

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, COMO ALTERNATIVA
PARA LA REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESABASTECIMIENTO
DE AGUA, EN EL A.H. PORTADA DE MANCHAY II, DISTRITO DE
PACHACAMAC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

GAMARRA ZARATE, JORDY BRYAN

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y ayudarme a ser una persona de bien.

A mi gran familia, mis abuelos, mi madre y mi querida hermana por su incansable apoyo moral y material y porque siempre estuvieron presentes en cada instante de mi formación profesional.

A mi novia que en esta lucha me motivo a seguir adelante y que su compañía me ayudo a vencer las adversidades.

AGRADECIMIENTOS

A los Docentes de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por compartir sus conocimientos y experiencias cada día en las aulas de clase con el objetivo de verme realizado profesionalmente.

A mi familia que de una manera u otra con sus consejos me ayudaron y me animaron a ser el profesional y la persona y que ahora soy.

A mis amigos con quienes compartí espacios académicos y que siempre estuvieron apoyándome en los momentos difíciles.

A la empresa E&A AUTOMATAS SAC por permitirme poner en práctica los conocimientos adquiridos en mi formación profesional.

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCION | ix |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 1.1 Descripción de la Realidad Problemática:..... | 11 |
| 1.2 Justificación del Proyecto: | 12 |
| 1.3 Delimitación de la Investigación..... | 12 |
| 1.3.1 Delimitación Teórica..... | 12 |
| 1.3.2 Delimitación Espacial | 13 |
| 1.3.3 Delimitación Temporal | 13 |
| 1.4 Formulación del Problema. | 13 |
| 1.4.1 Problema General..... | 13 |
| 1.4.2 Problemas Específicos..... | 13 |
| 1.5 Objetivos | 14 |
| 1.5.1 Objetivo General | 14 |
| 1.5.2 Objetivo Específicos | 14 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 Antecedentes | 15 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 17 |
| 2.2.1 Estaciones de Bombeo | 17 |
| 2.2.2 Bombas Centrifugas Horizontales..... | 17 |
| 2.2.3 Automatismos..... | 18 |
| 2.2.4 Clasificación de Automatismos..... | 19 |
| 2.2.5 Autómata programable industrial..... | 20 |
| 2.2.6 Controladores Lógicos Programables | 20 |
| 2.2.7 Estructura Básica de un PLC..... | 22 |
| 2.2.8 Hardware del PLC..... | 23 |
| 2.2.9 Software del PLC | 23 |
| 2.2.10 Entradas o Salidas | 24 |
| 2.2.11 Sistemas de actuación Eléctrica | 27 |
| 2.2.12 Módulo de entradas digitales..... | 28 |
| 2.2.13 Módulo de salidas digitales | 28 |
| 2.2.14 Módulo de entrada y salida analógica | 29 |
| 2.2.15 Memoria de programa | 29 |
| 2.2.16 Memoria RAM..... | 30 |
| 2.2.17 Memoria ROM..... | 30 |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.18 | Memoria interna | 30 |
| 2.2.19 | Memoria de datos | 31 |
| 2.2.20 | Instrumentación | 31 |
| 2.2.21 | Detectores de Nivel | 33 |
| 2.2.22 | Presostato | 34 |
| 2.2.23 | Diagrama Escaleras Ladder | 35 |
| 2.2.24 | Lista de instrucciones | 36 |
| 2.2.25 | Protocolo Industrial Ethernet..... | 37 |
| 2.2.26 | Interface Hombre Maquina (HMI) | 38 |
| 2.3 | Marco conceptual | 39 |
| CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, COMO ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESABASTECIMIENTO DE AGUA, EN EL A.H PORTADA DE MANCHAY II, DISTRITO DE PACHACAMAC | | |
| 3.1 | Descripción del Proyecto | 42 |
| 3.1.1 | Estado Actual de las Instalaciones | 42 |
| 3.1.2 | Descripción del Proceso | 44 |
| 3.1.3 | Equipos a usar en el desarrollo del Proyecto..... | 45 |
| 3.1.4 | Diagrama de Flujo para el Proceso..... | 57 |
| 3.2 | Diseño de la programación del Sistema de Bombeo Automatizado mediante PLC S7-1200. 58 | |
| 3.2.1 | Comunicación del PLC y PC..... | 58 |
| 3.2.2 | Señales de entrada y de Salida | 59 |
| 3.2.3 | Desarrollo de la Programación del PLC S7-1200 | 60 |
| 3.2.4 | Esquema de Automatización | 73 |
| 3.3 | Revisión y Consolidación de Resultados | 74 |
| 3.3.1 | Desabastecimiento de agua en los meses previos al proyecto..... | 74 |
| 3.3.2 | Desabastecimiento de agua en los meses después del proyecto..... | 78 |
| 3.3.3 | Desabastecimiento total de agua en la población | 82 |
| 3.3.4 | Comparativa de resultados | 83 |
| CONCLUSIONES | | 84 |
| RECOMENDACIONES | | 85 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 86 |
| ANEXOS | | 87 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Bomba Centrífuga Horizontal.
- Figura 2.** Instalación típica de electrobombas centrífugas horizontales en una estación de bombeo.
- Figura 3.** Estructura de un Sistema Automatizado.
- Figura 4.** Controlador Lógico Programable (PLC).
- Figura 5.** Sistema Controlado por relevadores.
- Figura 6.** Arquitectura de un PLC.
- Figura 7.** Representación de un Carga Estándar.
- Figura 8.** Activación de la Carga.
- Figura 9.** Contactos NO y NC.
- Figura 10.** Sistema con flotador.
- Figura 11.** Válvula de un Solenoide.
- Figura 12.** Instrumento Ciego.
- Figura 13.** Instrumento Indicador.
- Figura 14.** Instrumento Registrador.
- Figura 15.** Ejemplo de programa en diagrama de contactos (ladder diagram).
- Figura 16.** Tablero de Arranque de Bombas.
- Figura 17.** Equipo de Bombeo Actual.
- Figura 18.** Esquema del Sistema del Bombeo planteado.
- Figura 19.** Principales Partes del PLC S7-1200.
- Figura 20.** HMI KTP-600.
- Figura 21.** Partes del HMI KTP-600
- Figura 22.** Dimensiones del HMI KTP-600

Figura 23. Presostato KP de la Marca Danfoss

Figura 24. Relé de Nivel LVM30

Figura 25. Diagrama de Conexiones de Relé LVM30

Figura 26. Diagrama de Flujo del Proceso Automático

Figura 27. Comunicación de PLC y PC

Figura 28. Esquema de Automatización

Figura 29. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de noviembre del 2016.

Figura 30. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de diciembre del 2016.

Figura 31. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de enero del 2017.

Figura 32. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de febrero del 2017.

Figura 33. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de abril del 2017.

Figura 34. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de mayo del 2017.

Figura 35. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de junio del 2017.

Figura 36. Grafica de barras del desabastecimiento total de agua del A.H. Portada de Manchay II

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Disposición de pines del PLC S7-1200

Tabla 2. Características Técnicas del PLC S7-1200

Tabla 3. Características Técnicas del HMI KTP-600 PN

Tabla 4. Características Técnicas del Presostato KP

Tabla 5. Características Técnicas del Relé de Nivel LVM30

Tabla 6. Tabla de Señales de Entrada y de Salida

Tabla 7. Desabastecimiento de agua en el mes de noviembre del 2016

Tabla 8. Desabastecimiento de agua en el mes de diciembre del 2016

Tabla 9. Desabastecimiento de agua en el mes de enero del 2017

Tabla 10. Desabastecimiento de agua en el mes de febrero del 2017

Tabla 11. Desabastecimiento de agua en el mes de abril del 2017

Tabla 12. Desabastecimiento de agua en el mes de mayo del 2017

Tabla 13. Desabastecimiento de agua en el mes de junio del 2017

Tabla 14. Desabastecimiento total de agua en el A.H Portada de Manchay II

Tabla 15. Resumen de Resultados

INTRODUCCION

En la actualidad debido al gran crecimiento poblacional conlleva a que la demanda del recurso agua, el cual es indispensable para la vida del ser humano, haya aumentado en gran medida, esto hace que empresas como SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) tengan que implementar sistemas que hagan posible la distribución del recurso de agua potable hacia la población.

Para ello se tienen diversos sistemas de abastecimiento como son: las cisternas, reservorios, reservorios con rebombeo, pozos, cámaras de entrada a sector y entre otros, estos sistemas de distribución de agua están conformados por tuberías, válvulas, sistemas eléctricos y de automatización.

La realización del proyecto abordara específicamente al sistema denominado reservorio con rebombeo, el cual funciona de manera manual por medio de un operario, teniendo que controlar el arranque de 02 electrobombas en alternancia, dependiendo de los niveles del reservorio el cual abastece la demanda de agua potable de la población del A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos.

El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, en el cual se especifica el problema de desabastecimiento de agua potable que actualmente se presentan en un sector del distrito de Pachacamac, además se justifica las mejoras que se obtendrán con la automatización del sistema y por último se plantean los objetivos para el desarrollo del proyecto los cuales son la reducción de los tiempos de desabastecimiento de agua mediante un controlador lógico programable.

El segundo capítulo comprende el desarrollo del marco teórico, mostrando como antecedentes sistemas de bombeo de agua potable los cuales eran deficientes teniendo una mejora con la realización de la automatización, además abarca los fundamentos teóricos necesarios para la realización del proyecto, brindándose la conceptualización necesaria con respecto a la automatización por medio de un controlador, tipos e entradas y salidas, lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLC) e interface hombre maquina (HMI), protocolo ethernet y un marco conceptual con palabras clave para la realización del proyecto.

El tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto, comprende la selección de equipos y la programación realizada para el sistema de bombeo, mediante el PLC S7-1200 y un HMI KTP-600 ambos de la marca SIEMENS, además de presostato KPI38 de la marca Danfoss y un relé de nivel LVM30 de la marca Lovato, los cuales harán posible que este sistema se automatice, reduciendo con ello el desabasteciendo el servicio de agua potable hacia la población. Además, se hará una comparación del sistema antes y después de la automatización con respecto a las horas de desabastecimiento de agua.

CAPÍTULO I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la Realidad Problemática:

En el A.H Portada de Manchay II ubicado en el distrito de Pachacamac, hay un desabastecimiento de agua potable por ciertos periodos, esto trae por consecuencia la molestia de los pobladores de dicha zona ya que dependen de este recurso vital para la vida y en general el desarrollo de sus actividades diarias, por los cuales han estado habiendo reportes de quejas por parte de la población, lo cual si no es solucionado traería por consecuencia multas graves a la empresa concesionaria de agua.

Este sector es abastecido de agua gracias a un reservorio con Rebombeo el cual tiene un capacidad de 600 m³ de almacenamiento, este sistema es operado de forma manual, teniendo que ser maniobrado periódicamente por un operario el cual tiene poca disponibilidad, ya que este tiene a su cargo 02 estaciones más, esto hace que no haya una rápida respuesta al sistema originando tiempos muertos para el llenado del reservorio y trayendo por consecuencia el desabastecimiento de agua potable hacia la población.

1.2 Justificación del Proyecto:

El presente proyecto se justifica debido al desabastecimiento de agua potable para la población del A.H Portada de Manchay II en el distrito de Pachacamac, dándole solución a este problema por medio de la automatización del reservorio con rebombeo, garantizando con ello la reduciendo de los tiempos de desabastecimiento de agua potable, ya que el sistema funcionara de manera autónoma, dando la posibilidad de que el operario pueda dedicarse a realizar otras actividades en la estación.

Además, al estar automatizado el sistema podrá a futuro ser integrado a una red de mando remoto por medio de un SCADA teniendo un sistema más confiable.

1.3 Delimitación de la Investigación

1.3.1 Delimitación Teórica

El proyecto abarca solo la automatización del sistema de bombeo conformado por 02 electrobombas y la integración de los equipos existente en campo los cuales se relacionan entre sí mediante la programación en lenguaje ladder, para lo cual se hará uso de un controlador lógico programable.

No forma parte del proyecto los diseños eléctricos de los diversos sistemas, cálculos hidráulicos de tuberías, caudales, volúmenes, presiones ni dimensionamiento de las bombas, ya que todo es existente y solo es una mejora del sistema actual.

1.3.2 Delimitación Espacial

El presente proyecto se desarrolló en el A.H Portada de Manchay II, ubicado en el distrito de Pachacamac.

1.3.3 Delimitación Temporal

El proyecto se llevó a cabo en el periodo del 01 de marzo del 2017 al 31 de marzo del mismo año. Ver anexo N°1 Cronograma y diagrama de Gantt del Proyecto en general.

1.4 Formulación del Problema.

1.4.1 Problema General

¿Cómo reducir los tiempos de desabastecimiento de agua potable mediante un sistema de bombeo automatizado a través de un controlador lógico programable, en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán los componentes que permitirán desarrollar el sistema de bombeo automatizado con el propósito de reducir los tiempos de desabastecimiento de agua en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac?

- ¿Cómo determinar los tiempos de desabastecimiento de agua una vez implementado el sistema de bombeo automatizado en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Reducir los tiempos de desabastecimiento de agua potable mediante un sistema de bombeo automatizado a través de un controlador lógico programable, en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac.

1.5.2 Objetivo Específicos

- Determinar los componentes que permitirán desarrollar el sistema de bombeo automatizado con el propósito de reducir los tiempos de desabastecimiento de agua en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac.
- Determinar los tiempos de desabastecimiento de agua una vez implementado el sistema de bombeo automatizado en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

- Gonzales, (2008), realizó la Tesis: “*Propuesta para la Implementación de un PLC en el Sistema de Rebombeo de Agua Potable, en el Instituto Politécnico Nacional*”, escuela superior de ingeniería, mecánica y eléctrica de México. La investigación llego a las siguientes conclusiones:

- ✓ El control del sistema de rebombeo de agua potable surge a raíz de querer una mayor coordinación en la alternación de trabajo entre bombas y así obtener mayor aprovechamiento y rendimiento en el sistema, eliminando así la necesidad de operarios humanos en la cual su talento puede ser mejor aprovechado en otras áreas.

Comentario:

En referencia a la tesis anterior se observa que la implementación del PLC ha mejorado la coordinación en la alternancia de las bombas lo cual trae como consecuencia un mejor aprovechamiento y rendimiento del proceso, es

justamente lo que deseo lograr en mi proyecto, la mejora estaría reflejada en la reducción de tiempo de desabastecimiento justamente por la autonomía del sistema al estar automatizado.

- León, (2015), realizó la Tesis: “*Sistema de Automatización de una Estación de bombeo de Agua Potable*”, realizado en la Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ La disponibilidad del servicio de agua potable servido por la Estación Alta se incrementó en promedio desde un 53.33% en el modo manual, en contraposición con un 100% logrado con la estación operando en automático.

Comentario:

En referencia a la tesis citada se puede observar que el sistema al estar automatizado ha tenido una mejora sustancial con respecto a la disponibilidad del servicio de agua potable llegando a un 100% de disponibilidad, es justamente lo que estoy buscando conseguir con la realización de mi proyecto, en principio reducir los tiempos de desabastecimiento ya que la segunda etapa de este proyecto es ser integrada a una red SCADA con lo cual se podría llegar a tener una disponibilidad al 100%.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Estaciones de Bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directamente o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución. (BVSDE, 2005, pág. 3)

2.2.2 Bombas Centrifugas Horizontales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc.

Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional.

Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. Si la posición del eje está sobre la

superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa. (BVSDE, 2005, pág. 12)

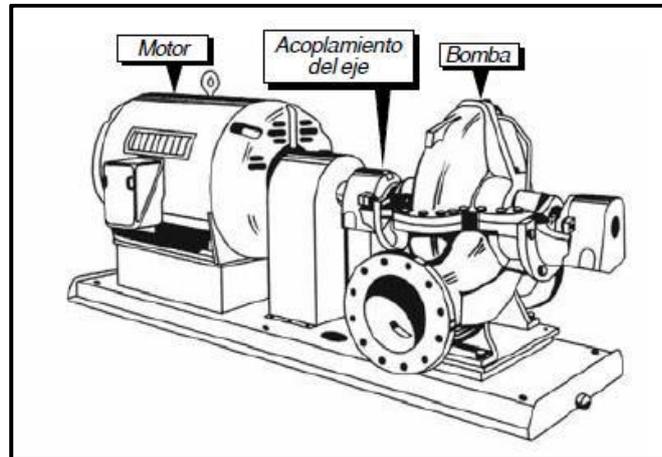


Figura 1. Bomba Centrífuga Horizontal

Fuente: Bombas e instalaciones de bombeo, Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.

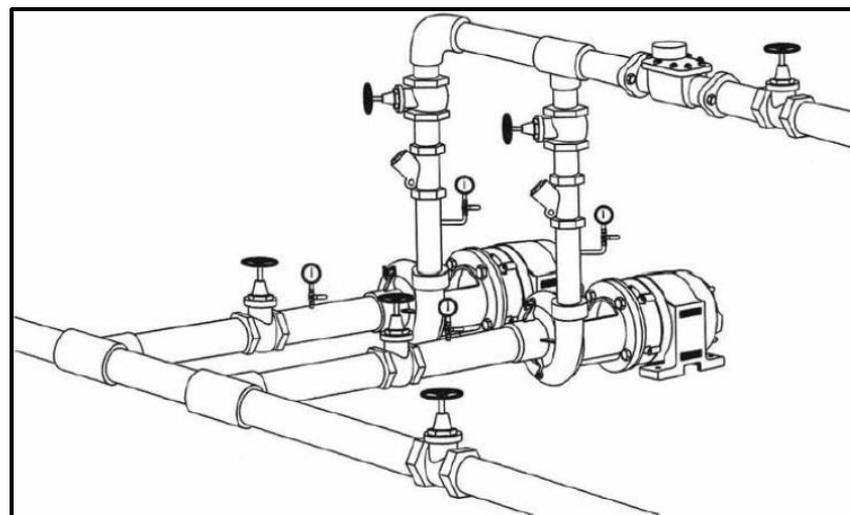


Figura 2. Instalación típica de electrobombas centrífugas horizontales en una estación de bombeo

Fuente: Bombas e instalaciones de bombeo, Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.

2.2.3 Automatismos

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante

los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 6)

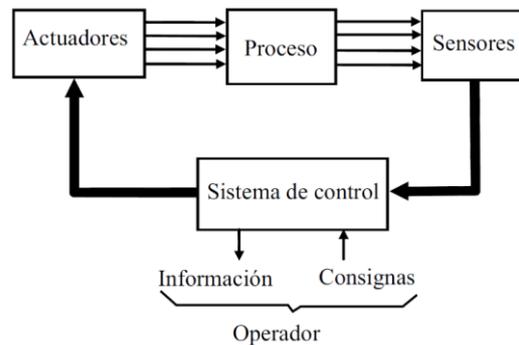


Figura 3. Estructura de un Sistema Automatizado
Fuente: “Automatización Industrial” - R. Sanchis, J. Romero, C. Ariño

2.2.4 Clasificación de Automatismos

a. Automatismos Cableados

Se implementan por medio de uniones físicas entre los elementos que forman el sistema de control (por ejemplo, contactares y relés unidos entre sí por cables eléctricos). La estructura de conexionado entre los distintos elementos da lugar a la función lógica que determina las señales de salida en función de las señales de entrada. Se pueden distinguir tres tecnologías diferentes:

- Fluido (neumática o hidráulica).
- Eléctrica (relés o contactores).
- Electrónica estática (puertas lógicas y biestables).

b. Automatismos Programados

Se implementan por medio de un programa que se ejecuta en un microprocesador. Las instrucciones de este programa determinan la función lógica que relaciona las entradas y las salidas. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 7-8)

2.2.5 Autómata programable industrial.

Hoy por hoy es el que más se utiliza en la industria. Es un equipo electrónico programable en un lenguaje específico, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales. Se utilizan para el control de máquinas y procesos. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág.8)

2.2.6 Controladores Lógicos Programables

El controlador lógico programable o PLC conocido así por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y que se ha diseñado específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. (Bolton, 2006, pág. 423)

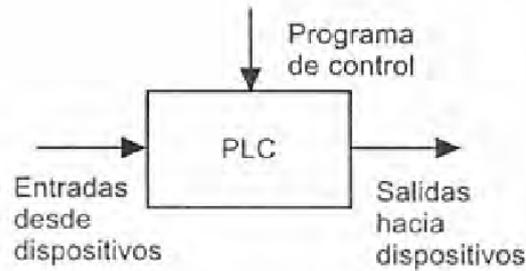


Figura 4. Controlador Lógico Programable (PLC)

Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC, después el controlador monitorea las entradas salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos.

En un principio, el propósito de estos controladores fue sustituir la conexión física de relevadores (Ver Figura N°5) de los sistemas de control lógicos y de sincronización. Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. También estos controladores son más rápidos que los sistemas a base de relevadores. El resultado es un sistema flexible que se puede usar para controlar sistemas muy diversos en su naturaleza y su complejidad. Tales sistemas se usan ampliamente para la implementación de funciones lógicas de control debido a que son fáciles de usar y programar. (Bolton, 2006, pág. 423)

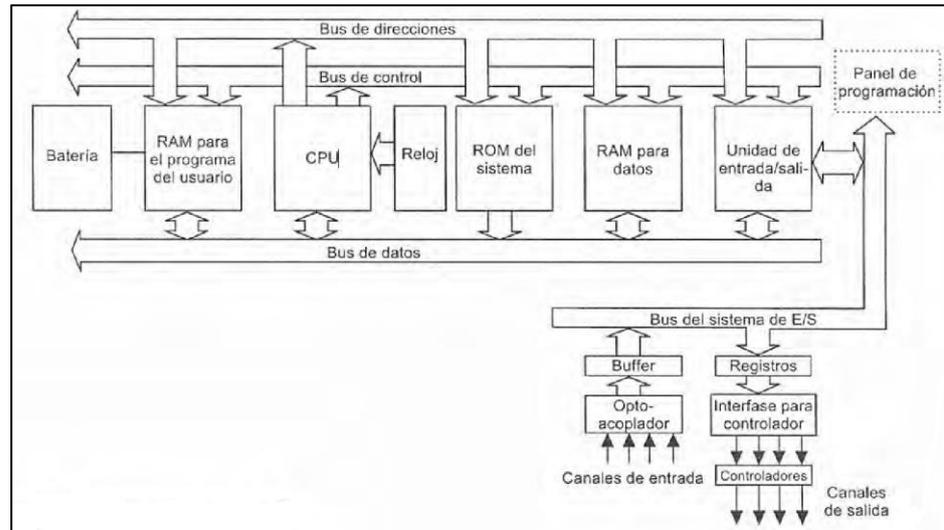


Figura 6. Arquitectura de un PLC
Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

2.2.8 Hardware del PLC

En el hardware, se utiliza componentes robustos que soportan condiciones de trabajo adversas, como las que se dan en ambientes industriales (polvo, temperatura, vibraciones, etc.), y su constitución física incluye los circuitos de interfaz necesarios para conectarlo de forma directa a los sensores y actuadores del proceso. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 110)

2.2.9 Software del PLC

En el software, se programa en un lenguaje especial diseñado específicamente para generar de forma sencilla el programa que implementa el algoritmo de control de procesos secuenciales (de sistemas de eventos discretos), y el algoritmo de control programado es ejecutado de forma periódica en un ciclo temporal que es lo bastante breve como

para poder controlar los procesos en tiempo real. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 110)

2.2.10 Entradas o Salidas

La descripción tecnológica del automatismo es el conjunto de elementos físicos que lo forman. En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. Por otra parte, está la descripción funcional, que se refiere a las características de funcionamiento del sistema automatizado.

Los sensores son los elementos que permiten obtener información de lo que sucede en el proceso. Se pueden distinguir dos tipos de sensores, según la información que proporcionan:

Detectores.

Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. Los más frecuentes son los detectores de proximidad, que normalmente detectan la presencia de un objeto, aunque también son frecuentes los detectores de nivel, de temperatura o de presión.

Captadores.

Son los sensores que proporcionan una salida continua proporcional a una magnitud física. Esta salida puede ser analógica (en tensión o en corriente), o digital (codificada en binario, o en forma de pulsos).

Los captadores se utilizan en los sistemas de control continuo (como los PID), en los que se controla una variable continua. En automatismos secuenciales también son frecuentes, utilizándose el valor continuo para obtener un valor binario mediante comparación con un límite determinado (la temperatura es superior o inferior a 70°C, por ejemplo). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

Switch

Son interruptores que se abren o cierran debido al contacto físico del objeto a detectar. Pueden tener un solo contacto, o varios de ellos. Es habitual que tengan un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Estos contactos suelen tener una tensión nominal de 240V, y una corriente de varios amperios. Se pueden conectar entre la alimentación y la carga, o entre la carga y masa.

