

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AUTOMATIZACION Y TELEMETRIA DE SISTEMAS DE BOMBEO
PARA SERVICIO DE AGUA POTABLE**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
RONALD RICHARD SALVO ACUÑA**

**PROMOCIÓN
2007-I**

**LIMA-PERÚ
2013**

**AUTOMATIZACION Y TELEMETRIA DE SISTEMAS DE BOMBEO
PARA SERVICIO DE AGUA POTABLE.**

DEDICATORIA:

A Dios, por brindarme buena salud.

A mi madre, Marina Acuña, por su apoyo y todo su amor, por creer en mí siempre.

A mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis hermanos por acompañarme en este largo camino.

SUMARIO

En la formación de las ciudades se considera una serie de servicios para que la colectividad pueda vivir de la mejor manera posible. Entre estos servicios se encuentra el de agua potable considerada como primordial para la vida. De tal manera que en cada ciudad debe existir un proceso de regulación, distribución y aprovechamiento de agua potable y poder ser utilizada óptimamente por la comunidad. La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abastecimiento suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua. La escasez de agua se ha venido considerando como un problema hidrológico. Esta carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua como a su mantenimiento inadecuado. Cerca del 50 por ciento del agua en los sistemas de suministro de agua potable en los países en desarrollo se pierde por fugas, conexiones ilegales y vandalismo. Hoy en día el preciado líquido es cada vez más escaso dando lugar a que distintas zonas de la región queden sin servicio de agua a determinadas horas. Esto hace necesario la intervención de métodos necesarios en los puntos de abastecimiento, así como el óptimo funcionamiento de los equipos en sus distintas áreas. Este trabajo está orientado a la optimización en el aprovechamiento del recurso hídrico mediante la utilización de la tecnología adecuada en los sistemas de bombeo para que éstos logren la distribución de agua potable sin desperdicio y con ahorro de energía. El objetivo es lograr la sostenibilidad del proyecto optimizando procesos y minimizando costos.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 01 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 02 |
| OBJETIVOS | 04 |
| FORMULACION DE HIPÓTESIS | 04 |
| CAPÍTULO I | |
| MARCO TEORICO | 05 |
| 1.1. Automatización | 05 |
| 1.2. Telemetría..... | 05 |
| 1.3. Sistema de bombeo de agua potable..... | 05 |
| 1.4. Elementos de un sistema de bombeo..... | 06 |
| 1.4.1 Bombas..... | 06 |
| 1.4.2 Motores | 09 |
| 1.4.3 Válvulas | 10 |
| 1.4.4 Sensores..... | 12 |
| 1.4.5 Controlador Lógico programable “PLC” | 14 |
| 1.4.6 Radio Modem (Radio enlaces) | 17 |
| CAPÍTULO II | |
| INGENIERIA DE PROYECTO | 18 |
| 2.1 Generalidades..... | 18 |
| 2.2 Alcances | 18 |
| 2.3 Funcionamiento del sistema de bombeo | 18 |
| 2.4 Descripción del sistema de automatización..... | 20 |
| 2.5 Arquitectura de control en cada estación | 20 |
| 2.6 Arquitectura de control del grupo hídrico..... | 21 |
| 2.7 Arquitectura de telemetría “Radio enlaces” | 22 |
| 2.8 Relación de señales de entrada y salida del PLC | 23 |
| CAPÍTULO III | |
| ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL PROYECTO | 26 |
| 3.1 Análisis del proyecto | 26 |
| 3.2 Implementación de equipos eléctricos | 27 |
| 3.2.1 Implementación de tablero eléctrico en caseta de bombeo..... | 27 |
| 3.2.2 Implementación de tableros eléctricos en reservorio existente..... | 32 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.3 | Propuesta de funcionamiento del sistema utilizando los sensores de nivel y el PLC..... | 35 |
| 3.3.1 | Sensor de nivel en la caseta de bombeo..... | 35 |
| 3.3.2 | Sensor de nivel en el reservorio existente..... | 37 |
| 3.4 | Secuencia de trabajo en la caseta de bombeo y el reservorio..... | 39 |
| 3.4.1 | Reservorio Lleno..... | 39 |
| 3.4.2 | Reservorio Vacío..... | 39 |
| 3.4.3 | Cisterna Llena..... | 39 |
| 3.4.4 | Cisterna Vacía..... | 40 |
| 3.5 | Secuencia de Arranque de las Bombas..... | 40 |
| 3.6 | Diagrama de flujo del sistema..... | 40 |
| 3.6.1 | Elaboración del diagrama de flujo..... | 40 |
| 3.6.2 | Explicación del diagrama de flujo..... | 42 |
| 3.7 | Asignación de entradas y salidas del sistema..... | 43 |
| 3.7.1 | Asignación de entradas y salidas del PLC de la caseta de bombeo..... | 43 |
| 3.7.2 | Asignación de entradas y salidas del PLC del reservorio..... | 45 |
| 3.8. | Programa..... | 47 |
| 3.9 | Desarrollo de las pantallas de los PLC's que permitan la operación y supervisión..... | 51 |
| 3.9.1 | Menú principal..... | 51 |
| 3.9.1.1 | Visión general..... | 52 |
| 3.9.1.2 | Totalizador..... | 52 |
| 3.9.2 | Menú de Configuración..... | 53 |
| 3.9.2.1 | Configuración niveles de operación cisterna..... | 53 |
| 3.9.2.2 | Configuración niveles de operación reservorio..... | 53 |
| 3.9.3 | Menú de alarmas..... | 54 |
| 3.9.3.1 | Protecciones eléctricas..... | 54 |
| 3.9.3.2 | Estado de bombas..... | 55 |
| 3.9.3.3 | Niveles mínimo y rebose..... | 55 |
| CAPÍTULO IV | | |
| ESTUDIO ECONÓMICO..... | | 56 |
| 4.1 | Costos de los equipos..... | 56 |
| 4.2 | Costos de mano de obra..... | 57 |
| 4.3 | Análisis del estudio económico..... | 58 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 60 |
| ANEXO A | | |
| Especificaciones Técnicas del PLC V120..... | | 62 |

| | |
|--|-----------|
| ANEXO B | |
| Certificado de homologación de Radio Modem..... | 65 |
| ANEXO C | |
| Certificado de homologación de Antena..... | 67 |
| ANEXO D | |
| Diagramas de montaje de tableros | 69 |
| ANEXO E | |
| Leyenda de símbolos..... | 74 |
| ANEXO F | |
| Glosario | 76 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 78 |

INTRODUCCIÓN

El agua sin lugar a dudas es el servicio básico más importante y la fuente de vida en el Planeta Tierra, el buen uso del mismo y eficiente método para procesarla, almacenar y distribuirla constituyen el pilar fundamental de las ciudades desarrolladas.

Muchas civilizaciones antiguas recurrieron al ingenio y construyeron sistemas completos de canalización del agua para su subsistencia, que van desde rústicos canales superficiales, hasta verdaderos ductos subterráneos contruidos completamente a mano y sin la ayuda de las maquinarias que poseemos hoy en día. Todo lo ha hecho el ser humano con tal de satisfacer su necesidad del preciado líquido.

La civilización se ha desarrollado con el paso del tiempo y la industrialización ha dado pasos enormes al punto de que hoy podemos hablar de sistemas muy eficientes de fabricación o industrialización de productos. Si una sociedad depende de su eficiencia para poder llegar a desarrollarse, los sistemas de potabilización y distribución de agua eficientes juegan un papel fundamental en estas civilizaciones.

En un entorno de actualidad la cobertura en el suministro de agua potable está supeditada a la disponibilidad de los recursos hídricos y a la capacidad para su explotación, uso y distribución en forma racional y sustentable: sin afectar el medio ambiente y garantizando al mismo tiempo el abasto en el corto, mediano y largo plazo.

En el proyecto que a continuación se presenta, que es la automatización y telemetría de un sistema de bombeo de agua potable, se pretende aprovechar de la mejor manera el abastecimiento, suministro y distribución del agua potable utilizando en las estaciones de Bombeo y Reservorios un controlador lógico programable (PLC) y para la transmisión de datos entre la estación de bombeo y el reservorio será mediante telemetría (enlace de radio modem y antenas). La automatización ayuda a llevar a cabo un control más eficiente sin riesgos de fuga de agua en el llenado de las Cisternas y los reservorios, además evita que las bombas operen en vacío.

Planteamiento del Problema

En un sistema hidráulico tan complejo como lo es el que posee Lima, existe una gran deficiencia en la prestación de servicios como son el agua potable y drenaje; dentro de los principales problemas se encuentran fugas de agua potable; fallas de suministro de agua, servicio intermitente y bajas presiones. Las perspectivas de este proyecto son que a corto y mediano plazo, sea posible mejorar la prestación del servicio de agua potable, en beneficio de la población

El proyecto está basado en mejorar el aprovechamiento de un sistema de bombeo para agua potable, el cual está operando de forma manual con estación de botoneras y operadores. Lo que se busca es cambiar el sistema tradicional por un sistema automatizado y que será controlado mediante los PLC's ubicados en la estación de bombeo y el reservorio. La transmisión de datos entre estos será mediante telemetría (radio enlaces), el cual se conectará, para que funcione con mejor eficacia y así poder optimizar la distribución del agua a los AA.HH. 22 de Noviembre, San José, San Salvador y Siglo XXI (PIP-23) los que se encuentran ubicados en el distrito de San Juan de Lurigancho, Departamento Lima. Se utilizará PLC's Marca Unitronics el cual estará destinado a monitorear, supervisar y controlar el abastecimiento de agua potable en la zona mencionada.

En la figura A se muestra cómo funciona el sistema actual de control, donde se puede apreciar que el operador se encuentra en el lugar donde está situado el arrancador, para hacer funcionar finalmente al motor.

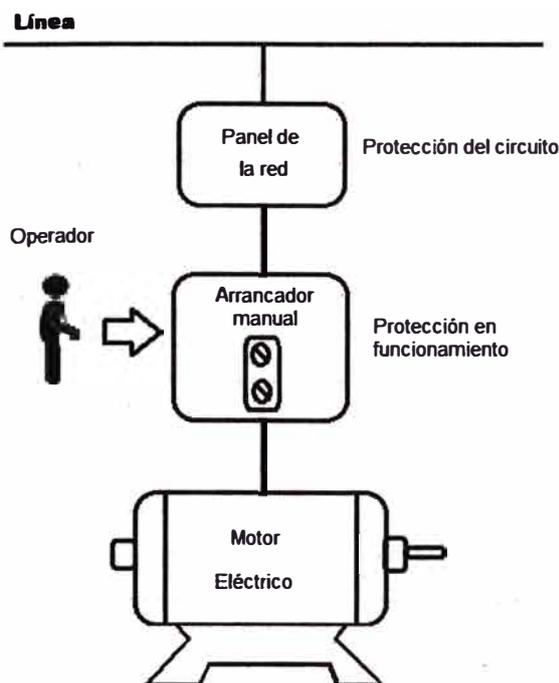


Figura A. Control Manual de Motor Eléctrico

Elaboración: Propia

En la figura B Se observa que para poder llevar a cabo la marcha del motor, el control debe de haberse programado inicialmente por un sistema de control, por lo que ahora el operador no se encuentra en el lugar. Este sistema de control hace que se accionen los pulsadores en determinado momento y automáticamente se cierre el circuito: ya cerrado el circuito permite que inicie su labor el arrancador electromagnético y de inicio el funcionamiento del motor.

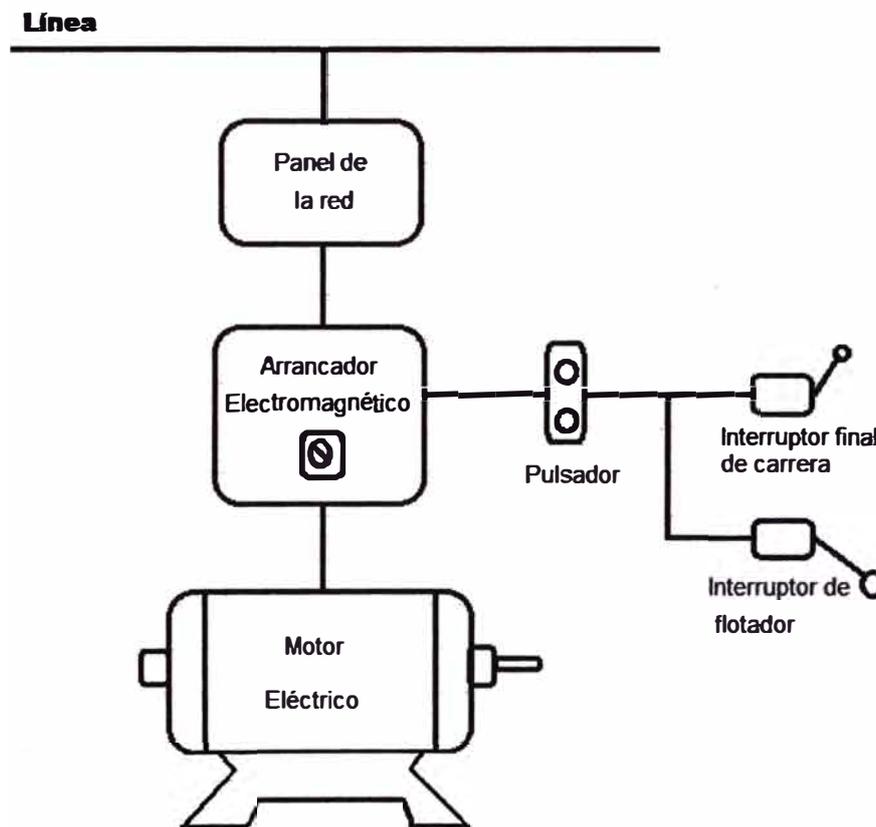


Figura B. Control Automático de Motor Eléctrico.

Elaboración: Propia

Como ejemplo el control automático se considera un depósito de agua el cual debe permanecer lleno. No es necesario que exista un operador, porque cuando el agua se encuentra en el nivel bajo se cierra el circuito y se acciona el motor, y cuando el agua alcanza el nivel superior se abre el circuito por medio de un interruptor de flotador como se observa. De esta manera la función del operador ya no es necesaria porque el control automático lo está haciendo.

Un sistema automático puede requerir de una gran inversión a corto plazo, pero si se considera a largo plazo éste resulta beneficioso porque se estaría ahorrando el trabajo y el pago de operadores en cada una de las máquinas. De esta manera, también se obtienen ventajas debido a que el sistema resulta ser más exacto en cuanto a la eficiencia en el desarrollo del proceso.

Objetivos:

Objetivo general

Proponer la automatizando de un sistema de bombeo de agua potable, por medio de la aplicación de PLC's, buscando una mayor optimización en la utilización y distribución del agua potable.

Objetivos específicos

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Determinar los requerimientos mínimos y especificaciones técnicas que se deben tomar en cuenta para el funcionamiento adecuado del sistema automatizado.
- Programar la lógica de control (basadas en PLC's del sistema de bombeo).
- Desarrollar las pantallas de los PLC's que permitan la operación y supervisión del sistema.
- Realizar la propuesta de programación por medio de un PLC y a través de un estudio económico, determinar si es factible o no la automatización.

Formulación de hipótesis

Hipótesis de trabajo (principal)

La automatización y la telemetría en un sistema de bombeo de agua potable logran optimizar los procesos de distribución del mismo, ahorrando energía y minimizando costos.

Hipótesis derivadas (específicas)

- El sistema de bombeo automatizado permite reducir la carga laboral e incrementa la seguridad de los trabajadores.
- Mediante el conocimiento de los requerimientos mínimos y especificaciones técnicas adecuadas, se logra el funcionamiento óptimo del sistema automatizado
- Mediante la programación correcta de la lógica de control se logra la marcha adecuada del sistema automatizado.
- Mediante el conocimiento total de las distintas pantallas de los PLC's se logrará la operación y supervisión del sistema (esto a través de sus distintas configuraciones y opciones).
- La aplicación de la automatización y la telemetría en un sistema de bombeo es más factible y viable económicamente frente a un sistema de bombeo convencional porque permite reducir costos (según lo desarrollado en el capítulo IV) y adicionalmente optimiza los procesos de distribución de agua potable.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen las bases teóricas y conceptuales más importantes para la comprensión del trabajo desarrollado en el presente informe.

1.1 Automatización

Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar procesos industriales, sustituyendo a operadores humanos.

Se entiende por automatización a la implementación de un dispositivo tecnológico, a una máquina o proceso industrial, el cual se encargará de controlar su funcionamiento. Este nuevo sistema (sistema automatizado), es capaz de reaccionar ante las diferentes situaciones que se puedan presentar y tomar decisiones por sí solas.

1.2 Telemetría

Es un sistema de comunicación bidireccional que permite el envío de la información a lugares remotos, mediante comunicación inalámbrica.

El sistema de Telemetría (enlace de radio) se ha vuelto una parte importante de comunicación, estrategia de mando y control en la industria. Cada vez más, los enlaces de radio están haciendo uso de tecnologías más complejas y técnicas para mantener el costo, los métodos eficaces, supervisando remotamente y controlando los recursos.

En el Perú una de las principales empresas que tiene implementado estos sistemas de Telemetría (enlaces de radio), es SEDAPAL, debido a que tienen una red de agua potable (tuberías, pozos, reservorios, cisternas, etc.), a lo largo de toda la ciudad de Lima, en consecuencia se han implementado varios sistemas de enlaces de radio (pozo - reservorio), que a futuro se piensan integrar y concentrar todos estos sistemas en un punto central, para poder monitorear y controlar a distancia (SCADA).

1.3 Sistema de Bombeo de Agua Potable.

Una necesidad que ha tenido el ser humano a través de los años es transportar el agua de un lugar a otro, por lo que empezó a idear diversos mecanismos para su solución, iniciando así el desarrollo tecnológico en sistemas de bombeo. Con la implementación de tecnología permitió al hombre transportar el agua de una manera más

sencilla, logrando el progreso en el desarrollo de los medios de control.

Un sistema de bombeo de agua potable que abastece este vital líquido necesita de una buena instrumentación para su funcionamiento, así como un sistema de control automatizado para mejorar el servicio al consumidor final. El control automatizado ayuda a mejorar el sistema de bombeo de agua potable. Dicho control da como resultado la correcta distribución, medición de niveles y presión ejercida sobre el agua, con el objetivo de obtener un mejor aprovechamiento. El sistema tiene como característica principal la de operar en forma coordinada para ajustarse a las variaciones de la demanda de la manera más precisa.

1.4 Elementos de un sistema de Bombeo

Todo sistema de bombeo cuenta con diferentes dispositivos y/o elementos que lo constituyen, la diferencia radica de acuerdo al lugar donde se desea realizar la extracción del agua, ya que debido a esto se selecciona el tipo de bomba y motor, como también las tuberías, válvulas, Cisternas y Reservorios donde se almacenara el agua, básicamente esto son los elementos necesarios, pero para un sistema de bombeo automatizado, los equipos constitutivos aumentan en número de acuerdo al propósito de dicha automatización.

1.4.1 Bombas

Cuando se habla de circulación de fluidos se está, de alguna manera entrando en el campo de bombas, puesto que estas realizan la función de hacer circular el líquido de un lugar a otro. El funcionamiento en sí de la bomba será el de un convertidor de energía, o sea, transformará la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido.

La bomba sirve para producir una ganancia en carga estática de un fluido, procedente de una energía mecánica que se transmite en su eje por medio de un motor.

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Debido a la diversidad de bombas que existen, por las características que cada una de ellas tienen y su aplicación, hay muchas formas de clasificar las bombas. Por rangos de volúmenes a manejar, por fluidos a mover, etc. A continuación se mencionan los tipos de bombas más comúnmente utilizados como son las llamadas bombas Centrífugas, Rotativas y Recíprocantes. Las Centrífugas son el tipo de bomba utilizadas en el sistema de bombeo al que se realizara la propuesta de automatización en el presente trabajo.

a) Bombas Centrífugas

También llamadas Rotodinámicas, y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unas aspas o alabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsada hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tubuladuras de salida o hacia el siguiente rodete y su elemento transmisor de energía se denomina impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas y es este elemento el que comunica energía al fluido en forma de energía cinética. En la Figura 1.1 se pueden observar los principales elementos de una bomba centrífuga.

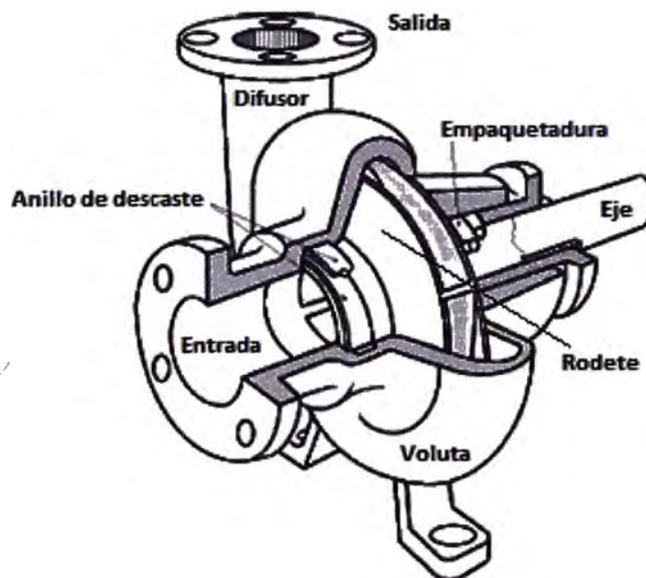


Figura 1.1 Bomba Centrífuga
(Fuente: Wikipedia)

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga, pues es el componente que imprime la velocidad al fluido; consiste en un cierto número de aspas o alabes curvados con una forma tal que permite un flujo continuo del fluido a través de ella. El diseño de los impulsores se hace en función del fluido a bombear, pudiendo ser abiertos, semicerrados y cerrados.

La carcasa de una bomba centrífuga, también con la posibilidad de ser de diferentes diseños, tiene la función de hacer la conversión de energía cinética o de velocidad que se imparte al fluido por el impulsor, en energía de presión o potencial. Existen dos tipos básicos de carcasas: de tipo espiral y de tipo difusor. En las carcasas de tipo espiral, el

impulsor descarga el fluido en un área que se expande gradualmente, disminuyendo así la velocidad para irse convirtiendo en energía de presión.

La carcasa de tipo difusor, se basa en unas guías estacionarias con una trayectoria definida, que va ampliando el área desde el impulsor hacia la propia carcasa, haciendo también la conversión de energía cinética (velocidad) a energía potencial en el fluido (presión). Este tipo de carcasas es más utilizado en bombas de varias etapas.

A diferencia de otros tipos de bombas, las centrifugas, operando a velocidad constante proporcionan un flujo desde 0 hasta su valor máximo, en función de la carga, diseño propio y condiciones de succión. Existen curvas características, típicas, de bombas centrifugas, donde se puede interrelacionar la presión de descarga (carga), capacidad, potencia requerida y eficiencia de operación de la bomba.

b) Bombas Rotatorias

Las bombas rotatorias que generalmente son unidades de desplazamiento positivo, consisten de una caja fija que contiene engranes, aspas, pistones, levas, segmentos, tornillos, etc., pues su principio de operación está basado en un transporte directo del fluido de un lugar a otro. Los elementos rotatorios de la bomba crean una disminución de presión en el lado de succión, permitiendo así que una fuerza externa (en ocasiones la presión atmosférica) empuje al fluido hacia el interior de una cavidad. Una vez llena esta, los elementos rotatorios, en su propia rotación, arrastran o llevan el fluido que quedó atrapado en la mencionada cavidad, formada por la parte rotatoria de la bomba y la carcasa (estacionaria), siendo empujado hacia la descarga, forzando a salir.

