

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA
ALMACENAMIENTO DE AGUA PLUVIAL, COMO ALTERNATIVA DE
SOLUCIÓN ANTE PROBLEMAS DE CARENCIA DE AGUA EN EL
COUNTRY CLUB DE SANTA ROSA DE QUIVES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

FERNANDEZ VASQUEZ, SAMUEL ENOC

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA:

Dedicado a mí padre quien en vida fue ejemplo de trabajo y esfuerzo; a mi madre por su enorme amor incondicional a pesar de mis defectos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia, y en especial a mis padres, por su apoyo incondicional en todo este proceso de formación y todas aquellas personas que formaron parte de mi vida profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
LISTADO DE FIGURAS	v
INTRODUCCIÓN	vi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2. Justificación del Proyecto	2
1.3. Delimitación del Proyecto	3
1.3.1 Espacial.....	3
1.3.2 Temporal	3
1.3.3 Conceptual	3
1.4. Formulación del Problema.....	3
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	5
2.2 Bases Teóricas	8
2.2.1 Automatización Industrial.....	8
2.2.2 Controlador Lógico Programable	18
2.2.3 El Ciclo Hidrológico	29
2.3 Marco Conceptual.....	45
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO	
3.1 Descripción del Proceso Automatizado	47
3.2 Desarrollo del Automatismo	50
3.3 Revisión y Consolidación de resultados de la Simulación	54
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	63

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Niveles de la automatización.
- Figura N° 02: Tipos de accionamiento.
- Figura N° 03: Ejemplo de un sistemas de control de lazo abierto.
- Figura N° 04: Ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado
- Figura N° 05: Ejemplo 1 de planta moto ventilador.
- Figura N° 06: Ejemplo 2 de planta calentador eléctrico de agua.
- Figura N° 07: Accionamiento eléctrico.
- Figura N° 08: Ejemplo del empleo de un PLC en un control de procesos.
- Figura N° 09: Unidades Funcionales.
- Figura N° 10: Diagrama de un PLC con dispositivos de entrada y salida.
- Figura N° 11: Módulos controladores PID.
- Figura N° 12: Módulos de entrada y salida de un PLC.
- Figura N° 13: Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.
- Figura N° 14: Representación del automatismo mediante el enfoque de la lógica programada.
- Figura N° 15: Esquema del sistema de almacenamiento automatizado.
- Figura N° 16: conexión de entradas y salidas al controlador lógico programable
- Figura N° 17: Diseño de la programación en diagrama de contactos para el arranque de la electrobomba.
- Figura N° 18: Diseño de la programación en diagrama de contactos para la apertura de la válvula de entrada de agua potable.
- Figura N° 19: Simulación del accionamiento de la alimentación a todos los componentes de la programación.
- Figura N° 20: Simulación del accionamiento de los interruptores I4 e I3.
- Figura N° 21: Simulación del accionamiento de la electrobomba Q1.
- Figura N° 22: Simulación del accionamiento del interruptor I2.
- Figura N° 23: Simulación del accionamiento de la fuente de entrada de agua pluvial.
- Figura N° 24: Simulación del accionamiento de la bomba cuando el manóstató detecta un nivel inferior de presión.

INTRODUCCIÓN

Muchas ciudades del país, actualmente sufren por la carencia de agua potable, más aun en situaciones en las que se presenta fenómenos naturales como la del “Fenómeno del Niño”, el cual hace que muchos habitantes nos enfrentemos a la insustentabilidad del sistema de abastecimiento de agua por parte de la Empresa encargada del servicio de agua potable-Sedapal.

Y es que la escasez y el mal uso del agua, plantean una creciente y seria amenaza para el medio ambiente y la salud de las personas. El agua como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes bajo una perspectiva de política de oferta hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

En lugares donde son frecuentes las lluvias, permite el almacenamiento de agua pluvial, y es que es perfectamente posible su utilización para muchos usos domésticos en lo que puede sustituir el agua potable, claro está que lo dicho último queda supeditado al proceso de tratamiento de agua que se establezca, como medio de eliminación de impurezas.

La recuperación de agua pluvial consiste en filtrar el agua de lluvia captada en una superficie determinada, generalmente en el tejado o la azotea y almacenarla en un depósito. Después el agua tratada se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable.

Muchos de estos sistemas se implementan de manera limitada, ya que no consideran un sistema automático que regule el nivel de captación adecuada, ni un mecanismo que controle la conmutación de agua potable en caso de que no se tenga suficiente agua pluvial.

Tomando como referencia lo dicho anteriormente, se desarrolla en este proyecto de ingeniería una propuesta que describe el automatismo de un sistema de almacenamiento de agua pluvial en el Country Club el Bosque, motivo por el cual se presenta los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la actual carencia de un sistema de almacenamiento de agua pluvial automatizado, sobre el contexto actual, en el cual nos vemos todos afectados por la falta de agua, producto de los fenómenos naturales.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a la automatización de procesos mediante el uso de controladores lógicos programables y su interconexión con sensores y actuadores que forman parte del sistema de captación de agua potable.

En el Capítulo III, se describe y desarrolla el proyecto de ingeniería propuesto, que consiste en la descripción del automatismo de un sistema de almacenamiento de agua pluvial, desarrollando la programación y el conexionado de los sensores y actuadores al controlador. Verificando finalmente mediante la simulación si se establece el automatismo del proceso.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Por estos días nuestro país está pasando por una situación bastante crítica debido a sucesos relacionados con fenómenos naturales. Esta situación crítica es generada por las intensas lluvias que actualmente está azotando a muchas regiones del Perú y como consecuencia de este evento se generan huaycos, que afecta a toda la población, pero muy particularmente a la planta de tratamiento de agua potable, conocido como Atarjea.

El tratamiento de agua no es posible realizar cuando lo que ingresa por las bocatomas para el tratamiento del mismo, presentan componentes que imposibilitan el paso de agua. Esto genera que la empresa de servicio de agua potable SEDAPAL, realiza el corte de agua, afectando en su totalidad a la población de Lima.

Un caso específico es el Country Club de Santa Rosa de Quives, el cual está ubicado en el departamento de Lima, provincia de Canta y debido a su posición geográfica, muchos meses del año está expuesto a lluvias, sin posibilidad de poder realizar la captación de agua pluvial, ya que carece de todo mecanismo para tal efecto. Que en situaciones como la que estás viviendo sería muy importante garantizar la presencia de agua, quizás no para el consumo humanos pero si para otros propósitos como es de utilización en regadíos, servicios higiénicos, piscinas, etc.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica en que a partir de la aplicación del sistema automatizado para el almacenamiento de agua pluvial, se garantizaría la presencia de agua potable en las instalaciones del Country Club Santa Rosa de Quives, de forma permanente, más aun en situaciones extremas como las que estamos viviendo actualmente.

El sistema automatizado hace uso de sensores y actuadores que garantizan el mecanismo de conmutación entre el uso de agua pluvial y agua potable.

Así también este proyecto pretende ser una alternativa para poder ser replicado en zonas urbanas que ayuden a tener agua disponible en situaciones difíciles como las que estamos viviendo por estos días.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en Country Club Santa Rosa de Quives, ubicado en el Kilómetro 65.5 de la carretera Lima - Canta.

1.3.2 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende, el mes de Febrero de 2017.

1.3.3 CONCEPTUAL

El proyecto abarca estrictamente el automatismo del sistema de almacenamiento de agua potable, especificando todo lo relacionado al sistema de control. No abarca el sistema de conductos para la distribución del agua ni el sistema de captación.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo automatizar el sistema almacenamiento de agua pluvial, como alternativa de solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar el sistema almacenamiento de agua pluvial, como alternativa de solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el automatismo de almacenamiento de agua pluvial y verificar la conmutación automática a agua potable en caso de que no hay suficiente agua pluvial, a fin de dar solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.
- Desarrollar la programación del controlador lógico programable y verificar si el sistema automatizado contempla protección ante marcha en seco, a fin de dar solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Romero (2015), en su tesis titulada “Implementación de un sistema de riego automático en áreas verdes y jardines para conjuntos habitacionales en el Valle de los Chillos, sector de la Armenia, mediante el aprovechamiento de aguas lluvias”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad de las Américas de Quito, concluye que: “La cantidad de agua que se podría ahorrar mediante el presente diseño y automatización de captación de agua lluvia es de aproximadamente 270.000 litros al año, generando un ahorro económico en el gasto de agua

potable de aproximadamente: \$ 135 al año, considerando que el precio del agua en la ciudad de Quito es de \$ 0,50 el m³".¹

García (2013), en su tesis titulada "Caracterización del agua de lluvia captada en una edificación para su aprovechamiento con fines de sustentabilidad hídrica" para optar el Grado de Maestría en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Nacional Autónoma de México, concluye que: "La captación de agua de lluvia es una actividad remota que fue una fuente alterna de abastecimiento para muchas civilizaciones y que en la actualidad puede ser una alternativa viable para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales y urbanas que sufren la carencia de agua. Se planteó como hipótesis que: "La captación de agua de lluvia puede ser una fuente alterna para el abastecimiento en época de lluvia en sitios donde el suministro no es continuo o en aquellas edificaciones que buscan la sustentabilidad hídrica en sus instituciones", la hipótesis se aprueba".²

Sanzana (2011), en su tesis titulada "Automatización del procesamiento de unidades de respuesta hidrológica (URHs) para un modelo hidrológico distribuido" para optar el Grado de Magister Ciencias de la Ingeniería Mención en Recursos y Medioambiente Hídrico en la Universidad de Chile

¹ROMERO, A. (2015). Implementación de un sistema de riego automático en áreas verdes y jardines para conjuntos habitacionales en el Valle de los Chillos, sector de la Armenia, mediante el aprovechamiento de aguas lluvias. (Tesis de Pre Grado). Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.

²GARCÍA, B. (2013). Caracterización del agua de lluvia captada en una edificación para su aprovechamiento con fines de sustentabilidad hídrica. (Tesis de Pos Grado). Universidad autónoma de México.

de Santiago de Chile, concluye que: “De acuerdo a los requerimientos, se plantea como primordial la realización de un proceso automático para obtener una correcta modelación espacial. Las soluciones implementadas permitieron obtener y cumplir resultados favorables en las distintas etapas del proceso”.³

Anaya (2010), en su libro titulado “Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico en Latina y el Caribe”, señala que: “La precipitación media anual en América Latina y el Caribe varía de menos de 500 a más 1,500 mm; en general la lluvia tiene una mala distribución a través del año y se observa que en cuatro meses cae del 70 al 80% del total, quedando los ocho meses restantes con escasez y mala distribución de lluvia”.⁴

Roduel (2010), en su libro titulado “Captación de agua de lluvia en el hogar rural” señala que: “La captación de agua por medio de techos y almacenamiento es una tecnología de gran pertinencia y aceptación en el medio rural. Su implementación cubre el rango desde tener la capacidad de almacenar algunos cientos de litros en estañones o recipientes para cubrir las necesidades de estación seca”.⁵

³SANZANA, P. (2011). Automatización del procesamiento de unidades de respuesta hidrológica (URHs) para un modelo hidrológico distribuido. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

⁴ANAYA, M. (2010). Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico en Latina y el Caribe. México: IICA

⁵RODUEL, A. (2010). Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Costa Rica: CATIE

Rodríguez (2014), en su libro titulado “Automatismos Industriales” señala que: “Un autómeta programable o PLC, es un dispositivo electrónico programado en lenguaje de alto nivel y por tanto adecuado a la capacidad cognitiva humana. Diseñado para realizar un proceso automático de tiempo real realizando tareas secuenciales o combinacionales, con temporizaciones, conteo y funciones aritmético-lógicas mediante entradas, salidas analógicas y digitales en condiciones de trabajo adversas”.⁶

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización se relaciona con la manufactura y se considera asociada con la productividad, la ganancia y la prosperidad. La automatización no debe ser vista desde una sola perspectiva. Para los ingenieros la automatización es necesaria porque desplaza el trabajo manual y reduce el esfuerzo del operario, a la vez que puede contribuir a aumentar el rendimiento de las máquinas. Para el sociólogo la automatización aumenta la lista de problemas para los trabajadores en cuanto a que se reduce la mano de obra requerida. Para el ergonomista la automatización es la esencia de la combinación entre las funciones del hombre y la máquina.

Se debe mantener claramente identificada la división en los procesos de manufactura (qué sí y qué no automatizar) pero

⁶RODRÍGUEZ, J. (2014). Automatismos Industriales. Madrid, España: PARANINFO

manteniendo un compromiso entre los componentes humanos y mecánicos esenciales a los sistemas. Los aspectos ergonómicos se enfocan en el diseño del sistema y en el entrenamiento del personal. El diseño del sistema cubre la localización de las funciones, los errores humanos, la fiabilidad humana, el tiempo de reacción y el control motor, la memoria y la interfaz hombre-máquina.