La carga puede ser la bobina de un contacto o relé, o cualquier elemento que se active al conectar sus bornes a una diferencia de tensión. Un ejemplo típico de carga es la entrada digital de un autómata programable. La Figura N°7 muestra una entrada digital a 24 V de un autómata programable y la bobina de un contactor o electroválvula representando la carga estándar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 15)

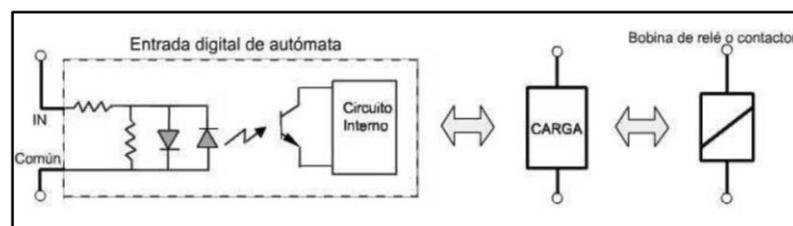


Figura 7. Representación de un Carga Estándar
Fuente: “Automatización Industrial” – R. Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

La carga se activará cuando quede sometida a su tensión nominal. La entrada del autómata se activa a 24 V, tanto de tensión continua como de alterna. La bobina puede activarse a 24 V de continua, 24 V de alterna o 220 V de alterna, según el tipo de bobina. El circuito de salida del detector será el que, al activarse, pondrá la carga a tensión tal y como muestra en la figura N°8. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 16)

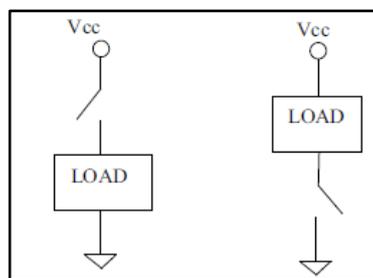


Figura 8. Activación de la Carga

Fuente: “Automatización Industrial” – R. Sanchis/J. Romero/C. Ariño

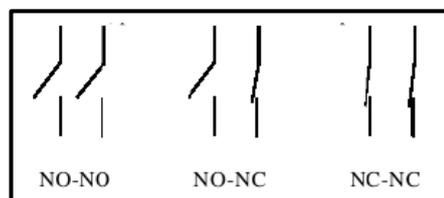


Figura 9. Contactos NO y NC

Fuente: “Automatización Industrial” – R.Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

Flotador

Un método directo de monitorear el nivel de líquido en un recipiente es a través del movimiento de un flotador. La figura N°10 ilustra un sencillo sistema con flotador. Cuando el flotador se desplaza, el brazo de una palanca gira y desplaza también una parte móvil del potenciómetro. El resultado es una salida de voltaje relacionada con la altura del líquido. En

otras modalidades, la palanca desplaza el núcleo de un LVDT, o estira o comprime un elemento extensómetro. (Bolton, 2006, pág. 42)

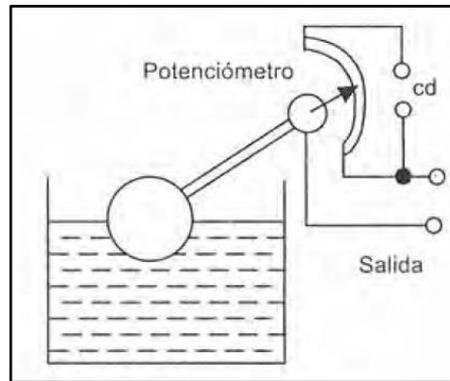


Figura 10. Sistema con flotador
Fuente: Mecatrónica – W. Bolton

2.2.11 Sistemas de actuación Eléctrica

Solenoides

Los solenoides se pueden usar como actuadores operados eléctricamente. Las válvulas solenoide son un ejemplo de estos dispositivos y se utilizan para controlar el flujo de fluidos en sistemas hidráulicos o neumáticos. Cuando una corriente pasa por el devanado, un núcleo de hierro dulce es atraído hacia dicho devanado y, al hacerlo, abre o cierra puertos que controlan el flujo de un fluido. (Bolton, 2006, pág.168)

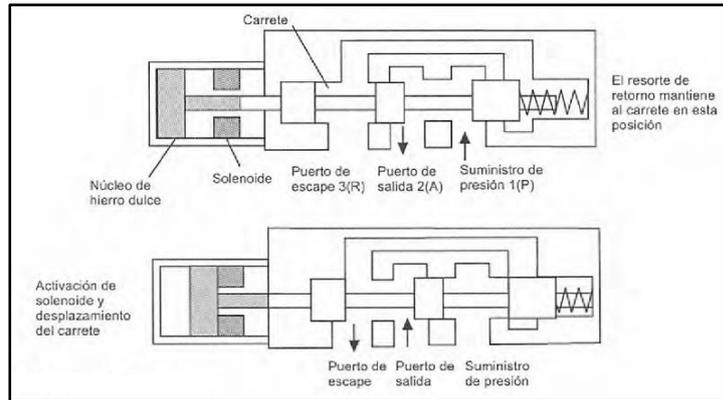


Figura 11. Válvula de un Solenoide
Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

Relé

Es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

2.2.12 Módulo de entradas digitales

Son módulos que permiten leer señales binarias (digitales) obtenidas a partir de detectores (cuya salida es activa o inactiva). Normalmente, van aisladas por medio de opto acopladores. Suelen funcionar con niveles de tensión de 24 V (de continua o de alterna) o niveles de 220 V (de alterna). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 119)

2.2.13 Módulo de salidas digitales

Estos módulos permiten transmitir una señal binaria (activada/desactivada) a un dispositivo externo. Hay tres tipos de salidas

digitales que son las más utilizadas: salida a relé (contacto), salida a transistor (que puede ser NPN o PNP) y salida a TRIAC. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 121-122)

2.2.14 Módulo de entrada y salida analógica

Son módulos que permiten medir señales analógicas y dar como salida señales analógicas. De esta forma, permiten controlar procesos que requieran señales continuas.

Las entradas analógicas pueden ser de tensión (normalmente en un rango de -10 a 10 V ó de 0 a 10 V) o de corriente (en un rango de 4 a 20 mA). En realidad, estos módulos tienen un convertidor analógico-digital, que da un número proporcional a la señal. La resolución (número de bits) varía de unos autómatas a otros. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 124)

2.2.15 Memoria de programa

Contiene el programa (instrucciones) que se ejecutan en el procesador. Se puede dividir en dos partes:

- Una parte ROM que contiene el programa monitor (para comunicar el autómata con los módulos de programación). Este programa monitor es fijo.
- Una parte RAM con batería (puede ser también FLASH EEPROM) en la que se almacena el programa del usuario, que implementa el algoritmo de control del proceso. Evidentemente, este programa se

mantiene, aunque se desconecte el autómata. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.16 Memoria RAM

Es una memoria volátil, es decir, que se borra si se quita la alimentación. Se puede distinguir entre RAM estática (que permanece mientras no se quite la alimentación) y RAM dinámica, que se va borrando, aunque se mantenga la alimentación, por lo que requiere de un sistema que refresque (vuelva a grabar) los valores que almacena cada cierto tiempo. La memoria RAM de los PC es de este tipo. La memoria RAM utilizada en los autómatas programables suele ser estática. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)

2.2.17 Memoria ROM

Grabable solo una vez en fabrica (cuando se fabrica el chip). No se puede borrar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)

2.2.18 Memoria interna

Almacena los valores de entradas y salidas, además de otras variables internas del autómata. En ella se almacenan variables de 1 solo bit, es decir, variables que, aunque estén organizadas en bytes (grupos de 8 bits), se puede acceder a cada uno de los bits de forma independiente para leer o

escribir. En esta zona de memoria se leen los valores de las entradas (donde están conectados los sensores), y se escriben los valores de las salidas (donde están conectados los actuadores). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.19 Memoria de datos

Contiene datos de configuración o parámetros de funcionamiento del autómeta y del proceso, o datos de propósito general. En ella se almacenan variables tipo byte (8 bits) o word (16 bits). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.20 Instrumentación

Los instrumentos de medición y de control son relativamente complejos y su función puede comprenderse bien si están incluidos dentro de una clasificación adecuada. Como es lógico, pueden existir varias formas para clasificar los instrumentos, cada una de ellas con sus propias ventajas y limitaciones. Se considerarán dos clasificaciones básicas: la primera relacionada con la función del instrumento y la segunda con la variable del proceso. De acuerdo con la función del instrumento, obtenemos las formas siguientes:

a) Instrumentos Ciegos

Son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Hay que hacer notar que son ciegos los instrumentos de alarma, tales como presostatos y termostatos (interruptores de presión y temperatura respectivamente) que poseen una escala exterior con un índice de selección de la variable, ya que sólo ajustan el punto de disparo del interruptor o conmutador al cruzar la variable el valor seleccionado. Son también instrumentos ciegos, los transmisores de caudal, presión, nivel y temperatura sin indicación. (Creus, 1999, pág. 12)

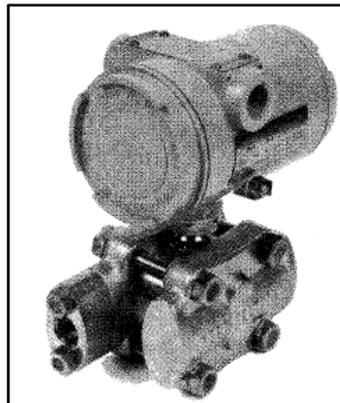


Figura 12. Instrumento Ciego
Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

b) Instrumentos Indicadores

Disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos. (Creus, 1999, pág. 12)



Figura 13. Instrumento Indicador
Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

c) Instrumentos Registradores

Registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráficos rectangulares o alargado según sea la norma del gráfico.

(Creus, 1999, págs. 12-13)

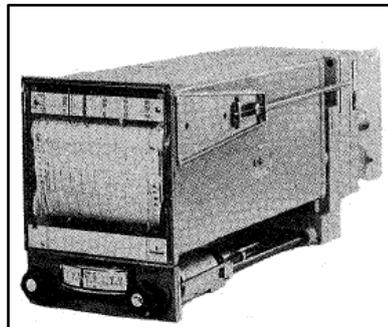


Figura 14. Instrumento Registrador
Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

2.2.21 Detectores de Nivel

Activan o desactivan su salida en función de que el nivel del líquido sea superior o inferior a la posición en que están colocados. Hay de varios tipos:

- **Boya con contacto:** Consiste en una boya flotante y un contacto que se abre o cierra en función de que el líquido haga flotar la boya o no.
- **Conductivo:** Sirve para líquidos conductores, como el agua no destilada. En esencia, consta de dos conductores situados a distinta altura. Cuando el líquido cubre los dos, se establece una corriente entre ellos, que conmuta una salida (generalmente un relé).
- **Capacitivo:** Consta de un detector capacitivo como los descritos en la sección anterior, colocado en la pared del depósito. Si el líquido cubre el sensor, este lo detecta.
- **Ultrasónico:** Consiste en utilizar un detector de ultrasonidos como el descrito en la sección anterior. Este se coloca encima del depósito, midiendo la distancia a la superficie. Normalmente, se suele utilizar uno con salida analógica, con lo que se obtiene el nivel continuo. (Sanchis & Romero & Ariño 2010, págs. 46-47)

2.2.22 Presostato

Sirven para conocer si la presión de una instalación de gas o líquido es mayor o menor que una determinada presión. Los hay mecánicos, de forma que cuando la presión supera el valor umbral, la fuerza ejercida por el líquido o gas vence un resorte y acciona un contacto. Los hay también electrónicos, que incorporan un captador continuo de presión y que activan o no la salida en función de que la medida del sensor sea mayor o menor

que un valor de referencia. Estos suelen ser ajustables. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 47)

2.2.23 Diagrama Escaleras Ladder

El lenguaje de programación más utilizado en los autómatas programables es el diagrama de contactos (Ladder Diagram o diagrama de escalera). Está basado en los automatismos cableados por medio de contactores, que fueron los primeros en implementarse. Gráficamente se representan dos líneas verticales largas separadas, de forma que la de la izquierda representa tensión y la de la derecha, masa. Entre esas líneas verticales, se representan las ecuaciones lógicas por medio de contactos. Hay 3 tipos de elementos fundamentales:

Contacto normalmente abierto (NA): Representa un contacto que está abierto si la variable asociada vale 0, y que se cierra si la variable asociada vale 1. Se representa con dos líneas verticales paralelas.

Contacto normalmente cerrado (NC): Representa un contacto que está cerrado si la variable asociada vale 0, y que se abre si la variable asociada vale 1. Se representa con dos líneas verticales paralelas cruzadas por una línea oblicua.

Bobina: Representa el valor de una variable. Cada salida tiene asociada una bobina. Si esta bobina tiene corriente (el diagrama de contactos la activa), la salida está a 1, y si no tiene corriente, la salida está a cero. Además, puede haber bobinas asociadas a variables internas (por ejemplo,

las que representan cada etapa del proceso). Se representa mediante un círculo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 127-128)

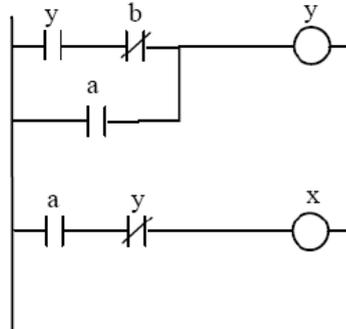


Figura 15. Ejemplo de programa en diagrama de contactos (ladder diagram).
Fuente: “Automatización Industrial” – Roberto Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

2.2.24 Lista de instrucciones

Otro lenguaje muy utilizado es la lista de instrucciones. Este es un lenguaje de aspecto similar al ensamblador, aunque no se codifican instrucciones de código máquina del procesador. El programa se expresa en una lista de instrucciones muy básicas.

Cada instrucción contiene un nemónico (el nombre de la instrucción) y uno o varios datos con los que opera. Estos datos pueden ser un bit o una palabra (registro de 8 ´o 16 bits). El conjunto de instrucciones disponible y la nomenclatura utilizada depende del fabricante del autómeta.

Hay una serie de instrucciones básicas que permiten implementar las ecuaciones lógicas equivalentes al diagrama de relés. Estas instrucciones básicas son:

LD: abre una red de contactos con el contacto abierto. La condición de ejecución tiene en ese momento el valor del bit.

LD NOT: abre una red de contactos con el contacto cerrado. La condición de ejecución tiene en ese momento el valor del bit negado.

AND: hace el Y lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando. El resultado es la condición de ejecución.

AND NOT: hace el Y lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando negado. El resultado es la condición de ejecución).

OR: hace el O lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando. El resultado es la condición de ejecución.

OR NOT: hace el O lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando negado. El resultado es la condición de ejecución. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 130)

2.2.25 Protocolo Industrial Ethernet

Industrial Ethernet para soluciones eficientes de automatización con Industrial Ethernet, el ámbito industrial, dispone de una potente red de área y célula según el estándar IEEE 802.3 (Ethernet) y 802.11 (Wireless LAN). Actualmente Ethernet es, con una proporción de más del 80%, el número uno en todo el mundo entre las redes LAN. Este sistema permite crear, con Industrial Ethernet, potentes redes de comunicación de gran extensión.

La tecnología Ethernet, con gran éxito desde hace muchos años, en combinación con switching, full dúplex y outosensing, ofrece al usuario la

posibilidad de adaptar el rendimiento necesario en su red de forma precisa a sus exigencias. La velocidad de transmisión de datos se puede elegir según las necesidades, porque la compatibilidad sin lagunas permite la introducción escalonada de la nueva tecnología. Ethernet posee características importantes que pueden aportar ventajas esenciales:

- Puesta en marcha rápida gracias a un sistema de conexionado extremadamente simple.
 - Alta disponibilidad; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.
 - Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado; si se necesita, se puede escalar el rendimiento aplicando tecnología de conmutación y elevadas velocidades de transferencia de datos.
 - Interconexión de las áreas más diversas, como oficina y fabricación.
- (Guerrero & Yuste & Martinez, 2010, pág. 255)

2.2.26 Interface Hombre Maquina (HMI)

Son unidades que disponen de un teclado y una pantalla (que puede ser bastante grande), o bien únicamente de una pantalla táctil. Se utilizan para mostrar al operador el estado del proceso y permitir la introducción de consignas (ordenes de marcha, de paro, cambio de parámetros de funcionamiento, etc.). Estas unidades contienen un procesador y una memoria no volátil en la que se programa la aplicación de interfaz con el usuario. Se programan por medio de un ordenador por el puerto serie o un

puerto USB con el software adecuado, y una vez programadas se comunican con el autómata por el puerto serie o por el puerto de periféricos (aunque también se pueden comunicar por medio de una red de mayor nivel, como Ethernet). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 126)

2.3 Marco conceptual

- ✓ **Automatismo:** Sistema automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática ante los cambios que se producen en el mismo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 6)
- ✓ **Contacto normalmente abierto:** Representa un contacto que está abierto si la variable asociada vale 0. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 128)
- ✓ **Contacto normalmente cerrado:** Representa un contacto que está cerrado si la variable asociada vale 0. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 128)
- ✓ **CPU:** El módulo principal es el de CPU, que contiene el procesador, la memoria y algunos controladores de periféricos. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 113)
- ✓ **Detectores:** Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

- ✓ **Detector de Nivel:** Activan o desactivan su salida en función de que el nivel del líquido sea superior o inferior a la posición en que están colocados. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 46)

- ✓ **Diagrama Ladder (Diagrama de escalera):** Está basado en los automatismos cableados por medio de contactores, gráficamente se representan dos líneas verticales largas separadas. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 127)

- ✓ **Entradas o Salidas:** En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

- ✓ **HMI:** Unidades HMI (Human Machine Interface). Son unidades que disponen de un teclado y una pantalla. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 126)

- ✓ **PLC (Controlador Lógico Programable):** Es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas. (Bolton, 2006, pág. 423)

- ✓ **Memoria de datos:** Contiene datos de configuración o parámetros de funcionamiento del autómatas y del proceso, o datos de propósito general. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

- ✓ **Memoria RAM:** Memoria principal de un dispositivo donde se almacena programas y datos informativos. Las siglas RAM significan “Random Access Memory” traducido al español es “Memoria de Acceso Aleatorio”.
- ✓ **Memoria ROM:** Grabable solo una vez en fabrica (cuando se fabrica el chip). No se puede borrar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)
- ✓ **Memoria de programa:** Contiene el programa (instrucciones) que se ejecutan en el procesador. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)
- ✓ **Módulo de entradas digitales:** Son módulos que permiten leer señales binarias (digitales) obtenidas a partir de detectores. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 119)
- ✓ **Módulo de salidas digitales:** Estos módulos permiten transmitir una señal binaria (activada/desactivada) a un dispositivo externo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 120)
- ✓ **Transmisores:** Son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumentó receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. (Creus, 1999, págs. 13-14)
- ✓ **Presostato:** Sirven para conocer si la presión de una instalación de gas o líquido es mayor o menor que una determinada presión. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 47)

CAPÍTULO III

Diseño del Sistema de Bombeo automatizado mediante controlador lógico programable, como alternativa para la reducción de los tiempos de desabastecimiento de agua, en el A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac

3.1 Descripción del Proyecto

3.1.1 Estado Actual de las Instalaciones

Actualmente el Reservorio R-194 de 600 m³ de capacidad se encuentra maniobrado por un operario el cual periódicamente tiene que fijarse el nivel del reservorio para poder accionar las bombas las cuales llenaran dicho reservorio, este proceso de llenado lo hacen por medio de unas tablas de llenado por periodos lo cual no es muy optimo debido a que depende del operario quien ejecuta la maniobra, las bombas del sistema son accionadas alternadamente aproximadamente en periodos de 3 horas, el arranque que

usan para operar las bombas es por medio de un arranque estrella triangulo, a continuación se muestran algunas fotos del estado actual de la estación.

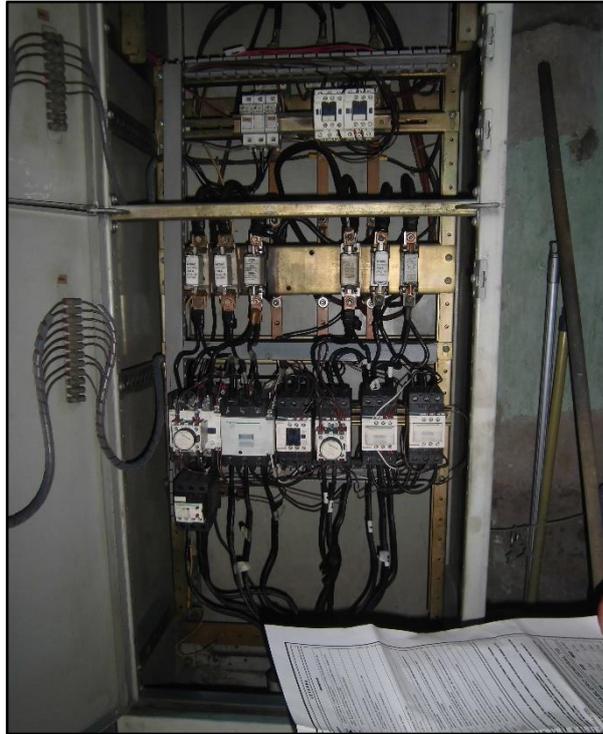


Figura 16. Tablero de Arranque de Bombas
Fuente: Empresa E&A Automatas



Figura 17. Equipo de Bombeo Actual
Fuente: Empresa E&A Automatas

3.1.2 Descripción del Proceso

El proyecto del sistema de bombeo automatizado es una alternativa que se plantea para la reducción de los tiempos de desabastecimiento que tenían los pobladores del A.H portada de Manchay II, este proceso automatizado por medio del PLC S7-1200 de la Marca Siemens hará posible que el sistema trabaje de forma autónoma integrando las diversas entradas y salidas de los componentes en la estación, adicionalmente se hará uso de un HMI KTP-600 también de la marca Siemens para ver de forma visual los estados de las entradas y salidas así mismo de alarmas de fallos que se han programado en la realización del proyecto .

Se eligió el PLC S7-1200 ya que es uno de los más usados en la industria por lo económico que es en comparación a las demás gamas de Siemens, y también por lo versátil que es al ser modular, al tener tanto la CPU del controlador como sus entradas y salidas en un mismo equipo.

Se realizará la programación en el Software Tia Portal V.13, la cual será cargada al PLC, el programa consistirá en controlar el arranque de bombas en alternancia de acuerdo a los niveles de alto y bajo que muestren los reservorios por medio de un relé de nivel de la marca Lovato cuyo código de serie es LVM 30, el cual por medio de unos electrodos de nivel nos indicaran el nivel bajo y alto del reservorio, en caso este bajo el nivel las bombas no arrancaran hasta que se llene el reservorio, en caso se active el nivel alto automáticamente las bombas trabajarán en alternancia en periodos de 3 horas alimentando al reservorio R-197, el cual abastecerá en forma continuo de agua a la población según su demanda.

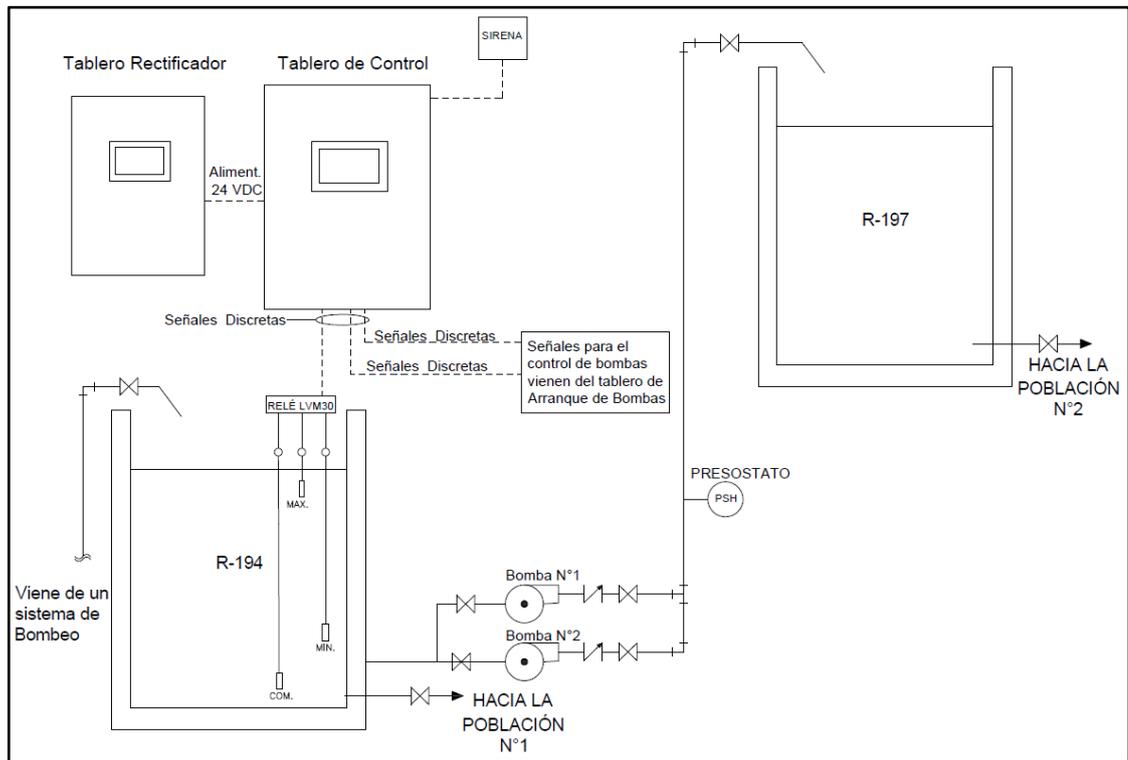


Figura 18. Esquema del Sistema del Bombeo planteado
Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Equipos a usar en el desarrollo del Proyecto

PLC S7-1200

Se usará el PLC S7 -1200 de la gama de CPU 1214C, el cual tiene como código de referencia en la lista de productos de Siemens el siguiente: 6ES7214-1HG40-0XB0.