El fluido así es prácticamente desplazado de la entrada hacia la salida en un movimiento físico de traslación. Los tipos de bombas rotatorias más comunes son las llamadas de engranes, tanto externos como internos, bombas de lóbulos y bombas de tornillo.

Por sus características de operación, la capacidad de manejo de flujo en una bomba rotatoria, está en función de su tamaño y velocidad de rotación. Pueden usarse para líquidos con cualquier índice de viscosidad, pero son bombas sensibles a la presencia de abrasivos, por la gran fricción que hay entre los engranes o lóbulos y el fluido. En particular su rango de fluidos más adecuado, son los de alta viscosidad como grasas, mezclas, pinturas, etc.

También, por su adecuado control de volúmenes en función de la velocidad, son adecuadas para usarse como bombas dosificadoras de productos que deben ser medidos con presión. De los diferentes tipos de bomba rotatorias, las más conocidas y simples son llamadas de engranes.

c) Bombas Recíprocas

Las bombas recíprocas son unidades de desplazamiento positivo descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera. Sin embargo, no todo el líquido llega necesariamente al tubo de descarga debido a escapes o arreglo de pasos de alivio que puedan evitarlo. Despreciando éstos, el volumen del líquido desplazado en una carrera del pistón o émbolo es igual al producto del área del pistón por la longitud de la carrera.

Por sus características, su aplicación es amplia donde se requieren altas presiones, o volúmenes controlados de fluido, por lo que se usan muchos en líquidos de alta viscosidad y en el campo de la medición y dosificación. Las bombas recíprocas no hacen succión en los fluidos a manejarse. Al avanzar el pistón se hace una reducción de presión en la cámara de succión, requiriendo una fuerza externa (generalmente la presión atmosférica) que empuja el fluido a la cámara.

La capacidad o flujo a manejarse por la bomba está en función de la velocidad, y existe una interrelación entre la temperatura y la viscosidad del fluido, que afecta también la capacidad en el manejo del fluido.

1.4.2 Motores

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásicos: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no puede utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio

consiste en un núcleo, en el que se incluye una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas. El flujo de la corriente trifásico dentro de la bobinas de la armadura fija genera un campo magnético rotatorio, y este induce corriente en los conductores en los conductores de la jaula. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor que transportan la corriente hace que este gire. Si el rotor da vueltas exactamente a la misma velocidad que el campo magnético. No habrá en la corriente inducida, y por tanto, el rotor no debería girar a una velocidad síncrona. En funcionamiento la velocidad de rotación del rotor y la del campo difieren entre si de un 2 a un 5%. Esta diferencia de velocidad se conoce como caída.

1.4.3 Válvulas

El sistema de bombeo motivo de este trabajo posee instalado varias válvulas de diferentes tipos los cuales a continuación serán detallados. Cabe indicar que cada línea de impulsión (tubería por la que se conduce el agua de bombeada) posee válvula de aire, dos de retención y una de cierre, así como el equipo electromecánico montado sobre una de las válvulas que abre y cierra a esta, a este equipo se le denomina actuador y también será descrito en este capítulo.

Una válvula es un dispositivo mecánico empleado para controlar el flujo de un gas o un fluido, o en el caso de una válvula de retención para hacer que el flujo solo se produzca en un sentido. El tamaño de estos mecanismos va desde las pequeñas válvulas de un neumático de coche o de bicicleta hasta las válvulas empleadas en estaciones de bombeo y reservorios, que pueden tener diámetros superiores a los 5 metros. Las válvulas de baja presión suelen ser de latón, hierro fundido o plástico, mientras que las válvulas de alta presión son de acero fundido o forjado. En el caso que el fluido sea corrosivo puede ser necesario emplear aleaciones, como acero inoxidable. Las válvulas pueden acondicionarse de forma manual, a través de un servomecanismo o mediante el flujo del propio fluido controlado.

Básicamente en la estación de bombeo y en los reservorios se tiene tres tipos de válvulas diferentes por cada línea de impulsión las cuales son:

- Válvulas de Cierre Apertura.
- Válvulas Antiretorno (Check).
- Válvulas de Aire

a) Válvulas de Cierre Apertura.

Las válvulas de mariposa (válvulas de Cierre Apertura) son válvulas de seccionamiento y son utilizadas preferiblemente totalmente abierto o totalmente cerrado, es decir, no son recomendadas para regular el flujo del líquido que debe pasar a través de ellas. Las principales características de este tipo de válvula son:

- El mecanismo de obturación consiste en un disco que gira alrededor de un eje diametral.
- Básicamente para apertura y cierre. Se emplean también para regulaciones (poco precisas) de flujo en bajas presiones. Son menos susceptibles a generar cavitación.
- Óptimas para ser accionados mediante actuadores de forma automática-remota (se abren o cierran con un giro de 90°).
- Ocupan muy poco espacio y mediante el cierre de estas válvulas en una línea de impulsión se puede aislar secciones de la red para hacer mantenimiento o interrumpir las pérdidas en caso de rotura de la tubería.

Actuador de Válvulas de Cierre/Apertura.

Un actuador es un equipo que puede ser eléctrico, neumático, hidráulico, etc. y cuya función básica es la de generar el torque suficiente para poder abrir o cerrar una válvula que para nuestro caso en particular es de tipo mariposa. Este actuador posee un motor eléctrico trifásico el cual puede ser operado de manera local o de manera remoto ya que el equipo en todo momento censa el porcentaje de apertura de la válvula y lo refleja en forma de una señal analógica de 4 a 20 miliamperios, además el actuador puede ser operado mediante un volante mecánico posibilitando así el cierre de las válvulas aun cuando no haya energía eléctrica.

b) Válvulas Antiretorno (Check).

La función básica de este tipo de válvulas consiste en permitir que el líquido que se desplaza a través de ella solo lo haga hacia una, por este motivo este tipo de válvulas son llamadas anti-retorno o de una dirección, ya que el agua a través de ellas solo fluye en un sentido y, al tratar de fluir en sentido contrario la válvula se cierra de manera automática no permitiendo así el flujo del agua. Al instalar este tipo de válvulas se debe tener en consideración en qué sentido debe de fluir el agua ya que no permitirá que el líquido fluya más que en una dirección.

Las válvulas anti-retorno son instaladas en una línea de impulsión generalmente para

evitar que las bombas giren en sentido contrario a su diseño de operación producto por ejemplo de agua que trate de regresar a través de la tubería cuando el motor del sistema de bombeo se apague por algún motivo.

c) Válvulas de Aire.

Las válvulas de aire son dispositivos automáticos encargados de proteger la tubería de impulsión de agua ya que expulsan de la tubería el aire que es indeseable mientras las bombas operan y así mismo inyectan aire a la tubería cuando las bombas dejan de operar súbitamente, evitando así que la tubería colapse.

La existencia de cavidades con aire en la línea de flujo puede llegar a reducir apreciablemente su capacidad de conducción e introducir pérdidas localizadas de energía, incrementar la pendiente de la línea de la altura e inclusive llegar a presentarse casos de flujo cero.

En general el adecuado funcionamiento de una tubería requerirá de la eliminación del aire que haya podido ingresar a su interior por las causas mencionadas; esta eliminación de aire puede realizarse mediante la instalación de **Válvulas de Aire** convenientemente localizadas a lo largo de la tubería.

1.4.4 Sensores

La medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una posición o una concentración química. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que puedan alimentar a instrumentos de lectura, registros o control de las magnitudes medidas. Los sensores y transductores pueden funcionar en ubicaciones alejadas del observador, así como en entornos inadecuados o impracticables para los seres humanos.

Los sensores más importantes en el sistema de bombeo de agua potable que han sido considerados en el presente trabajo son:

- Sensor de Caudal
- Sensor de Presión
- Sensor de Nivel Ultrasónico.
- Boya de Control de Nivel
- Sondas de Control de Nivel
- Sensor de Intruso.

a) Sensor de Caudal

Sirve para medir el caudal de la bomba, de la línea de conducción y de la línea de aducción. Permite:

- Regular y controlar el funcionamiento de la bomba.
- Registrar el caudal y volumen de agua al ingreso del reservorio o cisterna.
- Registrar el caudal y volumen de agua a la salida del reservorio.

La señal eléctrica enviada al PLC, por el transmisor de caudal, es de comunicación. Este sensor estará instalado en la tubería de descarga de la bomba, en la línea de conducción a la entrada al reservorio y en la línea de aducción a la salida del reservorio.

Principio de funcionamiento:

Es el elemento que mide la velocidad del fluido mediante el principio de Faraday que establece que: cualquier conductor al moverse en presencia de un campo magnético se induce una tensión que es proporcional a la velocidad del conductor (Fluido). La Tensión Inducida es captada por 2 electrodos dispuestos diametralmente a la tubería.

Conociendo la velocidad del fluido y el área de la tubería se encuentra el caudal del fluido.

b) Sensor de Presión

Sirve para medir la presión en la descarga de la bomba, permite regular la presión de salida en una cámara reductora de presión, y permite controlar la presión de ingreso al reservorio llenado por una línea de conducción.

Principio de funcionamiento:

Es un elemento cristalino que al deformarse físicamente por la acción de la presión, origina una corriente eléctrica. Esta señal eléctrica de salida es linealmente proporcional a la variación de la presión y de una magnitud muy pequeña que requieren de amplificadores y acondicionadores de la señal.

La señal eléctrica enviada al PLC, por el transmisor de presión, es analógica. Este sensor estará instalado en la tubería de descarga de la bomba, en la línea de conducción a la entrada al reservorio y en la cámara reductora de presión.

c) Sensor de Nivel Ultrasónico

El sensor ultrasónico tiene como finalidad de:

- Medir el nivel y volumen existente en la Cámara Húmeda
- Controlar el arranque y parada de las bombas de aguas residuales.
- Controlar el ascenso y descenso del peine de la reja mecanizada.
- Controlar y medir el caudal de ingreso en forma indirecta mediante el canal de Parshall.

Su señal de transmisión al PLC es analógica. Este sensor estará instalado en forma vertical en el techo o losa de concreto.

Principio de Funcionamiento:

Se basa en el tiempo empleado en viajar la onda emitida desde el emisor hasta la superficie reflectante más el tiempo empleado por la onda reflejada desde la superficie reflectante hasta el receptor. El tiempo que empleado en la recepción del eco es una función del nivel de la superficie reflectante (nivel de agua).

d) Boya de Control Nivel

Cuando se produzca una inundación en la Cámara Seca (Lugar donde se encuentra instalados las bombas principales), este interruptor flotador tiene como función de controlar el arranque y parada de la bomba de sumidero.

Es un flotador de control de nivel en la cual, en su interior, se encuentra sellado herméticamente un microinterruptor electromecánico. El movimiento activa o desactiva los contactos del interruptor cuando el mismo cambia de posición. El flotador, además posee un contrapeso que asegura que el flotador este inmerso y haga una curva menos dura durante el doblado por efecto del empuje del líquido.

Sensor del tipo relé que abre o cierra sus contactos cuando sus sondas de nivel cierran el circuito. Tiene como función de realizar la conexión y desconexión el funcionamiento de las bombas de sumidero. Recibe la señal generada por las sondas al cerrarse el circuito y luego enviar una señal discreta al PLC. Este relé se encuentra instalado en el Tablero de Control.

e) Sondas de Control Nivel

Son electrodos de acero inoxidable que permite cerrar el circuito cuando el agua hace contacto con 2 de ellos dispuestos en niveles diferentes.

1.4.5 Controlador Lógico Programable “PLC”

De acuerdo con la definición “NEMA” (National Electrical Manufacturers Association) Un controlador lógico programable es un aparato electrónico operado digitalmente, que

usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuencia, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar a través de módulos de entradas/salidas digitales (ON/OFF) o análogas (+0 – 10VDC, 0-20mA, 4-20mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabajará en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Los Controladores Lógicos Programables o PLC (Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. No sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de controlador. Actualmente pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Están bien adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicamente procesos industriales en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el costo de la automatización y donde existirán cambios al sistema durante toda su vida operacional.

Los PLC'S contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia, se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómata, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se transfiere a la memoria de programa de usuario. Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario.

Programación.- La programación del autómata consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto.

Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

Aplicaciones.- Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, secuenciado o no; por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a

transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de partes específicas del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales.

Maniobra de máquinas

Control de maquinaria industrial de metal, plástico, fluidos, etc.

Maquinaria de embalajes.

Maniobra de instalaciones: instalación de Aire Acondicionado, calefacción etc.

Instalaciones de seguridad.

Señalización y control: Chequeo y señalización de programas y estados de procesos.

Funciones básica de un PLC.

Detección: Lectura de la señal de los sensores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

Diálogo hombre máquina (Interfase): Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

Sistemas de supervisión: También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del

ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas - Salidas distribuidas: Los módulos de entrada salida no tienen que estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

1.4.6 Radio Modem (Radio Enlaces).

Estos radios han sido creados exclusivamente para la transmisión de datos, es por ello que ya no se necesita un módem externo porque ya lo tiene incorporado. De ahí el nombre de radio modem.

Además en estos tipos de radio ya no se necesita el PTT o control de flujo porque la radio misma hace este trabajo internamente. Es por ello que la conexión entre el PLC y radio modem es bastante simple solamente se necesita un cable estándar de RS232 o RS485 (Tx, Rx y GND).

Para el caso de PLC no es necesario que tenga un control de flujo en consecuencia podría ser cualquiera PLC que tenga un puerto de comunicación serial. Solamente hay que tener presente el protocolo de comunicación.

CAPÍTULO II INGENIERIA DE PROYECTO

2.1 Generalidades

El presente capítulo describe el planteamiento de Automatización y Telemetría de Sistema de Bombeo de Agua Potable consistente en el bombeo de agua de la caseta de bombeo (cisterna proyectada CP-01) al reservorio existente RE-01, el cual beneficiará a los AA.HH. 22 de Noviembre, San José, San Salvador y Siglo XXI (PIP-23) los que se encuentran ubicados en el distrito de San Juan de Lurigancho, Departamento Lima.

El trabajo fue realizado mediante proyecto de inversión pública PIP-23 para la empresa Sedapal (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), esta empresa pertenece al estado y se encarga de suministrar agua potable a toda Lima y Callao.

2.2 Alcances

Se muestran los elementos necesarios a fin de implementar el sistema de automatización y telemetría destinado a monitorear, supervisar y controlar el abastecimiento de agua potable de la zona mencionada.

Para la comunicación, entre la caseta de bombeo CP-01 y reservorios existente RE-01, se ha definido señales ON/OFF en 24Vdc y 220Vac, señales analógicas en 4 – 20mA y comunicación en protocolo ModBus.

Para la comunicación entre estas estaciones se ha considerado equipos de telemetría (radio modem) con protocolo ModBus, garantizando una velocidad de 2 Mbits para la transmisión de datos.

2.3 Funcionamiento del Sistema de Bombeo

Para poder dar un buen servicio es necesario que el reservorio este continuamente lleno, es con ello que se da inicio al estudio de los principales factores que intervienen en el proceso de llenado y vaciado, para así poder desarrollar la secuencia de operación del sistema. Estos factores son la capacidad de agua con que se cuenta y la demanda de agua, con estos parámetros mencionados anteriormente se determinó el funcionamiento, el cual está actualmente. El encendido de las bombas lo determina la altura que vaya alcanzando el agua en el reservorio, de acuerdo a la demanda que esté presente.

La capacidad del reservorio existente es de 100m^3 con una altura de 3m ., y la secuencia determinada es de acuerdo al nivel del agua en el reservorio para accionar la bomba. El reservorio cuenta con un sensor de nivel con salida de $4 - 20\text{mA}$ como se muestra en la Figura 2.1. Para comprender la forma de operación se explicarán los siguientes puntos:

1.- Suponiendo que el reservorio está lleno y el nivel de agua llega a los 2.8m (NR3), de inmediato se debe apagar la bomba, antes de que rebose el agua.

2.- Si la demanda aumenta y el nivel del reservorio baja hasta alcanzar una altura de 1.5m (NR2), deberá entrar en funcionamiento la bomba 1, y así continuará hasta que el nivel del agua suba otra vez hasta 2.8m (NR3).

3.- Por el contrario si el nivel del agua sigue bajando y el nivel del agua en el reservorio alcanza una altura de 0.3m (NR1), entrará en operación la bomba 2 y estarán funcionando las dos bombas. Si el nivel del agua comienza a recuperarse cuando llegue a los 1.5m (NR2), la bomba 2 saldrá de operación. Si el depósito se llenara, las 02 bombas deberán estar fuera de operación.

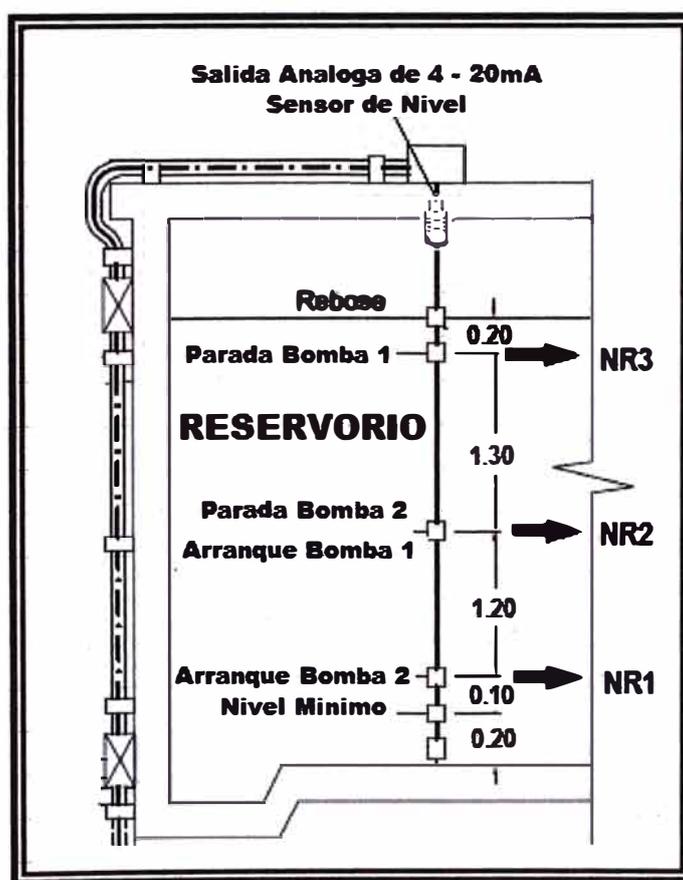


Figura 2.1 Secuencia de las bombas por el medio del nivel del agua.

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

Un punto muy importante a considerar es cuando la caseta de bombeo (cisterna) no cuente con la suficiente agua, el sistema no debe funcionar ya que las bombas trabajarán en vacío ocasionando problemas mecánicos. Esta cisterna es llenado mediante otra estación de bombeo, pero este control y su operación se encuentran fuera de los alcances de la automatización que se pretende proponer.

2.4 Descripción del Sistema de Automatización

El sistema de control y automatización se divide en 2 modos de operación:

- A) El control automático en cada estación (caseta de bombeo CP-01 y reservorios existente RE-01) a través del controlador PLC, el cual recibe y envía datos de tipo digital ON/OFF en 24Vdc y 220Vac respectivamente, del tipo analógico en 4 a 20mA y por comunicación en RS-485 Modbus.

- B) El control automático y manual del Grupo Hídrico:
 - a) Grupo Hídrico Caseta de Bombeo CP-01 – Reservorio Existente RE-01

El grupo hídrico es la unidad básica y prioritaria de control, para lo cual, los PLCs de cada estación se comunicarán entre sí vía telemetría (radio enlace) dedicado y exclusivo en plataforma ModBus.

2.5 Arquitectura de Control en Cada Estación

En cada estación se instalo un tablero de control, automatización y telemetría con el siguiente equipamiento:

- 1) Controlador lógico programable, PLC con HMI Integrado
- 2) Radio módem, RM.
- 3) Fuente de energía ininterrumpida, UPS.
- 4) Interruptores termo magnéticos.
- 5) Protección de sobre tensión.
- 6) Demás elementos de conexión de señales según la estación

La caseta de bombeo CP-01 tiene dos modos de operación: local y remoto. En el modo LOCAL, el control se realiza desde la caseta de bombeo, en el modo REMOTO el control se realiza desde el PLC del reservorio.

Adicional a esto en la caseta de bombeo CP-01 tiene las opciones manual y automático para cada electro bomba principal. En la opción LOCAL/MANUAL, la

operación de las bombas se realiza a través del panel de pulsadores ubicados en la puerta del tablero de fuerza, y el PLC solo se limita a monitorear y registrar los valores de los parámetros y señales de la estación.

En la opción LOCAL/AUTOMATICO, el PLC gobierna el control y monitoreo de la estación de acuerdo a su programa de control.

Los equipos principales que entregan más de una señal de lectura, además de señales de alarma y estado y tienen la opción a ser configurados, están enlazados al PLC vía red de comunicación ModBus.

Los equipos que emiten una sola señal de lectura, no generan señales de estado así como no tienen la opción de configuración debido a su operación simple, serán enlazados al PLC vía señal digital ON/OFF o señal analógica de 4 a 20mA.

El panel operador permite:

- a) Visualizar los valores de los parámetros hidráulicos, tales como presión, nivel, caudal, etc.
- b) Visualizar los valores de los parámetros de energía, tales como corriente, tensión, potencia, energía, etc.
- c) Visualizar los estados de los equipos principales como arrancadores electrónicos, relés de control, electro bombas, medidores de caudal, etc.
- d) Visualizar las alarmas, fallas y demás eventos de la estación.
- e) Configurar rangos de operación, modificar set points, definir máximos y mínimos de las alarmas, etc., de acuerdo a niveles de seguridad de acceso definidos.

2.6 Arquitectura de Control del Grupo Hídrico.

Cada grupo hídrico está compuesto de dos a mas estaciones cuyos PLCs mantienen comunicación permanente entre sí para el intercambio de datos y valores con la finalidad de cumplir con las estrategias de control establecidas para cada uno de dichos grupos hídricos.

La comunicación entre las estaciones de un grupo hídrico se realiza vía radio enlace en la Banda de frecuencia de operación libre 902 – 928MHz en la plataforma ModBus, con una velocidad de 2 Mbits. Esta configuración permite una permanente y óptima comunicación entre las estaciones así como futuras aplicaciones de video vigilancia y telefonía IP.

Para la etapa de instalación, el equipo de radio cuenta con un dispositivo que emite sonidos de manera que el instalador puede alinear su antena con el otro extremo del enlace de forma rápida ya que el equipo emitirá sonidos según como reciba la señal, en

el momento que el equipo este en óptima alineación el sonido será de un tipo específico, con lo cual la etapa de alineamiento se concluye.

La plataforma para el intercambio de datos es ModBus, para lo cual, en cada estación se instalará un radio modem de tipo industrial que permitirá la conexión del PLC de la caseta de bombeo CP-01 con el PLC del reservorio existente RE-01. (Ver Figura 2.2 Arquitectura de Automatización).