Una de las principales características del desarrollo tecnológico, es el buscar un funcionamiento cada vez más automatizado en los procesos industriales. Esto para incidir sobre tres aspectos fundamentalmente:

- Regularidad en la realización de los procesos.
- Velocidad de fabricación.
- Contratación de la mano de obra.

El entrenamiento de personal toca con la compatibilidad entre el nivel de automatización y los niveles académicos y de calificación de los trabajadores. A través de los años los reportes muestran que ha habido un reemplazo progresivo del trabajo manual y mental por las actividades de las máquinas. La automatización crece muy rápidamente y se observan grandes cambios en términos de velocidad, tamaño, capacidad potencia, etc. En consecuencia, la automatización da la impresión que aparece en varios pasos o niveles.

El nivel de la automatización ha sido usado por ejemplo en la elección de las fábricas acorde con los variados niveles de los sistemas usados como los basados en robots, los integrados por computadora, los totalmente automatizados o los sistemas de manufactura flexible. El término “nivel de automatización” podría ser sinónimo, aunque no necesariamente, de “nivel de tecnología”.

El nivel de automatización denota la proporción hombre-máquina en las tareas, o la transferencia de las tareas humanas a las tareas de máquinas, basándose así en la interacción hombre-máquina.

El nivel de tecnología describe la sofisticación en los procesos donde el proceso sofisticado puede ser totalmente automatizado o parcialmente automatizado. El nivel de automatización es claro en la medida en la medida en que se proporcione la interacción (involucramiento) hombre-máquina. De otro lado, el nivel de tecnología solo da una perspectiva del software y el hardware que está normalmente asociado con los procesos tecnológicos. Se han sugerido dos clasificaciones para la automatización, basándose en una complejidad de tres niveles para la contribución hombre-máquina y para la participación obligatoria del hombre en los sistemas.

La primera clasificación diferencia entre niveles de complejidad, mientras que la segunda asume la participación del hombre en el

sistema al menos como reserva en las situaciones de contingencia. Un sistema hombre-máquina es un conjunto de gente y máquinas interactuando dentro de un ambiente con el fin de lograr unos objetivos de sistema. Para un sistema automatizado o no, el componente humano es importante no sólo en el sistema, sino también entre los sistemas.



FIGURA Nº 01: NIVELES DE LA AUTOMATIZACIÓN

El grado en la primera fase de automatización se logra con el uso individual y combinado de los accionamientos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos. En las fases siguientes, se optimiza el desempeño agregando características que beneficien el proceso y la seguridad de los operadores.

Los accionamientos enriquecen las posibilidades de la automatización pues no sólo permiten que la maquinaria se opere con menor esfuerzo, sino que también hacen que ésta funcione bajo una cierta lógica. Los accionamientos más conocidos en la industria son: eléctricos, neumáticos, hidráulicos y las combinaciones de los anteriores como: electroneumáticos y electrohidráulicos.

En un primer momento fueron los dispositivos auxiliares de los accionamientos los que permitieron incrementar el grado de sofisticación de los automatismos. Sin embargo, se detectó que los circuitos electrónicos podían ejecutar algunas de las funciones de los accionamientos tradicionales. Sobre todo en lo que concierne a operaciones lógicas como la temporización, las secuencias y la medición.

En cuanto a las operaciones lógicas, al igual que con las secuencias, en la electrónica se puede tener una mayor complejidad de la función de automatización pero ocupando menos espacio. La temporización electrónica presenta un alto grado de precisión y confiabilidad con respecto a la temporización de fuelle.



FIGURA N°02: TIPOS DE ACCIONAMIENTO

Las mediciones electrónicas no sólo ofrecen un menor volumen del medidor, en la mayoría de los casos también permiten hacer una interfaz entre los elementos mecánicos, neumáticos e hidráulicos con los electrónicos. La gran desventaja de los dispositivos electrónicos era que había que conformar circuitos específicos para cada aplicación de automatización industrial.

En contraposición con los accionamientos clásicos que se rigen por norma y son de amplio uso. Esta situación llevó a usar soluciones de tipo electrónico sólo cuando fuera estrictamente necesario, pues a pesar de que las soluciones electrónicas resultan ser más baratas, su costo de mantenimiento, instalación y aprendizaje son mayores.

2.2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de automatización industrial como ámbito de los sistemas de control se describen en componentes. Se diferencian dos tipos de sistemas de control, de lazo o bucle abierto y de lazo o bucle cerrado.

a) Sistemas de Control de Lazo Abierto

Son aquellos en los que el automatismo no toma una medida de lo que realmente está comandando. Por ejemplo en la apertura remota de una puerta, el

electroimán de la cantonera se activa sin tomar en cuenta si la puerta se encuentra abierta o cerrada.

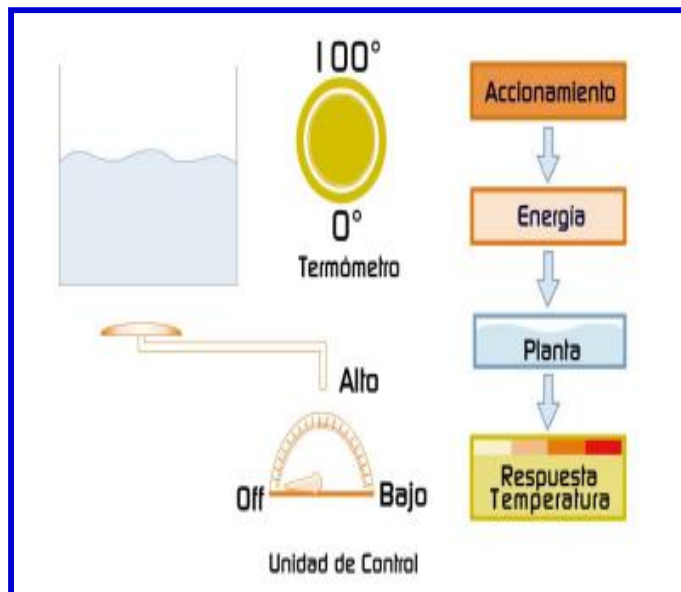


FIGURA N° 03: EJEMPLO DE UN SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

b) Sistemas de Control de Lazo Cerrado

En éste, siempre se toma la medida de lo que está controlando. A manera de ilustración, un calentador de agua, está provisto de un termostato, al sobrepasar la temperatura del agua del valor de apertura nominal del termostato, el interruptor se abre cerrando el paso de energía al calefactor, en consecuencia, la temperatura del agua baja. En el caso contrario, cuando la temperatura del agua es inferior a la temperatura nominal de cierre, el interruptor del termostato se cierra permitiendo el paso de la energía al

calefactor, como resultado la temperatura del agua vuelve a subir.

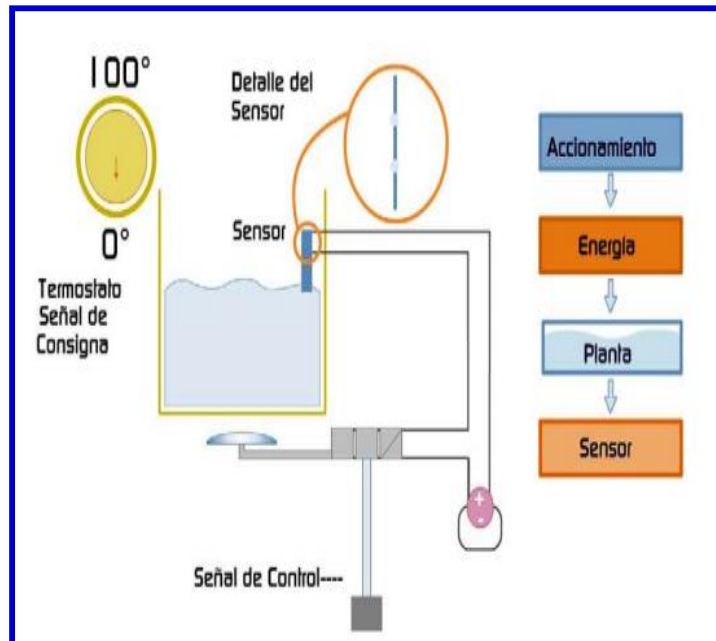


FIGURA N° 04: EJEMPLO DE UN SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO

Los sistemas de Control están integrados por los siguientes componentes:

- **Planta**

Es lo que se controla, su comportamiento evidenciado en las respuestas de planta o variables de salida, responde a un número determinado de variables de entrada. Un ejemplo es la planta moto ventilador, la cual está compuesta por un motor eléctrico, las aspas acopladas a su eje y la tobera de direccionamiento de aire.

Una variable de entrada que se puede identificar fácilmente es la de energía eléctrica; es obvio que aplicar energía eléctrica al motor, dentro de sus rangos nominales de trabajo, tendrá como consecuencia un comportamiento de la planta moto ventilador, de hecho producirá un flujo de aire.

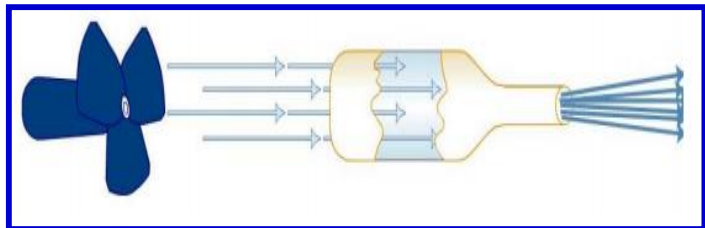


FIGURA N° 05: EJEMPLO 1 DE PLANTA MOTO VENTILADOR

No todas las variables en una planta son del mismo tipo. Así, la forma geométrica de la tobera incide en la presión de salida del aire. Otro ejemplo de planta sería el de un calentador eléctrico de agua. Como variable de entrada tenemos la potencia eléctrica aplicada al calefactor, y como variable de salida la temperatura del agua.

Frecuentemente, la intención con la cual se coloca una planta a un sistema de control es la que le da el nombre al mismo.

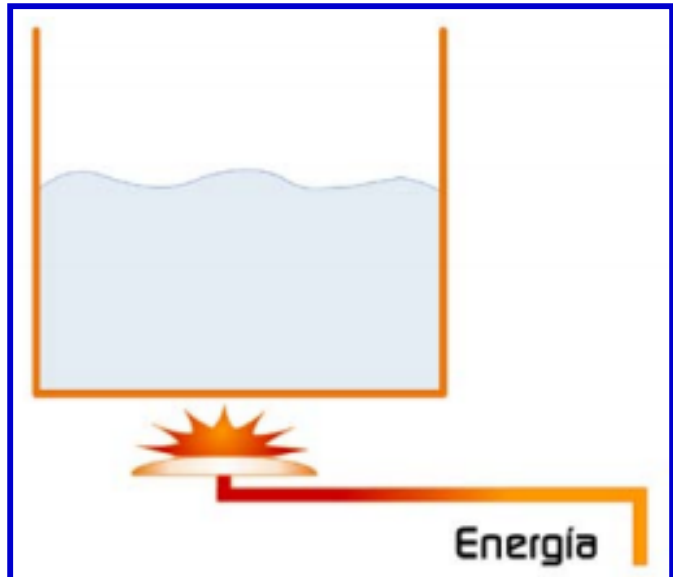


FIGURA N° 06: EJEMPLO 2 DE PLANTA - CALENTADOR ELÉCTRICO DE AGUA

- **Accionamientos**

Son elementos que permiten comandar la planta por medio de otras variables físicas o de las mismas de menor valor.

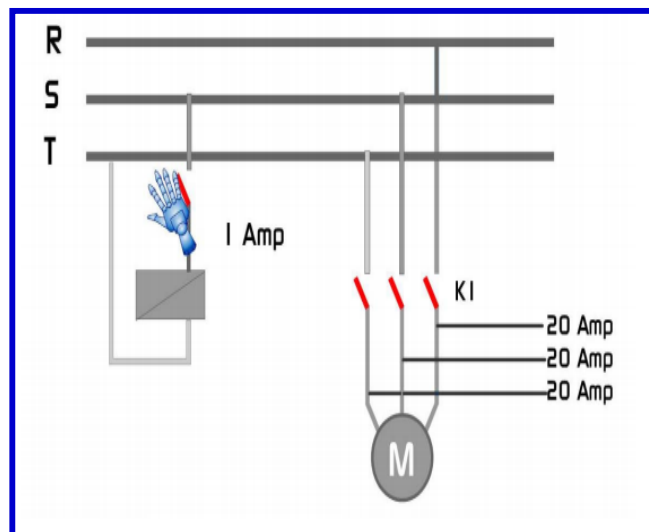


FIGURA N° 07: ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

El contactor es un ejemplo común de accionamiento eléctrico, con una pequeña

corriente aplicada a su bobina se puede activar un motor trifásico de muchos amperios de consumo.

- **Unidad de Control**

Permite predeterminar el comportamiento de la planta, para realizar su trabajo está provista de una o varias entradas de consigna en las cuales se determina el valor deseado de estabilidad de las variables de salida; si el sistema de control es de lazo cerrado, la unidad de control también poseerá una o varias entradas de retroalimentación.