El PLC tiene una CPU que incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta. Las entradas y salidas, está provistos de 14 entradas discretas y de 10 salidas discretas tipo Relé a 2A,

además tiene adicional 02 entradas de tipo analógica con regulación de 0 a 10 VDC, y la alimentación tiene un valor nominal de 24 VDC teniendo un rango admisible de alimentación entre 20.4 VDC a 28.8 VDC.

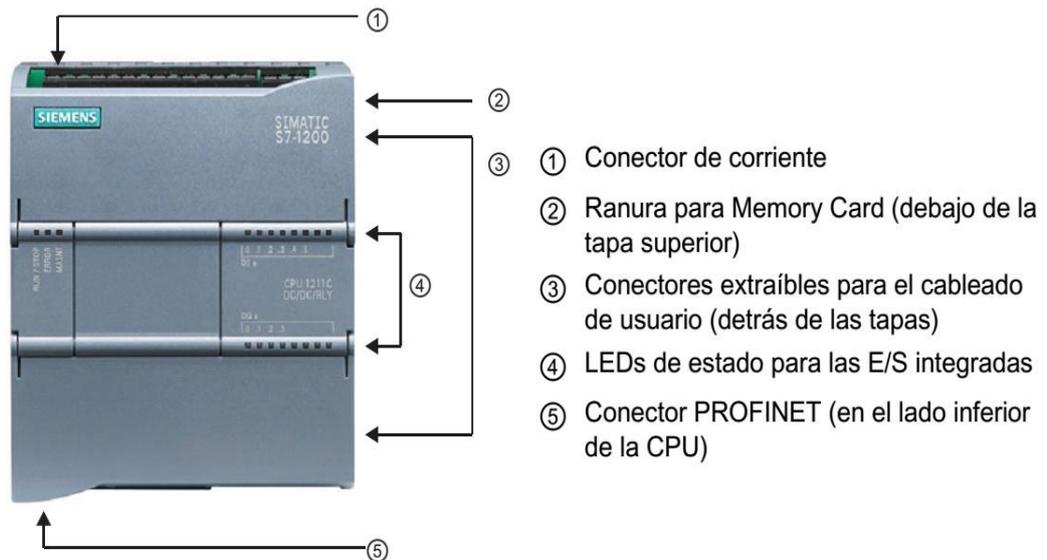


Figura 19. Principales Partes del PLC S7-1200
 Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

El PLC S7-1200 Como ya se dijo tiene unos pines en los cuales se conectarán tanto las entradas como salidas, además de tener los pines para la alimentación del equipo. En la tabla N°1 se muestra la disposición de los pines:

Tabla N°1. Disposición de pines del PLC S7-1200
Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

| Pin | X10 | X11 (oro) | X12 |
|------------|----------------------------|------------------|------------|
| 1 | L1 / 120-240 V AC | 2 M | 1L |
| 2 | N / 120-240 V AC | AI 0 | DQ a.0 |
| 3 | Tierra funcional | AI 1 | DQ a.1 |
| 4 | Salida sensor L+ / 24 V DC | - | DQ a.2 |
| 5 | Salida sensor M / 24 V DC | - | DQ a.3 |
| 6 | 1M | - | DQ a.4 |
| 7 | DI a.0 | - | 2L |
| 8 | DI a.1 | - | DQ a.5 |
| 9 | DI a.2 | - | DQ a.6 |
| 10 | DI a.3 | - | DQ a.7 |
| 11 | DI a.4 | - | DQ b.0 |
| 12 | DI a.5 | - | DQ b.1 |
| 13 | DI a.6 | - | - |
| 14 | DI a.7 | - | - |
| 15 | DI b.0 | - | - |
| 16 | DI b.1 | - | - |
| 17 | DI b.2 | - | - |
| 18 | DI b.3 | - | - |
| 19 | DI b.4 | - | - |
| 20 | DI b.5 | - | - |

A continuación, se describen las principales características técnicas del PLC S7-1200 cuyo CPU es el 1214C, en las cuales se podrán ver los rangos de tensión para su alimentación, además del número de entradas y salidas discretas y analógicas con las cuales dispone, ver las características en la Tabla N°2:

Tabla N°2. Características Técnicas del PLC S7-1200
Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

| SIMATIC S7-1200 CPU1214C | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| Energía | |
| Consumo de energía | 12 W |
| Tensión de alimentación | |
| Tipo de tensión de alimentación | DC |
| Tensión nominal | 24 V |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 20.4 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28.8 V |
| Entradas digitales | |
| Número de entradas digitales | 14; integrada |
| Tensión de entrada (Valor nominal) | 24 V (DC) |
| Para señal "0" | 5 V (DC) a 1 mA |
| Para señal "1" | 15 V (DC) a 2.5 mA |
| Salidas digitales | |
| Número de salidas digitales | 10; relés |
| Protección contra cortocircuito | No; debe ser proporcionado externamente |
| Capacidad de conmutación de salidas | |
| Con carga resistiva | Máximo 2 A |
| Sobre la carga | Máximo 30 W (DC), 200 W (AC) |
| Entradas análogas | |
| Número de entradas análogas | 2 |
| Salidas Analógicas | |
| Número de salidas análogas | 0 |
| Grado y clase de protección | |
| IP20 | Sí |

En caso de mayor información, ver el Anexo N°2 en la cual se dan las características más completas extraídas de la misma página del fabricante Siemens.

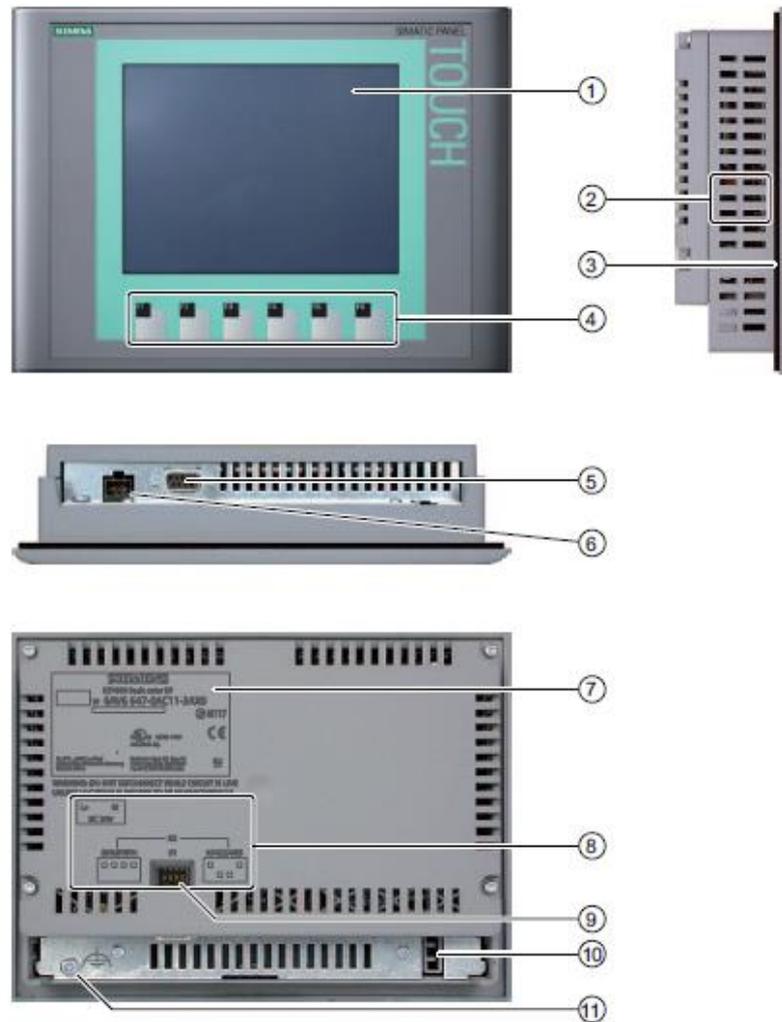
HMI KTP-600

La interfaz hombre maquina es de la marca Siemens, es una de sus gamas básicas, pero no por ello deja de ser muy versátil para el acoplamiento a procesos, tiene un tamaño de 6 “, tiene 6 teclas de desplazamiento de pantalla a pantalla según sea la programación, además de ser touch es decir táctil, la interfaz que usa es al igual que el PLC S7-1200 Interfaz Profinet y su alimentación nominal es a 24 VDC. En la Figura N°20 podemos apreciar al HMI KTP-600.



Figura 20. HMI KTP-600
Fuente: Fichas Técnicas de Siemens

A continuación, se muestran las principales partes del HMI KTP-600



- | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------|
| ① Display/Pantalla táctil | ⑦ Placa de características |
| ② Escotaduras para las mordazas de fijación | ⑧ Nombre del puerto |
| ③ Junta de montaje | ⑨ Interruptor DIL |
| ④ Teclas de función | ⑩ Guía para las tiras rotulables |
| ⑤ Interfaz RS-422/485 | ⑪ Conexión para tierra funcional |
| ⑥ Conexión para la fuente de alimentación | |

Figura 21. Partes del HMI KTP-600
Fuente: Manuales de Usuario - Siemens

Este HMI de la Marca Siemens tiene un tamaño de pantalla de 6 “. Las Dimensiones que tiene el HMI KTP-600 se pueden apreciar en la Figura N°22, las unidades de las acotaciones se encuentran en milímetros:

Croquis acotado del KTP600 PN Basic

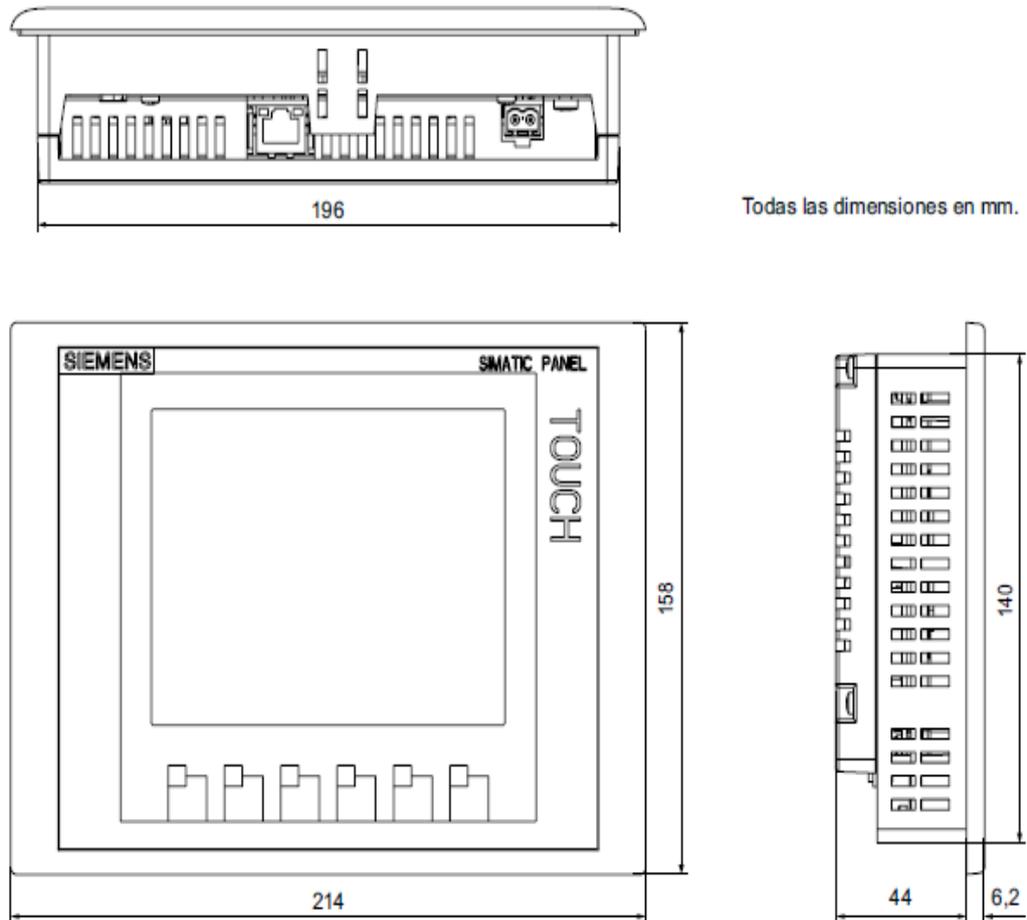


Figura 22. Dimensiones del HMI KTP-600
Fuente: Manuales de Usuario - Siemens

A continuación, se describen las principales características técnicas del HMI KTP-600 de la marca Siemens, ver las características en la Tabla N°3:

Tabla N°3. Características Técnicas del HMI KTP-600 PN
Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

| SIMATIC HMI KTP600 BASIC | |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Energía | |
| Consumo de energía | 9 W |
| Tensión de alimentación | |
| Tipo de tensión de alimentación | DC |
| Tensión nominal | 24 V |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 19.2 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28.8 V |
| Corriente de entrada | |
| Consumo de corriente (valor nominal) | 0.35 A |
| Corriente de entrada | 0.5 A ² .s |
| Tipo de procesador | |
| X86 | No |
| ARM | Sí; RISC 32-bit |
| Memoria | |
| Flash | Sí |
| RAM | Sí |
| Memoria utilizable para datos de usuario | 1 Mbyte |
| Protocolos (Ethernet) | |
| TCP/IP | Sí |
| Grado y clase de protección | |
| IP (en la parte delantera) | IP65 |
| IP (en la parte trasera) | IP20 |

En caso de mayor información, ver el Anexo N°3 en la cual se dan las características más completas extraídas de la misma página del fabricante Siemens.

Presostato

Los presostatos KP de la Marca Danfoss, se usan para proporcionar protección a sistemas de refrigeración y aire acondicionado y sistemas de bombeo frente a presiones de aspiración o descarga excesivamente bajas o altas, respectivamente. Este presostato KP está provisto de un interruptor SPDT. La posición del interruptor se determina a partir del ajuste del presostato y la presión en el conector marcándonos así un nivel alto o bajo. Los presostatos KP están disponibles con protección IP 30, IP 40.



Figura 23. Presostato KP de la Marca Danfoss
Fuente: Catalogo Técnico de Danfoss

A continuación, se muestran las características técnicas del presostato en la tabla N°4:

Tabla N°4. Características Técnicas del Presostato KP
Fuente: Catalogo Técnico de Danfoss

| Presostato KPI 38 | |
|------------------------------|----------------------|
| Regulación | 8 a 28 bar |
| Diferencial | 1.8 a 6 bar |
| Presión de trabajo admisible | 30 bar |
| Presión de prueba máxima | 30 bar |
| Toma de presión | G ¼ A |
| Material de Contacto | Plata |
| Uso | Bombas y Compresores |
| Tiempo de disparo | Ultra-corto |
| Entrada de cable | Ø6 - 14 mm |
| Tipo de corriente | Continua y Alterna |

Relé de Nivel

El relé de nivel seleccionado es de la marca Lovato y el modelo elegido es el LVM30, este dispositivo permite indicar los niveles de alto y bajo por medio de unos electrodos. Estos electrodos son resistentes y el relé es un dispositivo de estado sólido, diseñados para cumplir la función de sensado por variación de la resistencia entre dos electrodos.

Estos dispositivos son utilizados en:

- Procesos industriales para la detección de nivel de líquidos conductores como puede ser el agua.
- Detección de líquido en el conductor de la fuente a la bomba para que esta no trabaje en vacío.

Los relés de agua pueden ser utilizado en varias aplicaciones, siendo las más comunes:

- Un tanque de agua necesita ser llenado.
- Un depósito de agua necesita ser secado.



Figura 24. Relé de Nivel LVM30
Fuente: Catalogo Técnico de Relés - Lovato

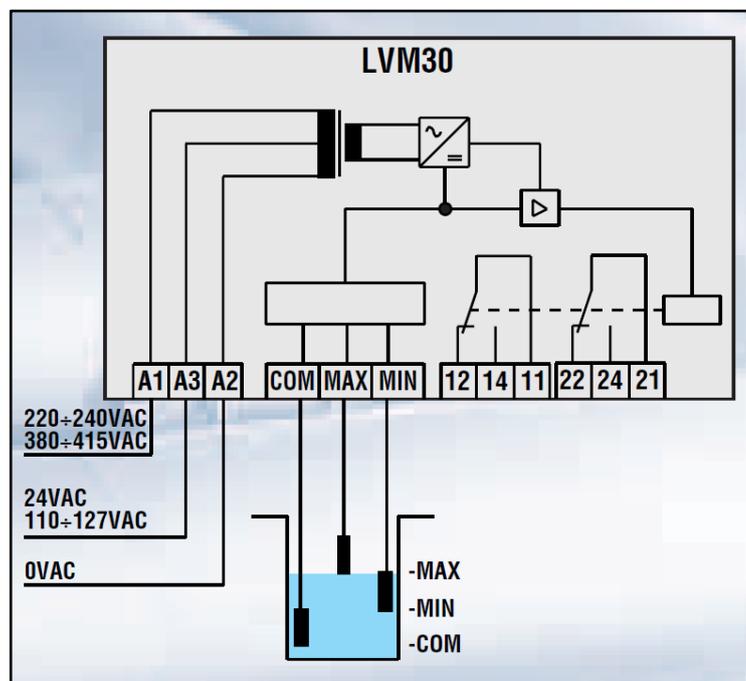


Figura 25. Diagrama de Conexiones de Relé LVM30
Fuente: Catalogo Técnico de Relés - Lovato

A continuación, se describen las principales características técnicas del Relé de Nivel modelo LVM30 de la marca Lovato, ver las características en la Tabla N°5:

Tabla N°5. Características Técnicas del Relé de Nivel LVM30
Fuente: Catalogo Técnico de Danfoss

| Relé de control de nivel Lovato LVM 30 | |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Sondas de detección | 3 (MIN, MAX y COM) |
| Sensibilidad regulable | 2.5 - 50 kΩ |
| Función de vaciado | Sí |
| Función de llenado | Sí |
| Selector de función vaciado-llenado | Sí |
| Aislamiento | Doble; entre alimentación, sonda y relé de salida |
| Regulación | Retardo señal de sonda: 1 - 10 seg. Arranque de bomba 0 - 300 seg. |
| Salida | A relé con 2 contactos conmutados NA/NC 8 A (AC1) 250 VAC 0 1.5 A (AC15) 240 VAC |
| LED de alimentación | Verde |
| LED de estado de relé de salida | Rojo |
| Bloque de conexiones | 4 mm ² (12 AWG) |
| Temperatura ambiente de trabajo | -20°C a 60°C |
| Grado de protección frontal | IP40 |

En caso de mayor información, ver el Anexo N°4 en la cual se dan las características más completas del funcionamiento para los sistemas de agua, los cuales fueron extraídos del catálogo de Relés de Nivel de la Marca Lovato.

3.1.4 Diagrama de Flujo para el Proceso

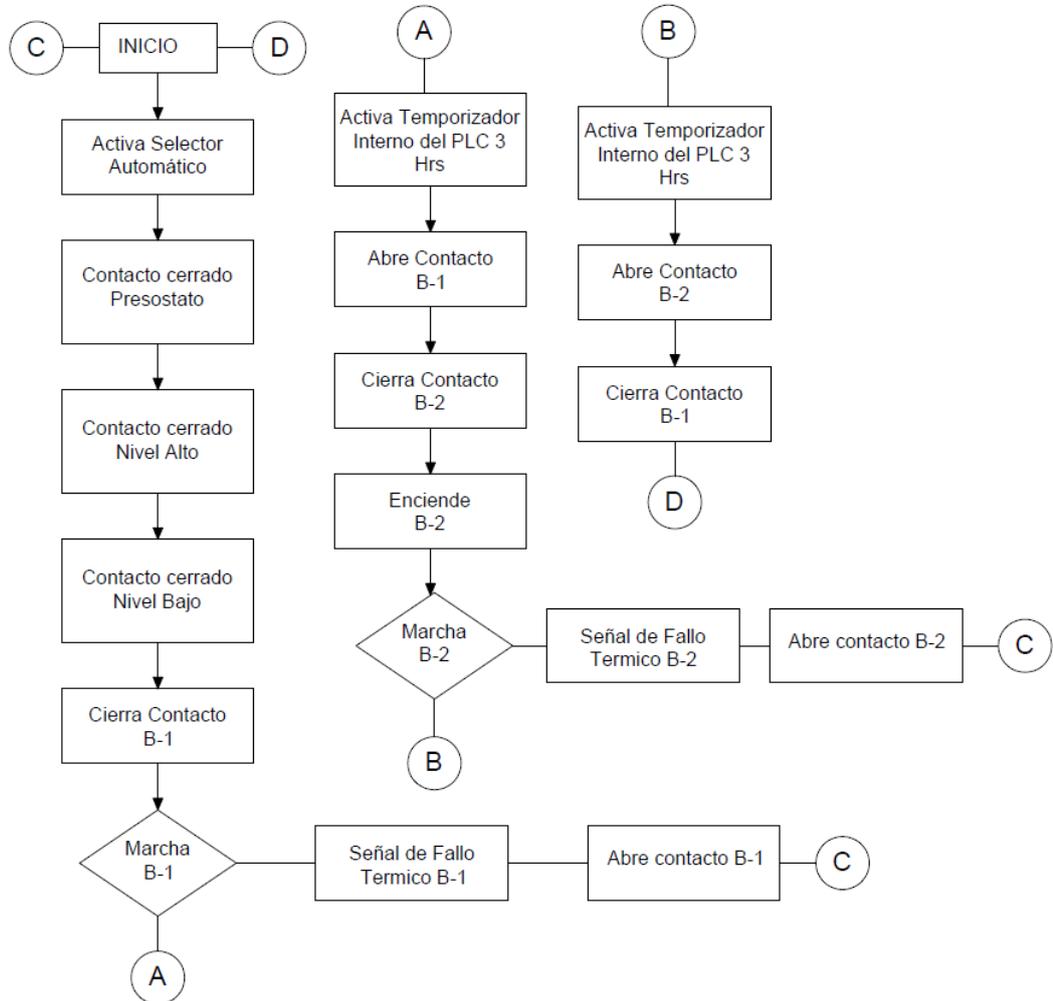


Figura 26. Diagrama de Flujo del Proceso
Fuente: Elaboración Propia

La Bomba N°1 se pondrá en marcha siempre y cuando el nivel bajo y el nivel alto se encuentren cerrados indicando que el reservorio se encuentra lleno por lo cual el sistema de bombeo tiene que accionarse a la vez la marcha de la bomba activara una temporización del PLC la cual le permitirá que el sistema este accionado 3 Hrs, luego de ello se desactiva B-1 para dar paso a la bomba B-2 activando también una temporización de 3 Hrs y así

alternadamente, en caso sucedan fallas del relé térmico dependiendo de que bomba sea, este parara dándole paso a la bomba que esté disponible.