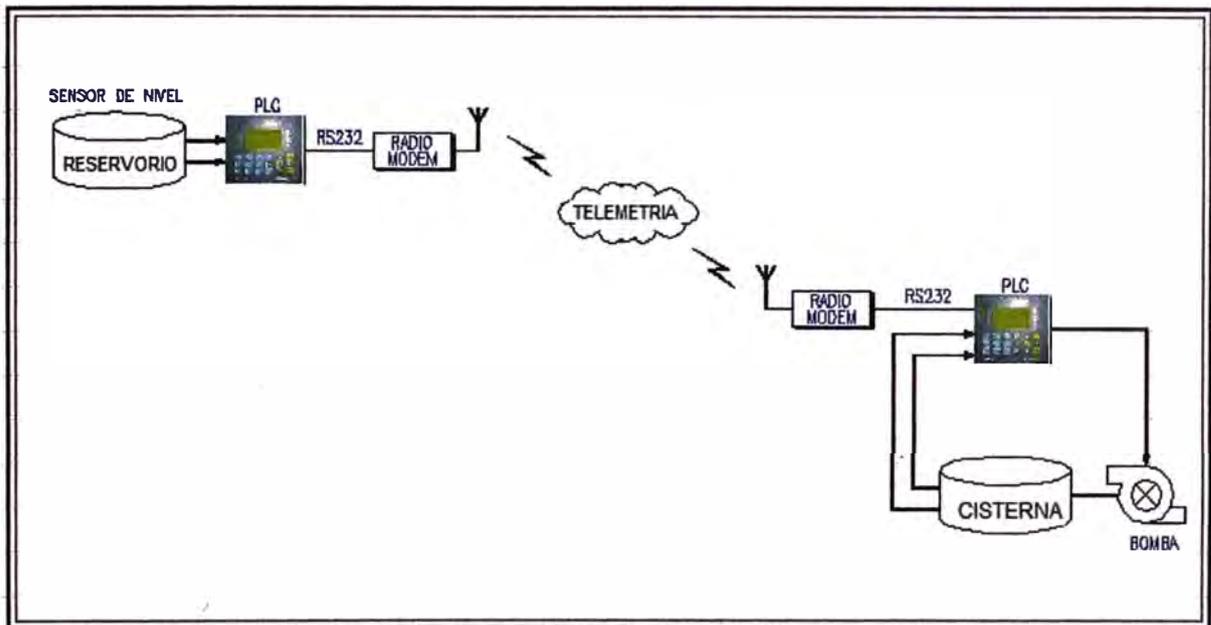


Figura 2.2 Arquitectura de automatización

Elaboración: Propia

2.7 Arquitectura de Telemetría “Radio Enlaces”

Los radio enlaces tendrán dos niveles; primer nivel: enlace de grupo hídrico, segundo nivel: enlace de comunicación del esquema de agua potable. Estos enlaces serán punto a punto mediante antenas direccionales en la banda libre de 902 – 928MHz.

El enlace del grupo hídrico se indica en el esquema de telemetría. La geografía del lugar permite realizar el enlace dentro del grupo hídrico con línea de vista libre, (Ver Figura 2.2 Arquitectura de Automatización).

De acuerdo a la arquitectura, existen estaciones con más de un enlace de radio, (enlaces del grupo hídrico respectivo y/o enlaces tipo puente de comunicación y/o enlaces de retransmisión), el equipo de radio debe tener la posibilidad de configuración multi punto-punto lo que permitirá manejar sin interferencia hasta diez enlaces (punto a punto) desde una misma estación con antenas separadas a poca distancia (ubicadas en una misma torre), lo cual hace que cada enlace pueda trabajar con sus máximos valores de transmisión y cuente con la alta ganancia de la antena integrada. Todo esto se logrará

con una unidad de sincronización como parte del sistema de radio modem si es que hubiese la necesidad de tener torres con más de 3 enlaces.

El presente proyecto involucra solo una antena por estación (Ver Figura 2.3 Soporte de Antena).

La red de comunicaciones permite enviar datos, voz y video en un ancho de banda de 2Mbits. El presente proyecto involucra solo datos, quedando la infraestructura lista para incorporar voz y video en un futuro cercano.

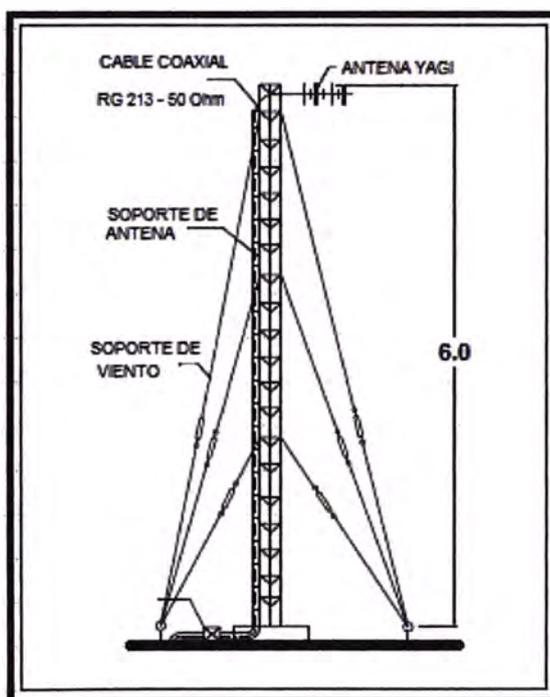


Figura 2.3 Torre o Soporte de Antena

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

2.8 Relación de Señales de Entrada y Salida del PLC.

Para la Caseta de Bombeo CP-01:

- Arranque y parada de las electrobombas principales de acuerdo al programa de suministro de agua (salidas digitales en 220Vac de acuerdo al número de bombas).
- Estados de cada electro bomba: funcionando y falla (entradas en 24Vdc de acuerdo al número de bombas).
- Estado de los arrancadores electrónicos: falla, preparado, funcionando, bypass (por comunicación Modbus).
- Alarma de los arrancadores electrónicos: falla interna, sobre-corriente, inversión de fase, configuración incorrecta, pérdida de una fase, frecuencia de red sin tolerancia, fallo de alimentación de potencia, fallo de alimentación de control,

arranque demasiado largo, sobrecarga, fallo térmico de motor, fallo térmico del arrancador, subcarga del motor, rotor bloqueado (por comunicación modbus).

- Lectura de parámetros de los arrancadores electrónicos: estado térmico del motor, corriente del motor, duración de funcionamiento, potencia activa, par motor, último fallo aparecido, sentido de rotación de las fases (por comunicación Modbus).
- Señal de apertura de válvula control de bombeo. Si aplica (salida discreta 220 Vac).
- Señal de confirmación de apertura de válvula control de bombeo. Si aplica (entrada discreta tipo relé).
- Estado de los banco de condensadores: conectado, desconectado (entradas en 24Vdc según número de bombas).
- Lectura de los parámetros eléctricos de los medidores multifunción: corriente por fase, tensión fase a fase, potencia activa, pasiva y total, corriente media por fase, corriente máxima por fase, potencia máxima activa, pasiva y aparente, contador horario, factor de potencia, energía activa, reactiva y aparente, factor de potencia, máximo y mínimos de corriente, frecuencia, potencia, factor de potencia (por comunicación Modbus).
- Indicación de apertura/cierre de tablero (entrada digital en 24Vdc).
- Posición del selector Local/Remoto (dos entradas digitales en 24Vdc).
- Posición de los selectores Manual/0/Automático (dos entradas digitales en 24Vdc por cada bomba).
- Estado del relé de Min/Max tensión y pérdida de fase (entrada digital en 24Vdc por cada bomba).
- Estado del UPS: funcionando, falla (dos entradas digitales en 24Vdc).
- Indicación del sensor de rebose. Si aplica (entrada digital en 24Vdc).
- Estado de sirena. Presencia de alarma (salida digital en 220Vac).
- Medición del nivel del agua en pozo, cisterna o reservorio (entrada analógica de 4 a 20mA).
- Medición de presión de salida de líneas de impulsión (entrada analógica de 4 a 20mA).
- Medición de parámetros de caudal: flujo, volumen acumulado, dirección de flujo, tubería vacía (por comunicación Modbus).

Para el Reservorio Existente RE-01:

- Indicación de apertura/cierre de tablero (entrada digital en 24Vdc).

- Estado del UPS: funcionando, falla (dos entradas digitales en 24Vdc).
- Indicación del sensor de rebose (entrada digital en 24Vdc).
- Estado de sirena. Presencia de alarma (salida digital en 220Vac).
- Medición del nivel del agua en el reservorio (entrada analógica de 4 a 20mA).
- Medición de parámetros de caudal: flujo, volumen acumulado, dirección de flujo, tubería vacía (por comunicación Modbus).

CAPÍTULO III ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se explica y se detalla la implementación del proyecto de Automatización y Telemetría de Sistema de Bombeo de Agua Potable.

El trabajo fue realizado mediante proyecto de inversión pública PIP-23 para la empresa Sedapal (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), esta empresa pertenece al estado y se encarga de suministrar agua potable a toda Lima. El lugar donde se realizó la implementación del proyecto, es en el distrito de San Juan de Lurigancho, que se encuentra en el cono este de Lima, el cual beneficiará a los AA.HH. 22 de Noviembre, San José, San Salvador y Siglo XXI (PIP-23) los que se encuentran ubicados en el distrito en el distrito mencionado.

3.1 Análisis del Proyecto

El Proyecto consiste en la implementación de un sistema completamente automático de bombeo de agua potable. Desde un punto bajo (caseta de bombeo CP-01), se bombea agua potable a un punto más alto (reservorio existente RE-01). Para que el sistema sea automático, se tenía que saber el nivel de agua en los dos puntos (caseta de bombeo CP-01 y reservorio existente RE-01). La distancia que hay entre la caseta de bombeo CP-01 y el reservorio existente RE-01 es de 1Km. aproximadamente, además como es una zona poblada, es difícil y poco práctico utilizar cableado para la transmisión de datos, por ello se optó por realizarlo por telemetría (radio enlaces).

Además el sistema contempla muchos detalles, como la alternancia de bombas, la utilización de equipos electrónicos, para tener arranques y paradas suaves de las bombas (arrancadores), indicadores digitales de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, etc.), secuenciadores de fases para la buena conexión de la tensión de entrada, sensores de flujo, y la utilización de PLC's con pantalla gráfica (MMI), para la automatización del proceso. La pantalla sirve para el monitoreo local, la visualización de cualquier falla en el sistema (falla bomba 1, etc.) y los cambios del Setpoint de los niveles de bombeo. Adicionalmente se contempla un sistema de respaldo de energía (UPS) para la parte de control, esto es porque a futuro se piensa integrar todos los puntos de bombeo en Lima hacia un punto central de monitoreo y control.

3.2 Implementación de Equipos Eléctricos

A continuación se detalla la implementación de los tableros, tanto en la parte de fuerza, control y de telemetría, para este proyecto.

3.2.1 Implementación de Tableros Eléctricos en Caseta de Bombeo

A continuación se detallan los tableros instalados en la estación de bombeo.

- Tablero General "TG".
- Tablero de Banco de Condensadores "TBC".
- Tablero de Distribución "TD".
- Tablero de Control "TC".

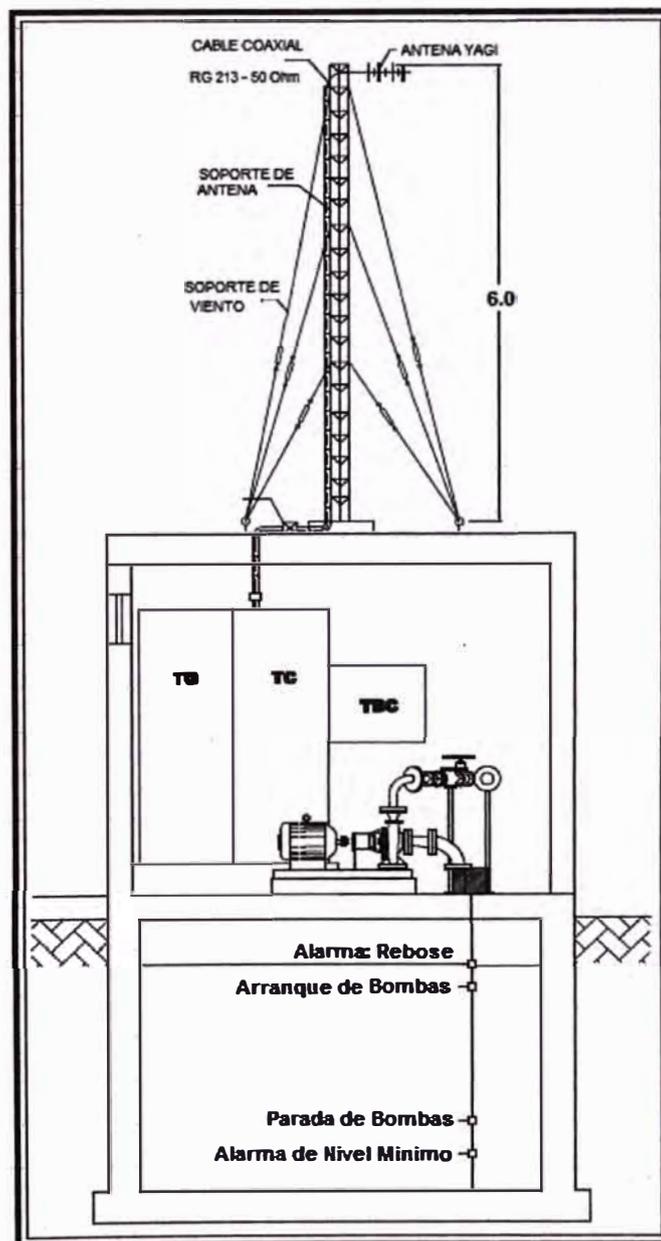


Figura 3.1 Instalaciones Eléctricas de la Estación de Bombeo

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

a) Tablero General "TG" (Arranque de Motores)

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico auto soportado, fabricado con plancha LAF 2mm.

1 Interruptor y Medición Principal

- 1 Interruptor Termo magnético de 3x50Amp. Regulación térmica 40 a 50Amp. Magnético fijo, 85KAmp.
- 1 Medidor electrónico de energía, entrada de corriente de 5Amp. con las siguientes funciones: medición de voltaje, medición de corriente, medición de potencia activa, medición de potencia reactiva, factor de potencia, medición de frecuencia, etc.
- 3 Transformadores de corriente de 75/5Amp. Cl. 0.5.
- 1 Relé de protección de mínima y máxima tensión

2 Arranques Suaves de 10HP. Equipado con:

- 2 Interruptores Termo magnéticos de 3x40Amp.
- 2 Medidores electrónicos de energía, entrada de corriente de 5Amp. con las siguientes funciones: medición de voltaje, medición de corriente, medición de potencia activa, medición de potencia reactiva, factor de potencia, medición de frecuencia, etc.
- 6 Transformadores de corriente de 75/5Amp. Cl. 0.5.
- 3 Relé diferencial 0.03-10Amp. Con display, 110/220Vac.
- 3 Transformador diferencial toroidal, diámetro de 110mm.
- 2 Relé de protección, vigilancia de secuencia y pérdidas de fases.
- 2 Arrancador Estático PE START 10 HP/ 220 V - / con función de by pass, tensión de mando 220Vac, protecciones al motor incorporadas contra sobrecarga, baja carga, pérdida de fase, etc.
- 4 Contactor Tripolar 40Amp, AC3, 2 NA / 2 NC Bob 220 Vac. (Linea y by pass).
- 2 Selector de 03 posiciones M-O-A.
- 2 Lámpara led 22 mm color verde, motor start.
- 2 Lámpara led 22 mm color rojo, motor stop.
- 2 Pulsador de paro rojo 1NC
- 2 Pulsador de marcha Verde 1 NA
- 2 Interruptores Termo magnéticos de 3x20Amp. (Salida a TC y TD)
- 1 Interruptor de 2x6Amp de control.
- 1 Sistema de ventilación interna/ Ventiladores, rejillas, filtros y control termostato.
- 1 Sistema de climatización Interna/ Calefactor y control termostato.

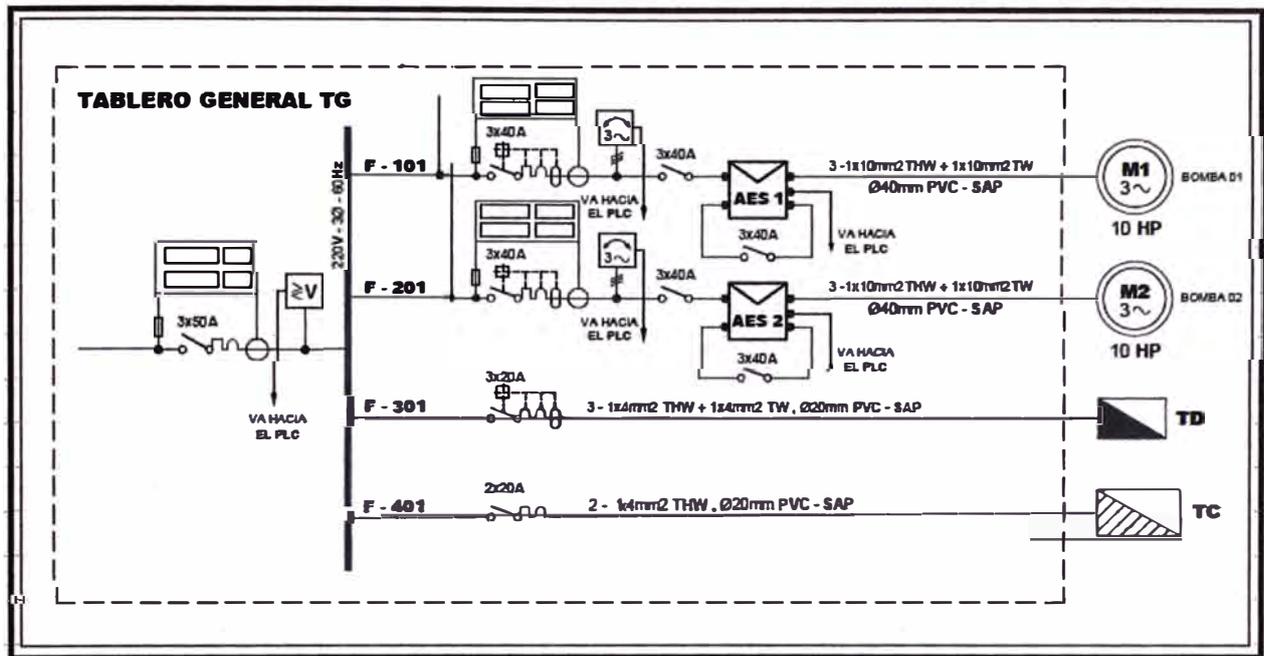


Figura 3.2 Diagrama Unifilar del Tablero General TG

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

b) Tablero de Banco de Condensadores "TBC".

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico tipo mural, fabricado con plancha LAF 2mm.
- 2 Interruptores Termo magnéticos de 3x20Amp.
- 2 Contactores capacitivos tripolar de 8KVAR, AC3, Bob 220Vac.
- 2 Bloque temporizado neumático/10-180seg.
- 2 Banco de condensador trifásico 3.2kVar/220Vac.
- 1 Sistema de ventilación interna/ Ventiladores, rejillas, filtros y control termostato.

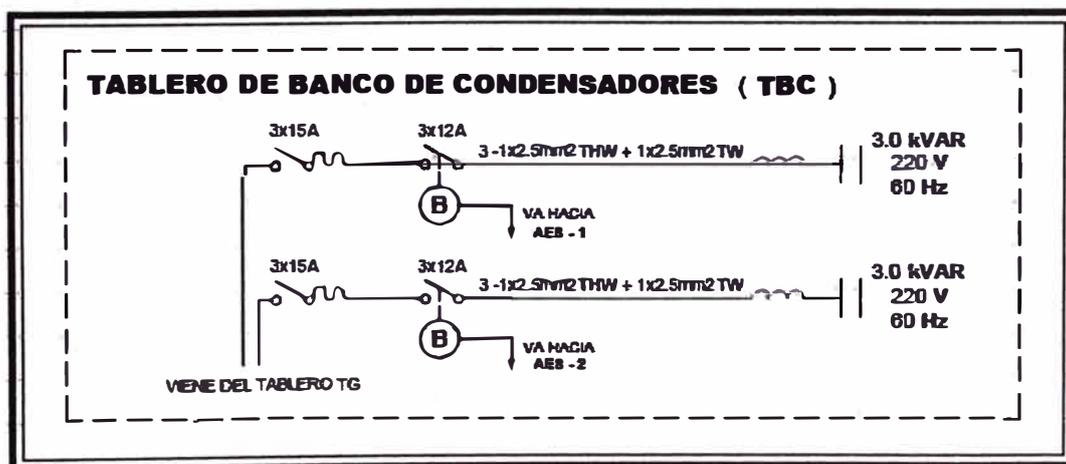


Figura 3.3 Diagrama Unifilar del Tablero de Banco de Condensadores TBC

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

c) Tablero de Distribución "TD".

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico tipo mural, fabricado con plancha LAF 2mm.
- 1 Interruptor termo magnético principal de 2 x 16Amp.
- 2 Interruptores Termo magnéticos de 2 x 20Amp.
- 1 Interruptor Diferencial de 2 x 20Amp, 30mAmp.

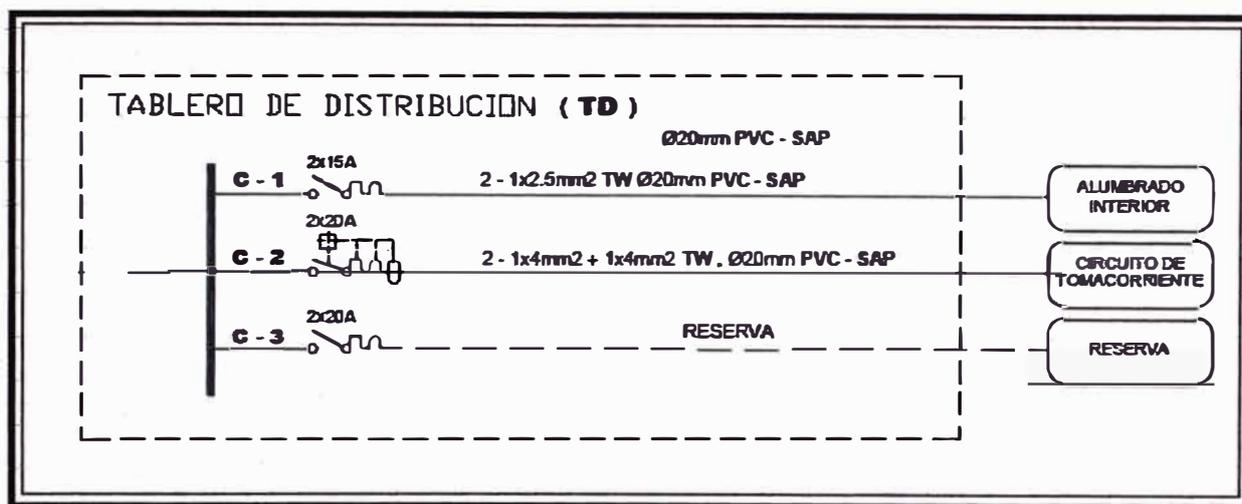


Figura 3.4 Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución TD

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

d) Tablero de control y Telemetría "TC".