- **Retroalimentación**

Camino que permite llevar la medida de la variable que se desea controlar en la planta hasta la unidad de control.

2.2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un PLC (Programmable Logic Controller - controlador lógico programable) es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar secuencialmente procesos en tiempo real en un ámbito industrial. El PLC es utilizado como unidad electrónica de control en los sistemas de control industrial.

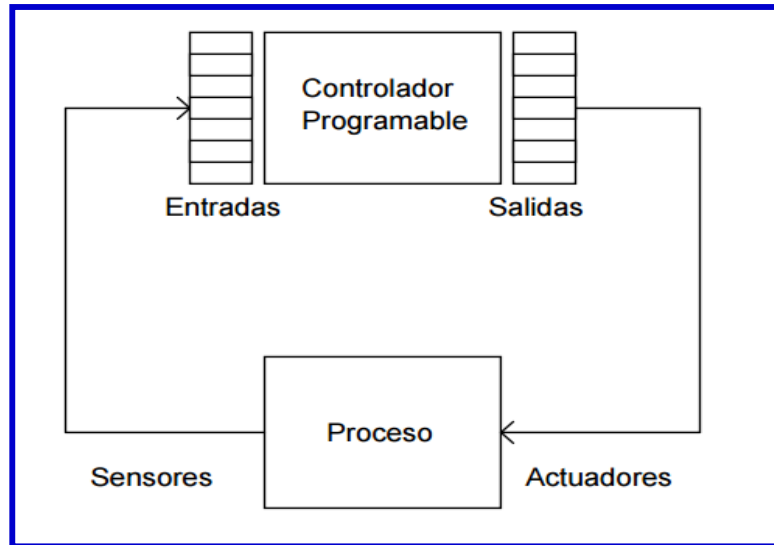


FIGURA Nº 08: EJEMPLO DEL EMPLEO DE UN PLC EN UN CONTROL DE PROCESOS

También recibe el nombre de Autómata Programable Controlador pues es en esencia, la unidad de control del sistema de automatización, porque realiza una gran variedad de funciones lógicas y de automatización requeridas en la industria y Programable porque permite programar su desempeño dependiendo de una aplicación específica.

Dentro de las funciones del PLC se puede mencionar:

- Adquirir datos del proceso por medio de las entradas digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a reglas programadas.
- Almacenar datos en memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.

- Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

2.2.2.1 APLICACIONES DE LOS PLC

El PLC es usado en la actualidad en una amplia gama de aplicaciones de control, muchas de las cuales no eran económicamente posibles hace algunos años. Esto debido a:

- El costo efectivo por punto de entrada/salida ha disminuido con la caída del precio de los microprocesadores y los componentes relacionados.
- La capacidad de los controladores para resolver tareas complejas de computación y comunicación ha hecho posible el uso de PLC en aplicaciones donde antes era necesario dedicar un computador.

Existen 6 áreas generales de aplicación de PLC:

1. Control secuencial.
2. Control de movimiento.
3. Control de procesos.
4. Monitoreo y supervisión de procesos.

2.2.2.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC

a) Unidades funcionales

Un controlador lógico programable se compone de cuatro unidades funcionales:

- Unidad de entradas
- Unidad de salidas
- Unidad lógica
- Unidad de memoria

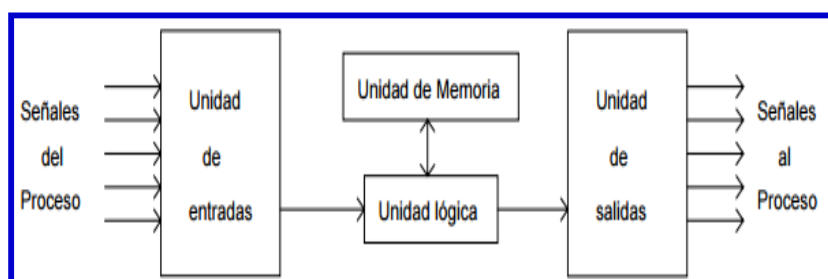


FIGURA Nº 09: UNIDADES FUNCIONALES

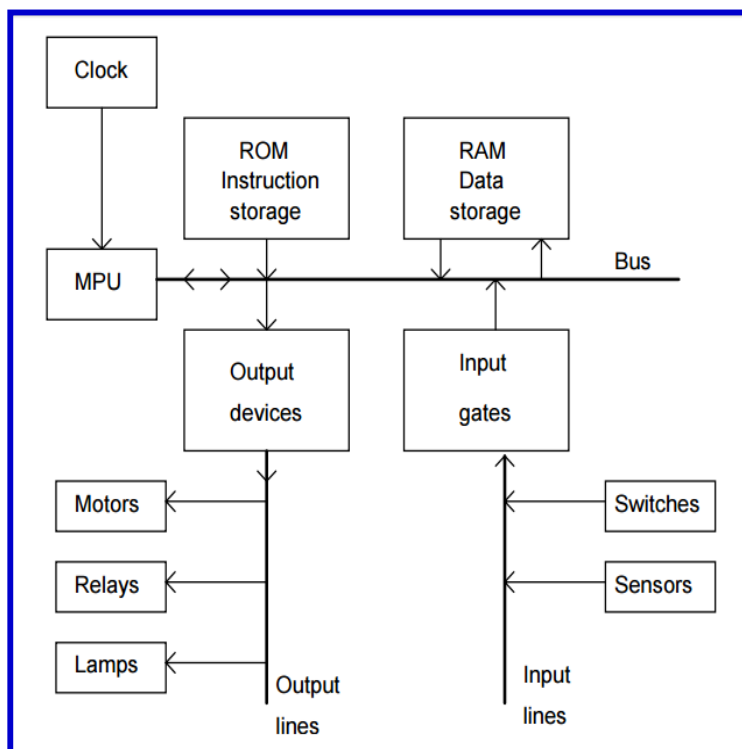


FIGURA Nº 10: DIAGRAMA DE UN PLC CON DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

a.1 Unidad de Entradas

Proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, provenientes de los switches de contactos ON-OFF de terreno. Las señales se adecúan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.

a.2 Unidad de Salidas

Acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona la aislación eléctrica a los switches de contactos que se comandan hacia terreno. Las unidades de entrada/salida del PLC, son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor.

La diferencia radica en que las unidades de entrada/salida de los PLC son de estado sólido. La eliminación de contactos mecánicos se traduce en una mayor velocidad de operación y mayor tiempo entre fallas (MTBF).

a.3 Unidad Lógica

El corazón de un PLC es la Unidad Lógica, basada en un microprocesador. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se especifican.

Algunos equipos antiguos implementan la unidad lógica en base a elementos discretos: compuertas NAND, NOR, FLIPFLOP, CONTADORES como máquinas de estado. Este tipo de controladores son HARDWIRE, versus aquellos que utilizan memorias, denominados SOFTWIRE.

a.4 Memoria

Almacena el código de mensajes o instrucciones que ejecuta la Unidad Lógica. La memoria se divide en PROM o ROM y RAM. ROM; memoria de sólo lectura (Read Only Memory). Memoria no volátil que puede ser leída pero no escrita. Es utilizada para almacenar programas y datos necesarios para la operación de un sistema basado en microprocesadores. La memoria RAM;

memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory). Memoria volátil que puede ser leída y escrita según sea la aplicación. Cualquier posición de memoria puede ser accesada en cualquier momento.

Por medio de ellas, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; sólo se debe modificar el programa. Para el control de un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquélla que interesa.

Las PROM o ROM almacenan los programas permanentes que coordinan y administran los recursos del equipo. La RAM guarda los programas de aplicación que pueden sufrir modificaciones.

Esta memoria es respaldada con baterías, con el propósito de no perder la información al existir cortes de fluido eléctrico.

El sistema opera a través de la interacción con el procesador (Unidad Lógica) y la Memoria. Cuando se enciende el equipo, el procesador lee la primera palabra de código (instrucción) almacenada en memoria y la ejecuta. Una vez que termina de ejecutar la instrucción leída, busca en memoria la siguiente instrucción y así sucesivamente hasta que se completa la tarea. Esta operación se llama ciclo de búsqueda-ejecución (FETCHEXECUTE CYCLE).

b. Administración de entradas y salidas de un PLC

■ **Bases del montaje**

El montaje de los diversos módulos del PLC se realiza en slots ubicados en racks.

Los módulos básicos de un PLC son:

- Fuente de poder
- CPU
- Interfaces de entrada y salida

Dependiendo del modelo y la marca, existen en el mercado racks de diversos tamaños, como por ejemplo 4, 6, 8, 12, 14 y 16 slots. Según la aplicación se debe escoger el tamaño

adecuado. Es posible instalar un módulo de ampliación, el que permite la conexión de un rack adicional.

Otros módulos existentes son:

- **Módulos de comunicaciones (TCP/IP, DH+, etc.)**

Permite la conexión del PLC a otros sistemas de información, tales como computadores y otros PLC. Existen por ejemplo redes tipo Data Hiway para establecer una red de PLC conectados a un computador Host, utilizada comúnmente en sistemas de control distribuido.

- **Módulos de control de redundancia**

Son utilizados para asegurar la operación de un módulo redundante en caso de fallas. Generalmente se utiliza redundancia para el módulo de fuente de alimentación y el CPU.

- **Módulos para conexión de racks remotos**

En muchas aplicaciones los sensores y los actuadores están localizados a gran distancia

del PLC. En estos casos se utilizan los racks remotos, los que son conectados por medio de un cable al rack central del PLC. Se consiguen distancias de 300 metros.

Para establecer esta comunicación se utiliza un módulo denominado canal controlador de entradas y salidas (IOCC) en el rack local y otro llamado controlador de base (DBC) en el rack remoto.

- **Módulos de interfaz hombre-máquina (teclado, monitores, etc.)**

Se utilizan para establecer la comunicación entre el PLC y el usuario. En la mayoría de los casos se emplea con este fin, un computador PC conectado serialmente, desde el cual se puede programar el PLC y ver los estados de los registros internos y los puntos de entrada/salida.

- **Módulos de almacenamiento de información**

Por lo general se utilizan medios de almacenamiento magnéticos tales como cintas

y discos, en los que se puede guardar información de los valores de los puntos de entrada/salida y registros internos.

- **Módulos controladores PID**

Se utilizan en el control de procesos, en el que se pretende igualar una variable de salida de un proceso a una variable de referencia.

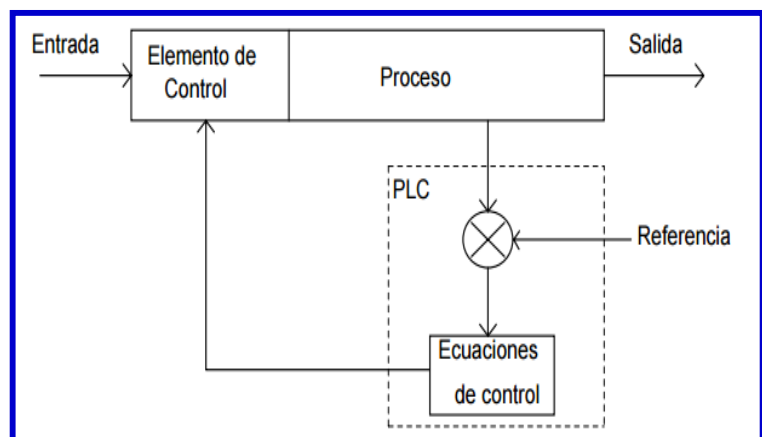


FIGURA Nº 11: MÓDULOS CONTROLADORES PID

- **Puntos de entrada/salida**

Los puntos del PLC son las entradas/salidas físicas que éste puede manejar. Cada punto tiene su representación interna en la memoria del PLC, en la que se utilizan números para identificarlos.

