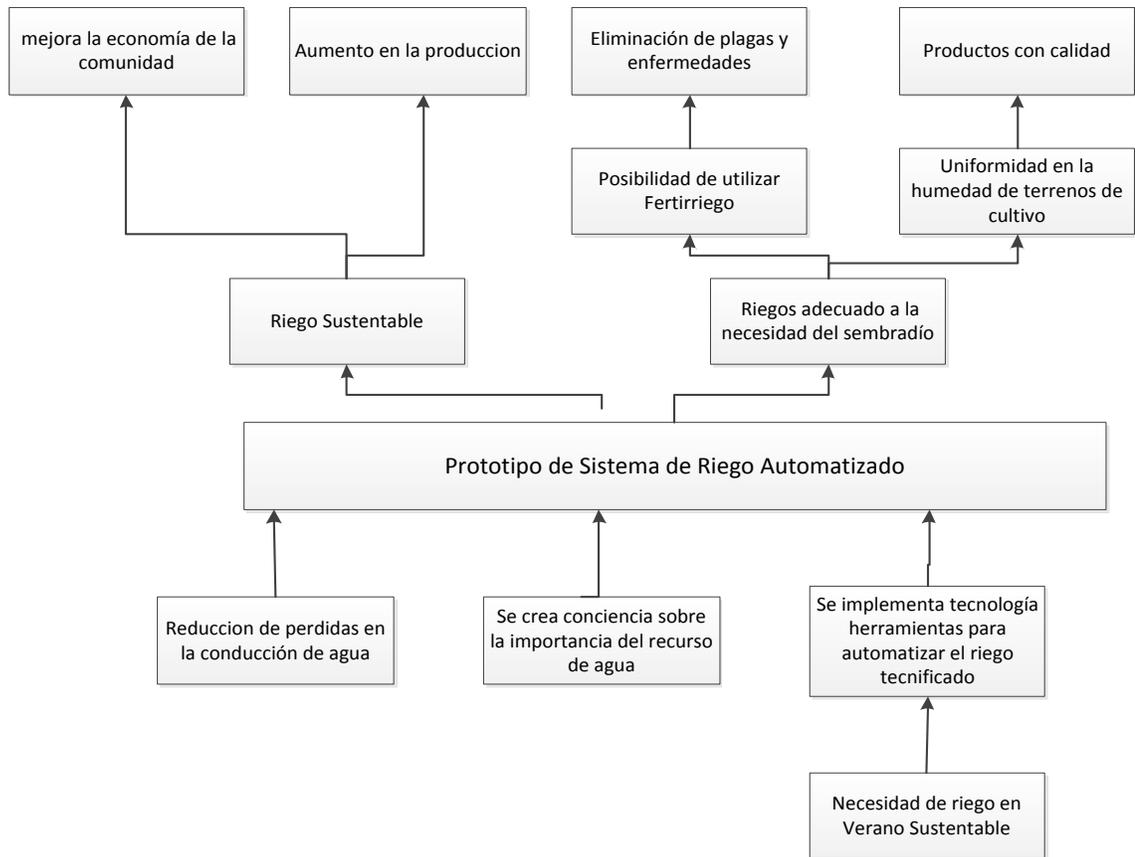
Hoja 1/1

APÉNDICE C

Árbol de Problemas



Árbol de objetivos



APÉNDICE D

Tabla de duración de iteraciones realizadas en 8 semanas en la implementación del prototipo proyecto tanto en software y hardware.

Actividad	Semana	Iteración	Criterio de la culminación de la iteración
Diagramas de análisis y diseño del sistema.	3	10	Esta iteración se culmina cuando se haya concluido 80%
Presentación de la funcionalidad del programa integrado al dispositivo de control, el sistema de riego y sensores.	4	12	Culmina la iteración cuando concluya un 100% la funcionalidad del sistema
Presentación de la funcionalidad del tablero de Control.	2	3	Concluye la iteración con la funcionalidad del tablero
Presentación de la funcionalidad de cada sensor.	3	10	Finaliza la iteración con funcionalidad de integración de cada sensor con el proyecto
Presentación de la función de la red tuberías.	1	2	Concluye con la instalación de cada gotero en la red de tuberías.

APÉNDICE E

Fotografías de la zona de estudio

	<p>Riego tradicional realizando surcos, como se observa existe arrastre de semillas de maleza.</p>
	<p>Trabajo realizando surcos lo cual implica mano de obra de varias personas.</p>
	<p>Surcado de Canales para el desvío del agua.</p>



Trabajos que se realiza para el acceso del agua.



Pruebas de Humedad del suelo que utiliza barras en el que se mide la profundidad de humedad.



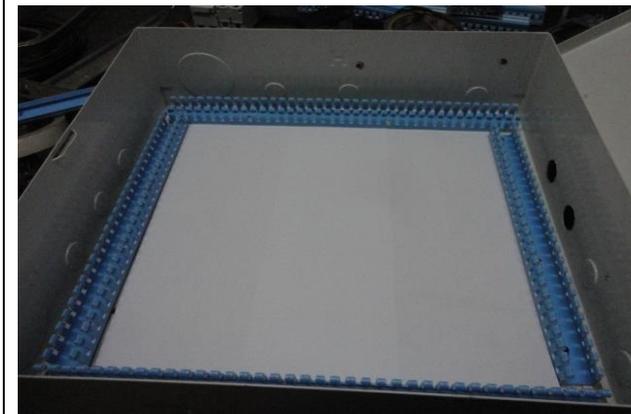
Terrenos montañosos en el que se cultivan maíz, papa, haba, zanahorias y otros .



Construcción de cables RJ45 categoría 5E .



Construcción del tablero.



Armado del tablero de control.



Instalación del módulo LOGO! 8 en el gabinete de control. Instalación interna.



Gabinete parte frontal del prototipo de sistema de riego automatizado. Código de colores según IEC 73.