3.2 Diseño de la programación del Sistema de Bombeo Automatizado mediante PLC S7-1200.

3.2.1 Comunicación del PLC y PC

La comunicación entre el PLC s7-1200 y la PC se llevará a cabo por medio de un cable Ethernet el cual tiene un conector de tipo RS-485, en la siguiente figura se puede visualizar dicha conexión:



Figura 27. Comunicación de PLC y PC
Fuente: Revista de Electricidad, electrónica y Automática Virtual

3.2.2 Señales de entrada y de Salida

Se realiza un listado de todas las señales discretas de entradas y señales de salida discretos de los planos eléctricos (Ver Anexo N°5), para poder así tomar las provisiones de agregar o no un módulo adicional para lo cual se presenta la tabla N° 6 indicando dicha información:

Tabla N°6. Tabla de Señales de entrada y de Salida
Fuente: Elaboración Propia

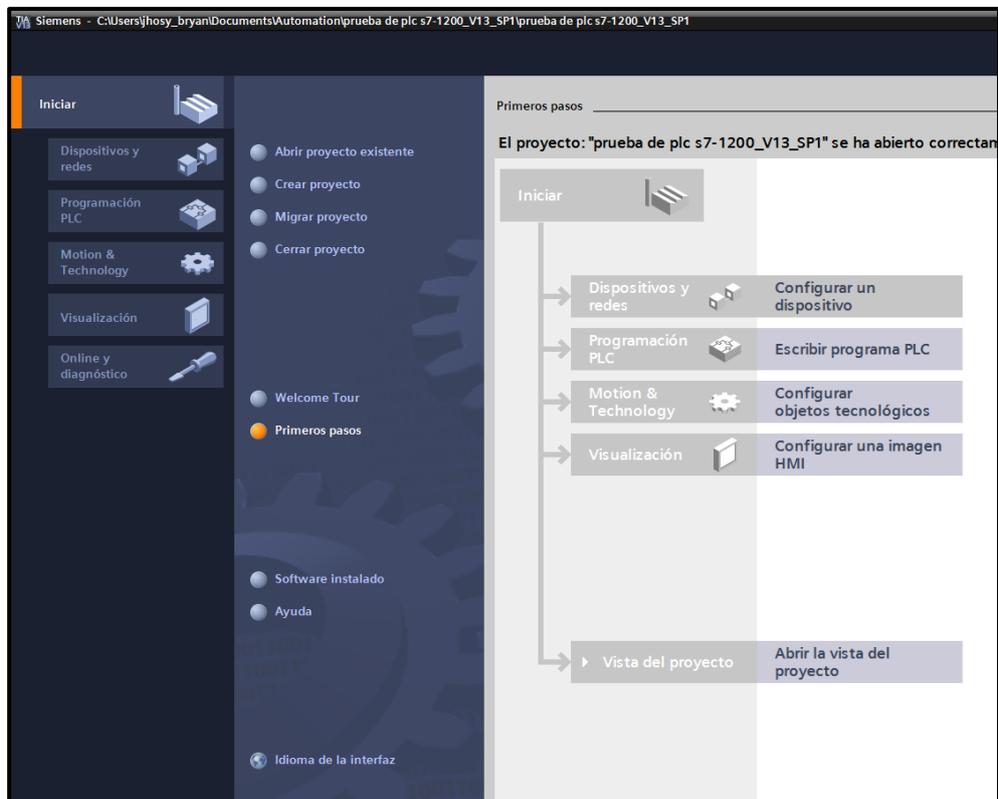
| Entrada Discreta | Descripción |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Selector Automático | El contacto es Abierto en la posición inicial |
| Fallo Térmico B-N°1 | En caso se Active el Relé Térmico de la Bomba N°1 |
| Fallo Térmico B-N°2 | En caso se Active el Relé Térmico de la Bomba N°2 |
| Modo Manual | Contacto Abierto, solo indicara el modo manual |
| Nivel Alto | Contacto Abierto indicara el nivel alto del reservorio |
| Nivel Bajo | Contacto Abierto indicara el nivel bajo del reservorio |
| Presostato | Contacto Abierto en caso de sobrepresiones |
| Apertura de Puerta Tablero | Contacto Abierto activará una sirena en caso se habrá el tablero |
| Salidas Discretas | |
| Marcha B-1 | Arrancará la Bomba N°1 |
| Marcha B-2 | Arrancará la Bomba N°2 |
| Sirena | Activara una sirena |

Ya que en número de entradas discretas es 8 no requiere que se amplíe un módulo adicional al plc S7-1200 ya que este cuenta con 14 entradas discretas disponibles teniendo unas 6 entradas para futuras señales. Con respecto a las señales de Salida se tienen disponibles 10 salidas de tipo Relé, y al solo tener 3 salidas en nuestro proceso tendríamos 7 disponibles como reserva.

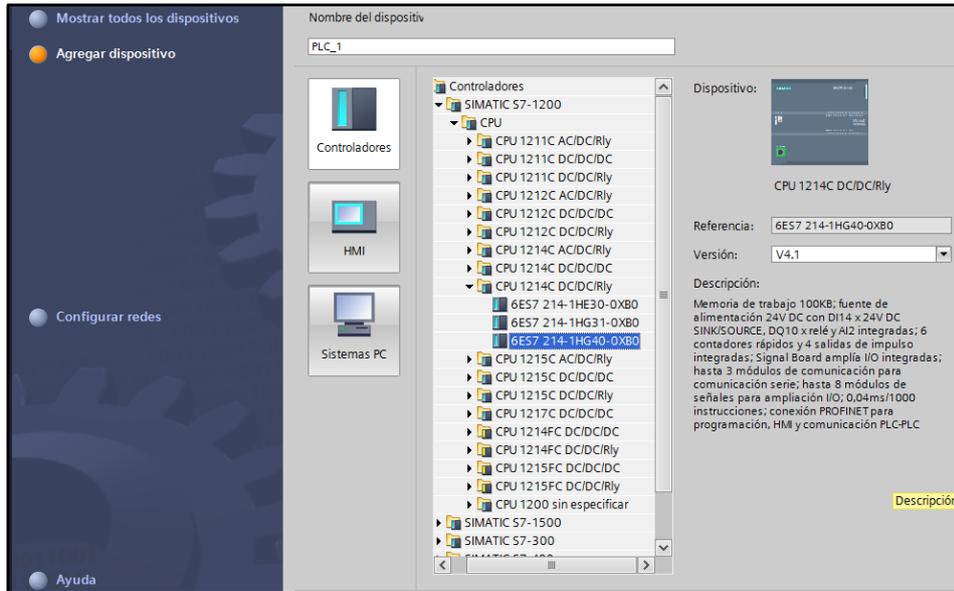
3.2.3 Desarrollo de la Programación del PLC S7-1200

Para la realización de la programación se hará uso del Software Tia Portal V.13 el cual es de propiedad de la empresa Siemens, siendo este un software muy intuitivo para la realización de los proyectos, además de tener una interfaz visualmente buena.

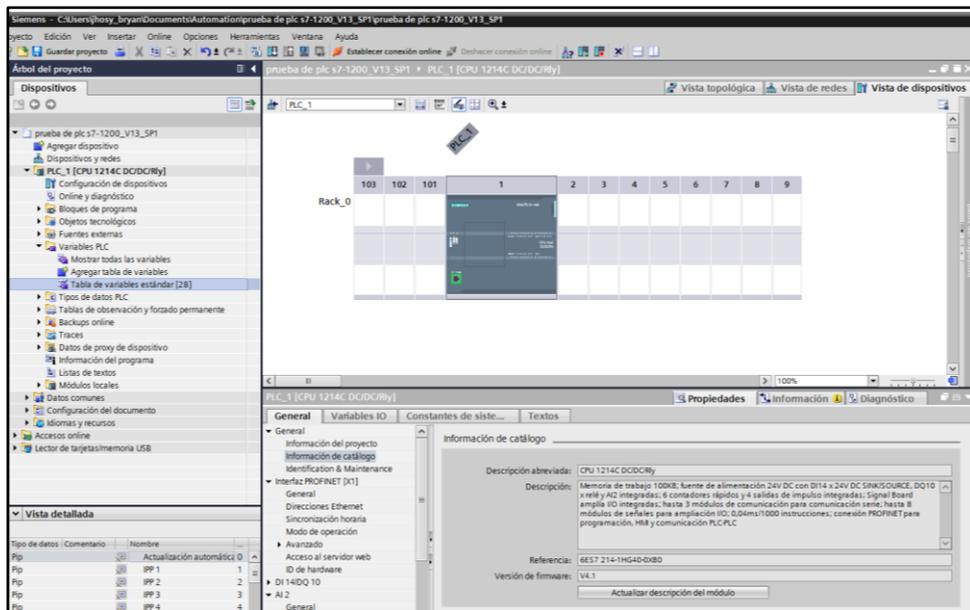
Empezamos abriendo el software Tia Portal v.13 podemos ver la interfaz en la siguiente imagen:



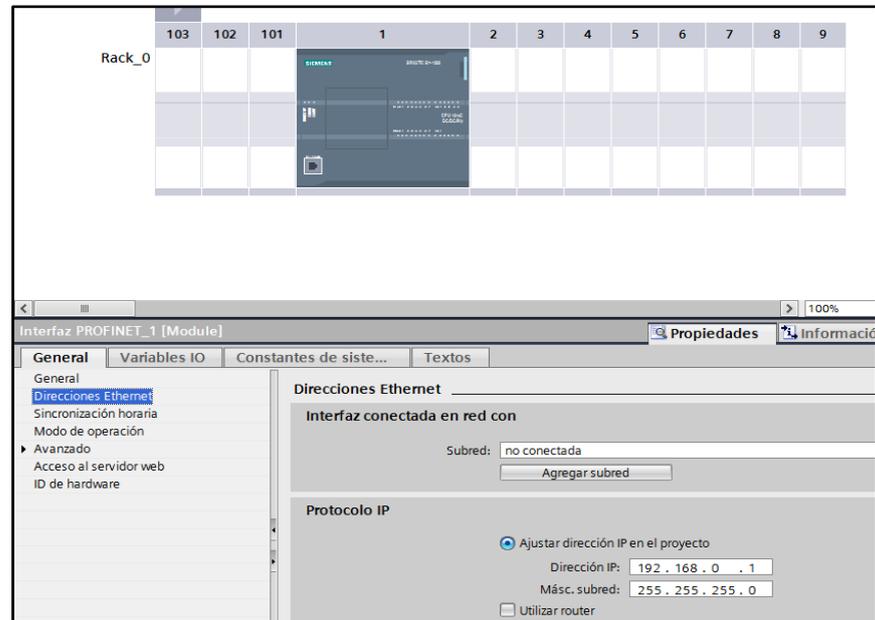
Seleccionamos configurar un dispositivo y nos saldrá la opción de agregar dispositivos en la cual buscaremos el modelo de nuestro PLC en la pestaña de controladores, nuestro PLC tiene una CPU 1214C DC/DC/RLY, podemos ver este proceso en la siguiente imagen.



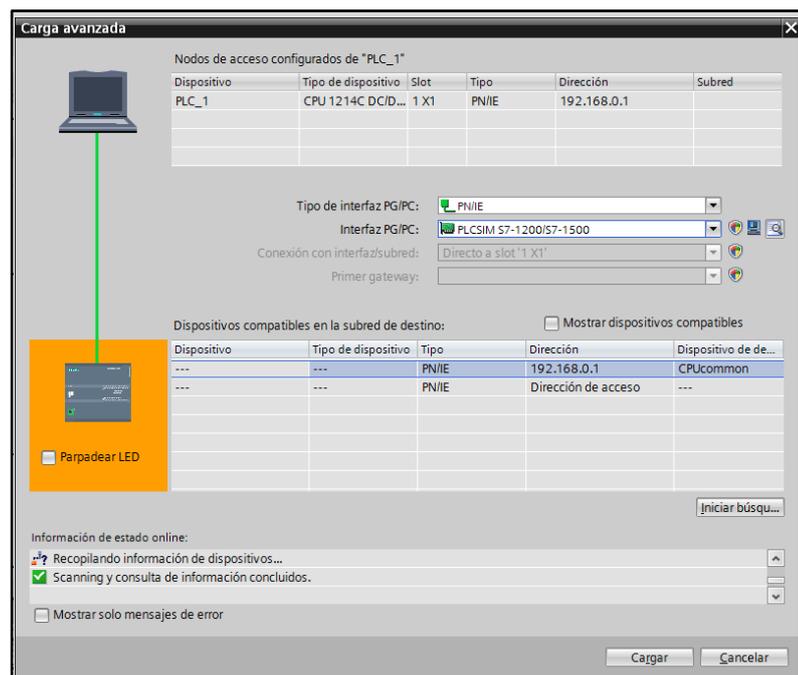
Al encontrar el modelo exacto de nuestro PLC S7-1200 CPU 1214C le damos doble click dándonos la siguiente pantalla donde dispondremos de la opción de configurar nuestro PLC ya cargado.



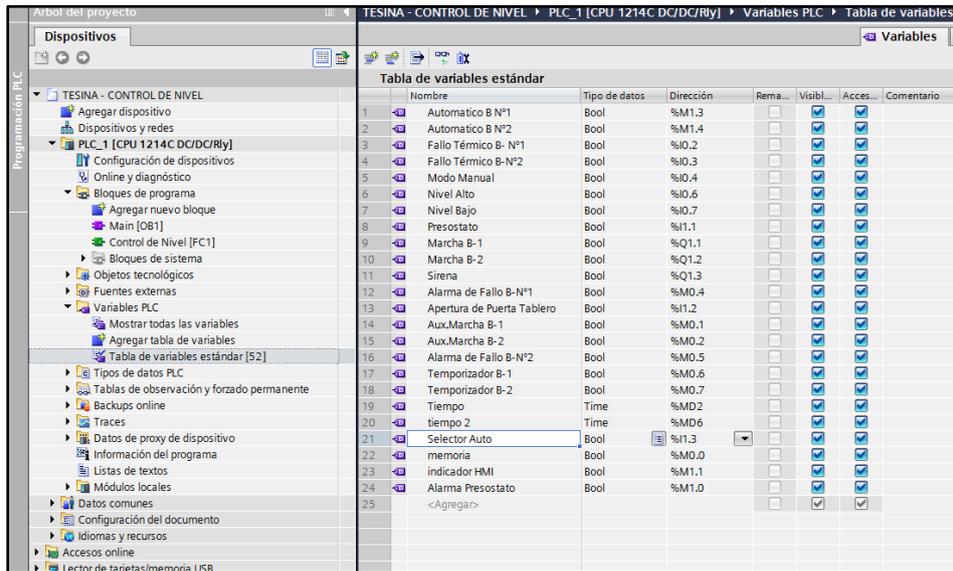
Luego de ello pasamos a colocarle el IP a nuestro PLC S7-1200 el cual será el siguiente: 192.168.0.1 con una mascar de subred de 255.255.255.0



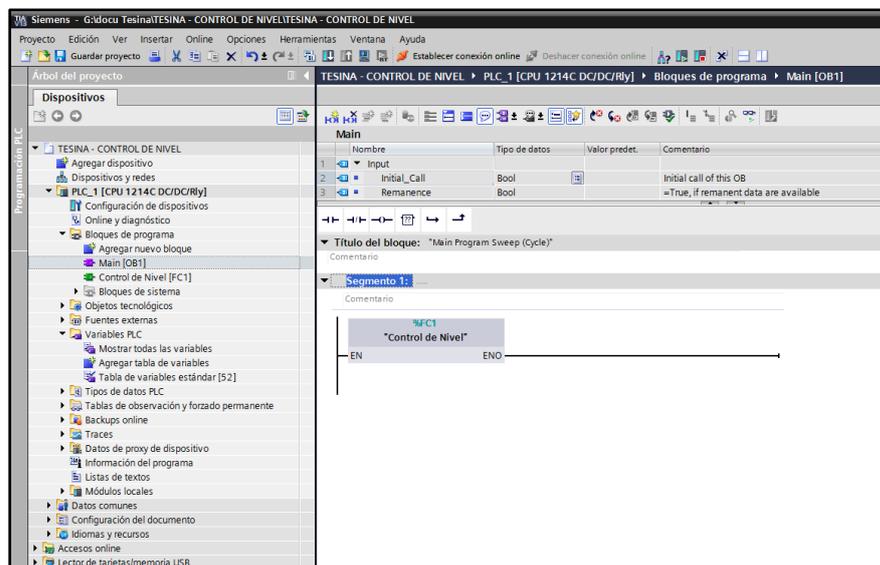
Luego de ello cargamos las configuraciones realizadas para ver si hay una conexión entre el PLC y la PC.



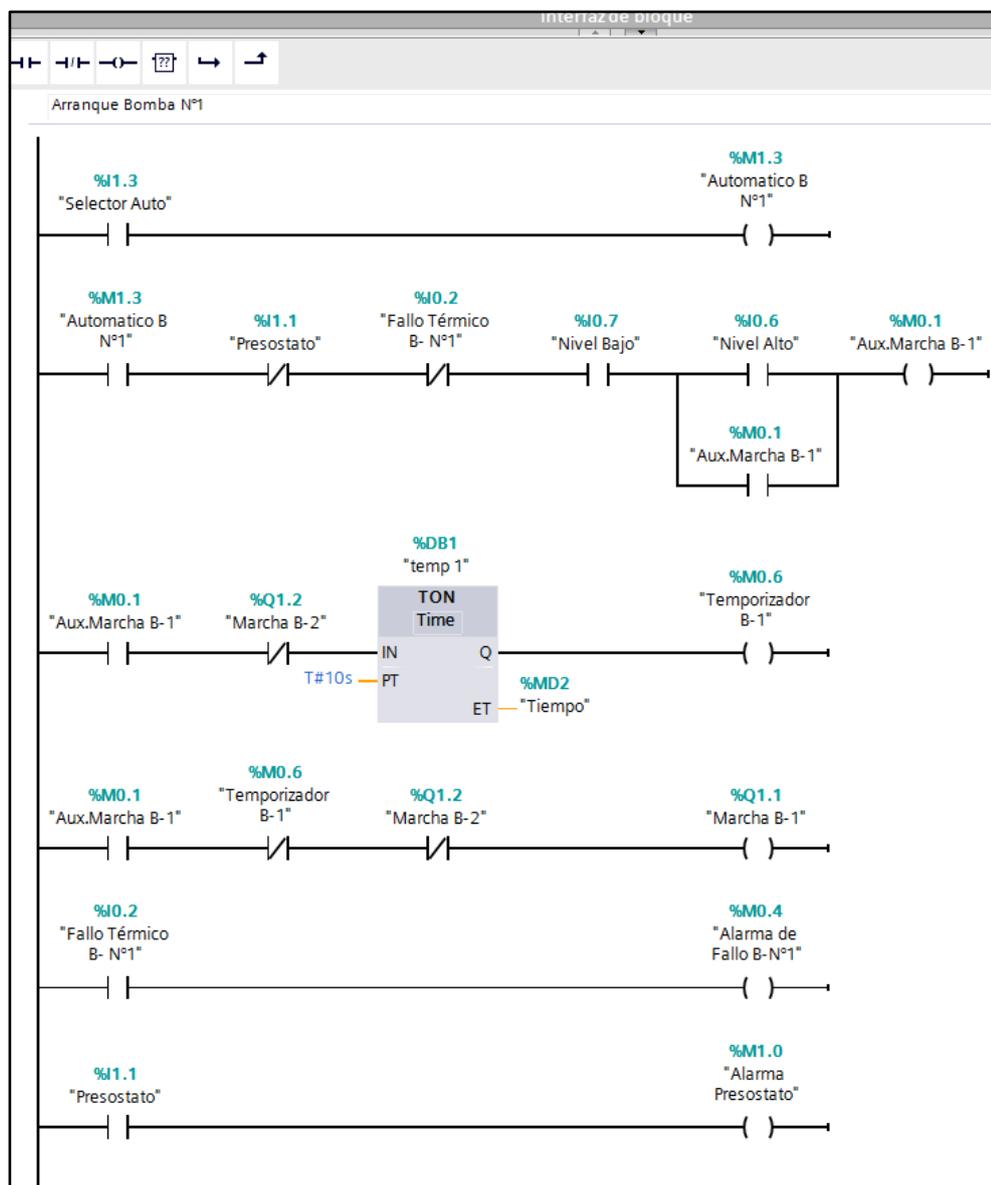
Teniendo así una conexión satisfactoria entre el PLC y el PC, luego debemos ingresar en la opción de variables del plc, en la tabla de variables estándar e ingresar las entradas y salidas, además de algunas marcas las cuales son espacios de memorias internas propias del plc, a continuación, se puede observar ello en la siguiente imagen.

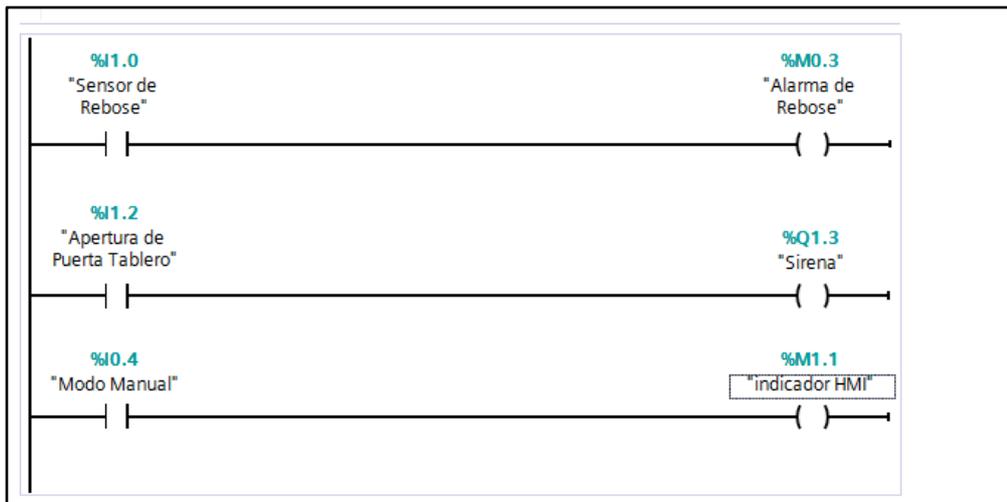
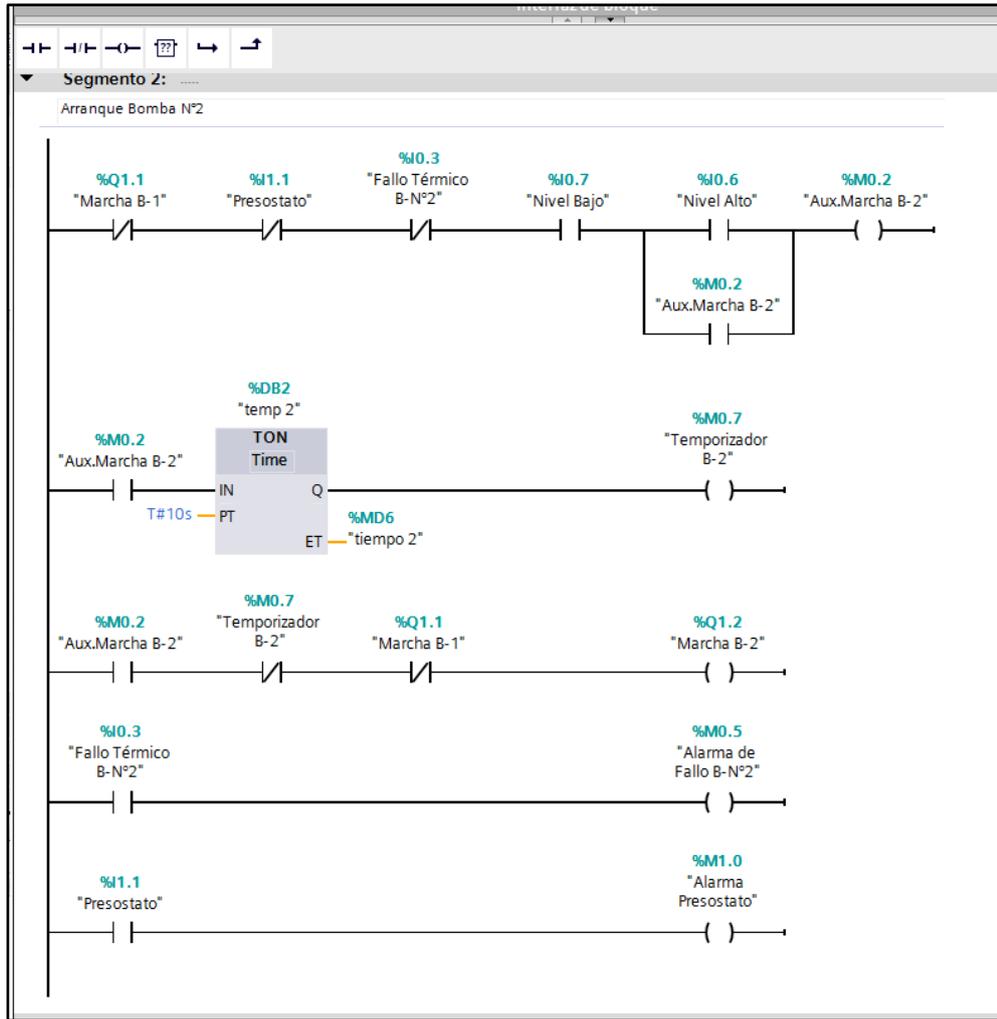


Luego ingresamos a la opción bloques del programa y tendremos lo siguiente.