Por lo general los módulos de entrada/salida vienen configurados en grupos de 8 puntos y

pueden llegar hasta 1024, ampliables a más. Los puntos de entrada son designados como X0, X1, X2, X3..., mientras que los puntos de salida se identifican como Y0, Y1, Y2, Y3... A continuación se muestra una configuración básica de un PLC de 16 entradas y 16 salidas:

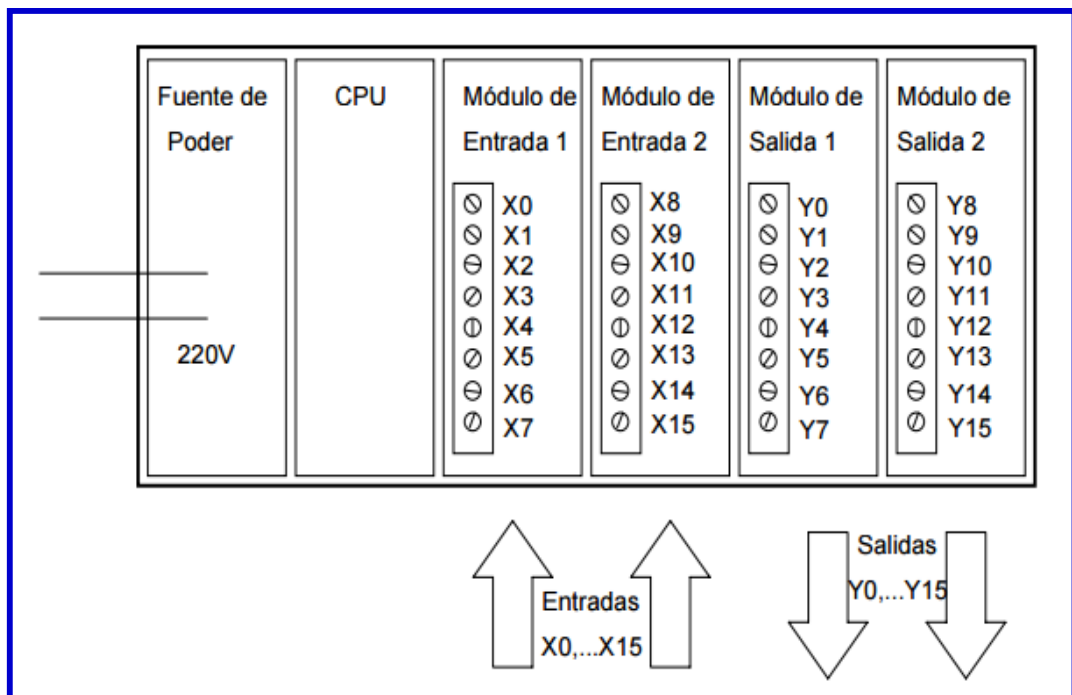


FIGURA Nº 12: MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE UN PLC

2.2.3 EL CICLO HIDROLÓGICO

Toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo. El desarrollo de la ciencia y de la tecnología para uso y manejo del agua deben orientarse a la búsqueda de un mejor aprovechamiento de este recurso en sus diversas fases y formas dentro del ciclo hidrológico. El ciclo presenta diferencias cuantitativas y cualitativas en sus diversos componentes y fases, conforme la región o zona y hay que aprender a convivir con sus características naturales. Por

esta razón es importante revisarlo e indicar los posibles cambios provocados por el manejo y uso de las tierras.

El agua es esencial para la vida y su escasez afecta negativa y profundamente las posibilidades de desarrollo de una región. Sin agua disponible todo el tiempo, quedan comprometidas las posibilidades de progreso económico y bienestar. Por otro lado, el exceso de agua también puede causar severos daños a la producción y la vida (pérdida de cosechas, empobrecimiento del suelo por lixiviación y erosión, riesgos de derrumbes, avalanchas e inundaciones, entre otros). Comprender el ciclo hidrológico y saber cuáles son sus variables manejables es importante para alcanzar el objetivo de mejorar la captación y aprovechamiento del agua de lluvia.

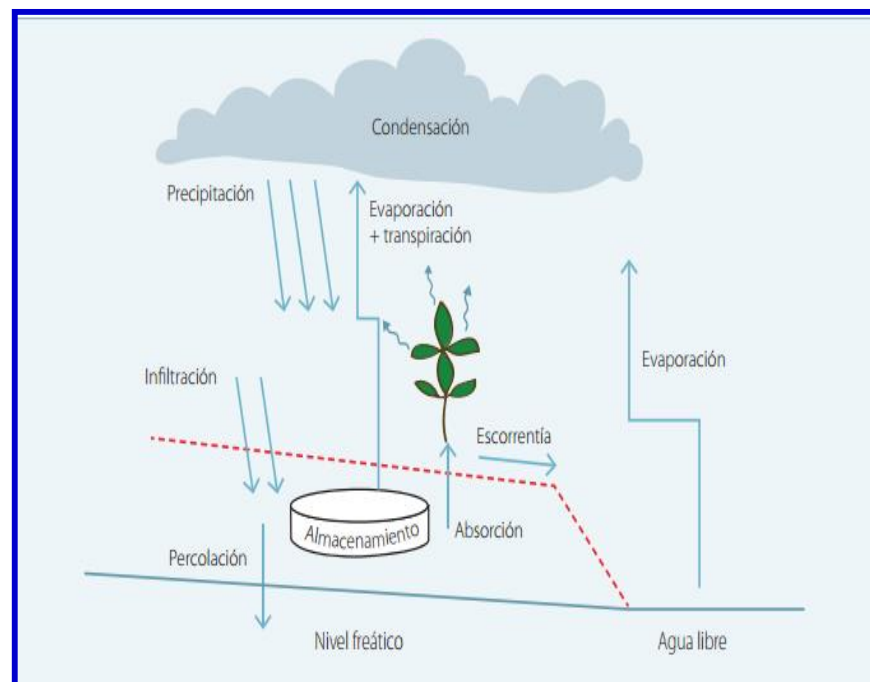


FIGURA Nº 13: CICLO HIDROLÓGICO SIMPLIFICADO CON SUS COMPONENTES Y FASES

a) Evaporación del agua libre

Las superficies de agua libre (océanos, ríos, lagos, lagunas, embalses, etc.) ocupan más de dos tercios de la superficie total del planeta, reciben la energía solar y pierden agua por evaporación. La evaporación del agua mantiene la atmósfera húmeda. En la altitud, con la reducción de temperatura, el vapor de agua se condensa y precipita en forma de lluvia. A veces, dependiendo de las condiciones atmosféricas u orográficas de la superficie, se precipita en forma de hielo (granizo) y niebla.

Esta fase atmosférica del ciclo, incluyendo los componentes de evaporación de superficies de agua libre, condensación y precipitación, depende de variables climáticas no manejables por el hombre, tales como: disponibilidad de energía (radiación solar) y capacidad de la atmósfera de recibir humedad (poder evaporante de la atmósfera). Esto sucede por lo menos en grandes extensiones.

Para el aprovechamiento del agua en situaciones de escasez, es importante que las obras de almacenamiento tengan el mínimo posible de superficie de agua libre. Ello implica, por ejemplo, que los embalses sean más profundos que anchos y las cisternas estén siempre cerradas y en lugares sombreados, como forma de reducir la evaporación.

Cabe resaltar que superficies libres en las regiones tropicales, bajo condiciones de elevada temperatura y baja humedad atmosférica, pueden perder volúmenes significativos de agua, hasta más de 10 mm por día.

b) Precipitación

El agua que se precipita en forma de lluvia puede tomar los siguientes caminos:

- Quedar depositada en la superficie vegetal. Esto ocurre en caso de lluvias muy cortas y/o de bajo volumen de precipitación y en situaciones en que la vegetación es muy densa. El agua se evapora desde la superficie vegetal y retorna a la atmósfera, sin haber llegado al suelo.
- Alcanzar la superficie del suelo e infiltrarse. El suelo es un medio poroso y, por lo tanto, permeable, que presenta diferentes velocidades de infiltración del agua en el perfil. Cuanto más agua se infiltra durante una lluvia, tanto mejor para su aprovechamiento, ya que los caminos que puede seguir son útiles: producción vegetal y recarga de la napa freática.
- Alcanzar la superficie del suelo y escurrir. Cuando la intensidad de la precipitación supera la velocidad de infiltración del suelo se produce la escorrentía superficial. La escorrentía puede causar erosión y es negativa

porque, además de representar un volumen de agua no aprovechado, causa daños en el área y aguas abajo (crecidas, sedimentación, contaminación).

Las características más importantes del régimen de lluvia relacionadas con el tema de aprovechamiento de agua son las siguientes:

- Frecuencia de las lluvias y volumen.
- Intensidad (las lluvias muy intensas tienden a perderse por escorrentía, mientras que las menos intensas tienden a infiltrarse y se aprovechan más).

c) Infiltración y almacenamiento

Se entiende por infiltración el flujo de agua que penetra a través de la superficie del suelo y se redistribuye desde las zonas saturadas hacia las no saturadas del perfil. El índice de infiltración del suelo es el flujo de agua que penetra por unidad de tiempo. Los factores que afectan la infiltración son:

- Tipo de cubierta vegetal
- Características hidráulicas del suelo y del terreno
- Estado de humedad del suelo
- Intensidad de la lluvia o cantidad de agua de riego
- Calidad del agua
- Formación de costras superficiales

Parte del volumen de agua que infiltra fluye rápidamente a través de los macroporos, en los cuales se presenta baja energía de retención, y sale de la zona radical para abastecer la napa freática. Es un volumen de agua no aprovechado inmediatamente por las plantas; sin embargo, abastecerá la napa freática y, por consiguiente, los manantiales. Por ello es importante el rol que cumplen la fauna del suelo (lombrices, insectos y otros), los microorganismos y las raíces, al crear bioporos (poros grandes y continuos) para que el agua de lluvia (o de riego) se infiltre rápidamente.

Por otro lado, el volumen de agua almacenado es aquel que, a pesar de estar en movimiento, permanece en la zona radical del cultivo el tiempo suficiente para ser absorbido. En este aspecto, los microporos del suelo cumplen una función importante, al mantener el agua por más tiempo. El volumen de microporos en el suelo depende de los contenidos de arcilla y materia orgánica.

Por lo tanto, hay que desarrollar estrategias y aplicar prácticas que permitan:

- Mantener la superficie cubierta por vegetación, viva o muerta, de tal manera que proteja la estructura superficial del suelo del impacto de las gotas de lluvia.
- Mantener la estructura del suelo “abierta”, con elevada estabilidad de agregados de tamaños mayores (no pulverizado) y la macro porosidad elevada.
- Aumentar los contenidos de materia orgánica para garantizar una estructura más estable y favorecer el almacenamiento de agua.

2.2.3.1 PRECIPITACIÓN APROVECHABLE

La cantidad de agua disponible en una determinada región depende básicamente del régimen de precipitación incidente. También hay regiones específicas en las que, aunque la precipitación local sea baja, hay agua disponible en la forma de manantiales producidos por las lluvias o el deshielo aguas arriba. La precipitación se mide con pluviómetro, el cual se coloca en un sitio bien despejado en la finca, fuera de la influencia de árboles y de infraestructura.

Los datos se toman diariamente y se anotan en formatos que se preparan para tal fin. Hay que comparar estos datos de precipitación en finca con los obtenidos en las estaciones meteorológicas más cercanas y, si es

necesario, hacer ajustes. Son necesarios años de observación para tener datos confiables. La precipitación es la primera fuente que el agricultor debe contabilizar como agua disponible en su finca. La precipitación tiene duración (tiempo total de precipitación), intensidad (volumen de precipitación por unidad de tiempo) y frecuencia (el número de precipitaciones en un tiempo dado y con determinadas características).

- **Precipitación efectiva**

Se denomina precipitación efectiva (PE), a la lluvia que es útil o utilizable por quedar el agua almacenada en el suelo, dentro de la zona radicular de las plantas, en niveles de energía de retención que las raíces puedan absorberla (agua disponible). Si la cantidad de lluvia es muy pequeña, puede ocurrir que no sea aprovechada porque toda o parte de ella queda en la superficie de la vegetación y de allí se evapora.

Si llega al suelo y este se encuentra muy seco, puede que el agua quede retenida con alta energía y no esté disponible para las raíces. Al contrario, si la cantidad de lluvia es muy grande o cae con

gran intensidad, especialmente en suelo desprotegido, una parte de ella no se infiltra ni almacena en el suelo produciendo un volumen sobrante (escorrentía superficial), el cual debe ser conducido de forma conveniente fuera del campo o almacenado en estructuras de contención para evitar que produzca daños.

También puede suceder que el suelo quede saturado y parte del agua infiltrada salga de la zona radical por percolación o escorrentía subsuperficial. Se han probado muchas maneras de estimar la parte de la lluvia que es aprovechable, lo cual es difícil, por el número de variables involucradas y el dinamismo del proceso.

Aunque no se llega a valores muy precisos, la experiencia ha comprobado que hay métodos que estiman la precipitación efectiva en valores que se acercan a la realidad. El método del balance diario de la humedad del suelo es considerado el más preciso para estimar la lluvia efectiva, pero, en la práctica, durante la planificación de un caso de

captación de lluvia no se dispone comúnmente de datos suficientes para aplicarlo.

Sin embargo, si la región cuenta con datos de balance diario generados en experimentos de balance de agua en el suelo, estos deben ser los valores utilizados, por su precisión. Sin embargo, si no se cuenta con el método del balance diario, se pueden utilizar otros métodos para estimar la lluvia efectiva.

2.2.3.2 LLUVIA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA

La captación de lluvia para la agricultura se basa en la lluvia de diseño, que es la cantidad total de lluvia que ocurre durante el ciclo vegetativo del cultivo. El volumen de la lluvia de diseño sobre el área de captación proveerá la escorrentía superficial necesaria para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos.

Para determinar la lluvia de diseño hay que considerar los siguientes factores:

- La fecha de siembra del cultivo.
- La duración del ciclo vegetativo del cultivo.

- Seleccionar entre el valor de excedencia o precipitación efectiva (la menor de ambas).
- Determinar la cantidad de lluvia que ocurre localmente durante el ciclo vegetativo, iniciándose en la fecha de siembra (esta es la lluvia de diseño).