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico auto soportado, fabricado con plancha LAF 2mm.
- 1 Interruptor termo magnético principal de 2 x 20Amp.
- 1 UPS 2KVA, 220V 60Hz 2 horas autonomía.
- 14 Interruptores termo magnéticos de 2 x 4Amp.
- 2 Display de lectura digital de caudal, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 2 Display de lectura digital de presión, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 1 Display de lectura digital de nivel del reservorio, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 8 Relés de control 24VAC/DC/250VAC 5Amp. / 1 contacto conmutado.
- 1 PLC Visión 120 pantalla LCD grafica FSTN de 128x64 pixels (8 líneas x 22 caracteres), Hasta 255 pantallas definido 12 entradas digitales pnp/npn, 12 salidas tipo transistor pnp/npn, 2 entradas y salidas analógicas de 12bits, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA, puerto de comunicación RS 232, RS485.

3.2.2 Implementación de Tableros Eléctricos en Reservorio Existente.

A continuación se detallan los tableros instalados en la estación de bombeo.

- Tablero de Distribución "TD".
- Tablero de Control "TC".

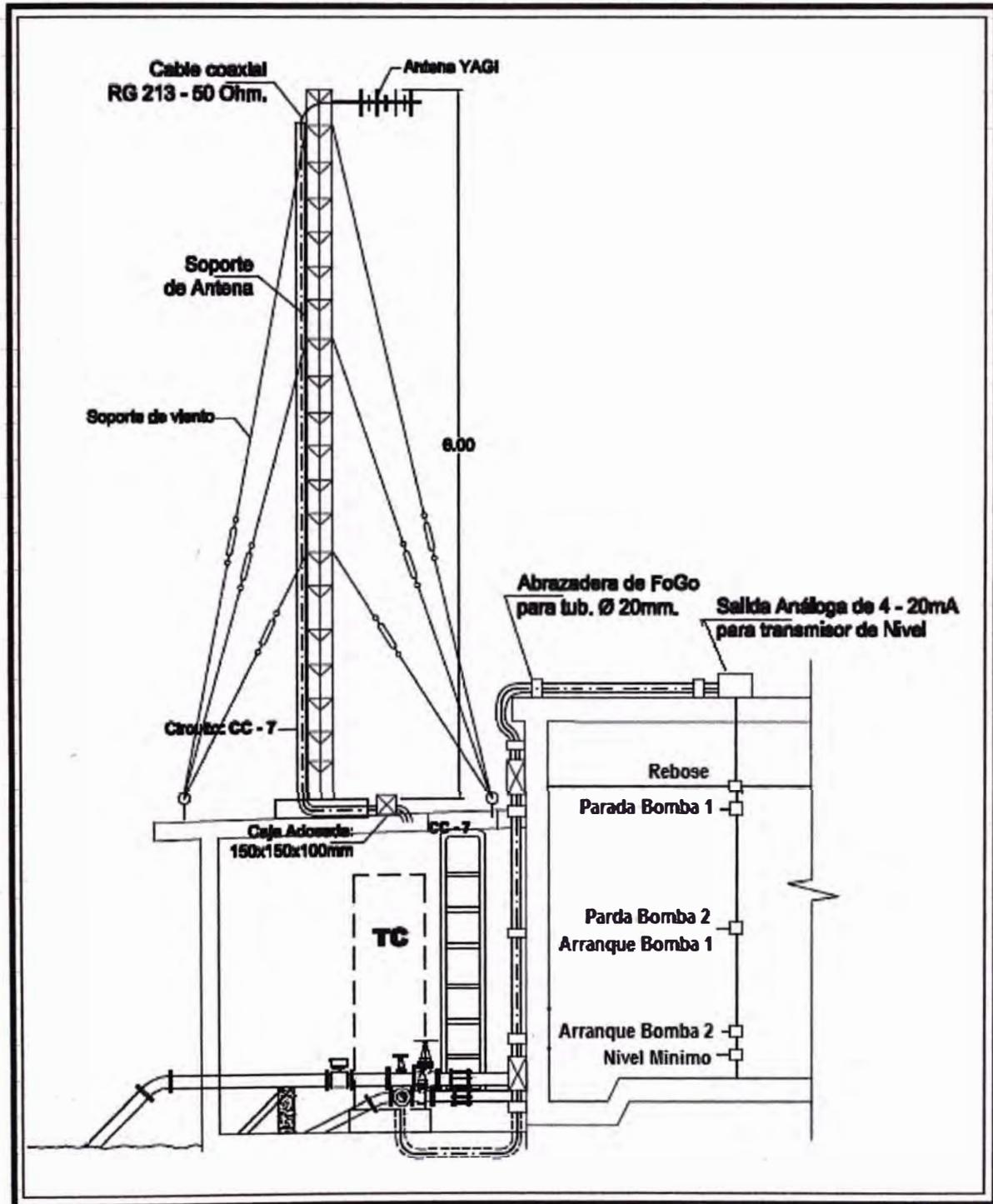


Figura 3.6 Instalaciones Eléctricas del Reservorio

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

a) Tablero de Distribución "TD".

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico tipo mural, fabricado con plancha LAF 2mm.
- 1 Interruptor termo magnético principal de 3 x 40Amp.
- 1 Interruptor Termo magnético de 2 x 16Amp.
- 3 Interruptores Termo magnéticos de 2 x 20Amp.
- 1 Interruptor Diferencial de 2 x 20Amp, 30mAmp.

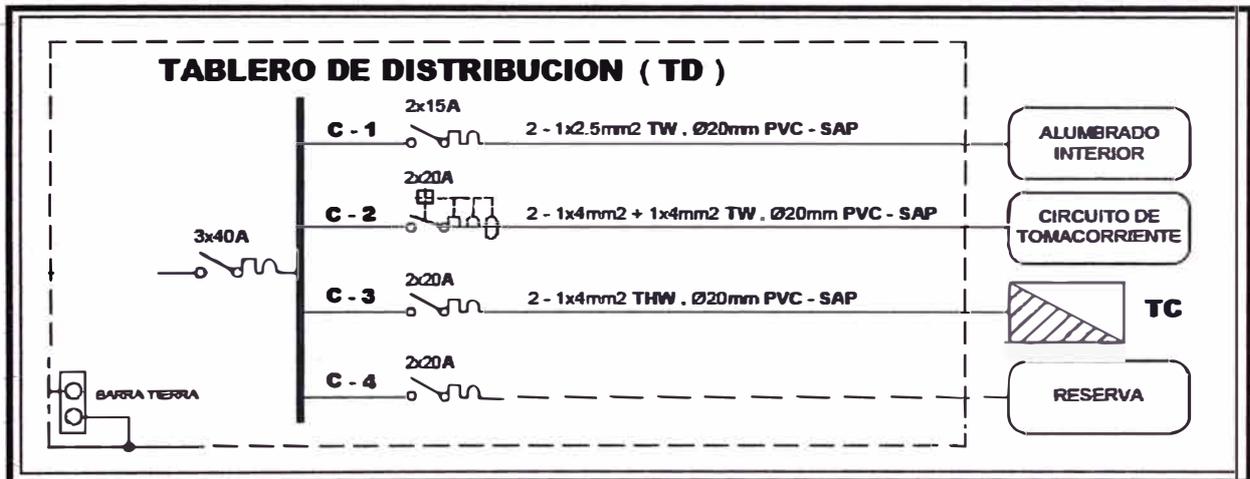


Figura 3.7 Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución TD

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

b) Tablero de control y Telemetría "TC".

El tablero está equipado con los siguientes componentes:

- 1 Gabinete metálico auto soportado, fabricado con plancha LAF 2mm.
- 1 Interruptor termo magnético principal de 2 x 20Amp.
- 1 UPS 1KVA, 220V 60Hz 2 horas autonomía.
- 9 Interruptores termo magnéticos de 2 x 4Amp.
- 1 Display de lectura digital de caudal, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 1 Display de lectura digital de presión, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 1 Display de lectura digital de nivel, entrada y salida analógica de 4-20mAmp.
- 8 Relés de control 24VAC/DC/250VAC 5Amp. / 1 Contacto Conmutado.
- 1 PLC Visión 120 pantalla LCD grafica FSTN de 128x64 pixels (8 líneas x 22 caracteres), Hasta 255 pantallas definido 12 entradas digitales pnp/npn, 12 salidas tipo transistor pnp/npn, 2 entradas y salidas analógicas de 12bits, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA, puerto de comunicación RS 232, RS485.

- 1 Adaptador de expansión.
- 1 Modulo de expansión digital: 8 entradas pnp y 4 salidas de relay.
- 1 Modulo de expansión analógica: 8 entradas, 12bits, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA.

Resumen de Entradas y Salidas.

Entradas digitales: 8 entradas pnp/npn.

Entradas analógicas: 10 entradas, 12bits, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA.

Salidas digitales: 12 salidas tipo transistor pnp/npn y 4 salidas de relay.

Salidas analógicas: 2 salidas, 12bits, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA.

- 1 Radio Modem Maxstream, banda de frecuencia de operación 902-928MHz, potencia de transmisión 100mW, puerto de comunicación RS232, RS485.
- 1 Antena Yagui, rango de frecuencia 896 – 980MHz.
- 1 Fuentes Switching de 220VAC a 24VDC, 5Amp.
- 1 Fuentes Switching de 220VAC a 12VDC, 2Amp.
- 1 Interruptor de 2x6Amp de control.
- 1 Control de nivel de agua con electrodos.
- 1 Sistema de ventilación interna/ Ventiladores, rejillas, filtros y control termostato.
- 1 Sistema de climatización Interna/ Calefactor y control termostato.

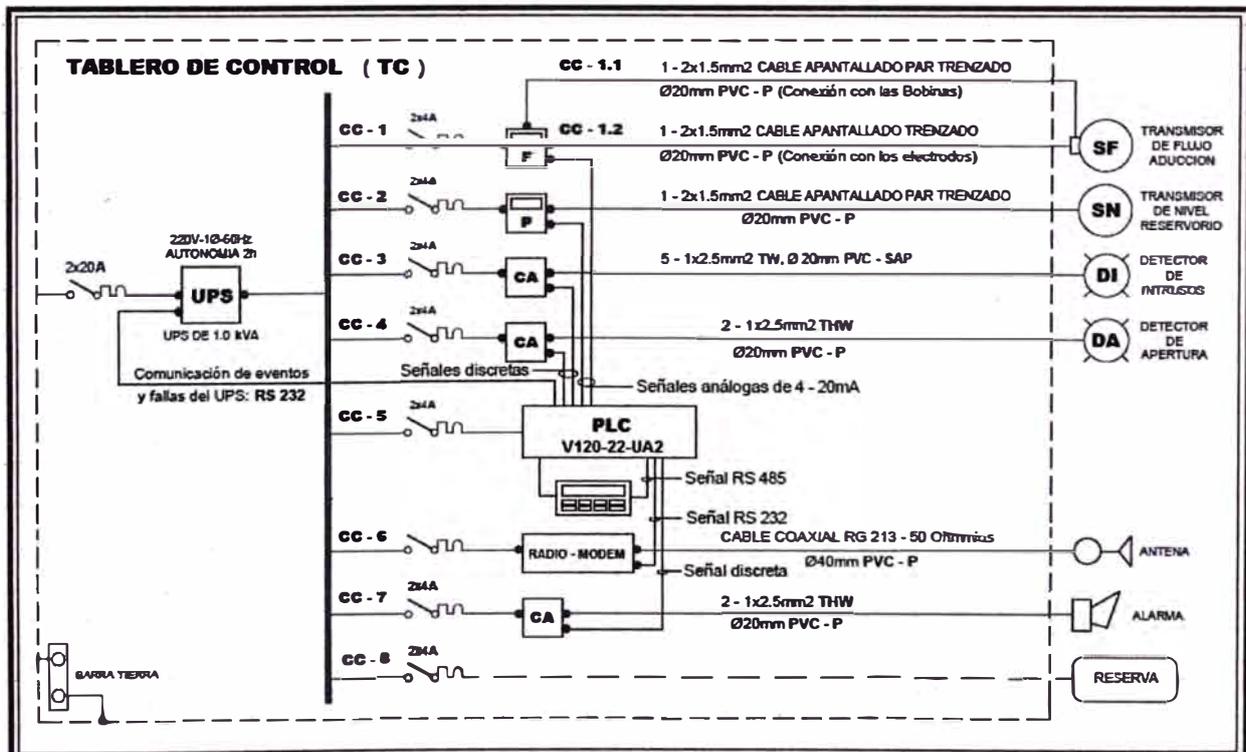


Figura 3.8 Diagrama Unifilar del Tablero de Control TC

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

3.3 Propuesta de Funcionamiento del Sistema Utilizando los Sensores de Nivel y el PLC.

Conociendo el funcionamiento visto en el capítulo II se puede llevar a cabo la implementación de los sensores y los PLCs Unitronics. Para mejorar las deficiencias que tiene el sistema se comenzará por describir a qué distancia estarán ubicados los sensores dentro de la caseta de bombeo y el reservorio, además de mencionar la función del sensor de nivel.

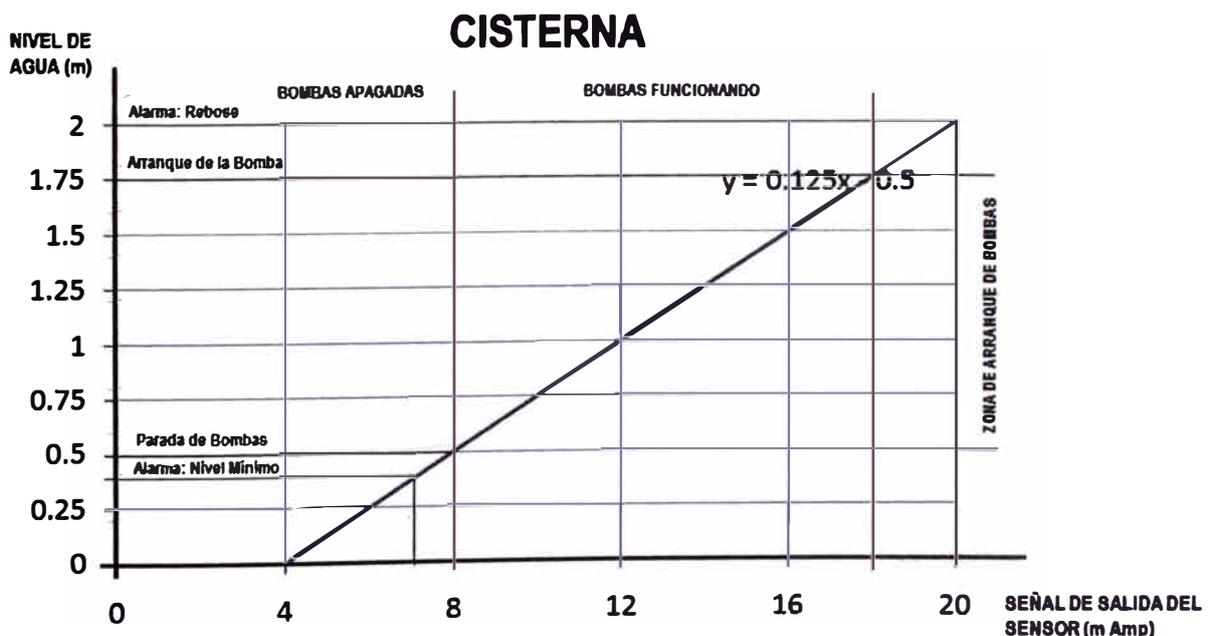
3.3.1 Sensor de Nivel en la Caseta de Bombeo.

A continuación se describe la función del sensor de nivel ultrasónico ubicado en la caseta de bombeo (cisterna).

Se encuentra ubicado en la parte superior de la cisterna como se observa en la figura 3.9, el sensor de nivel ultrasónico convierte la señal de variación de nivel del agua en la cisterna en una señal análoga de 4 a 20mA, el cual proporciona una corriente de salida que varía linealmente con el nivel del agua en la cisterna (ver gráfica 3.1).

La señal de salida análoga de 4 -20mA del sensor es cableada al PLC para determinar la secuencia de arranque y parada de las bombas.

En la gráfica 3.1, linealización del sensor de nivel con respecto a la altura del tanque, cabe señalar que dicha linealización o calibración solo afecta a la lectura que hace el PLC de la señal envía por el sensor, mas no es una calibración directa del sensor, la cual se realizará directamente en el sensor.



Gráfica 3.1 Linealización de la Señal del Sensor de Nivel de la Cisterna

Elaboración: Propia

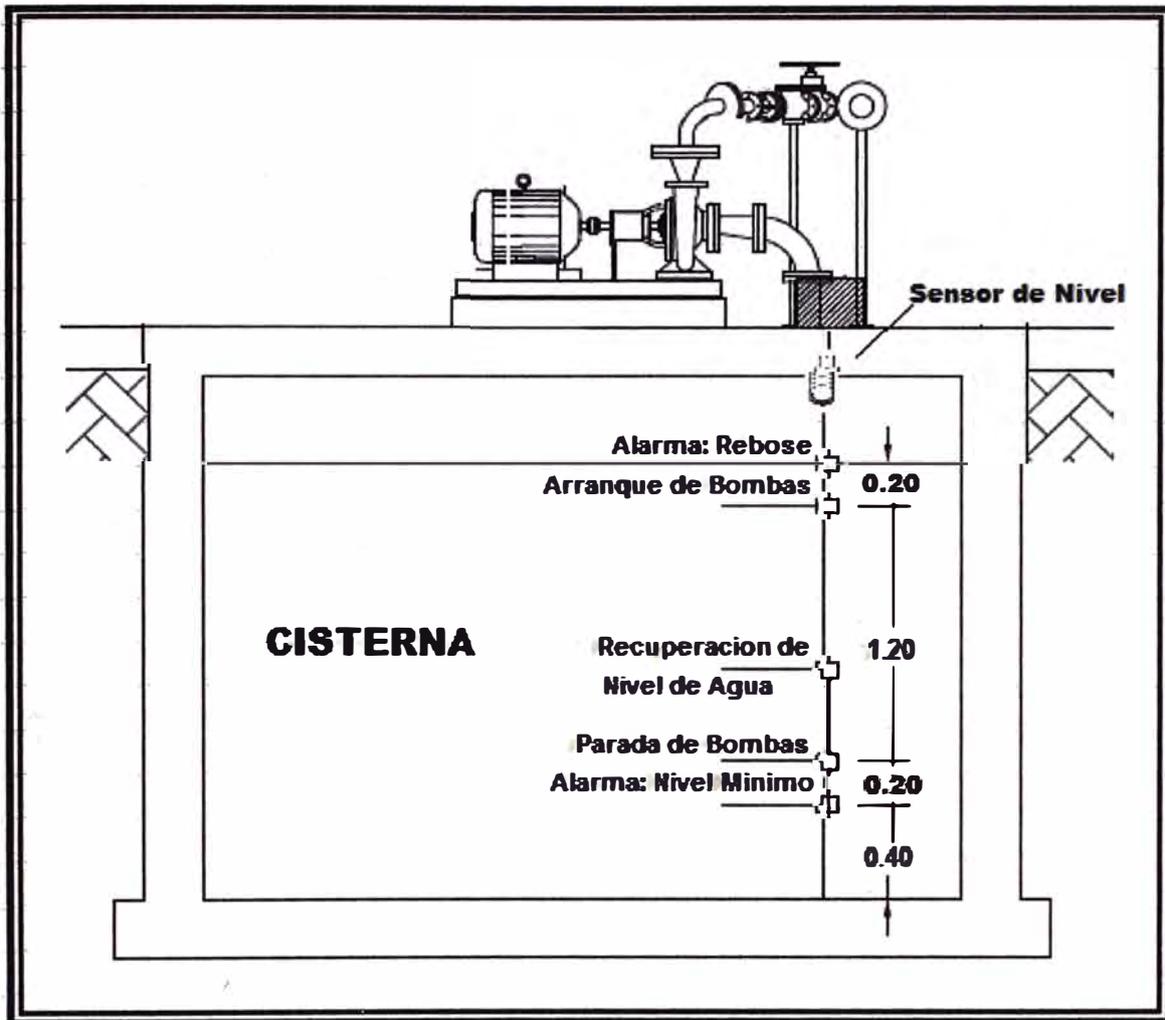


Figura 3.9 Ubicación del Sensor y Nivel de Agua en la Cisterna

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

En la tabla 3.1 se menciona que función cumple el sensor con respecto al nivel del agua de la cisterna.

Tabla 3.1 Función del sensor de nivel de la cisterna

| Nivel de la Cisterna (metros) | Señal de Salida del Sensor al PLC (mAmp.) | Función |
|--------------------------------------|--|---|
| 2 | 20 | Avisa que la cisterna está llena |
| 1.75 | 18 | Se pueden arrancar las bombas |
| 1 | 12 | Avisa que falta agua a la cisterna |
| 0.5 | 8 | Parada de todas las bombas. |
| 0.4 | 7.6 | Alarma de Nivel mínimo |

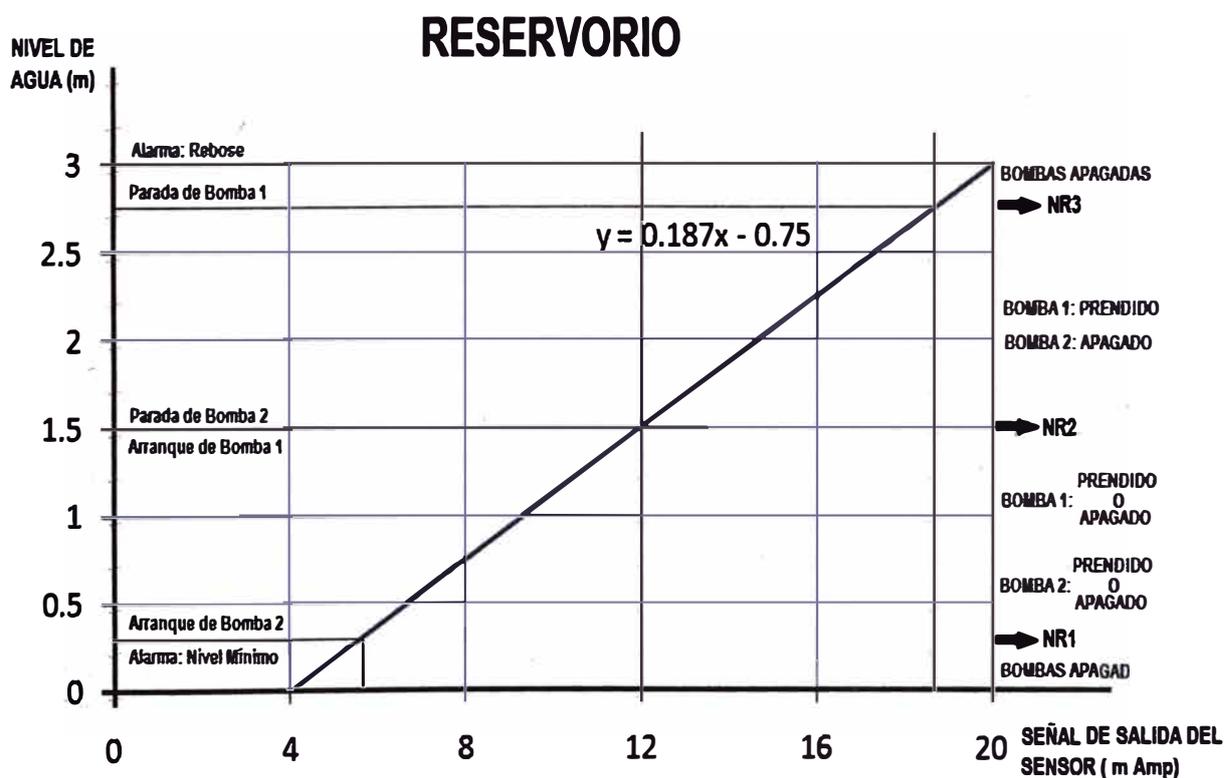
3.3.2 Sensor de Nivel en el Reservorio Existente.