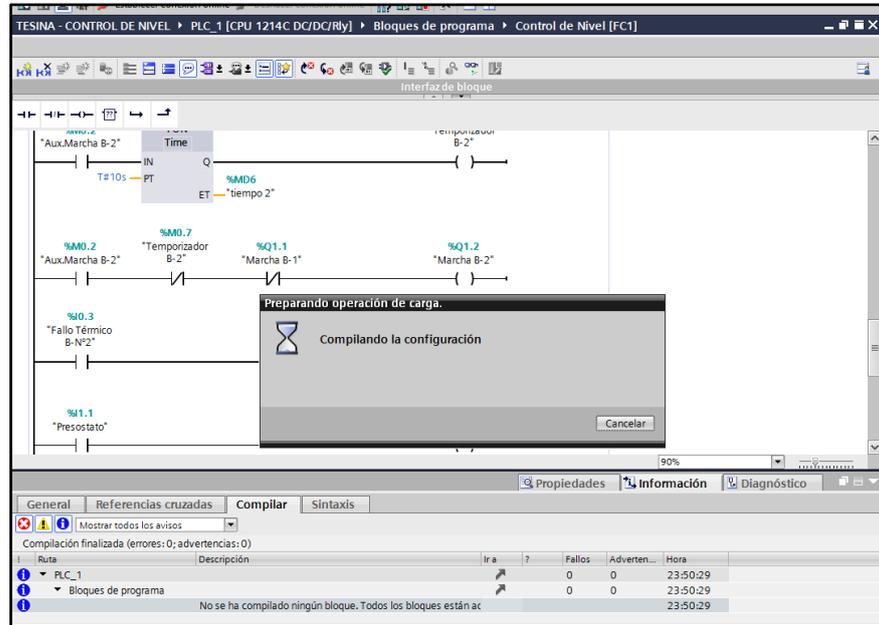


A continuación, empezamos con la programación en lenguaje Ladder ya que tenemos los bloques de funciones, contactos abiertos o cerrados y la función de activación, con lo cual procedemos a la realización del programa para el control alternado de los motores en intervalos de 3 hrs, para la simulación del proceso se tuvo que colocar un temporizador con un tiempo de 10 segundos de conteo a la desconexión para agilizar las pruebas de la programación.

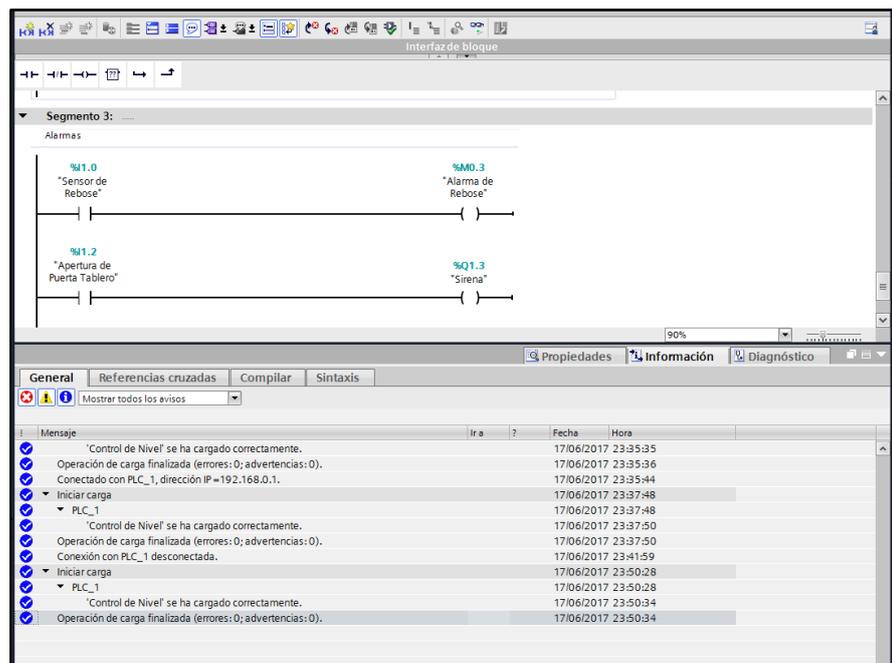




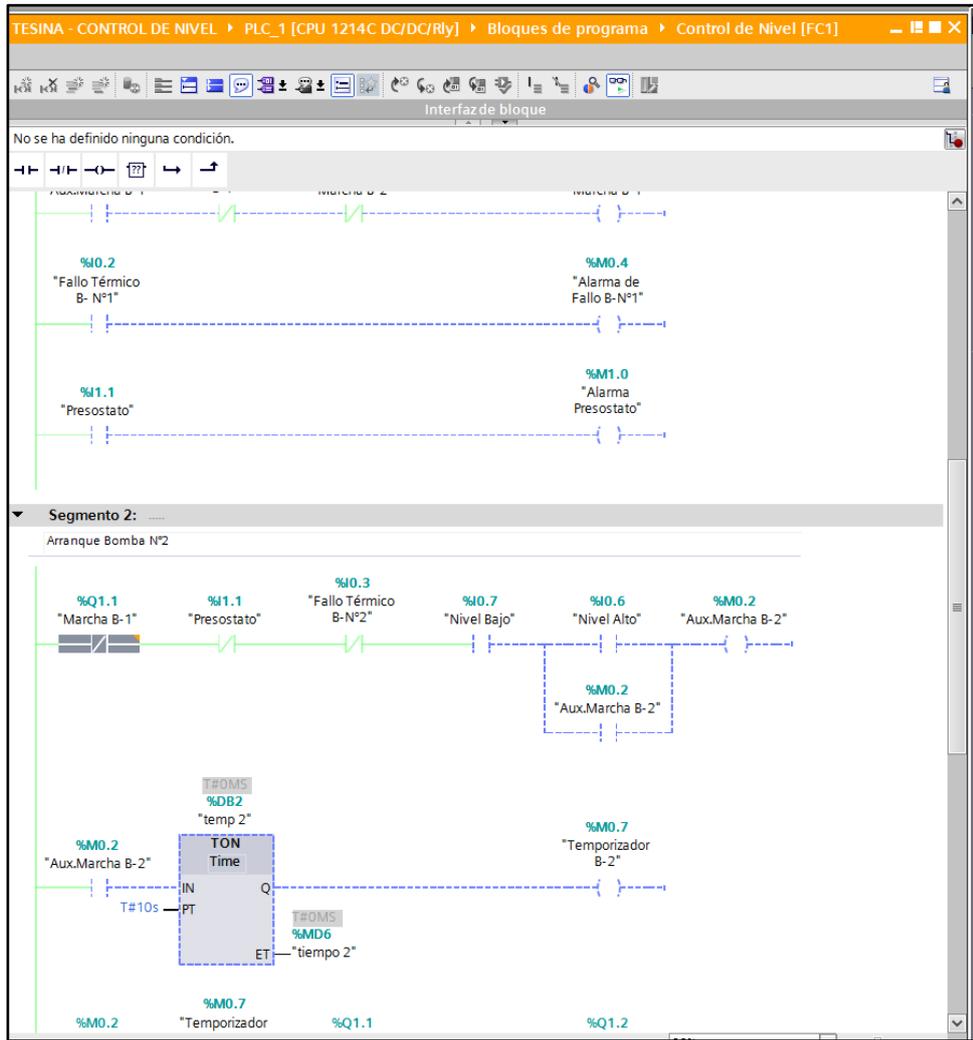
Luego de realizada la programación se procede a cargar el programa para verificar si existen errores en la compilación del mismo.



Podemos observar que no existen inconvenientes en la compilación del programa.



Procedemos a la simulación del programa realizado mediante el PLCSIM.



Siemens - C:\Users\jhosy_bryan\Documents\Simulation\Proyecto16\Proyecto16

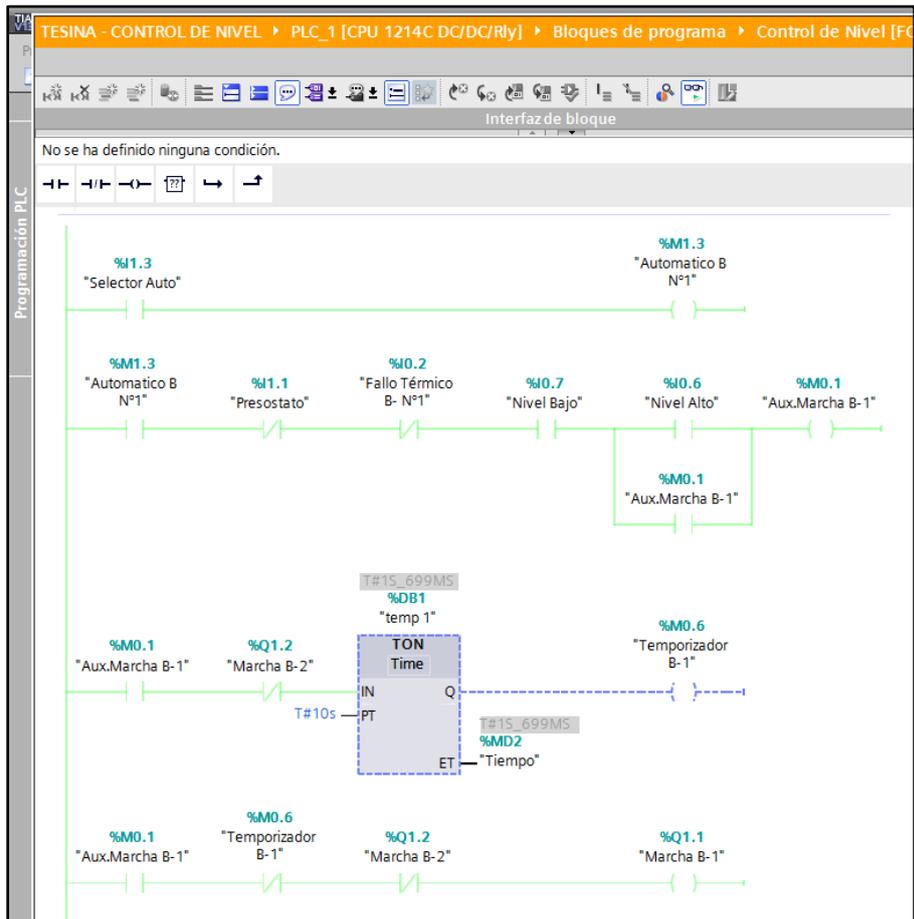
Proyecto Edición Ejecutar Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Dirección IP: 192.168.0.1

Tabla SIM_1

| | Nombre | Dirección | Formato de visua.. | Observar/forzar valor | Bits |
|---------|------------------------|-----------|--------------------|-----------------------|------|
| Iniciar | "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | FALSE | |
| | "Nivel Alto" | %IO.6 | Bool | FALSE | |
| | "Nivel Bajo" | %IO.7 | Bool | FALSE | |
| | "Presostato" | %I1.1 | Bool | FALSE | |
| | "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | FALSE | |
| | "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | FALSE | |
| | "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#OMS | |
| | "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#OMS | |
| | "Fallo Térmico B- N°1" | %IO.2 | Bool | FALSE | |
| | "Fallo Térmico B-N°2" | %IO.3 | Bool | FALSE | |

El sistema inicia con la activación del selector automático y cumpliendo las condiciones de que el electrodo de nivel alto y bajo estén cerrados, activando la marca Aux.Marcha B-1 el cual da inicio al temporizador y también al arranque de la bomba N°1.



15 - C:\Users\jhosy_bryan\Documents\Simulation\Proyecto16\Proyecto16

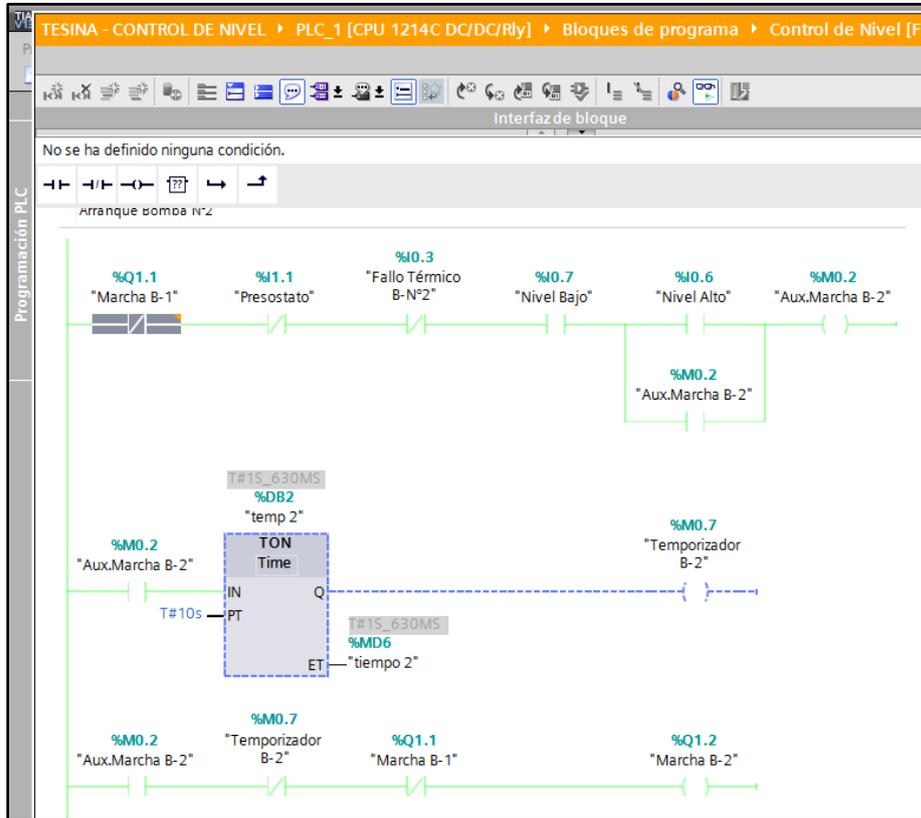
Edición Ejecutar Opciones Herramientas Ventana Ayuda Totally Integrated SIMATIC

Guardar proyecto Dirección IP: 192.168.0.1

SIM_1

| Nombre | Dirección | Formato de visua.. | Observar/forzar valor | Bits | Forzar coherente... |
|------------------------|-----------|--------------------|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Alto" | %IO.6 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Bajo" | %IO.7 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Presostato" | %I1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#15_541MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#0MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "Fallo Térmico B- N°1" | %IO.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Fallo Térmico B-N°2" | %IO.3 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |

Luego de que el temporizador haya realizado el conteo de 10 segundos se activa automáticamente la bomba N°2.



Edición Ejecutar Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Dirección IP: 192.168.0.1

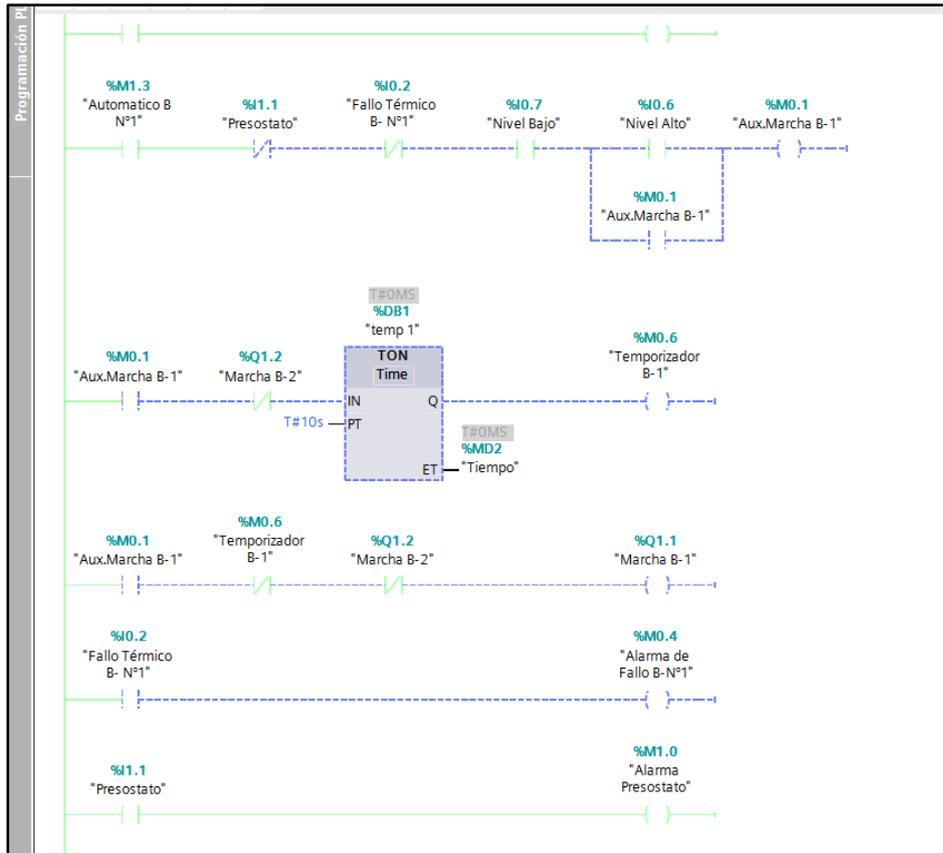
Totally Integrated S7-

Tabla SIM_1

| Nombre | Dirección | Formato de visua... | Observar/forzar valor | Bits | Forzar coherente... |
|------------------------|-----------|---------------------|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | TRUE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Alto" | %I0.6 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Bajo" | %I0.7 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Presostato" | %I1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#0MS | | T#0MS |
| "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#15_771MS | | T#0MS |
| "Fallo Térmico B- N°1" | %I0.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Fallo Térmico B-N°2" | %I0.3 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |

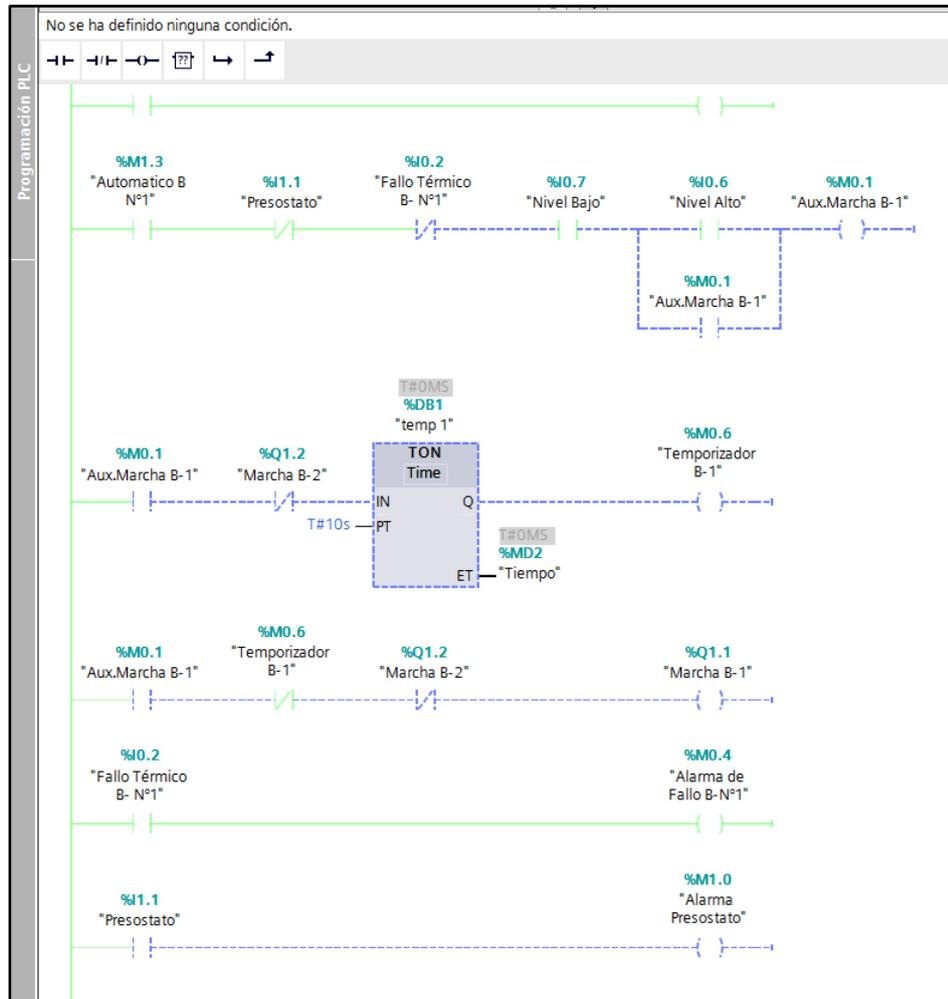
Esta secuencia se estará llevando a cabo alternadamente en tiempo de 10 segundos, pero para el proceso en realidad se fijó un tiempo de 3 horas, solo por efectos de simulación se colocó 10s.

A continuación, vamos a simular las posibles fallas que se puedan originar en el sistema además de las alarmas. En este caso se simuló que el presostato se activa debido a una sobrepresión en la línea, lo cual haría que las bombas paren.



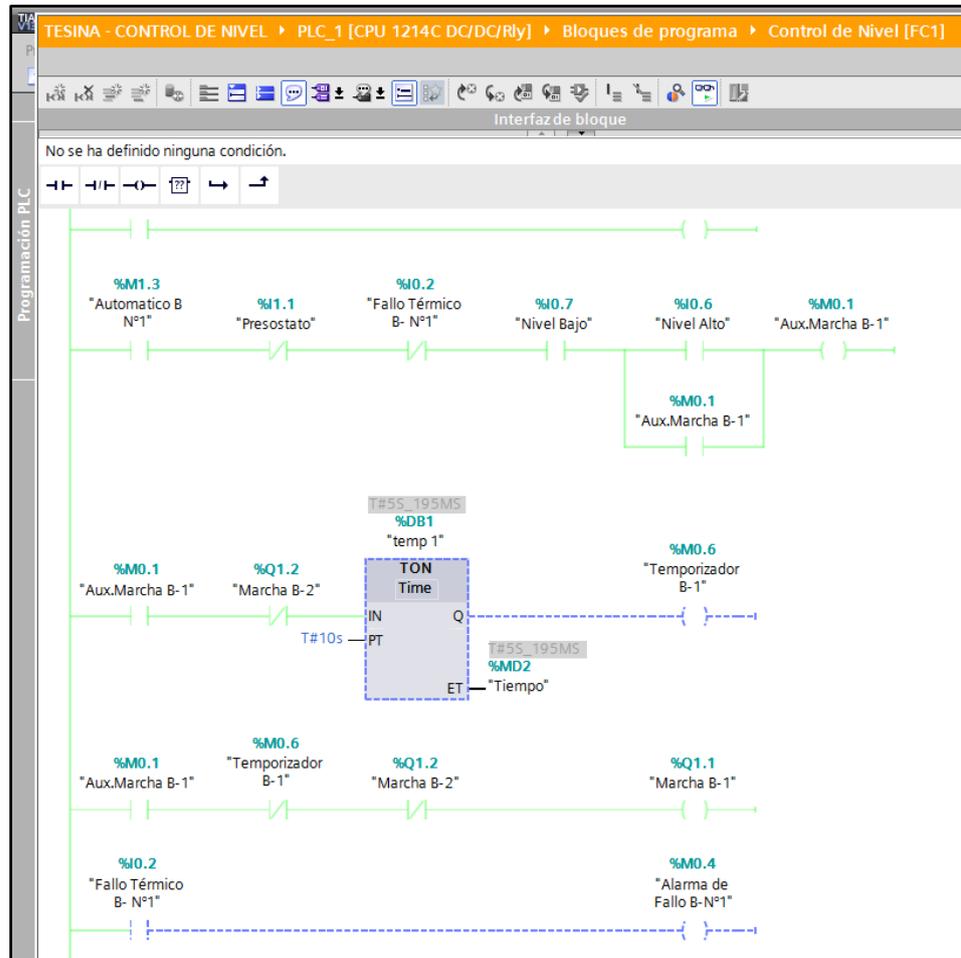
| Nombre | Dirección | Formato de visua... | Observar/forzar valor | Bits | Forzar coherente... |
|------------------------|-----------|---------------------|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Alto" | %I0.6 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Bajo" | %I0.7 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Presostato" | %I1.1 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#0MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#0MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "Fallo Térmico B- N°1" | %I0.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Fallo Térmico B-N°2" | %I0.3 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |

En este caso se simuló que el relé térmico de la bomba N°1 se activa debido a una falla del motor, lo cual haría que la bomba N°1 pare haciendo que la bomba N°2 tome la posta.



| Nombre | Dirección | Formato de visua.. | Observar/forzar valor | Bits | Forzar coherente... |
|------------------------|-----------|--------------------|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Alto" | %I0.6 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Bajo" | %I0.7 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Presostato" | %I1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#0MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#15_633MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "Fallo Térmico B- N.." | %I0.2 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Fallo Térmico B-N°2" | %I0.3 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |

En este caso se simuló que el relé térmico de la bomba N°2 se activa debido a una falla del motor, lo cual haría que la bomba N°2 pare haciendo que la bomba N°1 tome la posta.



| Nombre | Dirección | Formato de visua... | Observar/forzar valor | Bits | Forzar coherente... |
|------------------------|-----------|---------------------|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| "Selector Auto" | %I1.3 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Alto" | %I0.6 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Nivel Bajo" | %I0.7 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Presostato" | %I1.1 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-1" | %Q1.1 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |
| "Marcha B-2" | %Q1.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Tiempo" | %MD2 | Hora | T#55_242MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "tiempo 2" | %MD6 | Hora | T#0MS | | <input type="checkbox"/> T#0MS |
| "Fallo Térmico B- N°1" | %I0.2 | Bool | FALSE | | <input type="checkbox"/> FALSE |
| "Fallo Térmico B- N°2" | %I0.3 | Bool | TRUE | | <input checked="" type="checkbox"/> FALSE |