Los valores de excedencia más comúnmente usados están por arriba de P50, de acuerdo a lo señalado anteriormente. En regiones áridas y semiáridas, por lo general se tiene un solo cultivo, cuyo ciclo vegetativo coincide con la corta duración de la estación lluviosa.

En las regiones subhúmedas, es necesario conocer las fechas y duración del periodo vegetativo de cada uno de los cultivos utilizados durante el año. En algunos casos de zonas subhúmedas, hay un amplio rango de fechas en que se puede realizar la siembra de algún cultivo. De todas maneras, según la planificación de cultivos durante el año o las fechas propicias para la venta del producto u otros factores, es necesario establecer una fecha de siembra para determinar la lluvia de diseño.

Si la lluvia de diseño es mayor que el total de evapotranspiración del cultivo, habrá un exceso que

escurrirá y deberá conducirse adecuadamente para que no produzca erosión u otros daños.

2.2.3.3 TÉCNICAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La mayoría de las técnicas de captación de lluvia tienen un origen empírico y han sido desarrolladas a lo largo del tiempo, a partir de las civilizaciones ancestrales de Meso y Sudamérica y de otras regiones del mundo. En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países. Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades.

Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua en la finca, para uso doméstico, animal o vegetal. Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia.

Estas técnicas pueden ser agrupadas en grandes modalidades de captación de agua de lluvia, como las siguientes:

- **Microcaptación**

Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos. Las técnicas de microcaptación usan las propiedades hidrológicas de un área con pendiente, lisa, poco permeable y sin vegetación, para que genere escorrentía superficial, y las de otra área contigua y aguas abajo, con surcos, bordos, camellones u hoyos, para captar la escorrentía y abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados.

También es denominada como captación in situ, por tratarse de un proceso de captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, las técnicas de microcaptación se destinan al suministro de agua para cultivos.

■ **Macrocaptación**

Consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macrocaptación interna) o apartadas del área de cultivo (macrocaptación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas.

Las técnicas de macrocaptación son más complejas que las de microcaptación. Incorporan como principio hidrológico la utilización de un área productora de escorrentía superficial (pendiente más elevada, suelo delgado, área rocosa, etc.), sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. Entre ambas debe haber estructuras de contención, de conducción de agua, como acequias, canales, zanjas, surcos o camellones.

El agua captada puede también ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento, como estanques o embalses temporales, para diferentes finalidades. También se puede considerar como técnica de macrocaptación la derivación de

fuentes de agua externas al área de cultivo, como torrentes, avenidas y cuencas, mediante bocatomas. La mayor parte de las macrocaptaciones se utilizan en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas.

- **Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas**

No todos consideran la captación y derivación de manantiales y cursos de agua establecidos (nacientes, arroyos, embalses) como captación de agua de lluvia propiamente tal. Sin embargo, estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas.

Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).

- **Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables:**

Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico.

- **Captación de aguas subterráneas y freáticas**

En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.

- **Captación de agua atmosférica**

En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla. Una etapa importante en la planificación de la captación y

aprovechamiento de agua de lluvia es la selección correcta de las modalidades y técnicas necesarias para hacer frente al déficit hídrico recurrente en cada región o localidad, en función de las condiciones ambientales y socioeconómicas presentes y de los objetivos establecidos.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- Agua potable: Se denomina agua potable o agua para consumo humano, el agua puede ser consumida sin restricción.
- Agua pluvial: El agua pluvial es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes.
- Actuador: Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.
- Analógico: Cualquier tipo de entrada o salida que tiene más de dos estados; conectado y desconectado.
- Automatización: Se denomina automatización al acto y la consecuencia de automatizar.
- Bit: Un solo dígito que tiene solamente dos valores posibles 0 o 1.
- Control: El control es un proceso mediante el cual se cerciora si lo que ocurre concuerda con lo que supuestamente debiera ocurrir, de lo contrario, será necesario que se hagan los ajustes o correcciones necesarios.

- Digital: Cualquier tipo de señal de entrada o salida que tiene exactamente dos estados, conexión y desconexión.
- Filtro: Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo.
- Hidráulica: Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.
- Lluvia: Precipitación acuosa en forma de gotas.
- Lógica: Una serie de instrucciones o límites creados para permitir el control de un proceso.
- Manóstato: Dispositivo de tipo manométrico, invertido y relleno de fluido, utilizado para el control de las presiones de un recinto, tal como, por ejemplo, en sistemas de laboratorio de destilación analítica.
- PLC: Controlador Lógico Programable. El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencia
- Presión: Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.
- Registro: Un área de almacenamiento, en el PLC, para información. Los registros pueden tener una capacidad de una o dos (o más) palabras.
- Sensor: Un elemento de detección. El elemento básico que cambia habitualmente un parámetro físico en una señal eléctrica.
- Válvula: Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión, etc.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

El Country Club Santa Rosa de Quives presenta la necesidad de un sistema de almacenamiento de agua pluvial, el cual servirá como alternativa de solución a situaciones de carencia de agua.

En ese sentido a continuación se describe las condiciones sobre la cual se desarrollara una propuesta de sistema de almacenamiento automatizado.

- ✚ El sistema de almacenamiento consistirá en un depósito colector.
- ✚ Desde el depósito, el agua es bombeada a una red de tuberías previstas para ello.
- ✚ De esta red puede tomarse entonces el agua pluvial de la forma acostumbrada con el agua potable.

- ✚ Si el depósito está vacío, puede llenarse con agua potable para mantener la instalación en funcionamiento.

Tomando como referencia el esquema de todo proceso automatizado, basado en el enfoque de la lógica programada, se procede a realizar la representación del automatismo propuesto:

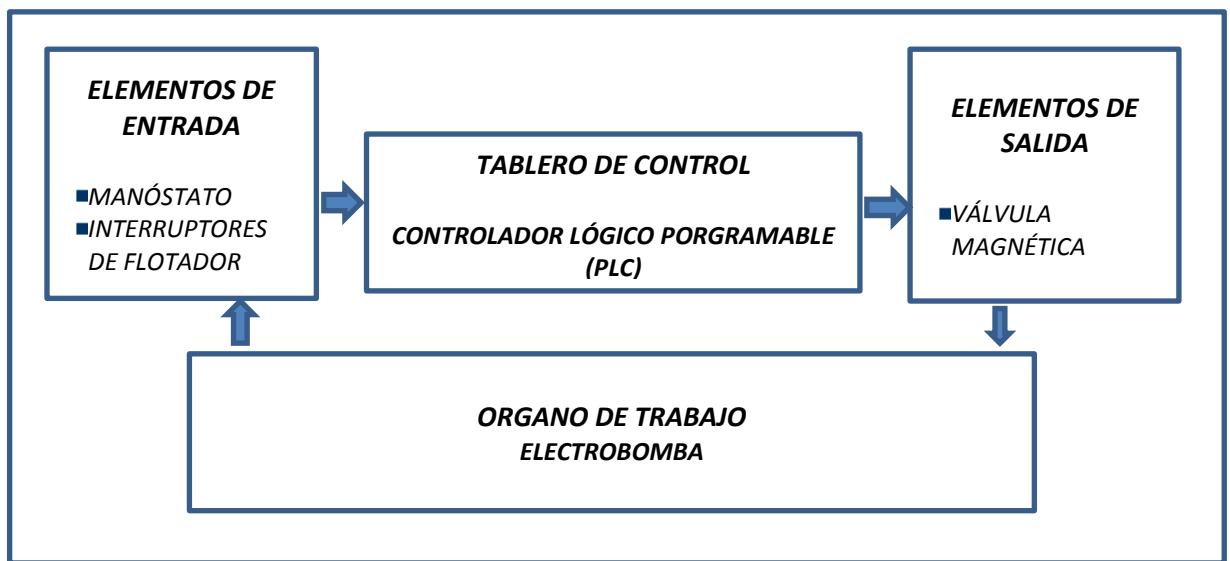


FIGURA N° 14: REPRESENTACIÓN DEL AUTOMATISMO MEDIANTE EL ENFOQUE DE LA LOGICA PROGRAMADA
FUENTE: Elaboración propia

Es importante precisar que el automatismo propuesto, también presentará los siguientes requisitos:

- El agua pluvial debe estar disponible en todo momento. En caso de emergencia, el sistema de control debe conmutar automáticamente a agua potable, si no hay suficiente agua pluvial.
- Al conmutar a agua potable no debe penetrar agua pluvial en la red de agua potable.

- Si no hay agua en el depósito de agua pluvial, la bomba no se debe poder conectar (protección contra marcha en seco).
- La bomba y una válvula magnética se controlarán mediante un manóstato y tres interruptores de flotador ubicados dentro del depósito de agua pluvial.
- La bomba debe conectarse cuando la presión en el depósito caiga por debajo de un valor mínimo. Tras haberse alcanzado la presión de servicio, la bomba se vuelve a desconectar al cabo de un tiempo de marcha en inercia de unos pocos segundos. Ese tiempo impide que el sistema se encienda y apague continuamente durante una toma de agua prolongada.

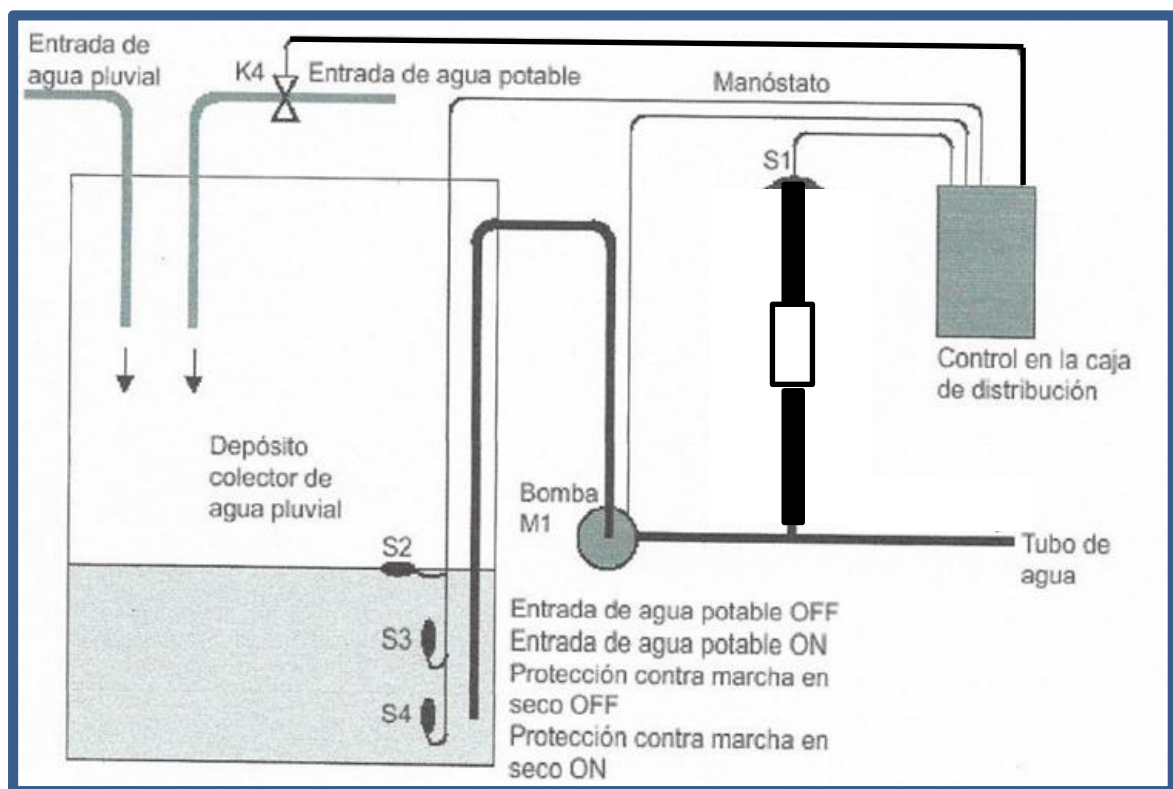


FIGURA N° 15: ESQUEMA DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO

Fuente: Elaboración propia

3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO

Considerando las características y condiciones del proceso, se procede a la identificación de elementos de entrada y salida del Proceso:

Elementos de entrada:

1. Manóstató: S1
2. Interruptor de flotador de nivel superior: S2
3. Interruptor de flotador de nivel intermedio: S3
4. Interruptor de flotador de nivel Inferior: S4

Elementos de salida:

1. Electrobomba: M1
2. Válvula Magnética: K4

Ahora con la finalidad de determinar el tipo de controlador Lógico Programable a considerar, es que se procede a realizar el dimensionamiento de entradas y salidas.