A continuación se describe la función del Sensor de Nivel Ultrasónico ubicado en el reservorio existente.

Se encuentra ubicado en la parte superior del reservorio como se observa en la figura 3.10. El sensor de nivel ultrasónico convierte la señal de variación de nivel del agua en el reservorio en una señal análoga de 4 a 20mA, el cual proporciona una corriente de salida que varía linealmente con el nivel del agua en el reservorio (ver gráfica 3.2).

La señal de salida análoga del sensor es cableada al PLC para determinar la secuencia de arranque y parada de las bombas.

En la gráfica 3.2, linealización del sensor de nivel con respecto a la altura del tanque, cabe señalar que dicha linealización o calibración solo afecta a la lectura que hace el PLC de la señal envía por el sensor, mas no es una calibración directa del sensor, la cual se realizará directamente en el sensor.



Gráfica 3.2 Linealización de la Señal del Sensor de Nivel del Reservorio

Elaboración: Propia

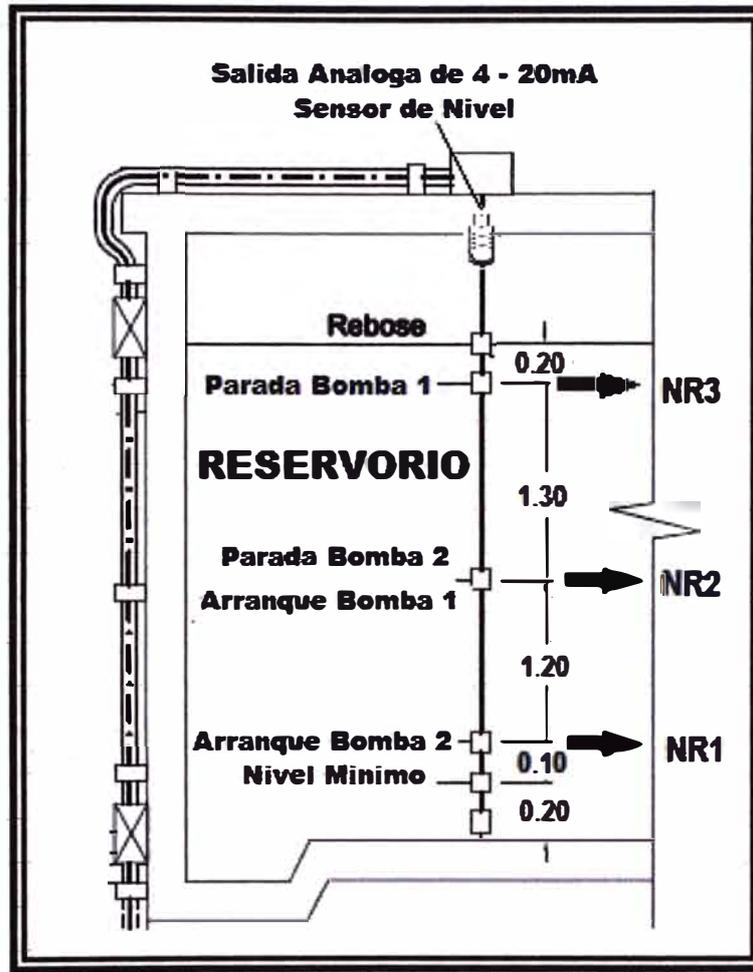


Figura 3.10 Ubicación del Sensor y Nivel de Agua en la Cisterna

Fuente: Sedapal

Elaboración: Propia

En la tabla 3.2 se menciona que función cumple el sensor con respecto al nivel del agua del reservorio.

Tabla 3.2 Función del sensor de nivel del reservorio

| Nivel del Reservorio (metros) | Señal de Salida del Sensor al PLC (mAmp.) | Función | Ref. |
|--|--|------------------------|-------------|
| 3 | 20 | Alarma de reboso | |
| 2.8 | 19 | Parada de Bomba 1 | NR3 |
| 1.5 | 12 | Parada de Bomba 2 | |
| 1.5 | 12 | Arranque de Bomba 1 | NR2 |
| 0.3 | 5.6 | Arranque de Bomba 2 | NR1 |
| 0.2 | 6 | Alarma de Nivel mínimo | |

3.4 Secuencia de Trabajo en la Caseta de Bombeo y el Reservorio.

Para llevar a cabo la secuencia de operación que se presentará en el sistema, es necesario partir de las posibles condiciones que puedan ocurrir. Estas secuencias serán el punto de partida para realizar el programa con los PLCs. A continuación se presentan las secuencias posibles que se puedan presentar en la cisterna y el reservorio.

3.4.1 Reservorio Lleno.

Cuando se encuentra el sistema en esta posición, todas las bombas deben de estar paradas ya que el reservorio se encuentra lleno, pero si empieza a bajar su nivel debido a la demanda y este baja hasta 2.8m (NR3), las bombas mantendrán su posición de paro. Pero si el nivel de agua sigue bajando debido a la demanda hasta alcanzar una altura de 1.5m (NR2), deberá entrar en funcionamiento la bomba 1, ahora bien, suponiendo que el nivel de agua sigue bajando y alcanza una altura de 0.3m (NR1), entrará en operación la bomba 2 y estarán funcionando las dos bombas.

3.4.2 Reservorio Vacío

El reservorio cuenta con otra secuencia cuando está vacío, suponiendo que todo el tiempo el nivel del agua irá subiendo. Como el reservorio está vacío las dos bombas están en operación, después de que el nivel del agua supere el nivel de altura 1.4m la bomba 2 debe salir de operación.

Como el nivel de agua sigue subiendo hasta estar por arriba de 2.8m la bomba 1 saldrá de operación.

3.4.3 Cisterna Llena

Considerando que la cisterna se encuentra llena y comienza a bajar el nivel del agua, ubicándose por debajo de 1.2 m el sistema seguirá funcionando normal, pero si el nivel del agua baja hasta 1m, se encenderá la luz roja, la cual indica que el nivel de agua en la cisterna ya ha bajado lo suficiente para que nuevamente se suministre agua de otra estación de bombeo a la cisterna. Durante todo este proceso las bombas pueden estar operando las veces que se requiera por medio de los PLCs y el sensor de nivel del reservorio ya que la cisterna cuenta con suficiente agua para bombear. Si el nivel de agua se sigue reduciendo, y se encuentra por debajo de 0.6m, el PLC de la estación de bombeo mandará apagar las bombas, debido a que no hay gran cantidad de agua para seguir bombeando al reservorio, y aunque en el reservorio no haya agua se detendrán las bombas.

3.4.4 Cisterna Vacía

Pensando que el agua se terminó tanto en la cisterna como en el reservorio, y después comienza a llegar agua a la cisterna provocando que el nivel de agua supere 0.6m, no habrá señal de arranque de las bombas debido a que cuando arrancarán, en ese momento entrarían en operación las dos bombas ocasionado que el nivel de la cisterna volviera a bajar a 0.6m y el PLC de la estación de bombeo mandaría nuevamente apagar las bombas, y cuando el nivel volviera a superar 0.6m se accionarían de nuevo las bombas y esto estaría ocurriendo una y otra vez. Es por ello que se debe permitir que el nivel de agua de la cisterna se recupere hasta que el nivel del agua alcance 1m. En la figura 3.10 se muestra la recuperación de agua.

3.5. Secuencia de Arranque de las Bombas

El arranque de los motores será mediante arrancadores de estado sólido (ver diagrama unifilar del tablero general Figura 3.2) y tendrá dos formas de arranque.

El arranque manual se realizará de las botoneras del tablero y el PLC estará en modo observador realizando el seguimiento de la secuencia de control.

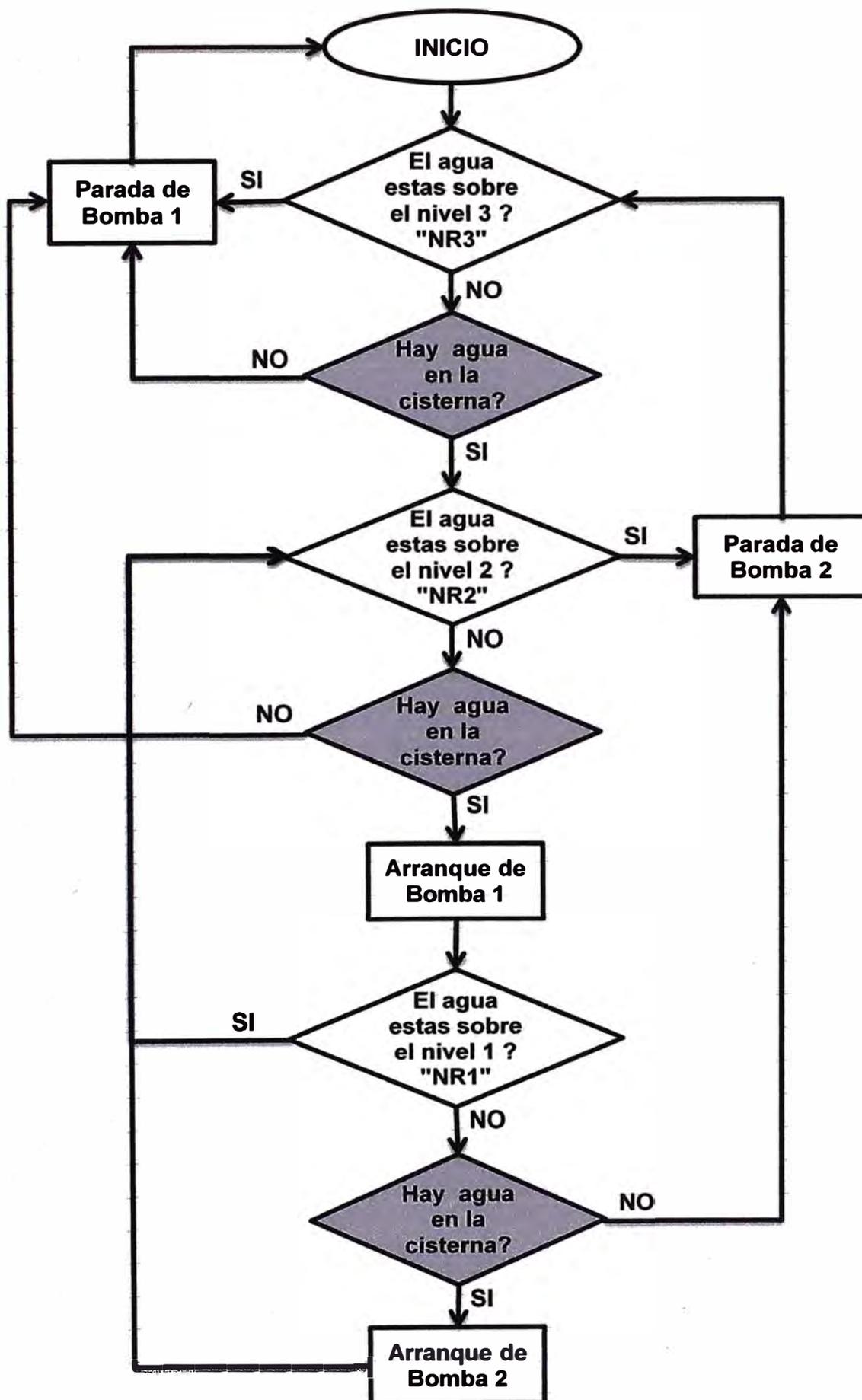
El arranque automático se realizará mediante la secuencia de automatización propuesta y estará gobernado por el PLC de la cisterna, mediante las entradas y salidas digitales asignadas (ver tabla 3.4).

3.6 Diagrama de Flujo del Sistema.

3.6.1 Elaboración del Diagrama de Flujo

De acuerdo a los diferentes casos que se mencionan y a las diferentes adversidades las cuales pueden presentarse en el sistema ahora se procede a desarrollar el diagrama de flujo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA



3.6.2 Explicación del Diagrama de Flujo del Sistema.

Para realizar la descripción del diagrama de flujo del sistema se dividirá en cuatro zonas ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Asignación de zonas en el diagrama de flujo

| Zonas | Función |
|--------------|---|
| Z4 | El nivel de agua en el Reservorio está sobre NR3 |
| Z3 | El nivel de agua en el Reservorio está entre NR3-NR2 |
| Z2 | El nivel de agua en el Reservorio está entre NR2-NR1 |
| Z1 | El nivel de agua en el Reservorio está por debajo NR1 |

Al energizar o Iniciar el sistema de bombeo las bombas estarán apagadas y el arranque de las bombas se realizará de acuerdo a la secuencia del sistema de automatización propuesto. Para comprender la forma de operación se explicará en los siguientes puntos:

1.-Iniciando en la zona 4 (Z4), como el nivel del agua está sobre NR3 la bomba 1 continuará apagada (PLC envía señal de parada bomba 1).

2.-Si la demanda aumenta el nivel del agua del reservorio bajará a la zona 3 (Z3), y en esta zona es necesario saber si hay agua o no en la cisterna. Si la respuesta es negativa se tendrá que parar la bomba 1(PLC envía señal de parada bomba 1); si la respuesta es positiva y el nivel del agua está sobre el NR2 la bomba 2 continuará apagada (PLC envía señal de parada bomba 2).

3.- Si la demanda sigue aumentando el nivel del agua bajara a la zona 2 (Z2), y en esta zona es necesario saber si hay agua o no en la cisterna. Si la respuesta es negativa la bomba 1 continuara apagado (PLC envía señal de parada bomba 1); si la respuesta es positiva se prendera la bomba 1 (PLC envía señal de marcha bomba 1) y el nivel de agua está sobre NR1 y empieza a subir hasta llenar el reservorio.

4.- De lo contrario la demanda sigue aumentando el nivel del agua bajará a la zona (Z3), y en esta zona es necesario saber si hay agua o no en la cisterna. Si la respuesta es negativa la bomba 2 continuará apagada (PLC envía señal de parada bomba 2); si la respuesta es positiva se encenderá la bomba 2 (PLC envía señal de marcha bomba 2) y el nivel del reservorio sube hasta llenar.

Un punto muy importante a considerar es cuando la cisterna no cuenta con suficiente agua, el sistema no debe funcionar (PLC envía señal de parada de bomba 1 y 2).

3.7 Asignación de Entradas y Salidas del Sistema.

A continuación se detalla la asignación de entradas y salidas correspondientes a cada instrumento, el tipo de señal, dirección y descripción del mismo.

3.7.1 Asignación de Entradas y Salidas del PLC de la Caseta de Bombeo.

En las siguientes tablas se mencionan las direcciones que corresponde a cada elemento utilizado en la programación del PLC de la Caseta de Bombeo.

Entradas Digitales

Tabla 3.4 Asignación de Entradas Digitales PLC Cisterna

| Opr. | Dirección | Tipo | Descripción |
|-------------|------------------|-------------|-----------------------------|
| I | 0 | PNP | Falla de línea Principal |
| I | 1 | PNP | Falla de línea Bomba 1 |
| I | 2 | PNP | Marcha Bomba 1 |
| I | 3 | PNP | Falla Bomba 1 (parada) |
| I | 4 | PNP | Modo manual Bomba 1 |
| I | 5 | PNP | Modo auto Bomba 1 |
| I | 6 | PNP | Falla de línea Bomba 2 |
| I | 7 | PNP | Sobrecarga de UPS |
| I | 8 | PNP | Falla de línea UPS |
| I | 9 | PNP | Bateria baja UPS |
| I | 10 | PNP | Modo bypass UPS |
| I | 11 | PNP | |
| I | 32 | PNP | Marcha de Bomba 2 |
| I | 33 | PNP | Falla de Bomba 2 (parada) |
| I | 34 | PNP | Modo manual Bomba 2 |
| I | 35 | PNP | Modo auto Bomba 2 |
| I | 36 | PNP | Falla a tierra DISTRIBUCION |
| I | 37 | PNP | |
| I | 38 | PNP | Detector de intrusos |
| I | 39 | PNP | Detector de apertura |

Salidas Digitales

Tabla 3.5 Asignación de Salidas Digitales PLC Cisterna

| Opr. | Dirección | Tipo | Descripción |
|-------------|------------------|-------------|---------------------------|
| O | 0 | Relay | |
| O | 1 | Relay | |
| O | 2 | Relay | Falla general motor 1 |
| O | 3 | Relay | Marcha auto motor 1 |
| O | 4 | Relay | Falla general motor 2 |
| O | 5 | Relay | Marcha auto motor 2 |
| O | 6 | Relay | |
| O | 7 | Relay | |
| O | 8 | Relay | Cerrar válvula |
| O | 9 | Relay | Abrir válvula |
| O | 10 | Relay | |
| O | 11 | Relay | |
| O | 32 | Relay | Valvula de control abrir |
| O | 33 | Relay | Valvula de control cerrar |
| O | 34 | Relay | alarma |
| O | 35 | Relay | detector |

Entradas Analógicas

Tabla 3.6 Asignación de Entradas Análogas PLC Cisterna

| Opr. | Dirección | Tipo | Descripción |
|-------------|------------------|-------------|-----------------------------------|
| MI | 0 | 4-20mA. | Sensor de Presión de Entrada |
| MI | 1 | 4-20mA. | Sensor de Nivel Cisterna |
| MI | 2 | 4-20mA. | |
| MI | 3 | 4-20mA. | |
| MI | 4 | 4-20mA. | |
| MI | 5 | 4-20mA. | Posición de la Válvula de Control |

3.7.2 Asignación de Entradas y Salidas del PLC del Reservorio.

En las siguientes tablas se mencionan las direcciones que corresponde a cada elemento utilizado en la programación del PLC del Reservorio.

Entradas Digitales

Tabla 3.7 Asignación de Entradas Digitales PLC Reservorio

| <i>Opr.</i> | <i>Dirección</i> | <i>Tipo</i> | <i>Descripción</i> |
|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| I | 0 | PNP | |
| I | 1 | PNP | |
| I | 2 | PNP | |
| I | 3 | PNP | |
| I | 4 | PNP | |
| I | 5 | PNP | |
| I | 6 | PNP | |
| I | 7 | PNP | Sobrecarga de UPS |
| I | 8 | PNP | Falla de línea UPS |
| I | 9 | PNP | Bateria baja UPS |
| I | 10 | PNP | Modo bypass UPS |
| I | 11 | PNP | |
| I | 32 | PNP | |
| I | 33 | PNP | |
| I | 34 | PNP | |
| I | 35 | PNP | |
| I | 36 | PNP | |
| I | 37 | PNP | |
| I | 38 | PNP | Detector de intrusos |
| I | 39 | PNP | Detector de apertura |

Salidas Digitales

Tabla 3.8 Asignación de Salidas Digitales PLC Reservoirio

| Opr. | Dirección | Tipo | Descripción |
|-------------|------------------|-------------|------------------------------|
| O | 0 | Relay | Falla general motor 1 |
| O | 1 | Relay | Marcha auto motor 1 |
| O | 2 | Relay | Falla general motor 2 |
| O | 3 | Relay | Marcha auto motor2 |
| O | 4 | Relay | |
| O | 5 | Relay | |
| O | 6 | Relay | Cerrar válvula |
| O | 7 | Relay | Abrir válvula |
| O | 8 | Relay | |
| O | 9 | Relay | |
| O | 10 | Relay | |
| O | 11 | Relay | |
| O | 32 | Relay | Selenoide válvula de control |
| O | 33 | Relay | Detector de intruso |
| O | 34 | Relay | alarma |
| O | 35 | Relay | detector |

Entradas Analógicas

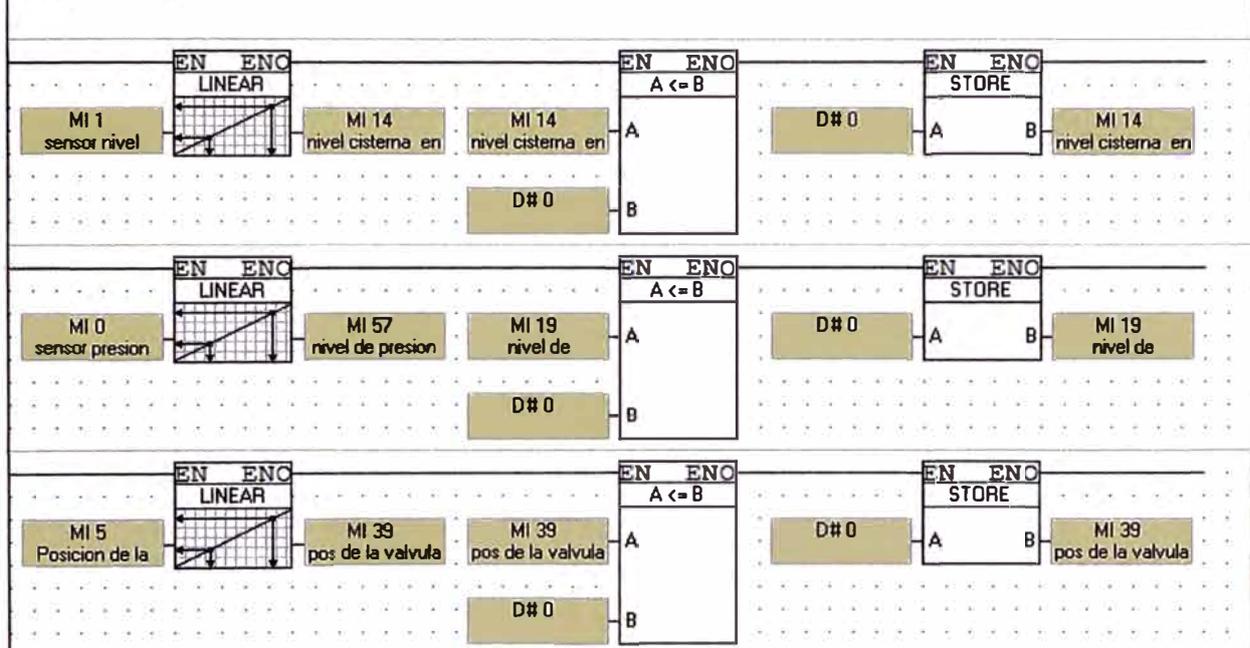
Tabla 3.9 Asignación de Entradas Análogas PLC Reservoirio

| Opr. | Dirección | Tipo | Descripción |
|-------------|------------------|-------------|-----------------------------|
| MI | 0 | 4-20mA. | |
| MI | 1 | 4-20mA. | Sensor de Nivel Reservoirio |
| MI | 2 | 4-20mA. | Sensor de Flujo de llegada |
| MI | 3 | 4-20mA. | |
| MI | 4 | 4-20mA. | |
| MI | 5 | 4-20mA. | |

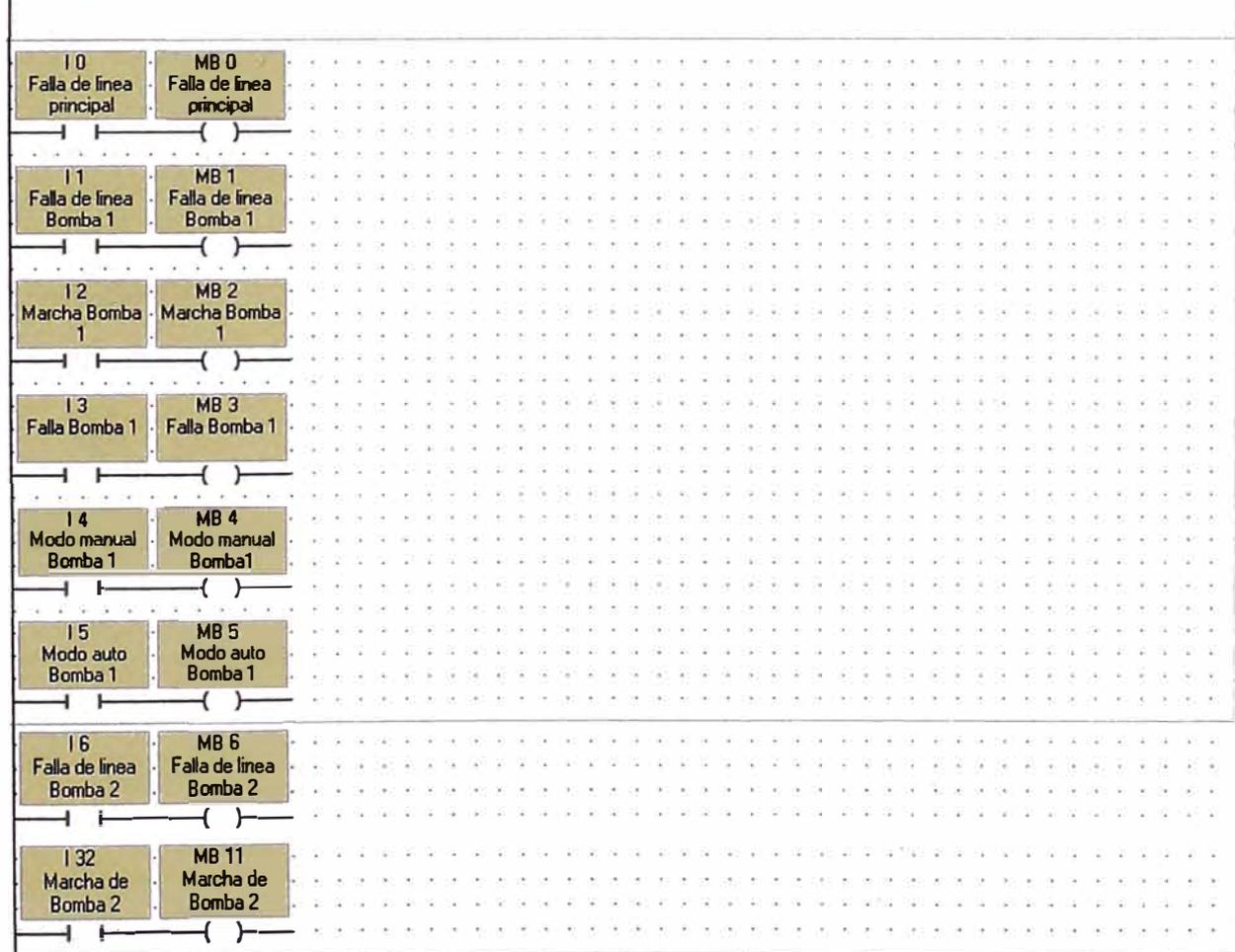
3.8 Programa.