3.2.4 Esquema de Automatización

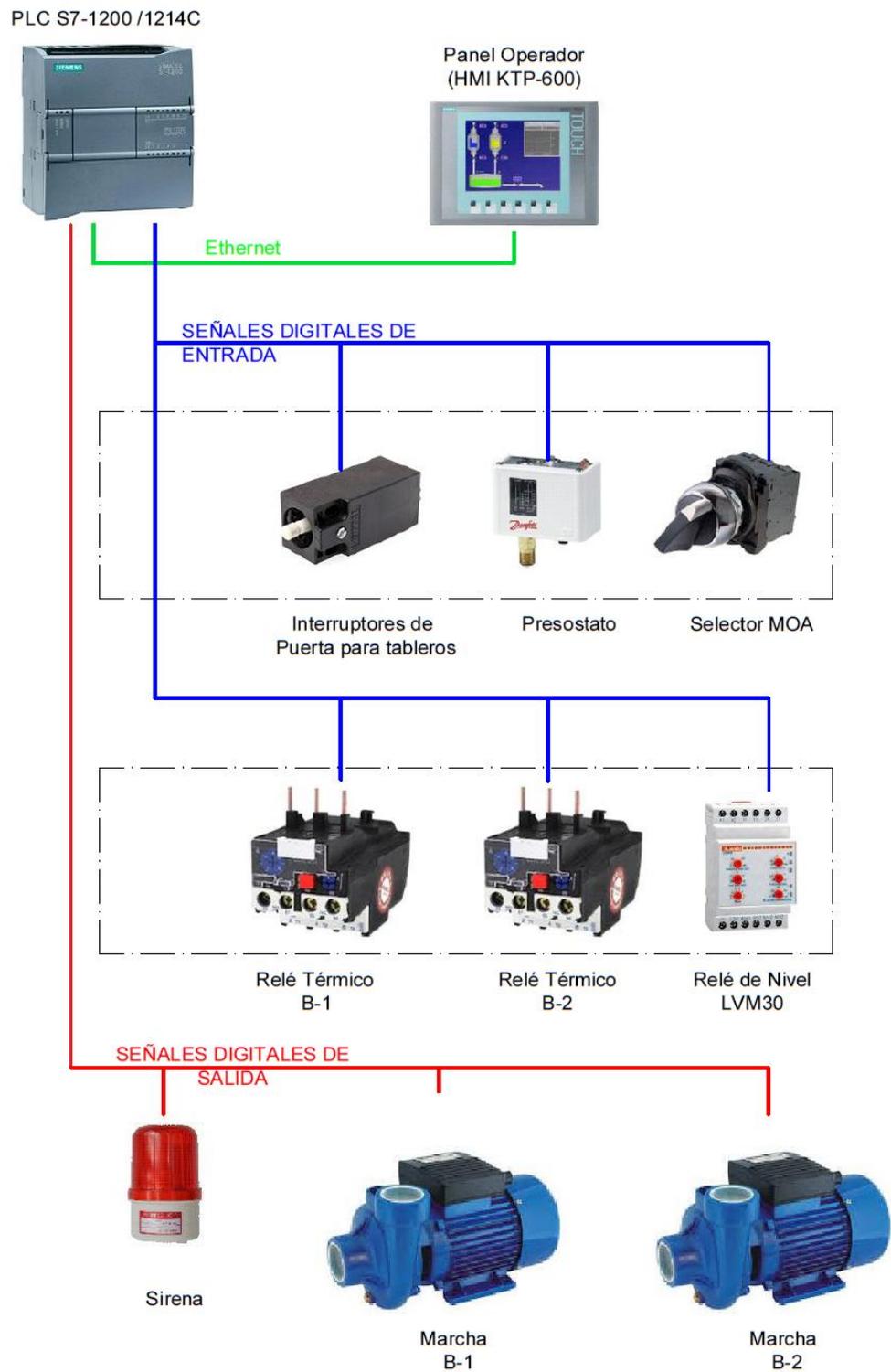


Figura 28. Esquema de Automatización
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Revisión y Consolidación de Resultados

3.3.1 Desabastecimiento de agua en los meses previos al proyecto

Se ha realizado una recolección de datos respecto al desabastecimiento de agua en el Asentamiento Humano Portada de Manchay II, estos estarán en tablas y graficas resumen de barra, divididos por los días de los últimos 4 meses (meses de noviembre y diciembre del 2016; y los meses de enero y febrero del 2017), estos antes de la realización de la implementación del PLC, con el fin de revisar el desabastecimiento de agua antes de la elaboración del proyecto.

Tabla N°7. Desabastecimiento de agua en el mes de noviembre del 2016

| Mes: Noviembre del 2016 | | | |
|--------------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 4 | 16 | 0 |
| 2 | 2 | 17 | 0 |
| 3 | 2 | 18 | 2 |
| 4 | 0 | 19 | 3 |
| 5 | 3 | 20 | 4 |
| 6 | 2 | 21 | 5 |
| 7 | 2 | 22 | 3 |
| 8 | 1 | 23 | 1 |
| 9 | 4 | 24 | 2 |
| 10 | 4 | 25 | 2 |
| 11 | 3 | 26 | 1 |
| 12 | 2 | 27 | 0 |
| 13 | 1 | 28 | 0 |
| 14 | 5 | 29 | 1 |
| 15 | 1 | 30 | 1 |

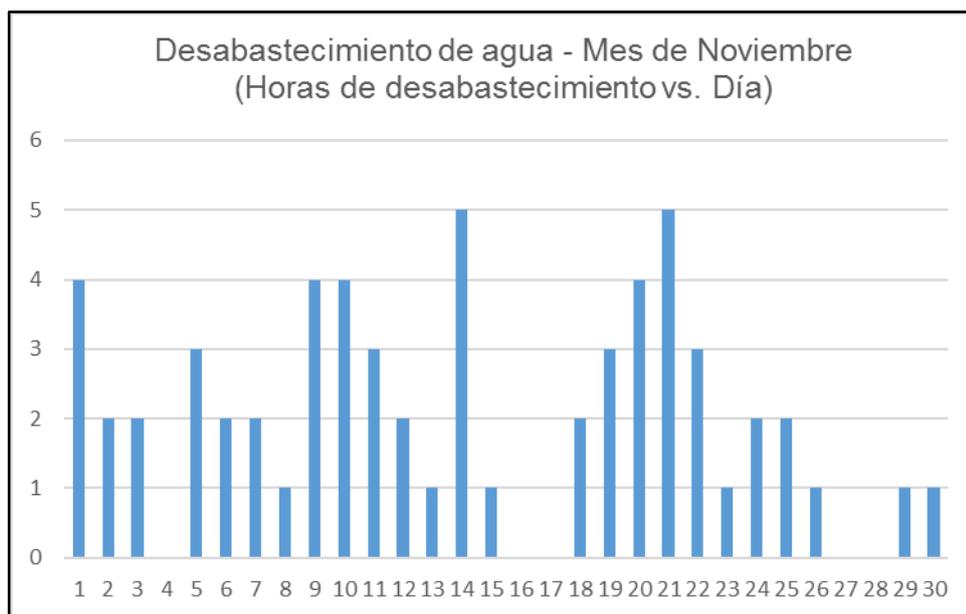


Figura 29. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de noviembre del 2016

Tabla N°8. Desabastecimiento de agua en el mes de diciembre del 2016

| Mes: Diciembre del 2016 | | | |
|--------------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 1 | 17 | 3 |
| 2 | 0 | 18 | 0 |
| 3 | 2 | 19 | 4 |
| 4 | 3 | 20 | 4 |
| 5 | 3 | 21 | 0 |
| 6 | 4 | 22 | 1 |
| 7 | 5 | 23 | 1 |
| 8 | 4 | 24 | 5 |
| 9 | 0 | 25 | 2 |
| 10 | 1 | 26 | 3 |
| 11 | 2 | 27 | 0 |
| 12 | 5 | 28 | 0 |
| 13 | 0 | 29 | 3 |
| 14 | 0 | 30 | 4 |
| 15 | 1 | 31 | 3 |
| 16 | 2 | - | - |

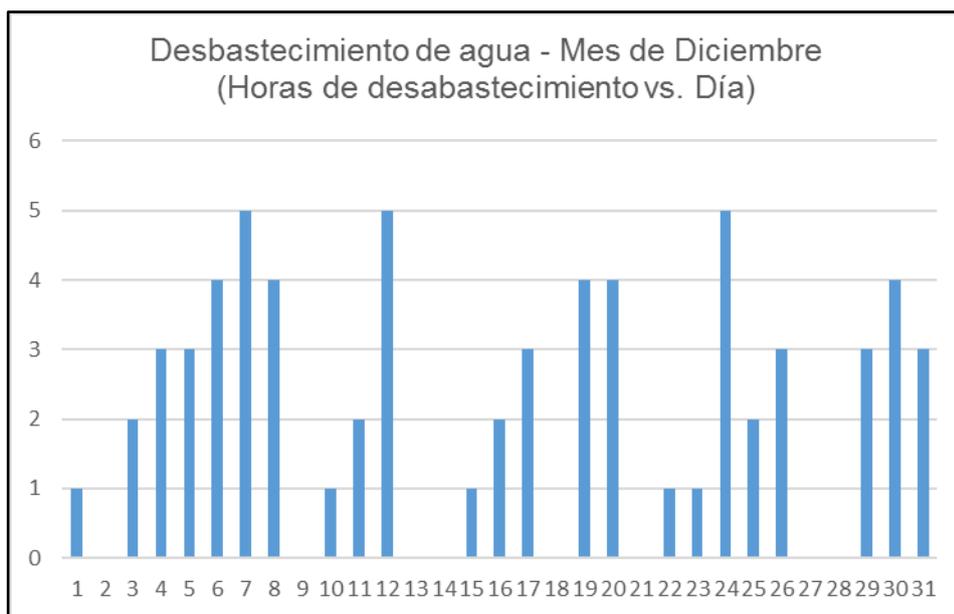


Figura 30. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de diciembre del 2016
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°9. Desabastecimiento de agua en el mes de enero del 2017

| Mes: Enero del 2017 | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 0 | 17 | 4 |
| 2 | 1 | 18 | 1 |
| 3 | 3 | 19 | 2 |
| 4 | 5 | 20 | 0 |
| 5 | 3 | 21 | 0 |
| 6 | 2 | 22 | 4 |
| 7 | 2 | 23 | 5 |
| 8 | 0 | 24 | 5 |
| 9 | 5 | 25 | 3 |
| 10 | 3 | 26 | 0 |
| 11 | 4 | 27 | 0 |
| 12 | 5 | 28 | 1 |
| 13 | 5 | 29 | 2 |
| 14 | 4 | 30 | 2 |
| 15 | 3 | 31 | 0 |
| 16 | 4 | - | - |

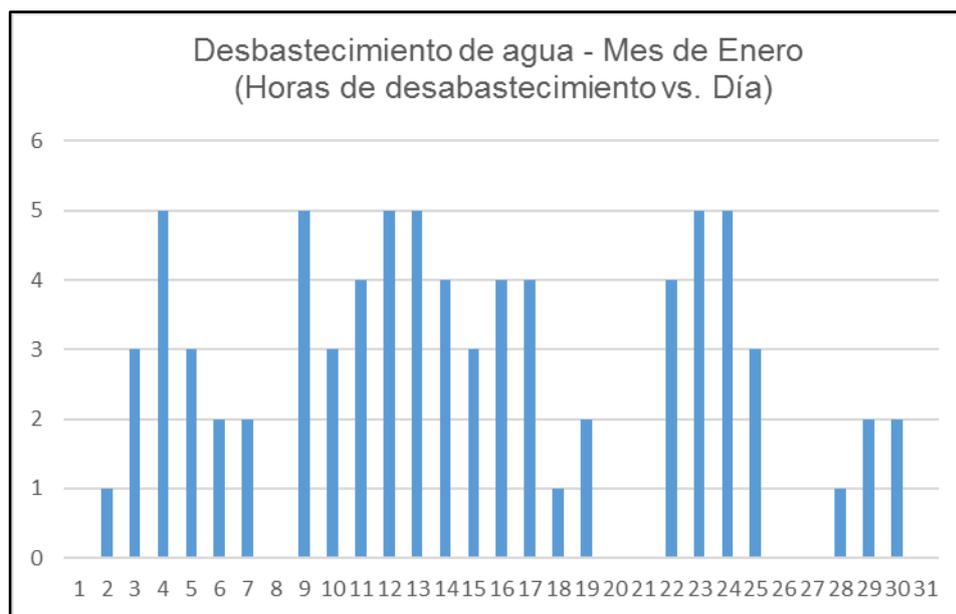


Figura 31. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de enero del 2017

Tabla N°10. Desabastecimiento de agua en el mes de febrero del 2017

| Mes: Febrero del 2017 | | | |
|------------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 4 | 16 | 3 |
| 2 | 1 | 17 | 3 |
| 3 | 1 | 18 | 0 |
| 4 | 2 | 19 | 1 |
| 5 | 2 | 20 | 5 |
| 6 | 0 | 21 | 5 |
| 7 | 0 | 22 | 3 |
| 8 | 5 | 23 | 4 |
| 9 | 3 | 24 | 3 |
| 10 | 1 | 25 | 0 |
| 11 | 4 | 26 | 0 |
| 12 | 2 | 27 | 0 |
| 13 | 2 | 28 | 3 |
| 14 | 1 | 29 | 1 |
| 15 | 5 | 30 | 0 |

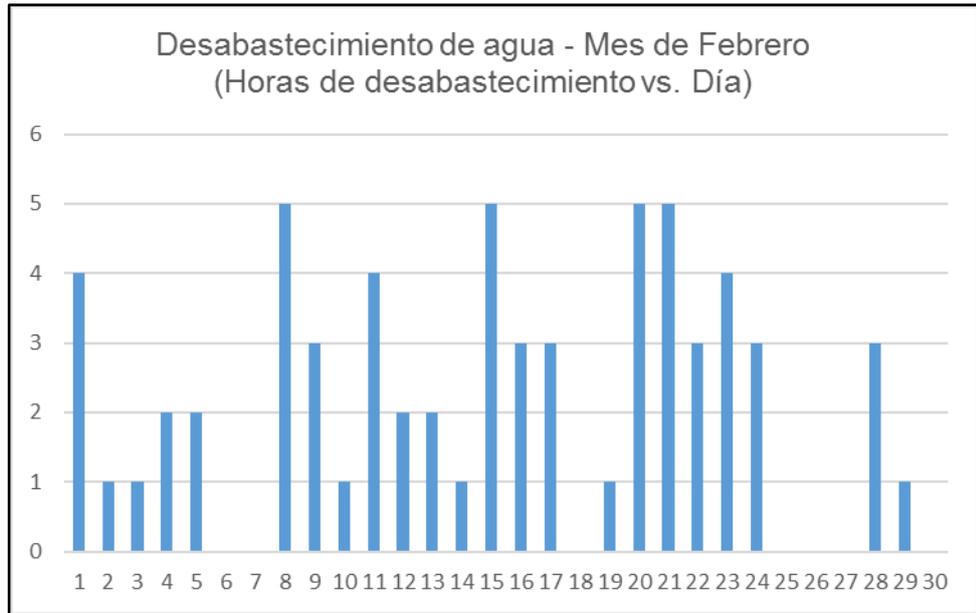


Figura 32. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de febrero del 2017

3.3.2 Desabastecimiento de agua en los meses después del proyecto

Seguidamente se muestran las tablas y graficas resumen de barra de los meses siguientes después del proyecto (meses de abril, mayo y algunos días de junio del 2017), con el fin de ver si es que hay cambios favorables luego de haber realizado la implementación del proyecto.

A continuación, se muestran las tablas y graficas correspondientes:

Tabla N°11. Desabastecimiento de agua en el mes de abril del 2017

| Mes: Abril del 2017 | | | |
|----------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 0 | 16 | 0 |
| 2 | 0 | 17 | 0 |
| 3 | 1 | 18 | 1 |
| 4 | 0 | 19 | 2 |
| 5 | 0 | 20 | 0 |
| 6 | 0 | 21 | 0 |
| 7 | 0 | 22 | 0 |
| 8 | 1 | 23 | 2 |
| 9 | 1 | 24 | 1 |
| 10 | 0 | 25 | 0 |
| 11 | 0 | 26 | 0 |
| 12 | 1 | 27 | 2 |
| 13 | 0 | 28 | 0 |
| 14 | 2 | 29 | 1 |
| 15 | 0 | 30 | 0 |

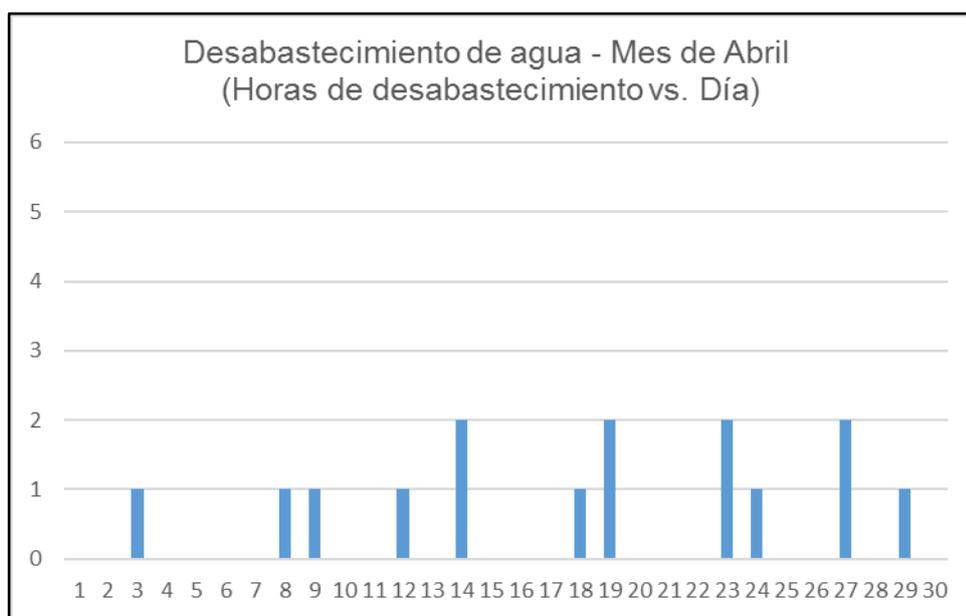


Figura 33. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de abril del 2017

Tabla N°12. Desabastecimiento de agua en el mes de mayo del 2017

| Mes: Mayo del 2017 | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 0 | 17 | 0 |
| 2 | 0 | 18 | 0 |
| 3 | 2 | 19 | 0 |
| 4 | 1 | 20 | 0 |
| 5 | 0 | 21 | 0 |
| 6 | 0 | 22 | 0 |
| 7 | 0 | 23 | 1 |
| 8 | 0 | 24 | 0 |
| 9 | 1 | 25 | 0 |
| 10 | 0 | 26 | 0 |
| 11 | 1 | 27 | 0 |
| 12 | 0 | 28 | 1 |
| 13 | 0 | 29 | 1 |
| 14 | 0 | 30 | 0 |
| 15 | 0 | 31 | 0 |
| 16 | 2 | - | - |

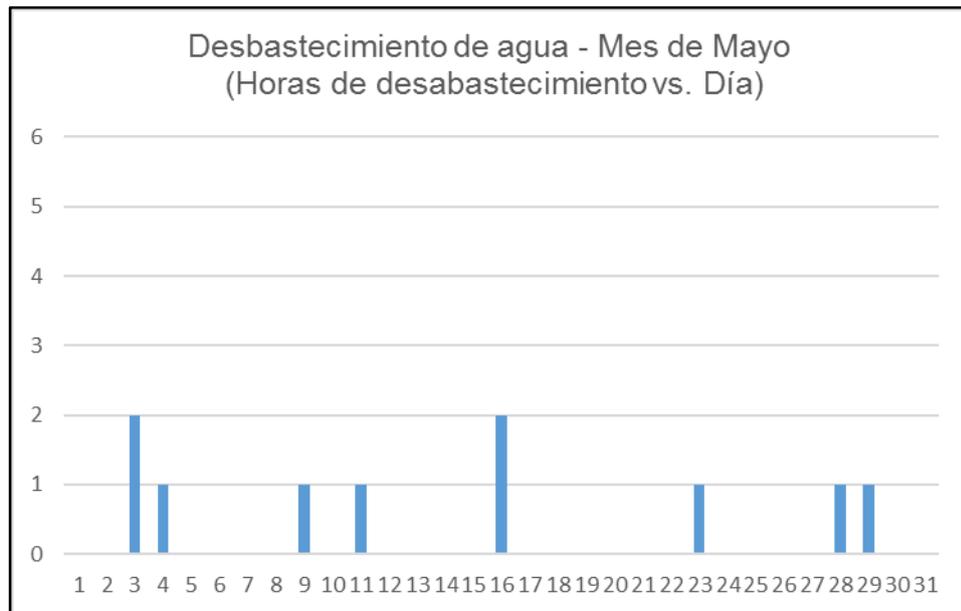


Figura 34. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de mayo del 2017

Tabla N°13. Desabastecimiento de agua en el mes de junio del 2017

| Mes: Mayo del 2017 | | | |
|---------------------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Día | Desabastecimiento de agua (horas) | Día | Desabastecimiento de agua (horas) |
| 1 | 1 | 10 | 1 |
| 2 | 0 | 11 | 0 |
| 3 | 0 | 12 | 0 |
| 4 | 0 | 13 | - |
| 5 | 2 | 14 | - |
| 6 | 1 | 15 | - |
| 7 | 0 | 16 | - |
| 8 | 0 | 17 | - |
| 9 | 0 | 18 | - |

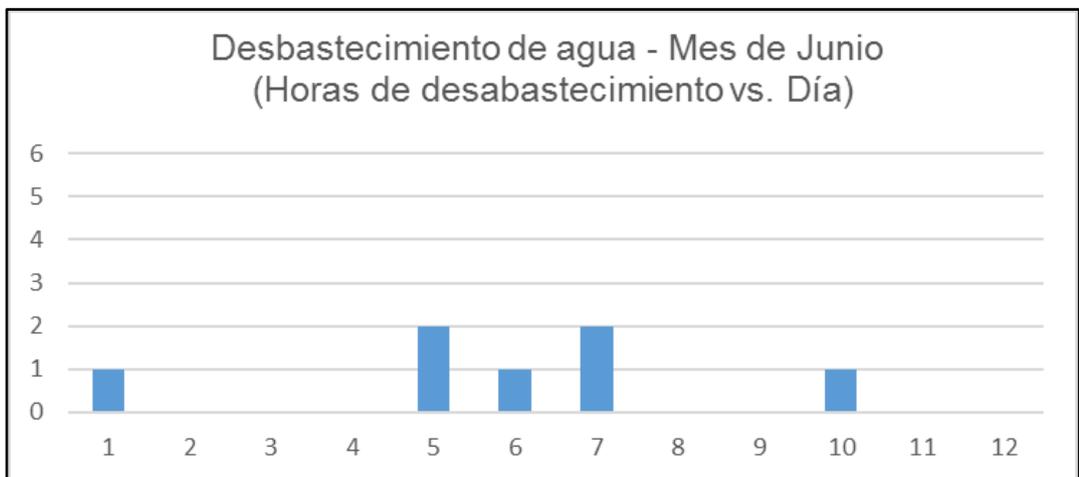


Figura 35. Grafica de barras del desabastecimiento de agua del mes de junio del 2017

3.3.3 Desabastecimiento total de agua en la población

A continuación, se muestran una tabla con las horas de desabastecimiento totales y finalmente se muestra el grafico de barras que resume la tendencia de horas de desabastecimiento de agua para los meses tomados en cuenta en el estudio de caso.