Direccionamiento de Elementos de entrada:

1. Manóstató (S1): I1 (Se activa cuando la presión está por debajo del mínimo requerido)
2. Interruptor de flotador de nivel superior (S2): I2 (cuando detecta agua cierra la válvula de entrada de agua potable)
3. Interruptor de flotador de nivel intermedio (S3): I3 (cuando detecta agua desactiva la protección en marcha en seco y cierra la válvula de entrada de agua potable)
4. Interruptor de flotador de nivel Inferior (S4): I4 (cuando no detecta agua activa la protección contra marcha en seco)

Direccionamiento de Elementos de salida:

1. Electrobomba (M1): Q1
2. Válvula Magnética (K4): Q2

Por lo tanto el tipo de PLC a utilizar será un nano PLC, pudiendo ser entre los más comerciales y de bajo precio el SIEMENS LOGO 1. Cuya conexión con los elementos de entrada y salida son:

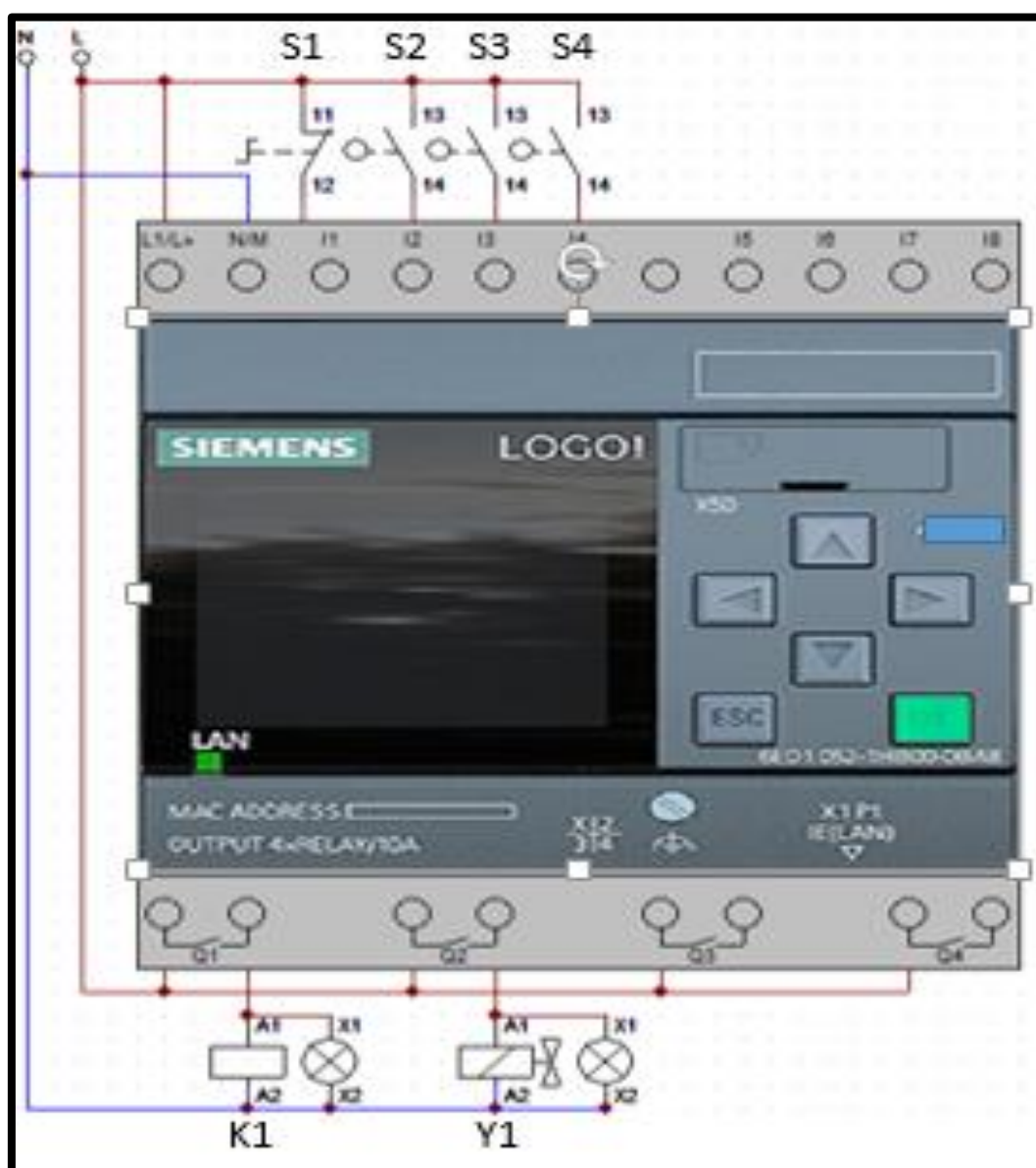


FIGURA N° 16: CONEXIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS AL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Fuente: Elaboración propia

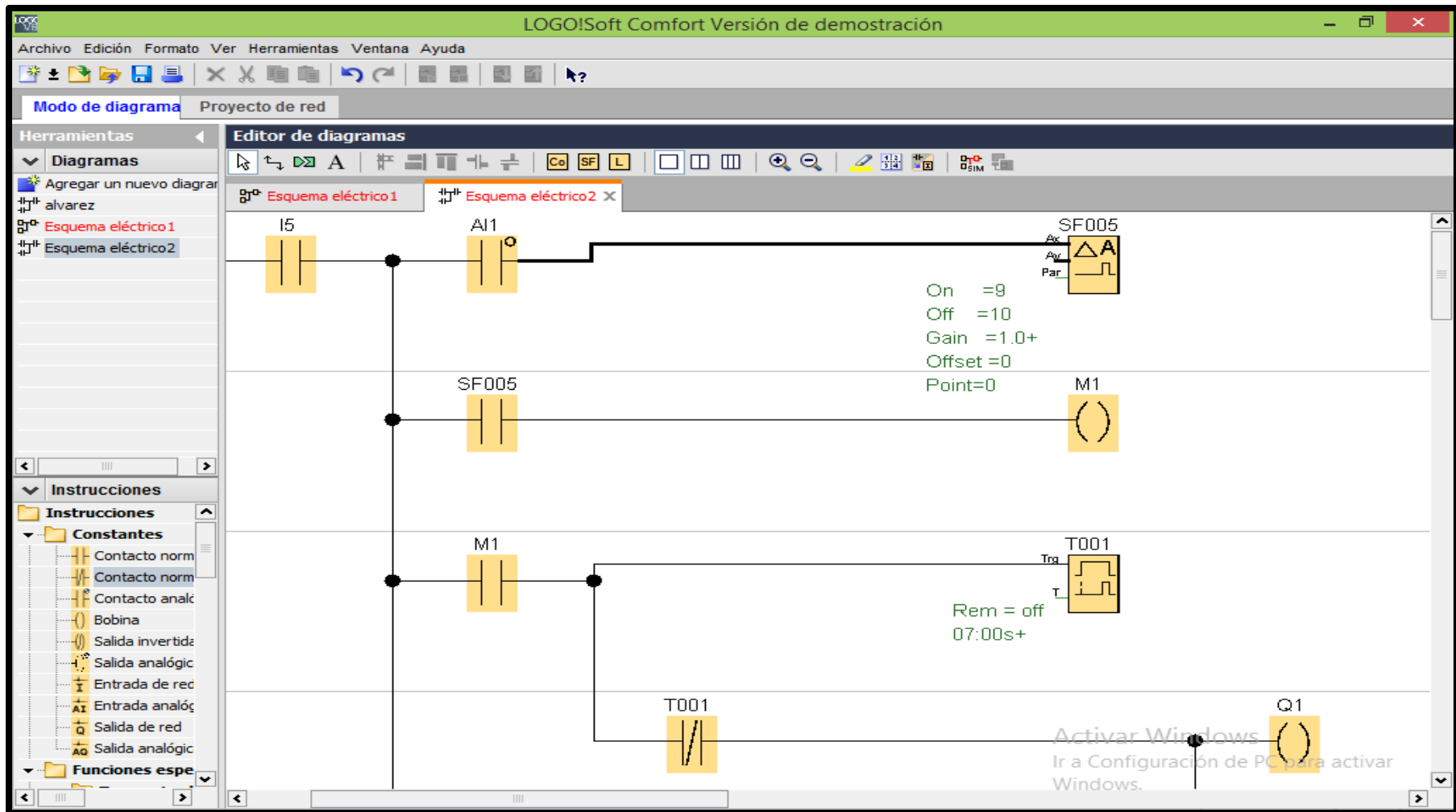


FIGURA N° 17: DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN EN DIAGRAMA DE CONTACTOS PARA EL ARRANQUE DE LA ELECTROBOMBA

Fuente: Elaboración Propia

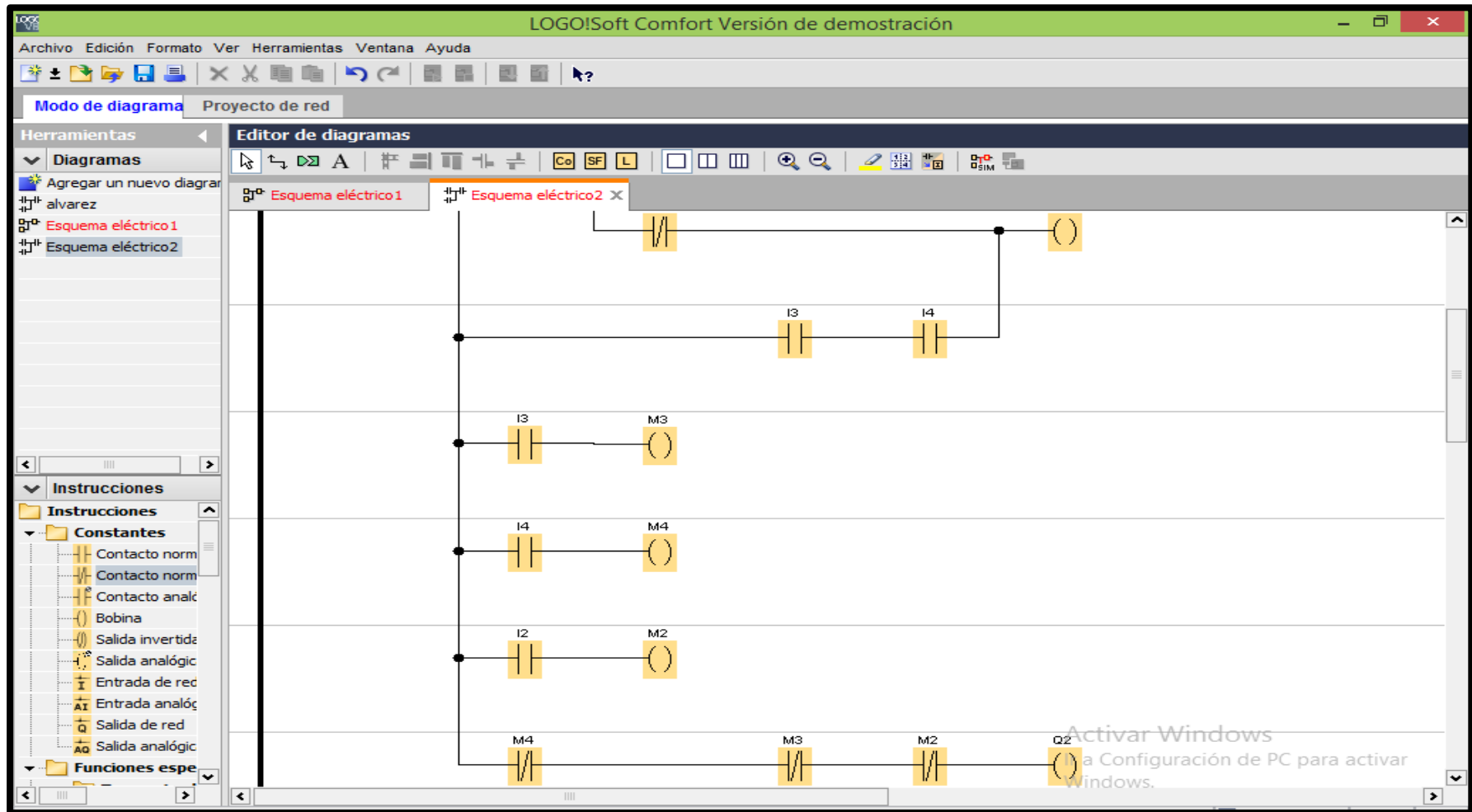


FIGURA N° 18: DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN EN DIAGRAMA DE CONTACTOS PARA LA APERTURA DE LA VALVULA DE ENTRADA DE AGUA POTABLE
Fuente: Elaboración Propia

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En la ejecución del programa de automatización del controlador Lógico Programable LOGO 230 RC, se obtiene los siguientes resultados:

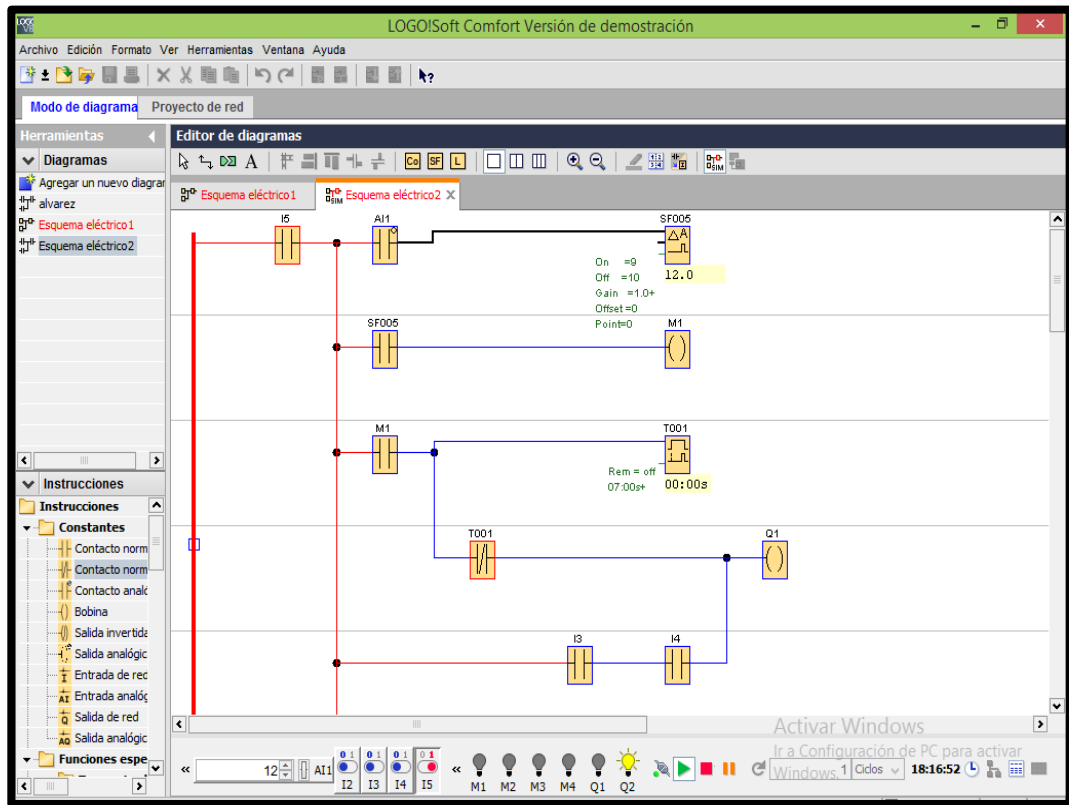


FIGURA N° 19: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA ALIMENTACION A TODO LOS COMPONENTES DE LA PROGRAMACIÓN

Fuente: Elaboración propia

En esta primera imagen se observa la activación del interruptor, el cual permite la energización de los componentes de la programación del PLC, el cual inicialmente se considera que la entrada de agua pluvial está alimentando al depósito así como la entrada de agua potable. Tener en cuenta que el depósito contiene tres interruptores que determinan el accionamiento de los actuadores tales como la válvula de entrada de agua potable y la electrobomba.

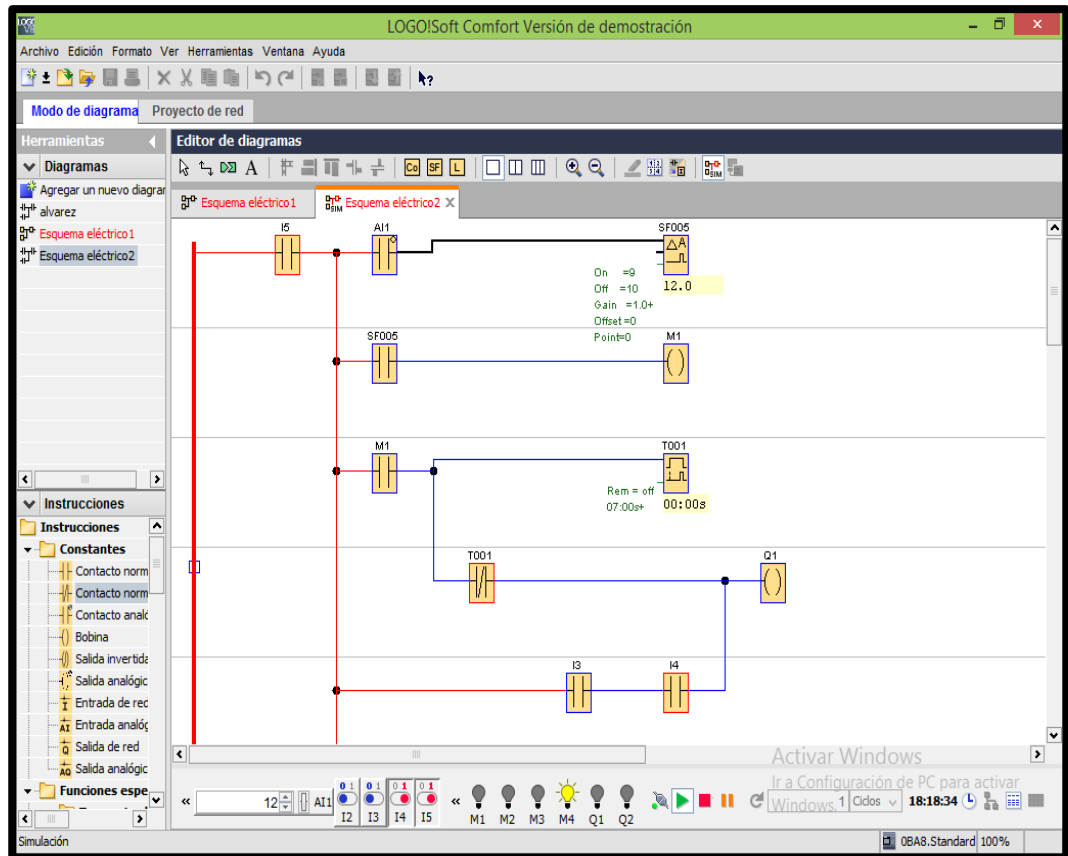


FIGURA N° 20: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES I4 E I3
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que al accionar el interruptor de nivel bajo I4, de inmediato apaga la bomba Q2, dejando que la alimentación sea exclusiva de la fuente de agua pluvial.

En la siguiente figura se observa que al accionarse los sensores I4 e I3 y considerando que ambos garantizan un nivel adecuado de agua en el depósito, de inmediato se activa la electrobomba Q1.

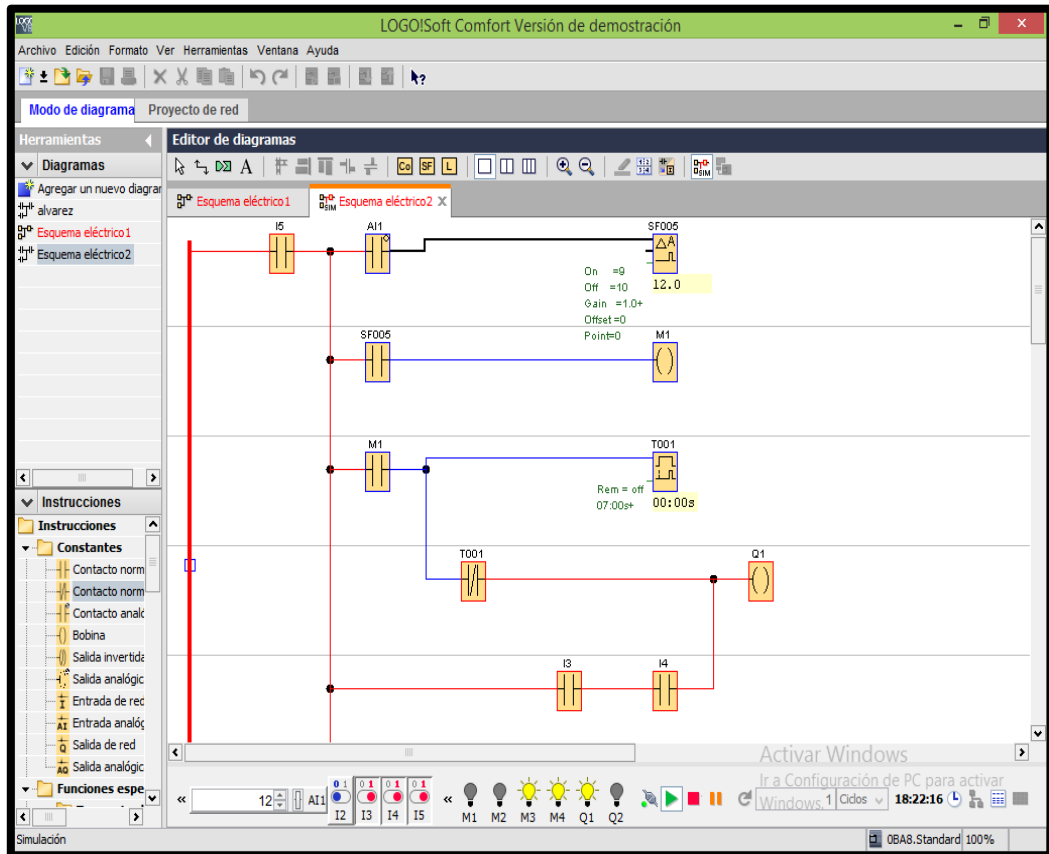


FIGURA N° 21: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA ELECTROBOMBA Q1
Fuente: Elaboración propia

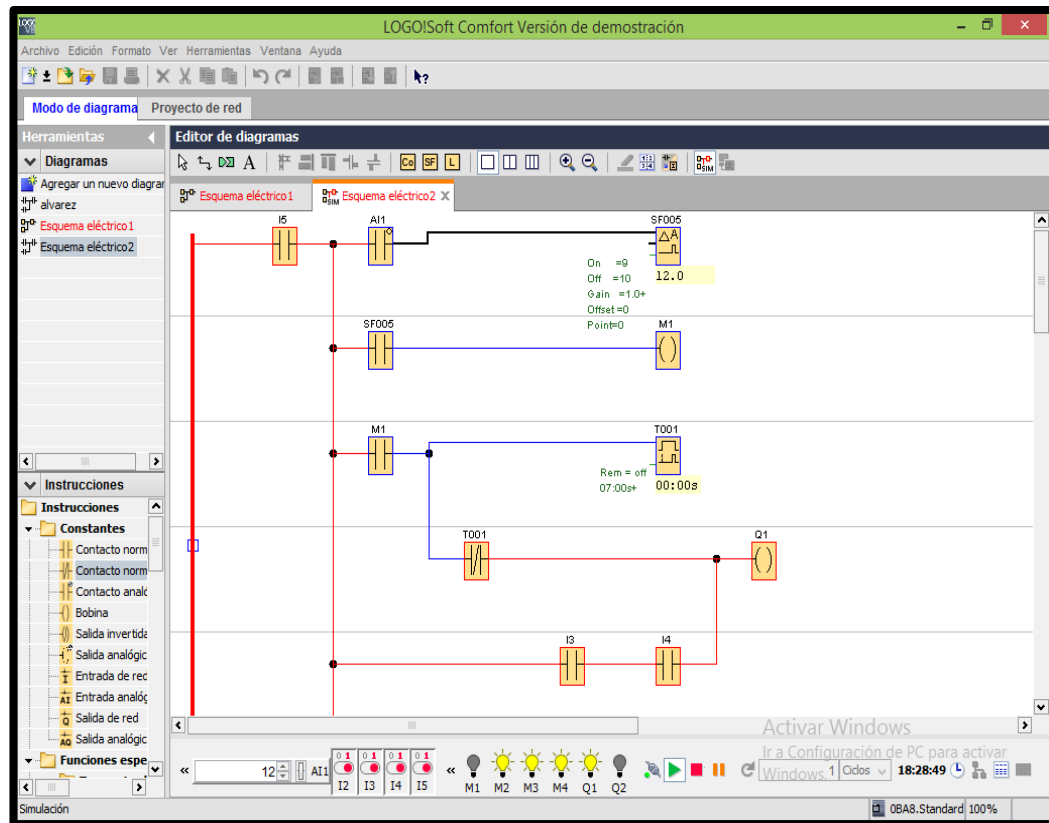


FIGURA N° 22: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR I2
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el interruptor superior se activó debido a que el nivel de agua llegó a ese punto, motivo por el cual se garantiza que la bomba trabaje de manera normal. En esta condición la fuente que entrada de agua potable se mantiene cerrada.