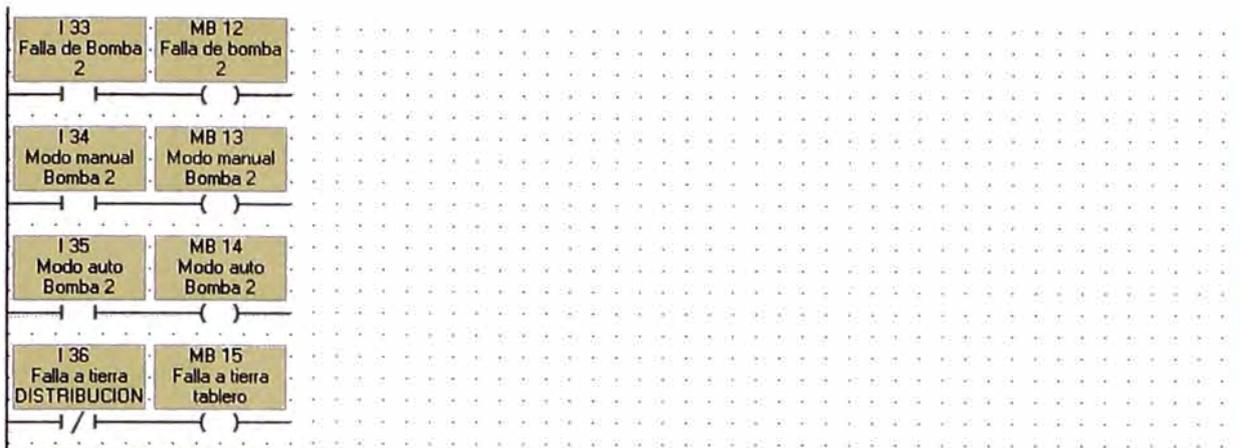
Se desarrolla el programa teniendo en cuenta el funcionamiento del sistema (caseta de bombeo y reservorio existente) desarrollado en el presente trabajo.

Linealización de sensores

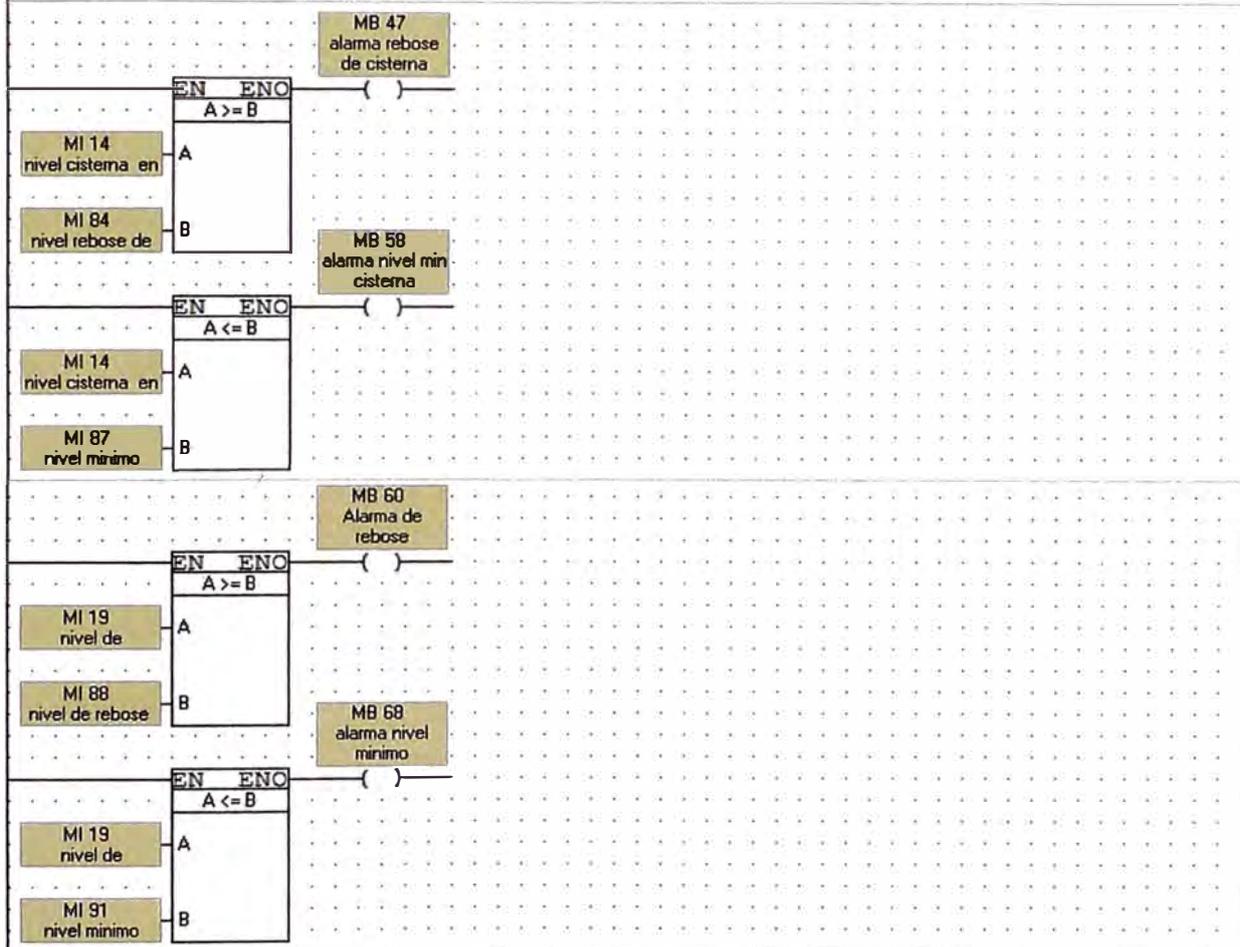


Asignación de Entradas y salidas

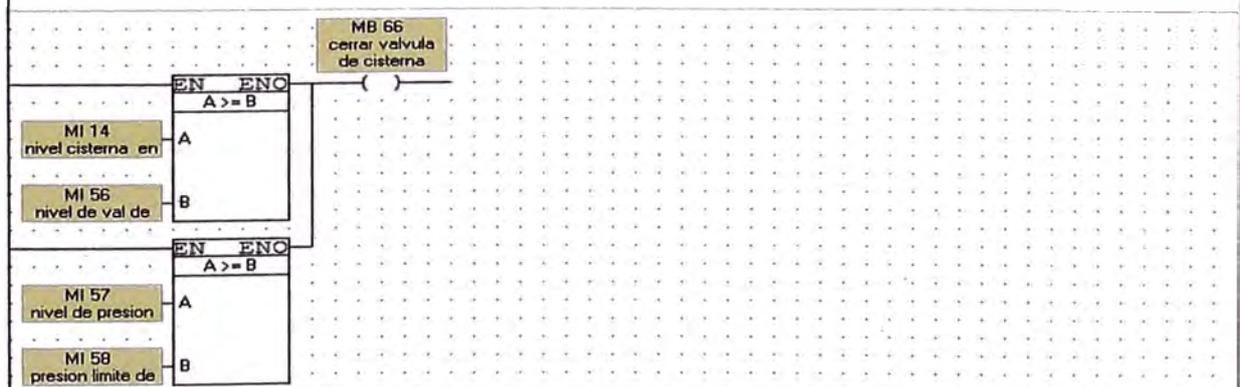


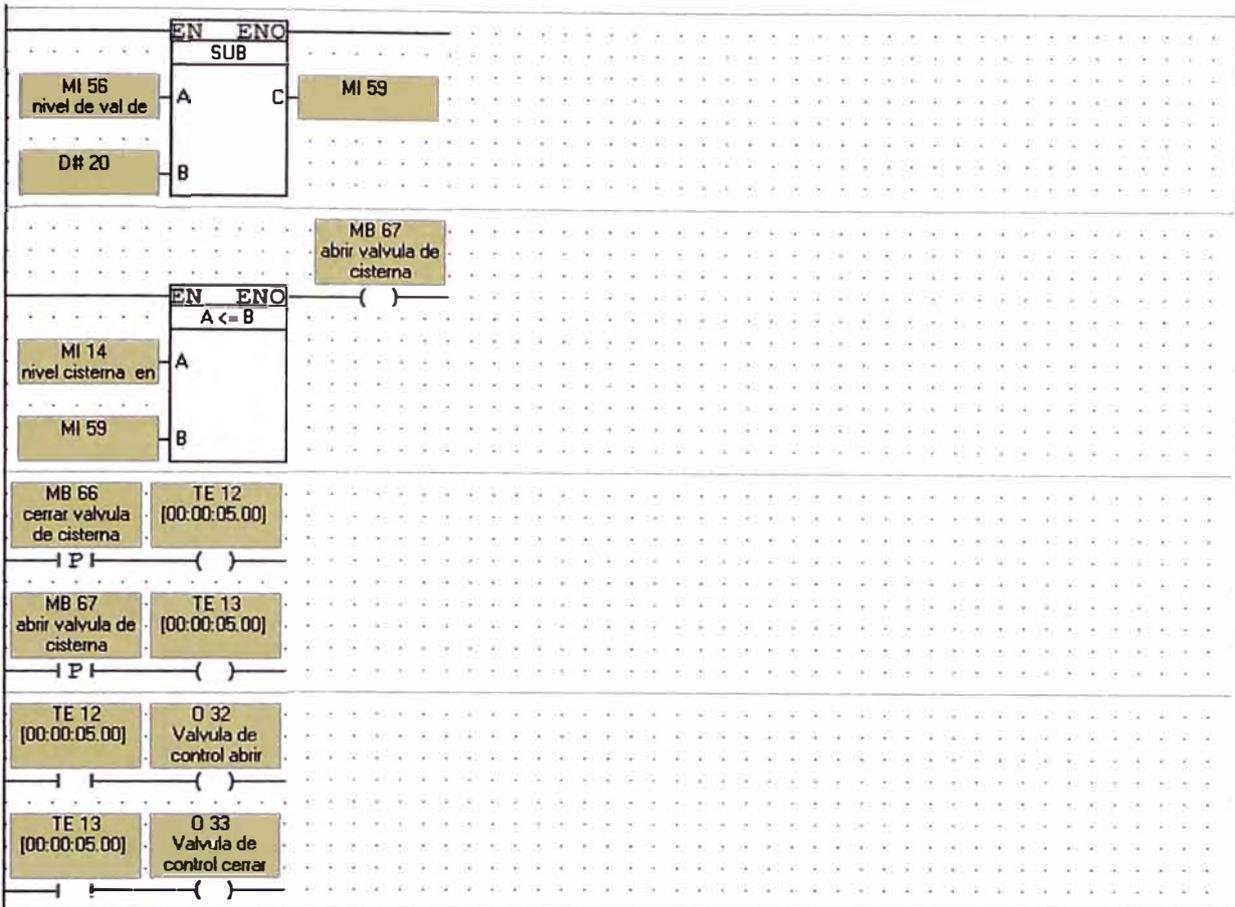


Niveles de Reservorio

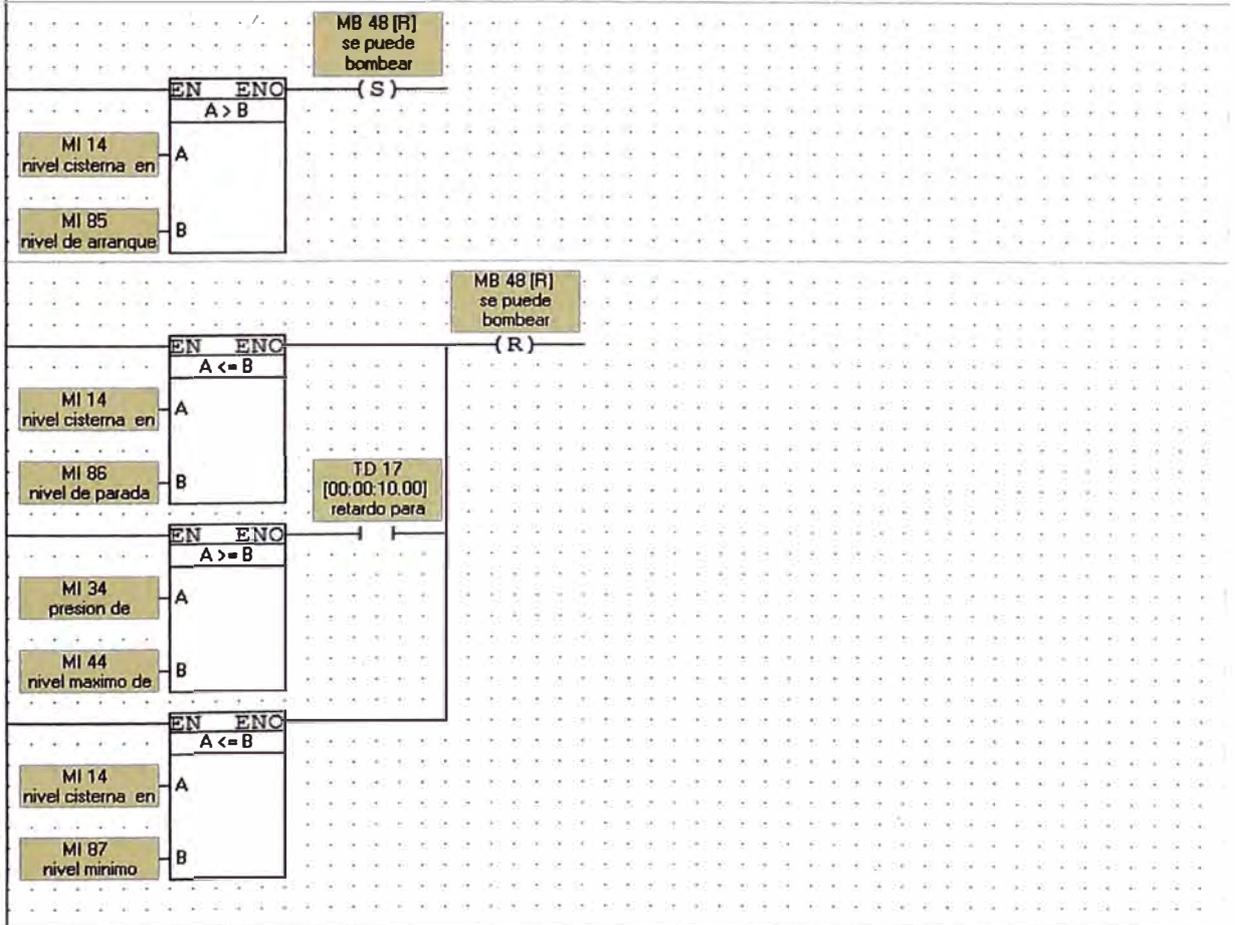


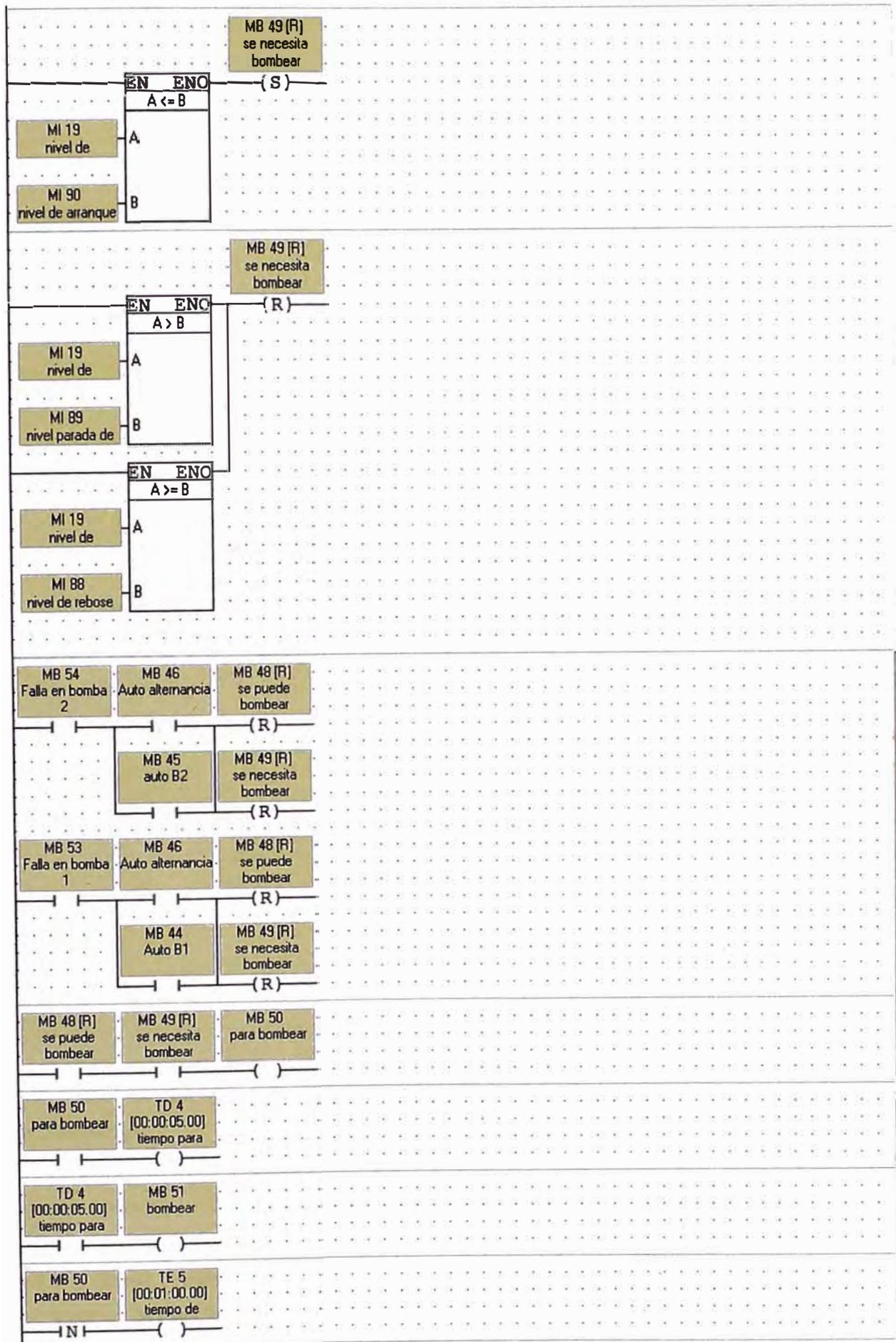
Control de nivel de cisterna

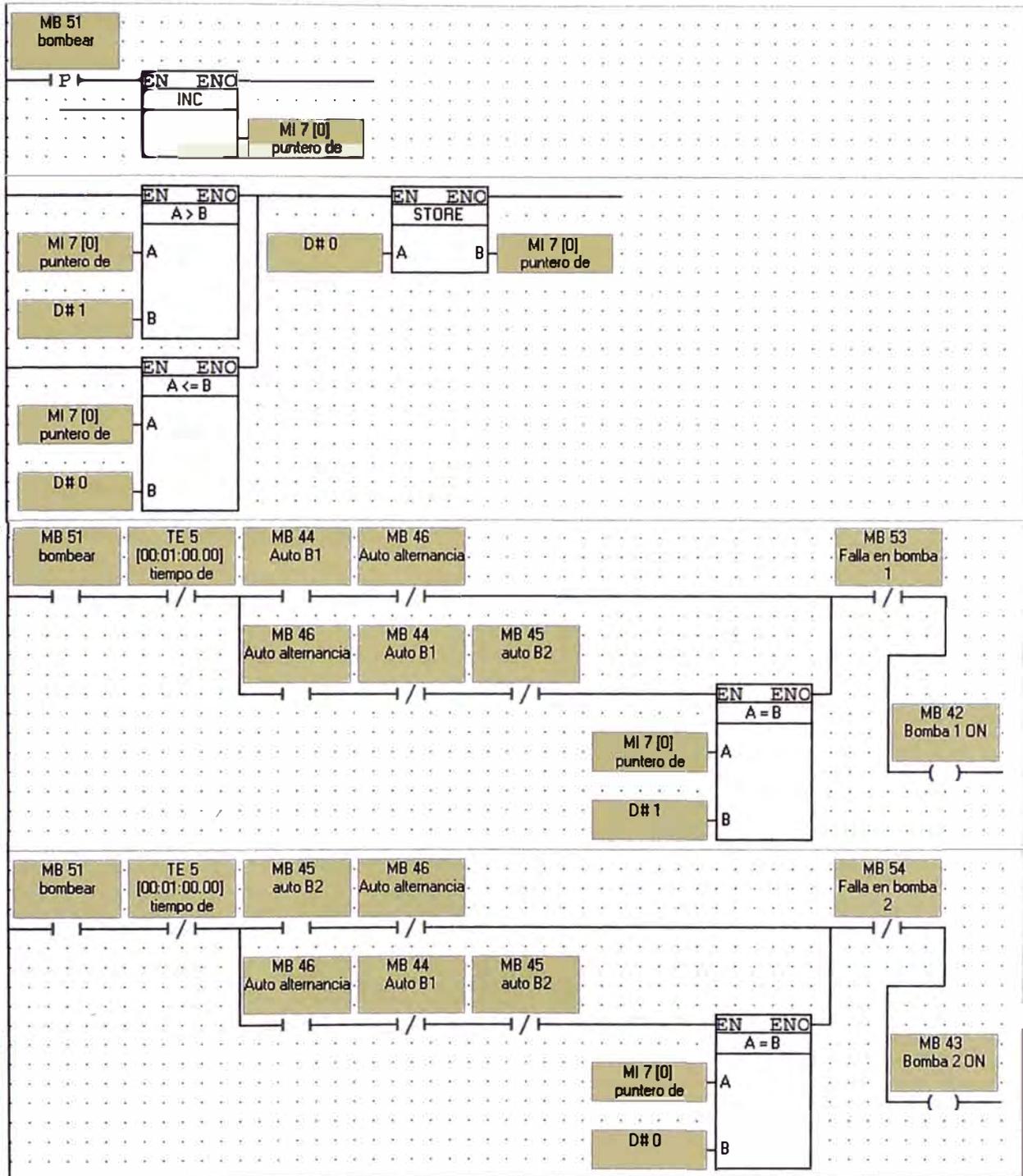




Condiciones para bombear







3.9 Desarrollo de las Pantallas de los PLCs que Permitan la Operación y Supervisión.

A continuación se muestra las pantallas principales que servirán a los operadores para el control y monitoreo del sistema de bombeo.