Tabla N°14. Desabastecimiento total de agua en el A.H. Portada de Manchay II

| Desabastecimiento total | |
|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Mes - Año | Desabastecimiento de agua total (horas) |
| Noviembre del 2016 | 61 |
| Diciembre del 2016 | 66 |
| Enero del 2017 | 78 |
| Febrero del 2017 | 64 |
| Abril del 2017 | 15 |
| Mayo del 2017 | 10 |
| Junio del 2017 | 5 |

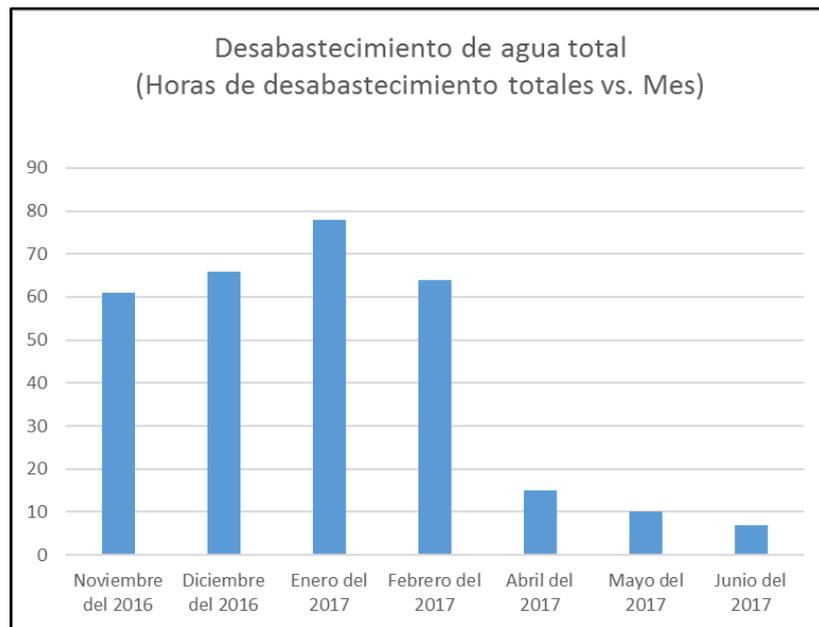


Figura 36. Grafica de barras del desabastecimiento total de agua del A.H. Portada de Manchay II

3.3.4 Comparativa de resultados

En los datos anteriormente presentados se obtuvo resultados favorables en los meses siguientes al proyecto, ya que se habían registrado periodos de desabastecimiento por mes entre 61 h y 78 h, esta cantidad se pudo reducir a valores menores de 15 horas, este pequeño tiempo de desabastecimiento se pudo deber a la falta de instrumentación que cense los parámetros de nivel de forma constante a lo largo del tiempo teniendo con ello un control más preciso del sistema, además también por cortes de energía y labores de mantenimiento que pudieron producirse.

Si tomásemos el valor promedio de horas de desabastecimiento en los meses evaluados antes de implementar el proyecto, obtenemos un valor promedio de 67.3 h, y lo comparamos con el valor promedio de horas de desabastecimiento en los meses evaluados después del proyecto el cual es 10 h, podemos notar una mejora la cual llevada a términos de porcentajes nos indica que hubo una reducción del 85.1% de horas de desabastecimiento de agua hacia la población.

Tabla N°15. Resumen de Resultados

| | Antes del Proyecto | Después del Proyecto | Reducción Promedio |
|----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Promedio de Horas de Desabastecimiento (Hrs) | 67.3 | 10 | 57.3 h |
| Promedio de Horas de Desabastecimiento (%) | 100 | 14.85 | 85.1 % |

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla N°15, se concluye que mediante el sistema de bombeo automatizado se han reducido los tiempos de desabastecimiento de una manera sustancial, ya que la reducción en promedio es de un 85.1 %, es decir unas 57.3 horas/mes, cumpliendo así el objetivo planteado.
- Se concluye que los equipos seleccionados para llevar a cabo el proyecto han cumplido el objetivo planteado de poder desarrollar el sistema de bombeo automatizado que hizo posible la reducción de los tiempos de desabastecimiento de agua, estos equipos son los siguientes: PLC S7-1200 CPU1214C DC/DC/Rly y HMI KTP-600 PN ambos de la marca Siemens, Presostato KPI-38 de la Marca Danfoss y el Relé de Nivel LVM30 de la Marca Lovato.
- Según los resultados obtenidos en la Tabla N°15. Se concluye que los tiempos de desabastecimiento de agua después de haberse implementado el sistema de bombeo automatizado son en promedio de 10 horas por mes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar e integrar instrumentación con protocolos de comunicación para poder controlar de una manera más óptima el proceso, teniendo los parámetros de caudal, presiones y niveles en tiempo real.
- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo a distancia para que la estación sean controladas desde un SCADA para una mayor control del proceso, y así con ello poder llegar a un 100% de la reducción de los tiempos de desabastecimiento de agua a la población del A.H Portada de Manchay II, distrito de Pachacamac.

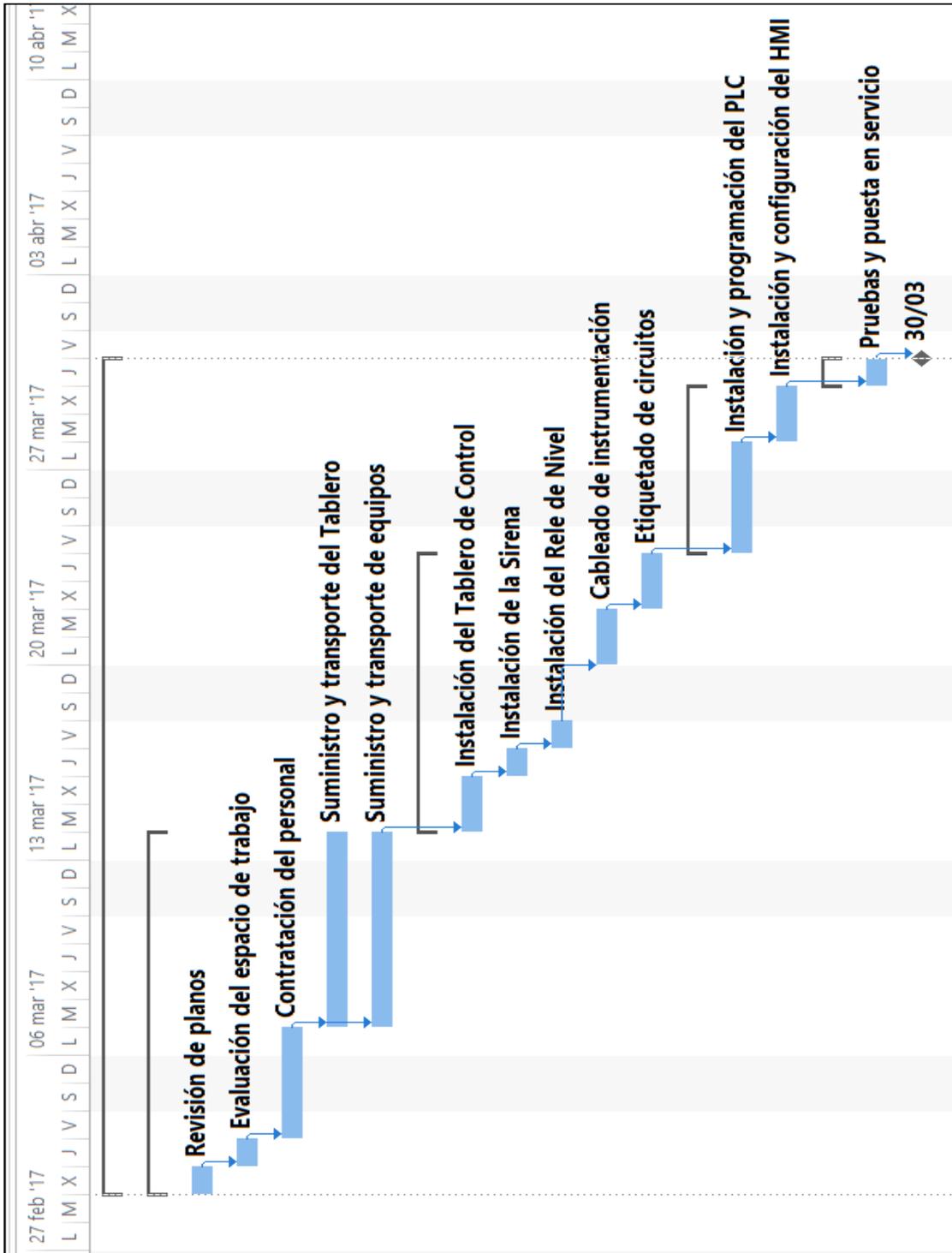
BIBLIOGRAFÍA

- R. Sanchis, J. Romero, C. Ariño. (1ra Edición). (2010) “Automatización Industrial”.
- W. Bolton. (3ra Edición). (2006) “Mecatrónica - Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica”. Editorial Alfaomega.
- V. Guerrero, R. Yuste, L. Martínez, (1ra Edición). (2010). “Comunicaciones Industriales”, Editorial Alfaomega.
- Antonio Creus Solé. (6ta Edición). (1999) “Instrumentación Industrial”, Editorial Alfaomega.
- BVSD. (2005). “Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable” Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>

ANEXOS

A.1 Cronograma y Diagrama de Gantt

Diagrama de Gantt del Proyecto



Cronograma del Proyecto

| | | | |
|---------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Implementación de Tablero de Control | 22 días | 01/03/2017 | 30/03/2017 |
| ▣ Trabajos Preliminares | 9 días | 01/03/2017 | 13/03/2017 |
| Revisión de planos | 1 día | 01/03/2017 | 01/03/2017 |
| Evaluación del espacio de trabajo | 1 día | 02/03/2017 | 02/03/2017 |
| Contratación del personal | 2 días | 03/03/2017 | 06/03/2017 |
| Suministro y transporte del Tablero | 5 días | 07/03/2017 | 13/03/2017 |
| Suministro y transporte de equipos | 5 días | 07/03/2017 | 13/03/2017 |
| ▣ Montaje | 8 días | 14/03/2017 | 23/03/2017 |
| Instalación del Tablero de Control | 2 días | 14/03/2017 | 15/03/2017 |
| Instalación de la Sirena | 1 día | 16/03/2017 | 16/03/2017 |
| Instalación del Rele de Nivel | 1 día | 17/03/2017 | 17/03/2017 |
| Cableado de instrumentación | 2 días | 20/03/2017 | 21/03/2017 |
| Etiquetado de circuitos | 2 días | 22/03/2017 | 23/03/2017 |
| ▣ Programación | 4 días | 24/03/2017 | 29/03/2017 |
| Instalación y programación del PLC | 2 días | 24/03/2017 | 27/03/2017 |
| Instalación y configuración del HMI | 2 días | 28/03/2017 | 29/03/2017 |
| ▣ Verificación del funcionamiento | 1 día | 30/03/2017 | 30/03/2017 |
| Pruebas y puesta en servicio | 1 día | 30/03/2017 | 30/03/2017 |
| Fin del proyecto | 0 días | 30/03/2017 | 30/03/2017 |

A.2 Características Técnicas del PLC S7-1200



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, DC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC; 10 DO RELES 2A; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: DC 20,4 - 28,8 V DC, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB

Display

| | |
|-------------|----|
| Con display | No |
|-------------|----|

Tensión de alimentación

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Valor nominal (DC) | Sí |
| • 24 V DC | |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |

Tensión de carga L+

| | |
|-----------------------------------------|--------|
| • Valor nominal (DC) | 24 V |
| • Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| • Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |

Intensidad de entrada

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Consumo (valor nominal) | 500 mA; típicamente |
| Intensidad de cierre, máx. | 12 A; con 28,8 V |

Alimentación de sensores

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Alimentación de sensores 24 V | |
| • 24 V | Rango permitido: 20,4 a 28,8 V |

Intensidad de salida

| | |
|-------------------------------------------|------------------------------------|
| Intensidad en bus de fondo (5 V DC), máx. | 1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM |
|-------------------------------------------|------------------------------------|

Pérdidas

| | |
|----------------|------|
| Pérdidas, típ. | 12 W |
|----------------|------|

Memoria

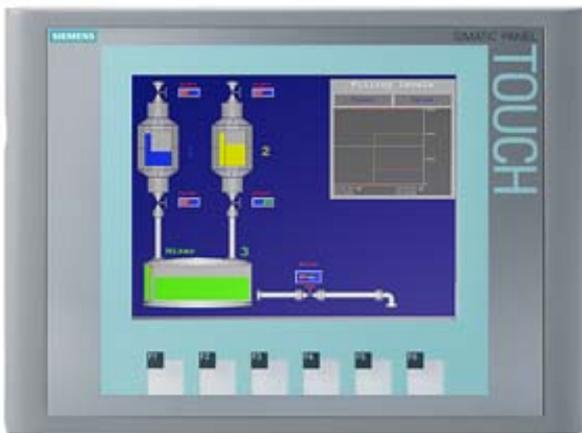
| | |
|-----------------|--------|
| Tipo de memoria | EEPROM |
|-----------------|--------|

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Memoria de usuario | 75 kbyte |
| Memoria de trabajo | |
| • integrado | 100 kbyte |
| • Ampliable | No |
| Memoria de carga | |
| • integrado | 4 Mbyte |
| • enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. | 2 Gbyte; con SIMATIC Memory Card |
| Respaldo | |
| • existente | Sí; Libre de mantenimiento |
| • sin pila | Sí |
| Tiempos de ejecución de la CPU | |
| para operaciones a bits, típ. | 0,085 µs; /Operación |
| para operaciones a palabras, típ. | 1,7 µs; /Operación |
| para aritmética de coma flotante, típ. | 2,3 µs; /Operación |
| CPU-bloques | |
| Nº de bloques (total) | DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo |
| OB | |
| • Cantidad, máx. | Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código |
| Áreas de datos y su remanencia | |
| Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx. | 10 kbyte |
| Marcas | |
| • Cantidad, máx. | 8 kbyte; Tamaño del área de marcas |
| Área de direcciones | |
| Área de direcciones de periferia | |
| • Entradas | 1 024 byte |
| • Salidas | 1 024 byte |
| Imagen del proceso | |
| • Entradas, configurables | 1 kbyte |
| • Salidas, configurables | 1 kbyte |
| Configuración del hardware | |
| Nº de módulos por sistema, máx. | 3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module |
| Hora | |
| Reloj | |
| • Reloj por hardware (reloj tiempo real) | Sí |
| • Desviación diaria, máx. | +/- 60 s/mes a 25 °C |
| • Duración del respaldo | 480 h; típicamente |
| Entradas digitales | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº de entradas digitales | 14; integrado |
| <ul style="list-style-type: none"> • De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas | 6; HSC (High Speed Counting) |
| Canales integrados (DI) | 14 |
| de tipo M | Sí |
| Número de entradas atacables simultáneamente | |
| Todas las posiciones de montaje | |
| — hasta 40 °C, máx. | 14 |
| Tensión de entrada | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Valor nominal (DC) | 24 V |
| <ul style="list-style-type: none"> • para señal "0" | 5 V DC, con 1 mA |
| <ul style="list-style-type: none"> • para señal "1" | 15 VDC at 2.5 mA |
| Intensidad de entrada | |
| <ul style="list-style-type: none"> • para señal "1", típ. | 1 mA |
| Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada) | |
| para entradas estándar | |
| — parametrizable | 0,1 / 0,2 / 0,4 / 0,8 / 1,6 / 3,2 / 6,4 / 10,0 / 12,8 / 20,0 µs; 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,4 / 0,8 / 1,6 / 3,2 / 6,4 / 10,0 / 12,8 / 20,0 ms |
| — en transición "0" a "1", máx. | 0,1 µs |
| — en transición "0" a "1", máx. | 20 ms |
| para entradas de alarmas | |
| — parametrizable | Sí |
| para contadores/funciones tecnológicas: | |
| — parametrizable | Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz |
| Longitud del cable | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Longitud del cable apantallado, máx. | 500 m; 50 m para funciones tecnológicas |
| <ul style="list-style-type: none"> • Longitud de cable no apantallado, máx. | 300 m; Para funciones tecnológicas: No |
| Salidas digitales | |
| Número de salidas | 10; Relé |
| Canales integrados (DO) | 10 |
| Protección contra cortocircuito | No; a prever externamente |
| Poder de corte de las salidas | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Con carga resistiva, máx. | 2 A |
| <ul style="list-style-type: none"> • con carga tipo lámpara, máx. | 30 W con DC, 200 W con AC |
| Retardo a la salida con carga resistiva | |
| <ul style="list-style-type: none"> • "0" a "1", máx. | 10 ms; máx. |
| <ul style="list-style-type: none"> • "1" a "0", máx. | 10 ms; máx. |
| Frecuencia de conmutación | |
| <ul style="list-style-type: none"> • de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx. | 1 Hz |
| Salidas de relé | |

A.3 Características Técnicas del HMI KTP600

SIMATIC HMI KTP600 BASIC COLOR PN,
 BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION,
 6" TFT DISPLAY, 256 COLORS,
 PROFINET INTERFACE,
 CONFIGURATION FROM WINCC FLEXIBLE 2008 SP2
 COMPACT/ WINCC BASIC V10.5/ STEP7 BASIC V10.5,
 CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED
 FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD

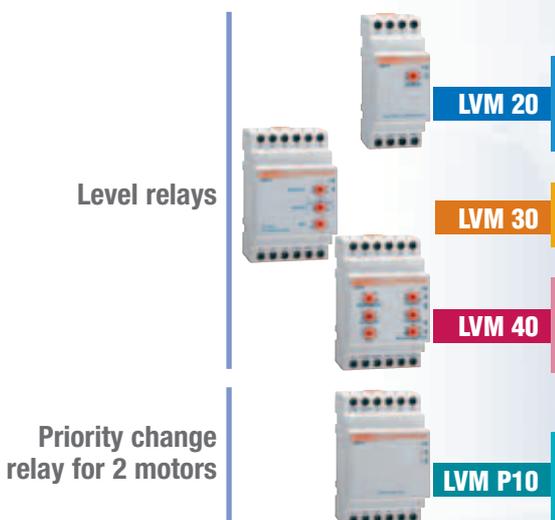


| Display | |
|------------------------------|-------------------------|
| Design of display | TFT |
| Screen diagonal | 5.7 in |
| Display width | 115.2 mm |
| Display height | 86.4 mm |
| Number of colors | 256 |
| Resolution (pixels) | |
| horizontal image resolution | 320 |
| vertical image resolution | 240 |
| Backlighting | |
| MTBF backlighting (at 25 °C) | 50000 h |
| Backlight dimmable | No |
| Control elements | |
| Keyboard fonts | |
| Number of function keys | 6 |
| Keys with LED | No |
| System keys | No |
| Numeric/alphabetical input | |
| Numeric keyboard | Yes ; Onscreen keyboard |

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| alphanumeric keyboard | Yes ; Onscreen keyboard |
| Touch operation | |
| Design as touch screen | Yes |
| Installation type/mounting | |
| Mounting in portrait format possible | Yes |
| Mounting in landscape format possible | Yes |
| Supply voltage | |
| Type of supply voltage | DC |
| Rated value (DC) | 24 V |
| permissible range, lower limit (DC) | 19.2 V |
| permissible range, upper limit (DC) | 28.8 V |
| Input current | |
| Current consumption (rated value) | 0.35 A |
| Inrush current A ² s | 0.5 A ² s |
| Power | |
| Power consumption, typ. | 9 W |
| Processor | |
| Processor type | |
| X86 | No |
| ARM | Yes ; RISC 32-bit |
| Memory | |
| Flash | Yes |
| RAM | Yes |
| usable memory for user data | 1 Mbyte |
| Type of output | |
| Acoustics | |
| Buzzer | Yes |
| Speaker | No |
| Time of day | |
| Clock | |
| Hardware clock (real-time clock) | No |
| Software clock | Yes |
| battery-backed | No |
| synchronizable | Yes |
| Interfaces | |
| Number of RS 485 interfaces | 0 |
| Number of USB interfaces | 0 |
| Number of SD card slots | 0 |

| | |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| Number of parallel interfaces | 0 |
| Number of 20 mA interfaces (TTY) | 0 |
| Number of RS 232 interfaces | 0 |
| Number of RS 422 interfaces | 0 |
| Number of other interfaces | 0 |
| With software interfaces | No |
| Industrial Ethernet | |
| Number of industrial Ethernet interfaces | 1 |
| Industrial Ethernet status LED | 2 |
| Protocols | |
| PROFINET | Yes |
| PROFINET IO | No |
| IRT, supported | No |
| PROFIBUS | No |
| MPI | No |
| Protocols (Ethernet) | |
| TCP/IP | Yes |
| DHCP | Yes |
| SNMP | Yes |
| DCP | Yes |
| LLDP | Yes |
| WEB characteristics | |
| HTTP | No |
| HTML | No |
| Further protocols | |
| CAN | No |
| MODBUS | Yes ; Modicon (MODBUS TCP/IP) |
| EtherNet/IP | Yes |
| Interrupts/diagnostics/status information | |
| Diagnostic messages | |
| Diagnostic information readable | No |
| Degree and class of protection | |
| IP (at the front) | IP65 |
| Enclosure Type 4 at the front | Yes |
| Enclosure Type 4x at the front | Yes |
| IP (rear) | IP20 |
| Standards, approvals, certificates | |
| CE mark | Yes |

A.4 Características Técnicas del Relé de Nivel LVM30



| Código de pedido | Tensión de alimentación 50/60Hz | Contacto de salida | Cantidad de envío | Peso |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------|
| | [V] | ☞ | n° | [kg] |
| RELÉ DE NIVEL PARA LIQUIDO CONDUCTIVO | | | | |
| LVM 20 A024 | 24VAC | 1 NA/NC | 1 | 0.220 |
| LVM 20 A240 | 220-240VAC | 1 NA/NC | 1 | 0.220 |
| LVM 20 A415 | 380-415VAC | 1 NA/NC | 1 | 0.220 |
| RELÉ DE NIVEL PARA LIQUIDO CONDUCTIVO | | | | |
| LVM 30 A240 | 24/220-240VAC | 2 NA/NC | 1 | 0.300 |
| LVM 30 A415 | 110-127/380-415VAC | 2 NA/NC | 1 | 0.300 |
| RELÉ DE NIVEL PARA LIQUIDO CONDUCTIVO MULTIFUNCIÓN | | | | |
| LVM 40 A024 | 24VAC | 1 NA/NC + 1 NA | 1 | 0.260 |
| LVM 40 A240 | 220-240VAC | 1 NA/NC + 1 NA | 1 | 0.260 |
| LVM 40 A415 | 380-415VAC | 1 NA/NC + 1 NA | 1 | 0.260 |
| RELÉ DE ALTERNANCIA PARA 2 MOTORES | | | | |
| LVM P10 A024 | 24VAC | 2 NA | 1 | 0.250 |
| LVM P10 A240 | 220-240VAC | 2 NA | 1 | 0.250 |
| LVM P10 A415 | 380-415VAC | 2 NA | 1 | 0.250 |

Homologaciones y conformidad Homologación obtenidas: cULus
 Conformidad a la norma: IEC/EN 60255-6, IEC/EN 61000-6-2, IEC/EN 61000-6-3.

| ACCESORIOS | | | | Sonda y porta electrodo para liquido conductivo | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------|--------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------|
| Electrodos | | | | Sonda y porta electrodo para liquido conductivo | | | | |
| Código de pedido | Longitud de electrodo | Cantidad de envío | Peso | Código de pedido | Electrodo incluido | Longitud de electrodo | Cantidad de envío | Peso |
| | [mm] | n° | [kg] | | | [mm] | n° | [kg] |
| PARA SONDA TIPO SCM | | | | SONDA A 1 ELECTRODO | | | | |
| 31 ASTA 460 MM4 | 460 | 1 | 0.045 | 11 SN1 | si | 10 | 10 | 0.050 |
| 31 ASTA 960 MM4 | 960 | 1 | 0.093 | | | | | |
| PARA PORTA ELECTRODO TIPO P3S | | | | 31 SCM 04 | si | 40 | 1 | 0.065 |
| 31 ASTA 460 MM6 | 460 | 1 | 0.100 | 31 SCM 50 | si | 500 | 1 | 0.116 |
| 31 ASTA 960 MM6 | 960 | 1 | 0.210 | 31 SCM 100 | si | 1000 | 1 | 0.151 |
| | | | | 31 CGL125 3 | si | 300 | 1 | 0.128 |
| | | | | 31 CGL125 5 | si | 500 | 1 | 0.174 |
| | | | | 31 CGL125 7 | si | 700 | 1 | 0.330 |
| | | | | 31 CGL125 10 | si | 1000 | 1 | 0.452 |
| | | | | SONDA A 3 ELECTRODO | | | | |
| | | | | 31 PS31 | si | 300 | 1 | 0.117 |
| | | | | PORTAELECTRODO (PARA 3 ELECTRODOS) | | | | |
| | | | | 31 PS3S | no | — | 1 | 0.210 |

SONDA A 1 ELECTRODO TIPO SN1

Son sondas unipolares que se utilizan en el control de nivel en pozos o en tanques de almacenamiento.

Constan de un electrodo de acero inoxidable AISI 303, de un porta electrodo en material plástico (PPOX) y de un prensacable.

Un anillo hermético y el cerrado del prensacable impiden el ingreso de agua al bornero de conexión del cable y la consiguiente oxidación.

Temperatura máxima de utilización 60°C.

Para una correcta hermeticidad, el cable de conexión debe tener un diámetro externo entre 2,5 y 6mm . La sección máxima del cable de conexión de 2,5mm.

Aplicación: Tanque y pozo profundo.



SONDA A 1 ELECTRODO TIPO SCM...

Es una sonda unipolar que encuentra su aplicación en calderas, autoclaves y en general donde haya condiciones de presión (máximo 10 Bar) y alta temperatura (máximo 100°C).