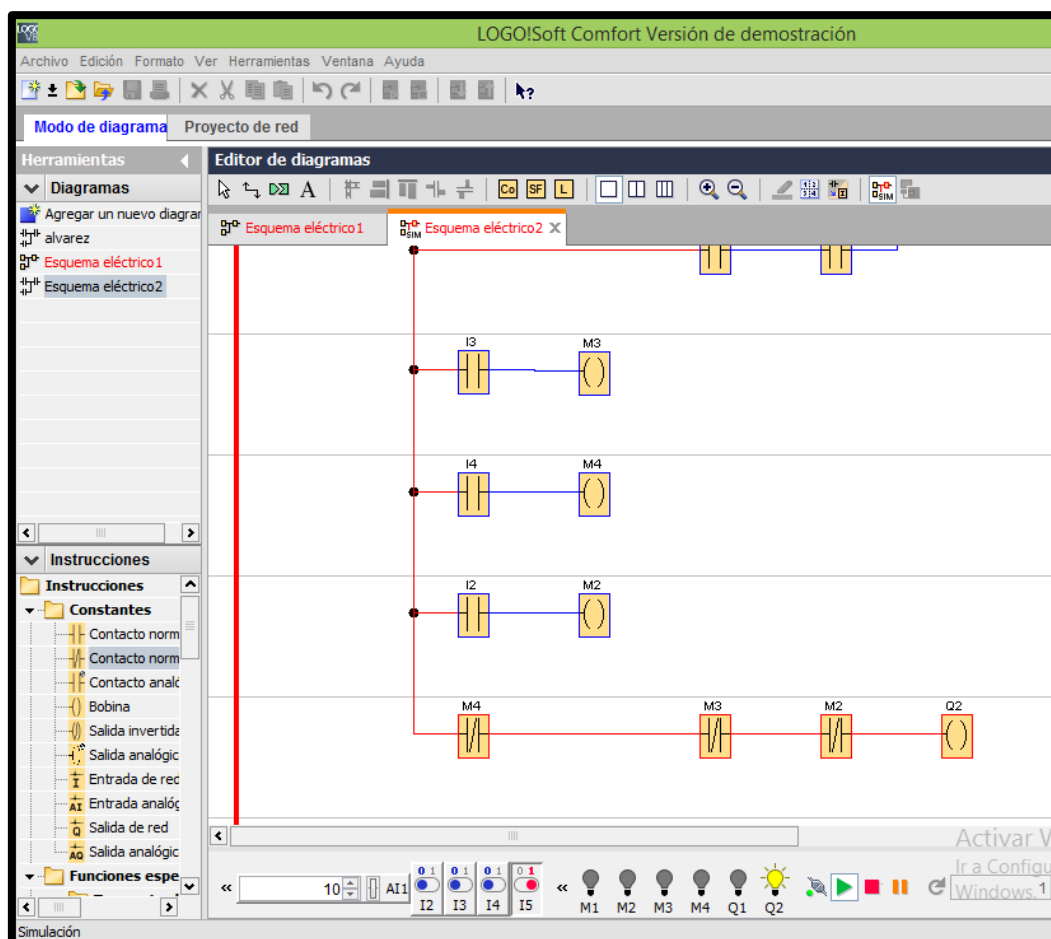


FIGURA N° 23: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ENTRADA DE AGUA PLUVIAL

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior al ir disminuyendo el nivel de agua pluvial o potable del depósito y ser detectado por el sensor de nivel inferior, se acciona la válvula de entrada de agua potable, garantizando en todo instante el funcionamiento del sistema automatizado.

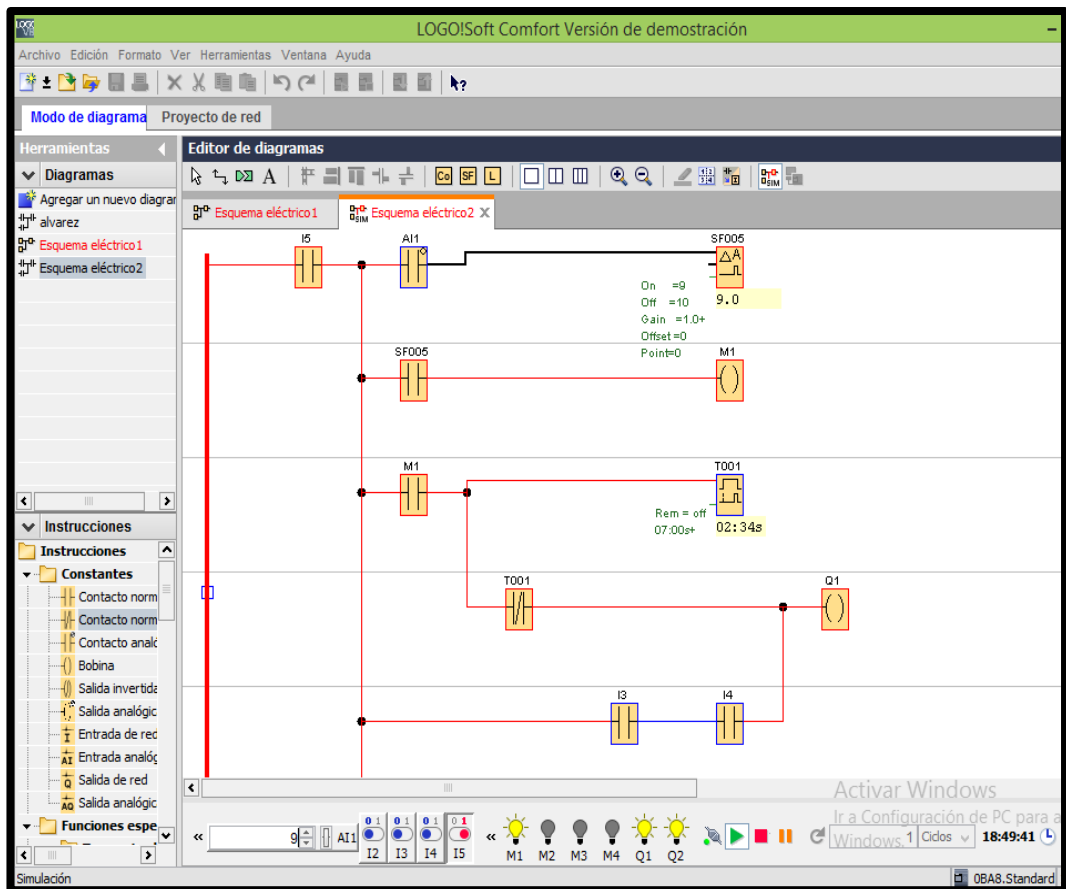


FIGURA N° 24: SIMULACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA CUANDO EL MANOSTATO DETECTA UN NIVEL INFERIOR DE PRESIÓN

Fuente: Elaboración propia

La simulación muestra que el manóstato detecta un presión de 9 bar, estando por debajo de la presión establecida de 10 bar (valor fijado como óptimo de manera experimental), accionando de manera automática un temporizador que establezca el funcionamiento de la electrobomba por un tiempo pre establecido de 7 segundos, hasta que se alcance el valor óptimo de la presión.

CONCLUSIONES

- Se concluye que fue posible desarrollar el automatismo del sistema almacenamiento de agua pluvial utilizando un nano PLC Siemens Logo 230RC, interconectando un manóstato, 3 interruptores de nivel, una electrobomba y una válvula de ingreso de agua potable, como alternativa de solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.
- Se concluye que se diseñó el automatismo de almacenamiento de agua pluvial y se verificó que es posible la conmutación automática a agua potable en caso de que no hay suficiente agua pluvial, esto es a través de la lógica utilizada que relaciona los sensores y los actuadores, a fin de dar solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.
- Se concluye que se logró desarrollar la programación del controlador lógico programable siemens Logo 230 RC a través de diagrama de contactos verificando la protección ante marcha en seco, a fin de dar solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.


RECOMENDACIONES


- Se recomienda implementar esta propuesta descrita en el proyecto de ingeniería referente al automatismo del sistema almacenamiento de agua pluvial utilizando un nano PLC Siemens Logo 230RC, a fin de dar solución ante problemas de carencia de agua en el Country Club de Santa Rosa de Quives.
- Se recomienda utilizar un controlador PID a fin de ser más riguroso en cuanto a la variación de la presión, de tal manera que el valor óptimo se consiga en un tiempo inferior al propuesto en la simulación.
- Se recomienda realizar un análisis costo-beneficio a fin de establecer la viabilidad económica del proyecto propuesto, a fin de precisar los componentes a utilizar y los costos de estos.


BIBLIOGRAFÍA


1. **ROMERO, A. (2015).** Implementación de un sistema de riego automático en áreas verdes y jardines para conjuntos habitacionales en el Valle de los Chillos, sector de la Armenia, mediante el aprovechamiento de aguas lluvias. (Tesis de Pre Grado). Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.
2. **GARCÍA, B. (2013).** Caracterización del agua de lluvia captada en una edificación para su aprovechamiento con fines de sustentabilidad hídrica. (Tesis de Pos Grado). Universidad autónoma de México.
3. **SANZANA, P. (2011).** Automatización del procesamiento de unidades de respuesta hidrológica (URHs) para un modelo hidrológico distribuido. (Tesis de Pos Grado). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
4. **ANAYA, M. (2010).** Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico en Latina y el Caribe. México: IICA
5. **RODUEL, A. (2010).** Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Costa Rica: CATIE.
6. **RODRÍGUEZ, J. (2014).** Automatismos Industriales. Madrid, España: PARANINFO.
7. **MEDINA, G. (2010).** La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

-  **HUERTA A., G (2011).** Sistema automático recuperador de agua pluvial.
<http://tesis.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10562/72.pdf?sequence=1>

-  **SOCIEDAD IBÉRICA DE CONTRUCCIONES ELÉCTRICAS S.A. (2012).** Sistema de control para la calidad de aguas residuales.
[http://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-10/MA_CALIDAD_AGUA_RESIDUAL_ESP_\(11\).pdf](http://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-10/MA_CALIDAD_AGUA_RESIDUAL_ESP_(11).pdf)

-  **GARCIA V., J. (2012).** Sistema de captación de aprovechamiento pluvial para eco barrio de la ciudad de México.
<http://islaurbana.mx/contenido/biblioteca/investigaciones/Captacion-lluvia-tesisHiram-Garcia.pdf>

-  **HEALTH. (2013).** Tanques de presión de vejiga.
<http://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/331-342s.pdf>

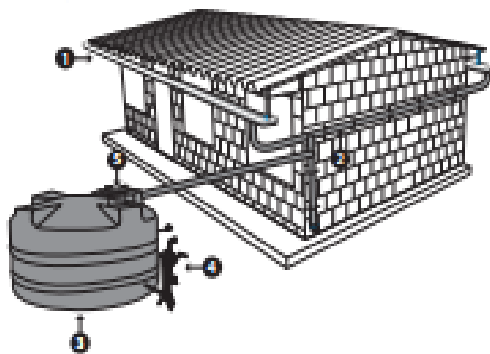
ANEXOS



Beneficios

- Solución integral que recolecta y almacena agua pluvial facilitando su utilización en funciones básicas como:
 - a. Uso Sanitario (WC)
 - b. Riego (Hogar y Campo)
 - c. Lavado de pisos
 - d. Lavado de Coches
 - e. Riego en temporada de sequía
- Aplicación en Casas, Comunidades Rurales, Edificios Residenciales, Escuelas, Parques, Hoteles y Hospitales.
- Capacidad de almacenamiento de 5,000 y 10,000 litros.
- Posibilidad de interconexión para incrementar la capacidad de almacenamiento.
- Diseño simple que facilita la instalación, uso y mantenimiento.
- Cisterna y filtro Pluvial con cuerpo reforzado para ser instalado en cualquier tipo de suelo.
- Compatibilidad con distintas tuberías como PP y PVC
- El sistema está compuesto por: Cisterna Pluvial, Filtro de Hojas Interno, Kit de Canaletas, Bomba Manual (opcional)

Incluye



1. Kit de canaletas.
2. Bajante y pluma pluvial.
3. Tanque 10 000 L.
4. Bomba manual.
5. Filtro de hojas interno.



Ideal para:





- Fluido: agua
- Aplicaciones: para equipamiento de almacenamiento pluvial.
- Otras características: con visualización, robusto
- Temperatura de proceso: Mín.: -20 °C (-4 °F) Máx.: 85 °C (185 °F)
- Rango de presión: Mín.: 0 bar (0 psi) Máx.: 600 bar (8702.26 psi)

**COSTO DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
PROYECTO PROPUESTO**

COSTOS DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO		
N°	COMPONENTES	COSTO
1	Manóstató de 20 A 70psi	S/. 175.5
2	Interruptor de flotador de nivel superior (250VAC-DC, corriente máxima de carga 1A, Máxima resistencia de contacto 0.4Ω)	S/. 37.30
3	Interruptor de flotador de nivel intermedio (250VAC-DC, corriente máxima de carga 1A, Máxima resistencia de contacto 0.4Ω)	S/. 37.30
4	Interruptor de flotador de nivel Inferior (250VAC-DC, corriente máxima de carga 1A, Máxima resistencia de contacto 0.4Ω)	S/. 37.30
5	Electrobomba (1.5HP, 220VAC)	S/. 1299.00
6	Válvula Magnética (220VAC)	S/. 127.50
7	Controlador Lógico Programable LOGO SOFT 230RC	S/. 565.00
8.	Otros (Cables, conectores, fuentes de alimentación)	S/. 400.00
9.	Personal encargado de la conexión y programación	S/. 6000.00
TOTAL		S/. 8678.90