3.9.1 Menú Principal

Esta es la pantalla inicial que muestra del equipo cuando se prende el PLC, donde se muestra el menú principal.

Además se podrá llegar a esta pantalla pulsando ESC las veces que sea necesario, dependiendo en que pantalla nos encontremos actualmente



Desde aquí:

Botón 1: Ir a Visión general

Botón 2: Configuración

Botón 3: Alarmas actuales

3.9.1.1 Visión General

En esta pantalla se pueden observar las lecturas de los sensores involucrados en el sistema de bombeo.



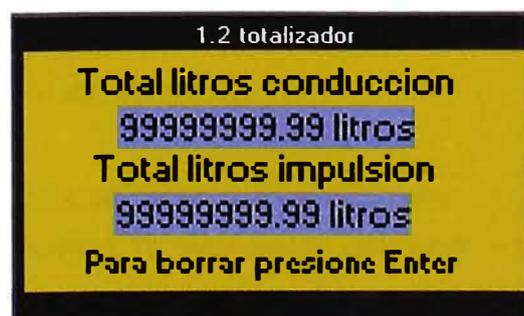
Desde aquí:

Botón derecha: Ir a totalizador

Botón ESC: Menú principal

3.9.1.2 Totalizador

En esta pantalla se ven los litros acumulados de los flujos de conducción e impulsión que han pasado por el sistema.



Desde aquí:

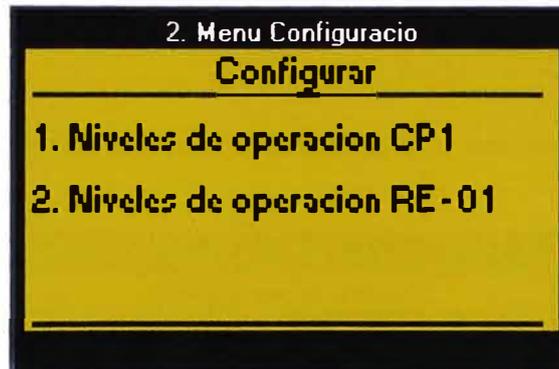
Botón izquierda: Ir a Visión general

Botón ESC: Menú principal

Botón Enter: Reset a los registros totalizadores

3.9.2 Menú de Configuración

En este menú se elije que parámetros se van a ingresar para la operación del sistema.



Desde aquí:

Botón 1: Ir a Niveles de Cisterna

Botón 2: Ir a Niveles de Reservorio

Botón ESC: Ir a Menú principal

3.9.2.1 Configuración Niveles de Operación Cisterna

En esta pantalla se visualiza el nivel actual del agua y se ingresan los niveles de operación de la cisterna.



Desde aquí:

Botón ESC: Ir al menú de configuración

3.9.2.2 Configuración Niveles de Operación Reservorio

En esta pantalla se visualiza el nivel actual del agua y se ingresan los niveles de operación del reservorio.

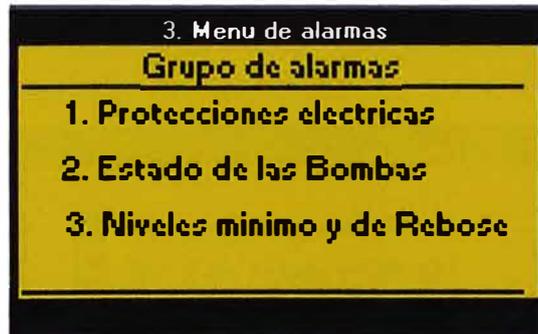


Desde aquí:

Botón ESC: Ir al menú de configuración

3.9.3 Menú de Alarmas.

En esta pantalla podremos acceder a ver el estado actual de todas las alarmas del sistema.



Desde aquí:

Botón 1: Ir a Protecciones eléctricas

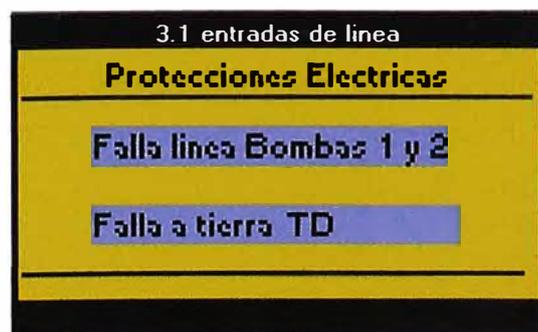
Botón 2: Ir a Estado de Bombas

Botón 3: Ir a Niveles mínimo y reboso

Botón ESC: Ir a Menú principal

3.9.3.1 Protecciones Eléctricas.

En esta pantalla se visualizan las fallas de línea de cada bomba y del tablero de distribución.

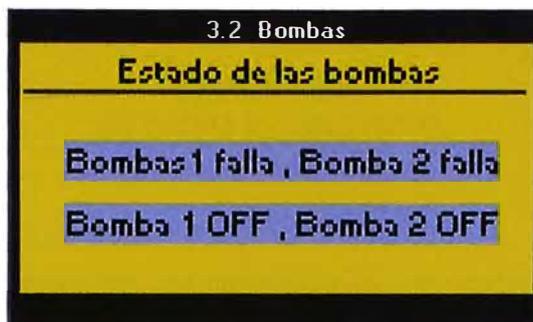


Desde aquí:

Botón ESC: Ir a Menú de alarmas

3.9.3.2 Estado de las Bombas.

En esta pantalla se verifica el estado actual de las 2 bombas.

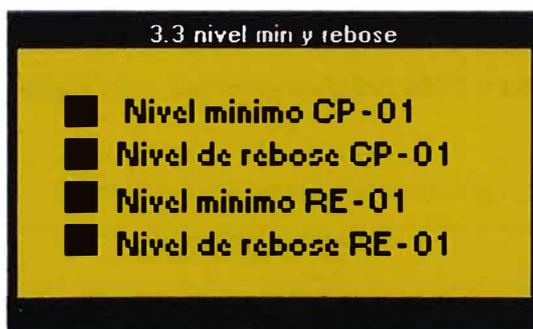


Desde aquí:

Botón ESC: Ir a Menú de alarmas

3.9.3.3 Niveles mínimo y rebose.

En esta pantalla se observa si se ha llegado a los niveles mínimos o de rebose en cisterna o en reservorio.



Desde aquí:

Botón ESC: Ir a Menú de alarmas

CAPÍTULO IV ESTUDIO ECONOMICO.

En todo desarrollo de proyectos, es necesaria la aplicación de un análisis económico que pueda llevar a verificar de la rentabilidad y factibilidad del proyecto.

4.1 Costos de los Equipos.

Se puede apreciar que, para llevar a cabo el análisis económico de la automatización y telemetría del sistema de bombeo de agua potable es necesario conocer todos los gastos que se involucran en el desarrollo del mismo. Estos gastos generados en la compra de material o equipo necesario para la automatización repercuten directamente, por lo que son conocidos como costos directos del proyecto, en la tabla 4.1 se observan los precios de los tableros eléctricos, sistema de telemetría y sensores.

Tabla 4.1 Costos de Equipos.

| ITEM | CANT. | DESCRIPCION | COSTOS |
|-------------|--------------|--|---------------------|
| 1 | 1 | TABLEROS DE CASETA DE BOMBEO Incluye: • Tablero General TG (02 Bombas de 10HP) • Tablero de Banco de Condensadores TBC • Tablero de Distribución TD • Tablero de Control TC | \$ 14,500.00 |
| 2 | 1 | RESERVORIO PROYECTADO. RP-01 Incluye: • Tablero de Distribución TD • Tablero de Control TC | \$ 6,750.00 |
| 3 | 2 | SISTEMAS DE TELEMETRIA Incluye: • Radio Modem, Rango de Frecuencia 902 - 928MHz. • Antena Yagui, Rango de Frecuencia 896 - 980MHz. | \$ 5,000.00 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------|
| 4 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Cable Coaxial con Conectores. • Fuente de alimentación de 12VDC • Torres de fierro para soporte de Antenas. | |
| | | INSTRUMENTOS DE CAMPO. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de cierre apertura • Actuador de Válvulas de Cierre/Apertura • Sensor de Caudal • Sensor de Presión • Sensor de Nivel Ultrasónico • Sensor de Nivel con electrodos. | \$ 7,250.00 |
| | | TOTAL (SIN IGV) | \$ 33,500.00 |
| | | IGV (18%) | \$ 6,030.00 |
| | | TOTAL (CON IGV) | \$ 39,530.00 |

4.2 Costos de Mano de Obra.

A diferencia de los gastos de los equipos empleados para la automatización, para la mano de obra se tomará en cuenta los costos directos e indirectos, conociendo el salario actual de las diferentes personas que intervienen en el desarrollo de dicha propuesta. Así mismo se tiene que conocer el tiempo de duración en que se puede llevar a cabo la implementación de la automatización, ya que de este modo sumando estos valores directos e indirectos de mano de obra con los costos de los equipos se obtienen los valores finales del costo del proyecto.

En el costo del proyecto, es necesario tomar en cuenta el número de veces que se visito el lugar. De este modo, se llevaron a cabo 08 visitas al sistema de bombeo con el fin de encontrar anomalías, las cuales fueron solicitadas al personal que labora, a si mismo se realizó una inspección minuciosa de lo que se podría mejorar.

Conociendo la Instalación del PLC, Válvulas, Sensores y todo lo que se necesita para la automatización, se precisa que la duración del proyecto será de 30 días. En este tiempo se incluirá la duración de la preparación del proyecto, esto es que aproximadamente 5 días se trabajará en la secuencia del programa, en 15 días se hará aplicación y programación de los PLC y los 10 días restantes se pondrá en marcha el sistema de automatización y telemetría del sistema de bombeo de agua potable.

Con este tiempo (30 días), que es la duración del proyecto, se mencionará el costo de mano de obra. En la tabla 4.2 se muestra el personal que se necesita para llevar a cabo la automatización, la categoría o nivel requerido para trabajar en el proyecto, así como el costo de su mano de obra.

Tabla 4.2 Costos de Mano de Obra.

| PERSONAS | CATEGORIA | TIEMPO | COSTOS |
|-----------------|------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Nivel Ingeniero | Mensual | \$ 7,500.00 |
| 2 | Nivel Técnico | Mensual | \$ 4,000.00 |
| 1 | Nivel Ayudante | Mensual | \$ 1,000.00 |
| | | TOTAL (SIN IGV) | \$ 12,500.00 |
| | | IGV (18%) | \$ 2,250.00 |
| | | TOTAL (CON IGV) | \$ 14,750.00 |

Finalmente se obtiene el costo del proyecto de automatización y Telemetría del sistema de bombeo de agua potable, el cual se obtiene sumando costos de los Equipos (Tabla 4.1) y Costos de mano de obra (Tabla 4.2).

Costo Total del Proyecto: \$ 33,500 + \$ 12,500 = \$ 46,000.00

4.3 Análisis del estudio económico

Para poder determinar si es factible o no la automatización es necesario realizar una comparación de costos. Por un lado, los gastos que implica automatizar el sistema y por el otro los que se tienen actualmente sin la automatización

Para que el sistema funcione es necesario contar con la presencia de 02 personas mínimo, pero como el sistema funciona las 24 hrs. Se tienen 3 turnos lo que da un total de 06 personas trabajando diariamente en cada estación. A continuación se muestra el gasto de mano de obra que esto implica en un año que es el tiempo al que se pretende recuperar la inversión.

Gastos de mano de obra = (# de Trabajadores) x (# de Estaciones) x (Sueldo).

Gasto de mano de obra = 6 trab. X 2 X \$ 1000.00 mensuales = \$ 12 000.00 mensuales

Gasto de mano de obra total en un año= \$ 12 000.00 X 12 meses = \$ 144 000.00

Después de que se realice la automatización el gasto de mano de obra se reducirá a la mitad, debido a que solo es necesario contar con una persona, la cual estará encargada de supervisar las señalizaciones que el PLC manda. Por lo tanto el gasto que se reducirá con la automatización es de:

$$\text{Gasto de mano de obra que se reduce} = \frac{\$ 144,000}{2} = \$ 72,000.00.$$

Se puede observar que el gasto necesario para realizar la automatización es de \$46,000.00 Y al hacer una comparación con lo que se ahorrará de mano de obra durante un año (\$ 72,000.00) se puede decir que dicho proyecto es rentable. La comparación de los dos gastos queda de la siguiente forma:

Comparación= gasto reducido de mano de obra – gasto total de automatización

$$\text{Comparación} = \$72,000.00 - \$46,000.00 = \mathbf{\$26,000.00}$$

Se observa que el gasto que se reduce de mano de obra en un año es suficiente para sustentar dicha automatización. Dicha reducción es del 50% en dicho periodo en comparación de un sistema no automatizado. Con este proyecto se tendrá un mayor ahorro en recursos humanos; pero sobretodo se dará un servicio más eficiente y eficaz optimizando la distribución del agua potable. Adicionalmente es importante mencionar que la ausencia de un sistema de control automatizado y la obsolescencia de equipos tradicionales que normalmente se utilizan en los reservorios y cisternas tienen un excesivo costo para mantener en operación la estación de bombeo. También se puede acotar que al momento de hacer una reparación más compleja por no haber programado el mantenimiento preventivo, existe un incremento en el costo ya que se debe contratar mano de obra especializada para cubrir las necesidades operacionales de los equipos del sistema de bombeo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El estudio económico que se realizó en el presente trabajo se hizo en un año y redujo en un 50% la mano de obra y permitió que el otro 50% del personal que se queda laborando, queda realizando un trabajo más sencillo por lo que podemos decir que tiene un impacto laboral positivo. De esta manera se considera factible desarrollar o implementar el presente proyecto no sólo porque optimiza procesos, lo que redundaría en una mayor facilidad de control para los trabajadores sino porque minimiza costos en cuanto al personal según lo pronosticado.
2. La capacidad de tener todas las variables que se encuentran a lo largo de la estación en una sola pantalla ha ayudado a mejorar la toma de datos e identificar los errores, minimizando la carga laboral.
3. La implementación de los PLC's, Radio Modem, Sensores y Actuadores al sistema de bombeo de agua potable, ayuda a llevar a cabo un control más eficiente sin riesgos de fuga de agua en el llenado de las Cisternas y el reservorio, además evita que las bombas operen en vacío. Otra ventaja que se observa es que permite una sincronización en el arranque y paro de bombas, ya sea por tiempo o de acuerdo al nivel de agua que se encuentra en la cisterna y en el reservorio, obteniendo de esta manera una mayor calidad operacional en todo el proceso de distribución de agua potable.
4. Con la implementación de la automatización se tienen registros de operación, registros de falla, registro de alarmas y planificación de los horarios de trabajo, etc. Todo ello en formato digital el cual permite tener datos precisos de lo que ocurrió en el sistema de bombeo para su análisis, prevención de fallas futuras y programación de mantenimiento preventivo.
5. Ya que el sistema automático controla todas las variables de mayor importancia que intervienen en la operación del sistema de bombeo, se podrá garantizar que los equipos de bombeo serán desconectados automáticamente en caso de fallas, lo que contribuye a extender la vida útil de los motores y las bombas, esto siempre y cuando la programación haya sido la correcta según lo descrito en el capítulo III.
6. Ante la problemática que hay que cuidar el agua y no desperdiciarla, este proyecto

nos ayuda a implementar un sistema de automatización que no sólo nos brinda una mayor satisfacción económica (porque reduce costes operacionales y de mantenimiento) sino también una mayor seguridad en el funcionamiento óptimo de todo el sistema bombeo para que la distribución del agua se realice de la manera más eficiente y eficaz.

RECOMENDACIONES

1. Se debe elaborar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la estación de bombeo periódicamente para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y minimizar elevados costos a largo plazo por reparaciones más complejas y evitar paradas de procesos, etc.

2. El mantenimiento de dicho sistema, tendrá un costo bajo, pero necesitará de personal capacitado, que tenga conocimiento de la automatización del sistema de bombeo para poder realizar dicho servicio. Así el operador estará en condiciones de tomar las medidas preventivas necesarias con el objeto de evitar daños a los equipos, esto debido que los accesorios (bombas, tuberías, sensores, válvulas etc.) representan una parte en las funciones del proyecto, por lo cual se necesita tener cuidado y una atención especial en los equipos. El mantenimiento preventivo de los aparatos de bombeo deben hacerse semestral o anual según lo requerido; pero sobretodo según el plan de mantenimiento que debe seguirse rigurosamente. Algunos aspectos que se realizan en la inspección son las siguientes: Revisar los filtros de las bombas, verificar que no haya fugas en los empaque internos, revisar los empaques, sellos mecánicos, verificar el estado de las tuberías, de que no haya cuarteaduras que provoquen fugas y daños, se revisarán los motores, carcasas, PLC's entre otras cosas para prevenir problemas futuros.

3. Antes de la instalación de los equipos se deben programar pruebas de funcionamiento y comunicación de los tableros de control en las instalaciones del proveedor para minimizar costos y tiempo en la puesta en marcha.

4. Se debe programar las pruebas de los sistemas de parada y paradas de emergencia antes de poner en marcha cualquier sistema, para asegurar así la integridad del proceso, y que ante cualquier emergencia asegurar que el sistema se pueda detener.

ANEXO A
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PLC VISION V120



Convertidores de Frecuencia
Arrancadores Estáticos
Motion Control
Automatización
Instrumentación
Productos de Aplicación



Vision 120™

**Un PLC del tamaño de la mano
con display gráfico y teclado integrados**

El Vision 120™ combina un pequeño pero potente PLC con un display gráfico LCD de alta resolución.

Dispone de múltiples combinaciones de entradas/salidas digitales o analógicas, termopar o PT100.

Software de programación intuitivo, sencillo para cualquier aplicación avanzada en automatización o control de procesos industriales.

Control GSM/SMS - GPRS

Envío y recepción de mensajes SMS a teléfonos móviles.

Acceso Remoto vía cable, GSM o modem.

Descarga y depuración del programa desde un PC, monitorización en tiempo real, adquisición de datos.

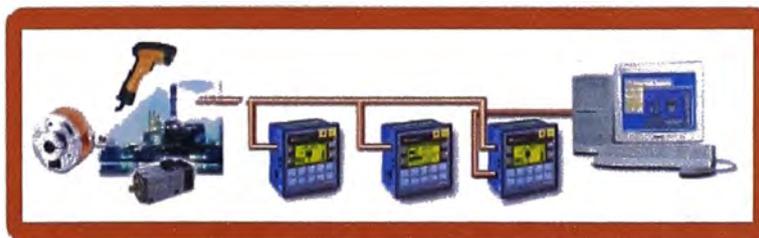
Comunicaciones y redes

MODBUS - Maestro/Eslavo por RS232/485

OPC Server / DDE Server - Intercambio de datos con aplicaciones Windows

CANbus - Redes de alta velocidad de hasta 63 unidades

Protocolos Adicionales - Mediante FBs para desarrollar cualquier protocolo de comunicación por tramas ASCII



En el PLC:

- ▶ Entradas: digitales, encóder, analógicas, PT100 o termopar
- ▶ Salidas: Transistor o relé, alta velocidad o PWM
- ▶ Hasta 152 E/S adicionales a través de distintos módulos de expansión
- ▶ Dos puertos RS232/485
- ▶ Software de programación por diagrama de contactos basado en Windows
- ▶ Montaje en panel o carril DIN

En el Panel Operador:

- ▶ Visualización de imágenes, texto y barras gráficas según condiciones de trabajo
- ▶ Hasta 255 displays diseñados por el usuario
- ▶ 24 variables por display, vinculando hasta 150 mensajes o imágenes por variable.
- ▶ Cientos de imágenes por aplicación
- ▶ Pantalla gráfica de 128 x 64 pixels
- ▶ Mensajes de texto: Hasta 8 líneas de 22 caracteres
- ▶ Pantalla LCD iluminada
- ▶ Teclado de 16 teclas configurables

| | V120-22-R1 | V120-22-R2C | V120-22-R6C | V120-22-R34 | V120-22-T1 | V120-22-T38 | V120-22-T2C | V120-22-IIN2 | V120-22-IJA2 |
|--|---|--|--|--|--|--------------------------------------|---|--|---|
| | 10 Entradas 6 Salidas Relé 1 Entradas analógicas | 10 Entradas 6 Salidas Relé 2 Entradas analógicas | 10 Entradas 12 Salidas Relé 6 Entradas analógicas | 20 Entradas 12 Salidas 2 Entradas Analógicas/DI* | 12 Entradas 16 Salidas Transistor | 22 Entradas 12 Salidas Transistor | 10 Entradas 12 Salidas Transistor 2 Entradas Analógicas/DI* | 10 Entradas 12 Salidas Transistor 2 Entradas Analógicas/DI*/PT100/Termopar | 10 Entradas 12 Salidas Transistor 2 Entradas Analógicas/DI/Termopar 2 Salidas Analógicas |
| E/S | | | | | | | | | |
| Entradas digitales | 10 pnp/npn 12/24Vcc | 10 pnp/npn 12/24Vcc | 6 pnp/npn 24Vcc | 22* pnp/npn 24Vcc | 12 pnp/npn 12/24Vcc | 22 pnp/npn 24Vcc | 12* pnp/npn 12/24 Vcc | 12* pnp/npn 12/24Vcc | 12* pnp/npn 24Vcc |
| Contadores rápidos/Encoders/Medidor de Frecuencia ** | Tres 10 KHz Resolución de 32 bits | Tres 10 KHz Resolución de 32 bits | Una 10 KHz Resolución de 32 bits | Tres 10 KHz Resolución de 32 bits | Dos 10 KHz Resolución de 32 bits | Dos 10 KHz Resolución de 32 bits | Tres 10 KHz Resolución de 32 bits | Dos 10 KHz Resolución de 32 bits | Una 10 KHz Resolución de 32 bits |
| Entradas Analógicas | Una de 10 bits: 0-10V 0-20mA/4-20mA | Dos de 10 bits: 0-10V, 0-20mA/4-20mA | Seis de 10 bits: Dos de 0-10V, 0-20/4-20mA Cuatro de 0-20 4-20mA | Dos de 10 bits: 0-10V, 0-20/4-20mA | No | No | Dos* de 10 bits: 0-10V, 0-20/4-20mA | Dos* de 14 bits: 0-10V, 0-20/4-20mA | Dos* de 14 bits: 0-10V, 0-20/4-20mA |
| Medida de Temperaturas | No | No | No | No | No | No | No | Dos* PT100 o Termopar | Dos* Termopar |
| Salidas | | | | | | | | | |
| Salidas Digitales | 6 por relé | 6 por relé | 6 por relé | 12 por relé | 12 pnp | 16 pnp | 12 pnp | 12 pnp | 10 pnp |
| Salidas rápidas/PWM | No | No | No | No | Las dos primeras salidas pueden funcionar como salida rápida hasta 2 KHz | | | | |
| Salidas Analógicas | No | No | No | No | No | No | No | No | Dos de 12 bits: 0-10V, 4-20mA |
| Expansiones E/S | Hasta 128 Entradas/salidas pueden ser añadidas via Puerto de Expansión E/S | | | | | | | | |
| Panel Operador | | | | | | | | | |
| Tipo de pantalla | Gráfica STN LCD, retroiluminación por LED | | | | | | | | |
| Resolución Display | 128 x 64 pixels | | | | | | | | |
| Displays HMI | Hasta 255 | | | | | | | | |
| Teclado | 16 teclas de membrana herméticas, teclado alfanumérico y 6 teclas de función, todas programables por usuario | | | | | | | | |
| Programa | | | | | | | | | |
| Memoria Aplicación | 448K | | | | | | | | |
| Bits/Relés Internos | 4096 | | | | | | | | |
| Enteros/Registros | 2048 | | | | | | | | |
| Enteros largos (32bits con signo) | 256 | | | | | | | | |
| Dobles palabras (32bits sin signo) | 64 | | | | | | | | |
| Coma flotante | 24 | | | | | | | | |
| Temporizadores (32bits) | 192 | | | | | | | | |
| Contadores | 24 | | | | | | | | |
| Tablas de datos | 120K (RAM) / 64K (FLASH) | | | | | | | | |
| Tiempo ejecución por Operación de bit | 0,8 µS | | | | | | | | |
| Comunicaciones | | | | | | | | | |
| Comunicaciones Serie | 2 Puertos RS232/RS485 (seleccionables) | | | | | | | | |
| MODBUS | Soporta protocolo MODBUS, Maestro/Esclavo | | | | | | | | |
| GSM/GPRS | Descarga de software y monitorización a través de MODEM GSM/GPRS, facilidad de envío y recepción de mensajes SMS | | | | | | | | |
| CANbus | No | 1 puerto | 1 puerto | No | No | No | 1 puerto | No | No |
| General | | | | | | | | | |
| Alimentación | 12/24Vcc | 12/24Vcc | 24Vcc | 24Vcc | 12/24Vcc | 24Vcc | 12/24Vcc | 12/24Vcc | 24Vcc |
| Consumo máximo a 24Vcc | 230 mA (pnp) 310 mA (npn) | 230 mA (pnp) 310 mA (npn) | 190 mA (pnp) 240 mA (npn) | 290 mA (pnp) | 130 mA (pnp) 230 mA (npn) | 110 mA (pnp) 300 mA (npn) | 130 mA (pnp) 230 mA (npn) | 130 mA (pnp) 230 mA (npn) | 210 mA (pnp) 315 mA (npn) |
| PID | Hasta 16 lazos PID con autotune o hasta 32 lazos PID sin autotune (dependiendo del uso de otros bloques de función) | | | | | | | | |
| Reloj (RTC) | Funciones de reloj en tiempo real (fecha y hora) | | | | | | | | |
| Batería de respaldo | Duración típica de 7 años a 25°C. Respaldo de Reloj y datos de sistema | | | | | | | | |
| Dimensiones | 96 x 96 x 64 mm 1/4 DIN | | | | | | | | |
| Entorno | IP65/NEMA4X (Desde el panel frontal una vez montado) | | | | | | | | |

* En estos modelos ciertas entradas pueden funcionar como entrada digital, analógica, termopar o PT100 (dependiendo del modelo)

Cuando usamos estas entradas como termopar o PT100, el número de entradas digitales libres se reduce a 8 o 7, respectivamente.

** Ciertas entradas pueden funcionar como contadores de alta velocidad, encoders de eje, medidores de frecuencia o entradas digitales normales.

ANEXO B
CERTIFICADO DE HOMOLOGACION DE RADIO MODEM



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

DIRECCION GENERAL DE CONTROL Y SUPERVISION
DE COMUNICACIONES

CERTIFICADO DE HOMOLOGACION

Código: TRSS16176

Emisión: 03/09/2007

SE CERTIFICA QUE: Visto el INFORME N° 0675-2007-MTC/29.01 del 03/09/2007, en el cual se indica que cumple con las disposiciones de la Ley y su Reglamento General, el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 001-2006-MTC publicado el 21/01/2006) y Normas Técnicas Vigentes, por lo que se permite su uso en el territorio nacional bajo las siguientes condiciones:

El presente certificado no constituye título habilitante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, ni autoriza el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La expedición del presente certificado no exime a la Dirección General de Control y Supervisión de Comunicaciones de realizar las mediciones y comprobaciones técnicas destinadas a verificar el cumplimiento de las condiciones en que se otorgó la homologación.

En caso de incumplirse las disposiciones establecidas en el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones o verificarse alguna modificación de las especificaciones técnicas consignadas en el certificado de homologación el órgano competente procederá a cancelar el certificado otorgado.

Las infracciones relativas a la homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones se encuentran tipificadas en la Ley y su Reglamento General y en el ámbito del servicio de radiodifusión por la ley de Radio y Televisión y su Reglamento.

FABRICANTE / CONSTRUCTOR / EMPRESA

| | | |
|-----------|--|---------------|
| Nombre | : MAXSTREAM INC. | |
| Dirección | : 355 South 520 West Suite 180, Lindon, Utah 84042 | País : U.S.A. |

DATOS TECNICOS DEL EQUIPO Y/O APARATO

| | | |
|---|--|--|
| Descripción | : RADIOMODEM | |
| Función | : Radiomodem para transmisión de datos (a título secundario) | |
| Marca | : MAXSTREAM | Modelo : XStream-PKG-R (X09-019PKC-R_) |
| Norma Técnica Aplicada : PNAF-R.M. N° 187-2005-MTC/03 del 03/04/05 - R.M. N° 777-2005-MTC/03 del 05/11/05 | | |

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO

| | |
|----------------------------------|---|
| Banda de frecuencia de operación | : 902 - 928 MHz |
| Potencia de transmisión | : 100 mW |
| Tipo de modulación | : FSK |
| Sensibilidad de recepción | : -110 dBm |
| Técnica de transmisión | : Espectro Ensamblado por Salto de Frecuencia |
| Características | : 19200 bps (Throughput Data Rate) |
| Temperatura de operación | : 0°C a 70°C |
| Nota | : La operatividad del equipo está sujeta a las restricciones de las normas técnicas aplicadas. El guión "_", en el modelo hace referencia al empaquetado del equipo, el cual puede estar designado o no con letras, no implicando una variación en las características técnicas. |

ANEXO C
CERTIFICADO DE HOMOLOGACION DE ANTENA



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

DIRECCION GENERAL DE CONTROL Y SUPERVISION
DE COMUNICACIONES

CERTIFICADO DE HOMOLOGACION

Código: ANRA16343

Emisión: 24/09/2007

SE CERTIFICA QUE: Visto el INFORME N° 1015-2007-MTC/29.01 del 24/09/2007, en el cual se indica que cumple con las disposiciones de la Ley y su Reglamento General, el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 001-2006-MTC publicado el 21/01/2006) y Normas Técnicas Vigentes, por lo que se permite su uso en el territorio nacional bajo las siguientes condiciones:

El presente certificado no constituye título habilitante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, ni autoriza el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La expedición del presente certificado no exime a la Dirección General de Control y Supervisión de Comunicaciones de realizar las mediciones y comprobaciones técnicas destinadas a verificar el cumplimiento de las condiciones en que se otorgó la homologación.

En caso de incumplirse las disposiciones establecidas en el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones o verificarse alguna modificación de las especificaciones técnicas consignadas en el certificado de homologación el órgano competente procederá a cancelar el certificado otorgado.

Las infracciones relativas a la homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones se encuentran tipificadas en la Ley y su Reglamento General y en el ámbito del servicio de radiodifusión por la ley de Radio y Televisión y su Reglamento.

FABRICANTE / CONSTRUCTOR / EMPRESA

| | | |
|-----------|--|---------------|
| Nombre | : MAXSTREAM INC. | |
| Dirección | : 355 South 520 West Suite 180, LIndon, Utah 84042 | País : U.S.A. |

DATOS TECNICOS DEL EQUIPO Y/O APARATO

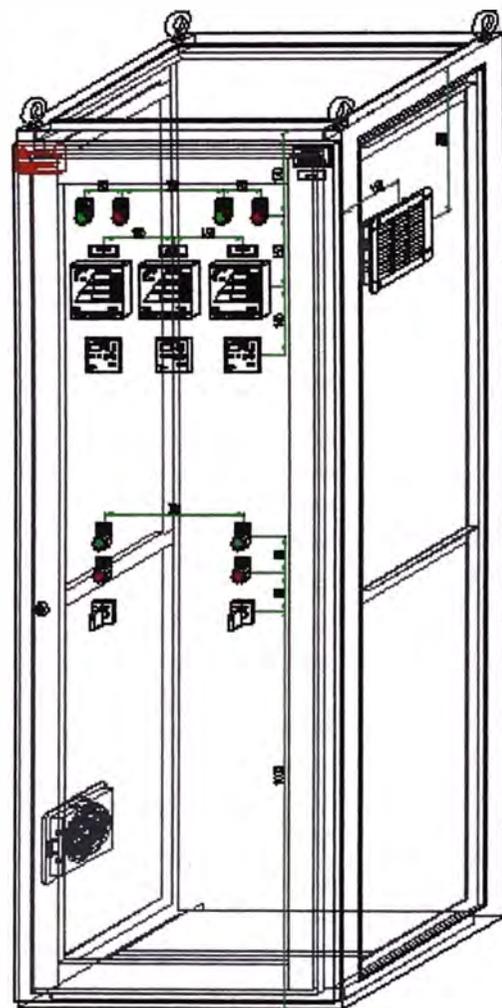
| | | |
|---|---------------------------------|-------------------|
| Descripción | : ANTENA | |
| Función | : Antena para radiocomunicación | |
| Marca | : MAXSTREAM | Modelo : A09-Y8NF |
| Norma Técnica Aplicada : PNAF-R.M. N° 187-2005-MTC/03 del 03/04/05. | | |

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO

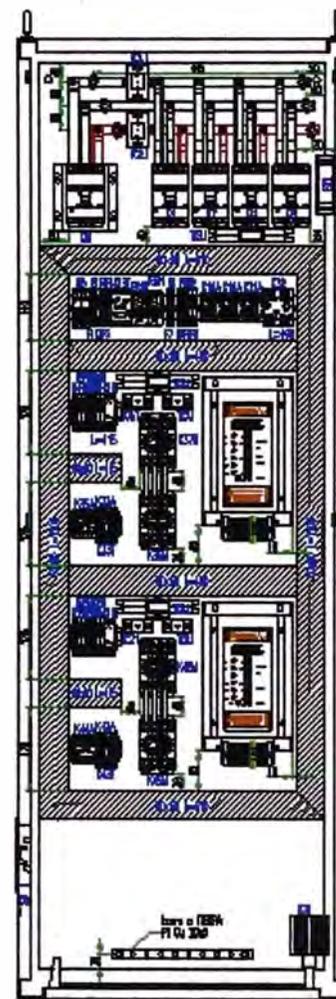
| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Rango de frecuencias | : 896 - 980 MHz |
| Ganancia | : 8. 15dBi |
| Potencia (máxima de entrada) | : 200 W |
| VSWR | : 1.5:1 |
| Elementos | : 04 |
| Polarización | : Vertical / Horizontal |
| Tipo | : Yagui |

ANEXO D
DIAGRAMAS DE MONTAJE DE TABLEROS

DIAGRAMA DE MONTAJE DEL TABLERO GENERAL



TABLERO 700x2000x400mm
RAL-7032



Plancha de montaje
610x1830mm

DIAGRAMA DE MONTAJE DEL TABLERO DE BANCO DE CONDENSADORES

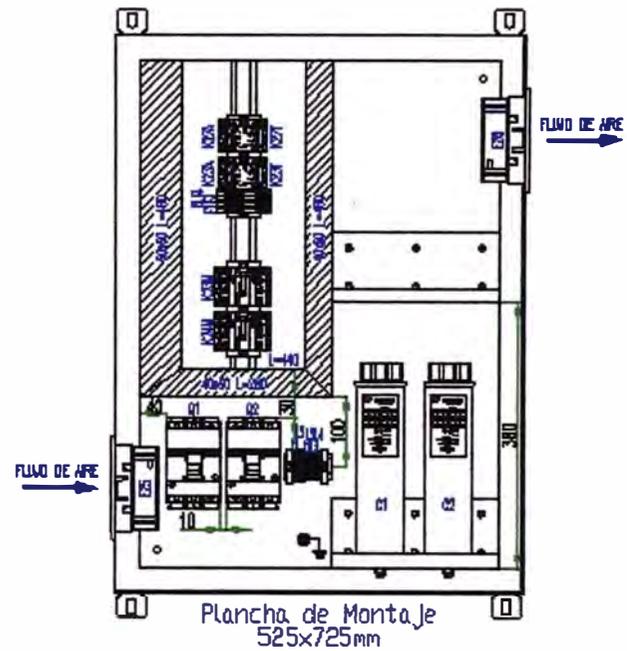
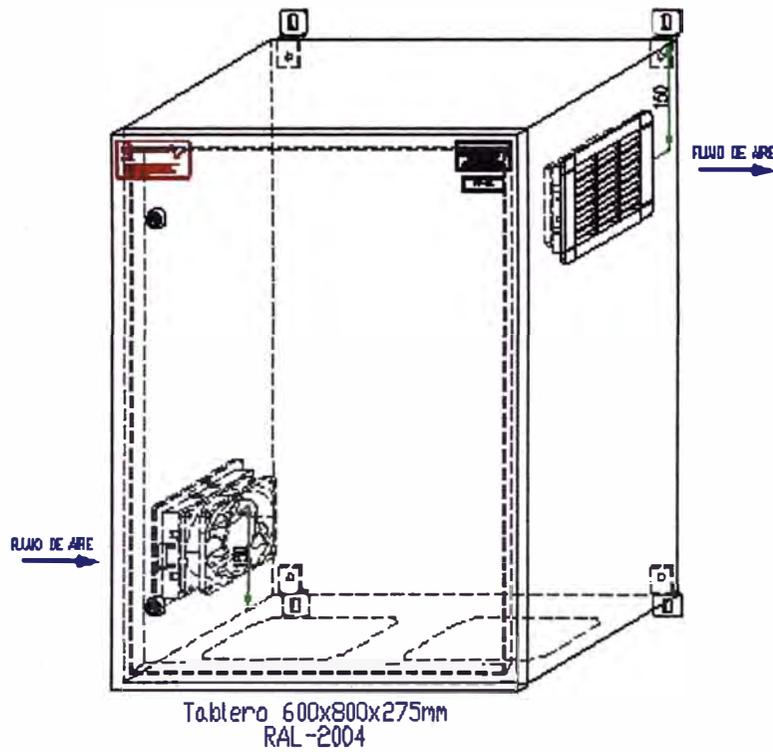
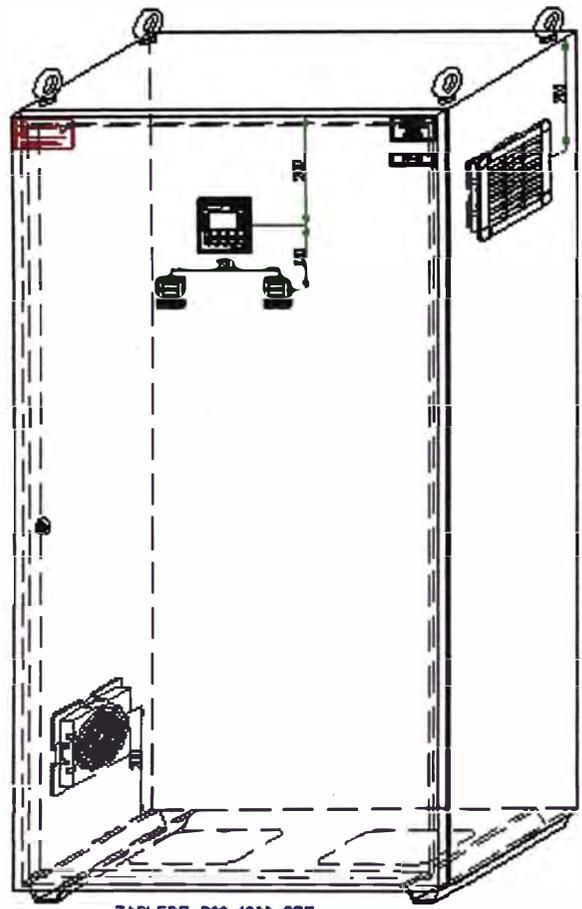
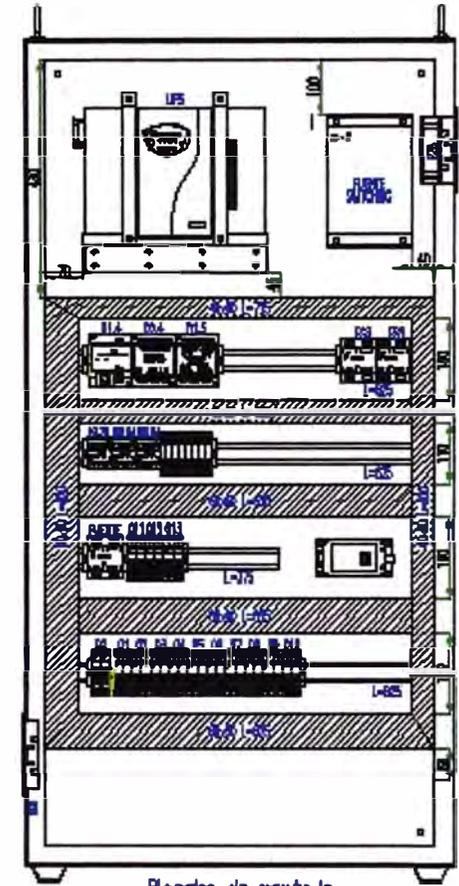


DIAGRAMA DE MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL



TABLERO 800x1000x275mm
IP54 / RAL 7032



Plancha de montaje
725x425mm

ANEXO E
LEYENDA DE SIMBOLOS

| L E Y E N D A | |
|----------------------|---|
| SIMBOLO | DESCRIPCION |
| | Tablero General autosuportado con 5 arrancadores. Grado de protección IP 55. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Tablero de Control autosuportado equipado con UPS, cargador de baterías y baterías con una autonomía de 2 horas. Protección IP 55. Caract. eléct.: 220VAC - 1Ø - 60Hz. |
| | Tablero de Distribución empotrado en muro o pared. Grado de protección IP 55. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Arrancador de electrónico de Estado Sólido. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Relé de protección de Máxima y Mínima Tensión. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Relé de protección de secuencia y pérdida de fase. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Sistema autónomo de Energía con; estabilizador, baterías y cargador de baterías. Autonomía de 2 horas. Caract. eléct.: entrada de 220VAC y salida de 220VAC. |
| | Pantalla de lectura Digital del caudal existente y volumen acumulado. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65 |
| | Pantalla de lectura Digital de la presión existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65 |
| | Analizador de Redes con pantalla retroiluminada y lecturas de Voltaje, Amperaje, cosØ, kW, kVA, kVAR, kWh, kVARh y Horas de funcionamiento del motor. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Programador Lógico de Control de procesos. Con entradas y salidas analógicas y digitales suficientes para cumplir con lógica del funcionamiento del sistema. PLC modular |
| | Terminal de diálogo Hombre - Máquina. Pantalla fluorescente con 4 líneas de 40 caracteres. Características eléctricas: 220VAC. |
| | Modem Celular o Modem GPRS para la transmisión de datos y telemetría. Con chasis resistente tipo Industrial, protocolo IP e interfaces RS232, USB, Ethernet. Full - Duplex. |
| | Transmisor de Flujo tipo electromagnético. |
| | Transmisor de Presión Dinámica tipo piezoresistivo. |
| | Transmisor de Nivel Hidrostático piezoresistivo. |
| | Detector de Intruso, con salida discreta y una cobertura mayor a 10 metros |
| | Detector de apertura del tablero de control, con salida discreta |
| | Motor de inducción trifásico. 220 V - 3Ø - 60Hz |
| | Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable para tableros TG y TBC, y de regulación fija para los Tableros TD y TC |
| | Contactor Manualmente Abierto AC - 3. |
| | Interruptor Horario Digital. 220V - 3Ø - 60Hz. |
| | Bobina o unidad de mando temporizado para puesta y salida en paralelo del Banco de Condensadores. |
| | Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable y protección diferencial de 300mA para los circuitos F-101, F-201 y F-301, y 30mA para el circuito C-2 |
| | Pozo de Puesta a Tierra. |
| | Alarma sonora tipo Industrial. Características: 120W - 65dB - 1Ø - 220VAC |
| | Pantalla de lectura Digital del nivel existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65 |
| | |

ANEXO F
GLOSARIO

| | |
|---------|--|
| CP -01: | Cisterna proyectada N°01 en la caseta de bombeo. |
| HMI: | Human Machine Interface (Interfaz de usuario). |
| MMI: | Multi Media Interface. |
| MI: | Memory Integer |
| NR1: | Nivel de referencia N° 1 en el reservorio. |
| NR2: | Nivel de referencia N° 2 en el reservorio. |
| NR3: | Nivel de referencia N° 3 en el reservorio. |
| RE -01: | Reservorio existente N°01. |

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. www.unitronics.com/Series.aspx?page=120, Documentación técnica del PLC y módulos de control.
- [2]. Sedapal, Especificación técnica de proyectos de agua potable y alcantarillado para habilitaciones urbanas de Lima Metropolitana y Callao.
- [3]. Sedapal, Manual de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de agua potable.
- [4]. Sedapal, Especificaciones técnicas de diseño de automatización, telemetría y scada.
- [5]. Gunther swoboda "Telecontrol: Method and Applications of Telemetering ans Remote Control", von nostrand binding.
- [6]. IEC 60947, Diseño y Fabricacion de Sistemas de Arranque de Motores.
- [7]. www.schneider-electric.com, Documentación técnica de equipos eléctricos.
- [8]. www.siemens.com.pe, Documentación técnica de equipos eléctricos.
- [9]. www.digi.com, Documentación técnica de Radio Modem y Antenas.