Consta de un electrodo en acero inoxidable AISI 303 anegado en un cuerpo de óxido de aluminio y de un soporte metálico roscado 3/8" GAS.

Aplicaciones: tanque, tanque a presión y calderas.



SONDA A 1 ELECTRODO TIPO CGL125...

Es una sonda unipolar con electrodo en AISI 302, que encuentra aplicación en el control de nivel de calderas y autoclaves y en general donde se presenten presiones hasta 1º bar como máximo.

Temperatura máxima de empleo: 180°C.

Dimensiones del roscado: 3/8" GAS

Aplicaciones: tanque, tanque a presión y calderas.



SONDA A 3 ELECTRODOS TIPO PS31

Es un porta-electrodo de pequeñas dimensiones compuesto por electrodos en acero AISI 304. Esta particularmente adaptado para pequeños recipientes donde bajo presión de hasta 2 bar como máximo.

Dimensiones del roscado: 1/2" GAS

Aplicaciones: tanques y distribuidores automáticos.



PORTA ELECTRODO TIPO P3S

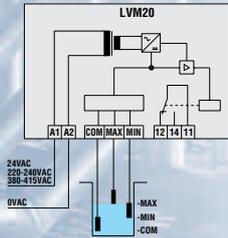
Es un porta electrodo en termoplástico predispuesto para 3 electrodos (electrodos suministrados por separado) y con cubre bornes.

Dimensiones del roscado: 2" GAS

Aplicaciones: tanques.



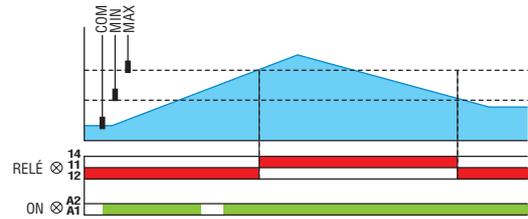
LVM 20



Nota:
Si se utiliza un tanque de material conductivo el terminal "COM" puede instalarse directamente al mismo tanque.

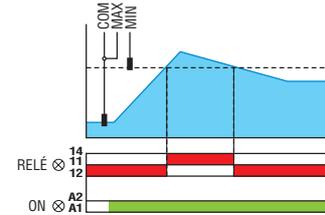
Funcionamiento a 3 sondas de nivel.

Cuando el nivel de liquido supera la sonda de MAX se excita el relé de salida que comanda la bomba de vaciado del tanque o pozo.
Cuando nivel del liquido desciende bajo la sonda de MIN la bomba se para.

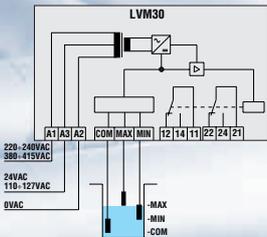


Funcionamiento a 2 sondas de nivel.

Cuando el nivel de liquido supera la sonda de MIN se excita el relé de salida que comanda la bomba de vaciado del tanque o pozo.
Cuando el nivel de liquido desciende bajo la sonda de MIN la bomba se para.



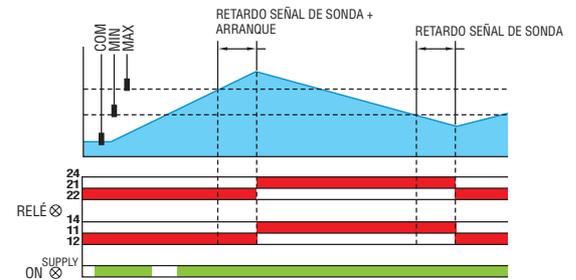
LVM 30



Nota:
Si se utiliza un tanque de material conductivo el terminal "COM" puede instalarse directamente al mismo tanque.

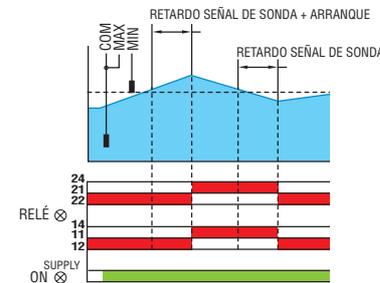
Función vaciado "DOWN" a 3 sondas de nivel.

Cuando el nivel de liquido supera la sonda de MAX, transcurrido el tiempo de retardo ajustado para la sonda o para el arranque, se excita el relé de salida que comanda la bomba de vaciado del tanque.
Cuando nivel del liquido desciende bajo la sonda de MIN la bomba se para, transcurrido el tiempo de retardo para la sonda, si se ha ajustado.



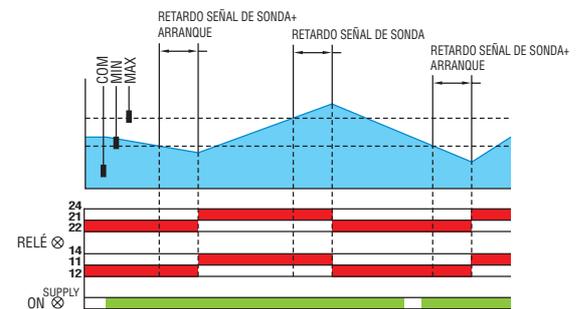
Función vaciado "DOWN" a 2 sondas de nivel.

Cuando el nivel del liquido supera la sonda de MIN, transcurrido el tiempo de retardo ajustado para la sonda o para el arranque, se excita el relé de salida que comanda la bomba de vaciado del tanque.
Cuando el liquido desciende bajo la sonda de MIN la bomba se para, transcurrido el tiempo de retardo para la sonda, si se ha ajustado.



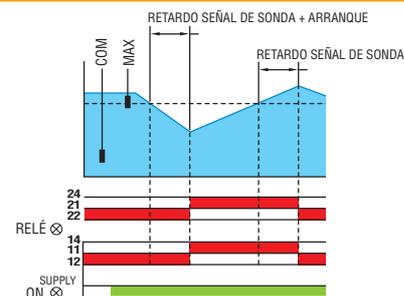
Función llenado "UP" a 3 sondas de nivel.

Cuando el nivel del liquido desciende bajo la sonda de MIN, transcurrido el tiempo de retardo ajustado para la sonda o para el arranque, se excita el relé de salida que comanda la bomba de llenado del tanque.
Cuando el liquido supera la sonda de MÁX la bomba se para transcurrido el tiempo de retardo para la sonda si se ha ajustado.

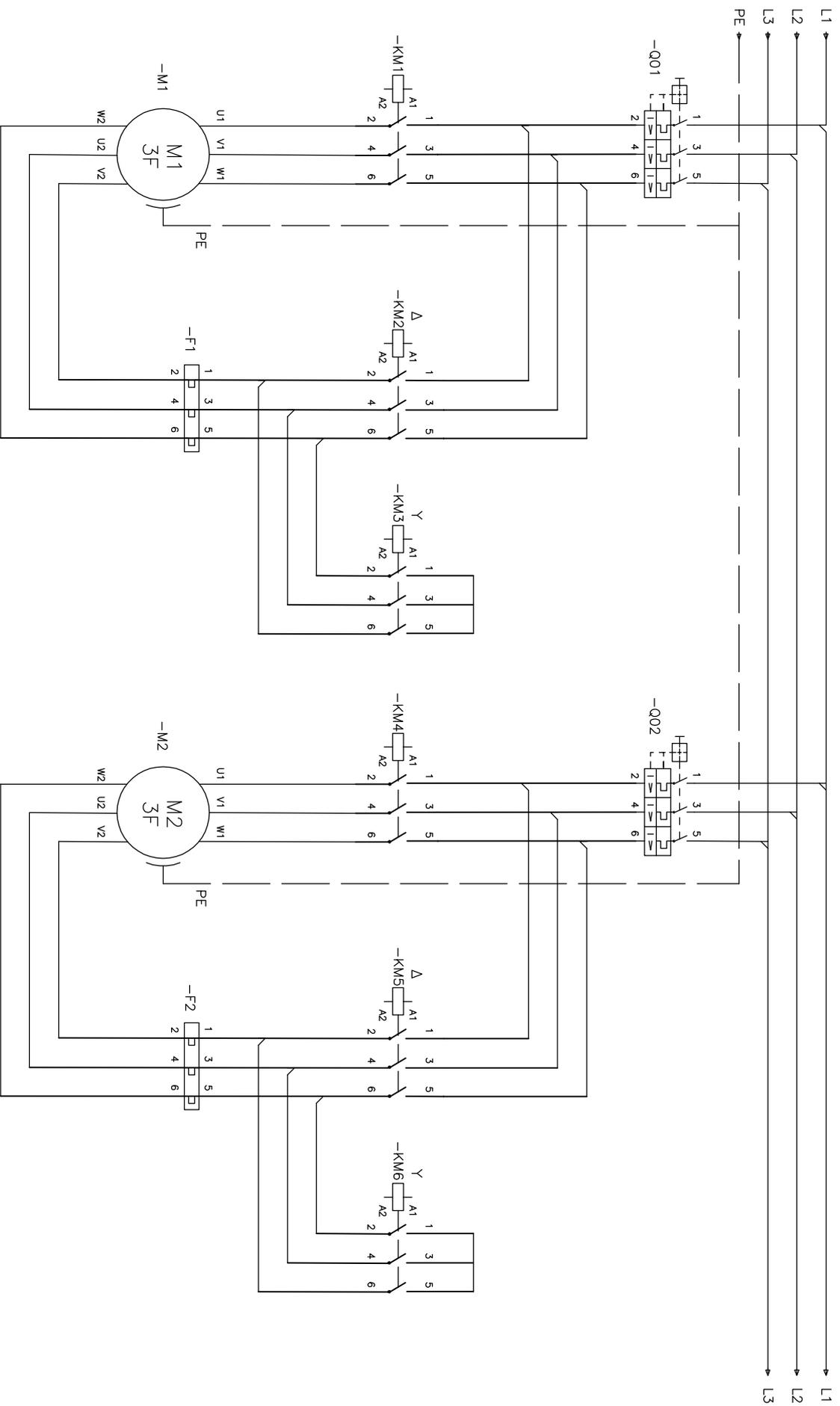


Función llenado "UP" a 2 sondas de nivel.

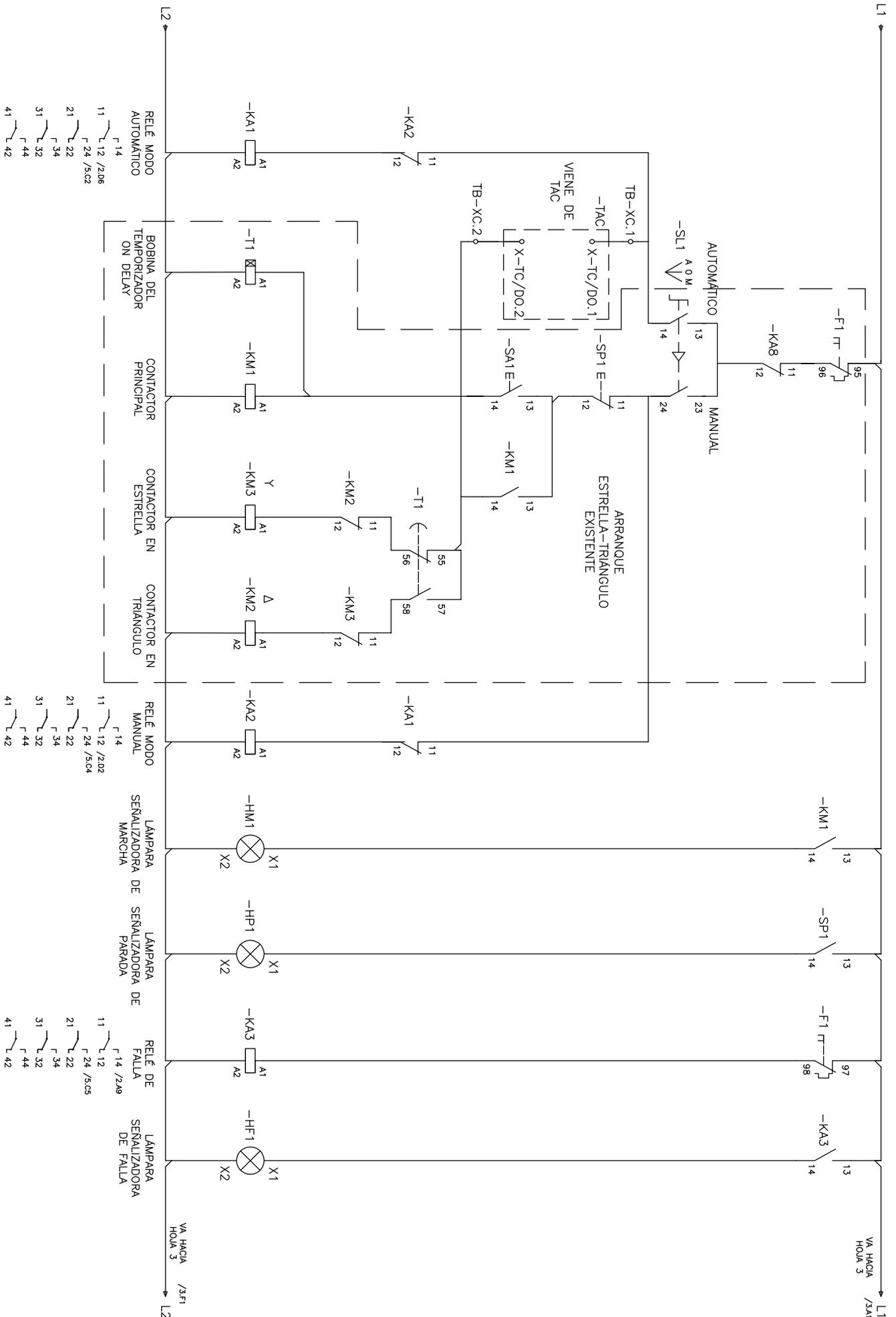
Cuando el liquido desciende bajo la sonda de MAX, la bomba arranca, transcurrido el tiempo de retardo para la sonda o para el arranque, si se ha ajustado.
Cuando el nivel de liquido supera la sonda de MAX, transcurrido el tiempo de retardo ajustado para la sonda, se des-excita el relé de salida que comanda la bomba de llenado del tanque.



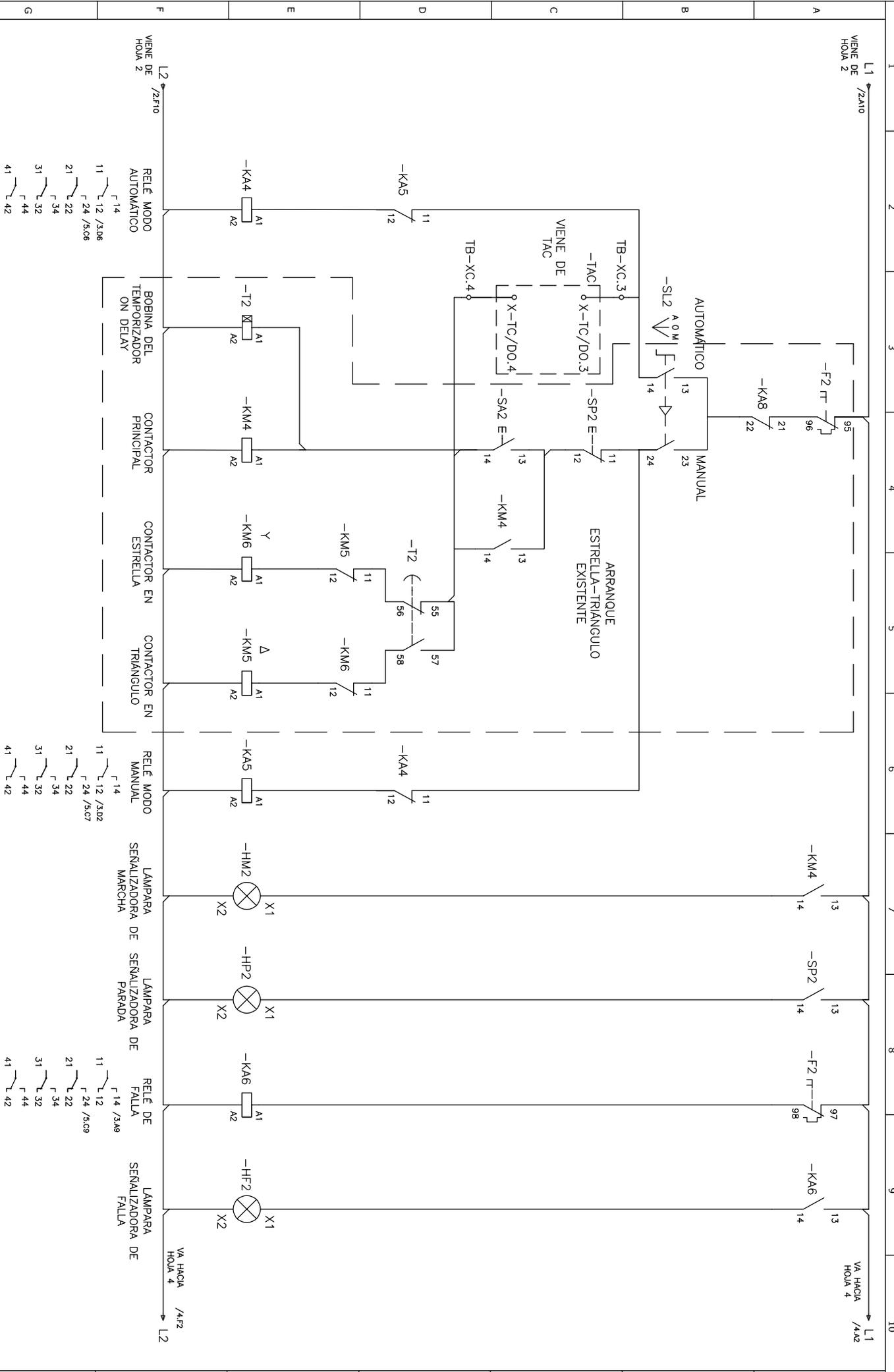
A.5 Diagramas Eléctricos



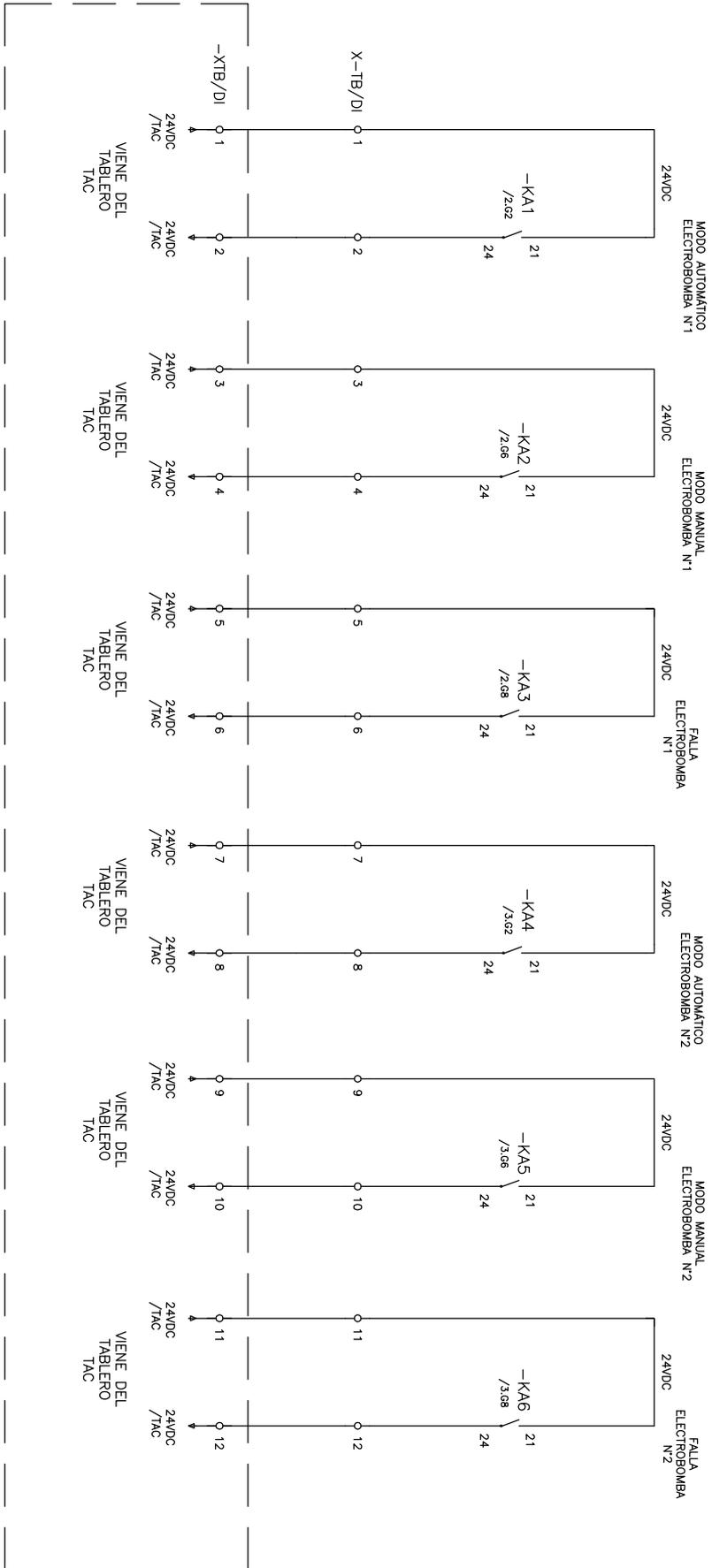
| | | | | | | | | | |
|----------|--------------|--------|-----------|----------------|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| Rev. 0.3 | | Diseño | B. Gómara | Elaborado por: | Cliente: | Proyecto: | TABLERO GENERAL DE ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBAS - TB DIAGRAMA DESARROLLADO | Fecha: | Pg. 1 |
| Rev. 0.2 | | Dibujó | B. Gómara | | | | | | |
| Rev. 0.1 | APROBACIÓN | Revisó | | | | | | | |
| Rev. . | Modificación | Fecha | Nombre | Aprobo | | | | | 5 Pgs. |



| | | | | | | | | | | |
|----------|--------------|-----------|----------------|---------|-------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Rev. 0.3 | Diseño | B. Gómara | Elaborado por: | Ciente: | Proyecto: | Fecha: | Nombre | Aprobo | Reviso | B. Gómara |
| Rev. 0.2 | Dibujó | B. Gómara | | | PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO | | | | | |
| Rev. 0.1 | APROBACIÓN | | | | | | | | | |
| Rev. . | Modificación | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------|----------|--------|-------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------|--|--------|--|--|
| Rev. 0.3 | | | | | | | | | | |
| Rev. 0.2 | | | | | | | | | | |
| Rev. 0.1 | APROBACIÓN | | | | | | | | | |
| Rev. . | Modificación | Fecha | Nombre | Aprobo | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | |
| Elaborado por: | | Cliente: | | Proyecto: | | TABLERO GENERAL DE ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBAS - TB DIAGRAMA DESARROLLADO | | Fecha: | | |
| | | | | PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO | | | | Pg. 3 | | |
| | | | | | | | | 5 Pgs. | | |



TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--------------|--|--------|--|------------|--|----------------|--|----------|--|-------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------|--|--------|--|--------|--|
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev. 0.3 | | | | Diseño | | B. Gamarra | | Elaborado por: | | Cliente: | | Proyecto: | | TABLERO GENERAL DE ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBAS - TB | | Fecha: | | Pg. 5 | |
| Rev. 0.2 | | | | Dibujó | | B. Gamarra | | | | | | PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO | | DIAGRAMA DESARROLLADO | | | | 5 Pgs. | |
| Rev. 0.1 | | APROBACIÓN | | Revisó | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev. . | | Modificación | | Fecha | | Nombre | | Aprobo | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A.6 Presupuesto de equipos Seleccionados

Costeo de los Equipos básicos Implementados para el desarrollo del sistema de bombeo automatizado

| Item | Descripción | Marca | Modelo | C/unit | Cantidad | Costo |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| 1 | CPU 1214C, 14 DI 24 VDC, 10 DO relés 2A, 2 AI 0 - 10 VDC. Alimentación: DC 20,4 - 28,8 VDC, conexión Ethernet Industrial RJ45. | Siemens | S7-1200 CPU1214C DC/DC/RIy | S/. 2,453.00 | 1 | S/. 2,453.00 |
| 2 | SIMATIC Basic KTP600 mono PN. Pantalla 6" STN monocromática, pantalla táctil y 6 teclas función. | Siemens | KTP-600 PN | S/. 3,291.00 | 1 | S/. 3,291.00 |
| 3 | Rele de Nivel + Electroodos de nivel para líquidos, alimentación 220V. | Lovato | LVM30 | S/. 250.00 | 1 | S/. 250.00 |
| 4 | Presostato | Danfoss | KPI-38 | S/. 290.00 | 1 | S/. 290.00 |
| | | | | | Costo Total | S/. 6,284.00 |