



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

#### **“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN PARALELO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO”.**

##### **Trabajo de titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

##### **INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTORES:** MEDARDO DAVID CARVAJAL AGUILAR  
CHRISTIAN XAVIER MEJÍA FIALLOS

**DIRECTOR:** Ing. GABRIEL VINICIO MOREANO SÁNCHEZ MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Medardo David Carvajal Aguilar y Christian Xavier Mejía Fiallos**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Medardo David Carvajal Aguilar y Christian Xavier Mejía Fiallos declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de julio de 2021



---

**Medardo David Carvajal Aguilar**  
C.I. 180438153-9

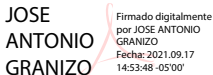

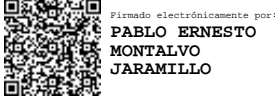


---

**Christian Xavier Mejía Fiallos**  
C.I. 180491022-0

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN PARALELO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO”**., realizado por los señores: **MEDARDO DAVID CARVAJAL AGUILAR Y CHRISTIAN XAVIER MEJÍA FIALLOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. José Antonio Granizo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 JOSE ANTONIO GRANIZO	2021 - 07 - 23
Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sánchez <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>	 Firmado electrónicamente por: GABRIEL VINICIO MOREANO SANCHEZ	2021 - 07 - 23
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: PABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO	2021 - 07 - 23

## DEDICATORIA

A mis padres Wilson y Blanca quienes han sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida estudiantil, con su amor y ejemplo han sido un apoyo incondicional para cumplir con este gran objetivo planteado. A mis hermanas por darme ánimos en cada momento para poder cumplir con mi meta trazada. A mis amigos y compañeros de clase por haber sido partícipes de este proceso académico.

Medardo

Nunca fue suerte, siempre fue el esfuerzo y cariño de mis padres.

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mi padre Javier y mi madre Silvia, pilares fundamentales en mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional, su fe puesta en mí y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. A mi hermana Andrea y hermano Luis por acompañarme en este duro camino, por apoyarme de principio a fin, por ser tan buenos y admirables, pero sobre todo por darme tanto amor, mis abuelos y abuelas que me brindaron su ternura y afecto ayudándome hasta donde sus alcances lo permitían.

Christian

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme sabiduría, salud y sobre todo bendecirme cada instante en los cuales sentía que dejaría mis metas sin concluir las.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas de sus aulas para ser partícipes de las enseñanzas de sus docentes quienes nos han formado no solo como mejores profesionales sino como mejores personas.

Al ingeniero Gabriel Moreano por sus ideas y recomendaciones para el desarrollo de este trabajo, al ingeniero Cesar Astudillo por su tiempo y enseñanzas.

A la junta administradora de agua potable Catequilla del caserío Santa Lucia la Libertad por brindarnos las facilidades para el desarrollo de este proyecto y en especial a la familia Fiallos quienes han sido de gran apoyo para la culminación de nuestro proyecto conjuntamente con Christian Mejía.

De manera especial a mis padres porque siempre estuvieron presentes en cada momento que más necesitaba de una voz que me aliente a seguir adelante.

Medardo

Familia, amigos, compañeros y personas especiales de mi vida, no son nada más y nada menos que un cúmulo de seres queridos poseedores de una importancia inimaginable en mi formación como ser humano y ahora profesional.

Quiero dar infinitas gracias a mis tíos Napoleón, Robert, Flavio, Patricio y Darwin ya que sin su apoyo y conocimiento no hubiese sido posible desarrollar este proyecto, a mis tías, primos y primas por la confianza puesta sobre mi persona, especialmente en los momentos en que fue tan difícil creer en mí mismo.

Este trabajo debe ser tomado como una labor conjunta realizada con mi compañero David Carvajal, tutor Ing. Gabriel Moreano, asesor Ing. Cesar Astudillo y demás docentes, personas de gran sabiduría cuyas enseñanzas y conocimientos impartidos fueron vitales para llegar al punto en que me encuentro.

A la Directiva de la Junta de Agua Potable Catequilla por la apertura y ayuda para la realización de este proyecto, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, las oportunidades que me han brindado son incomparables, gracias por haberme permitido formarme en ella.

Christian

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv

### CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Formulación del problema .....	1
1.3.	Justificación .....	1
1.4.	Objetivos .....	2
1.4.1.	<i>Objetivo general</i> .....	2
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	2

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	3
2.1.	Sistema de bombeo.....	3
2.1.1.	<i>Sistema de bombeo en serie</i> .....	4
2.1.2.	<i>Sistemas de bombeo en paralelo</i> .....	4
2.2.	Bomba hidráulica .....	5
2.2.1.	<i>Clasificación de las bombas</i> .....	6
2.2.1.1.	<i>Bombas centrifugas</i> .....	6
2.3.	Elementos de accionamiento .....	7
2.3.1.	<i>Contactor</i> .....	7
2.3.2.	<i>Interruptor termomagnético</i> .....	8
2.3.3.	<i>Temporizador</i> .....	8
2.3.4.	<i>Relé</i> .....	9
2.3.5.	<i>Pulsadores de paro o arranque</i> .....	9
2.4.	Módulo Reprogramable Logo Siemens V8 .....	10
2.5.	Automatización.....	10

2.5.1.	<i>Automatismos cableados</i> .....	11
2.5.2.	<i>Automatismos programados</i> .....	11
2.6.	<b>Mantenimiento</b> .....	11
2.6.1.	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	12
2.6.2.	<i>Mantenimiento correctivo</i> .....	12
2.6.2.1.	<i>Correctivo planificado</i> .....	12
2.6.2.2.	<i>Correctivo no planificado</i> .....	12

### CAPÍTULO III

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	13
3.1.	<b>Mantenimiento, Selección de Elementos, y Repotenciación</b> .....	13
3.1.1.	<i>Reparación y mantenimiento de equipos</i> .....	13
3.1.2.	<i>Instalación del sistema de bombeo de agua</i> .....	16
3.1.2.1.	<i>Sistema Hidráulico</i> .....	16
3.1.2.2.	<i>Sistema eléctrico</i> .....	21
3.1.3.	<i>Selección de elementos</i> .....	24
3.1.3.1.	<i>Contactor</i> .....	24
3.1.3.2.	<i>Relé térmico</i> .....	25
3.1.3.3.	<i>Pulsadores</i> .....	26
3.1.3.4.	<i>Disyuntor</i> .....	27
3.1.3.5.	<i>Sensor de nivel</i> .....	28
3.1.3.6.	<i>Módulo Programable Logo Siemens V8</i> .....	29
3.1.3.7.	<i>Paro de emergencia</i> .....	30
3.1.3.8.	<i>Multímetro digital 200A</i> .....	30
3.2.	<b>Instalación, Programación y Automatización del Sistema de Bombeo</b> .....	31
3.2.1.	<i>Instalación del sistema mecánico, eléctrico</i> .....	31
3.2.1.1.	<i>Instalación del sistema mecánico</i> .....	31
3.2.1.2.	<i>Instalación del sistema eléctrico y electrónico</i> .....	33
3.2.2.	<b>Programación y automatización</b> .....	35
3.2.2.1.	<i>Programación</i> .....	35
3.2.2.2.	<i>Automatización</i> .....	37
3.2.3.	<b>Pruebas de funcionamiento</b> .....	39
3.2.3.1.	<i>Pruebas mecánicas</i> .....	39
3.2.3.2.	<i>Pruebas eléctricas</i> .....	40
3.2.4.	<b>Resultados</b> .....	41



<b>3.3.</b>	<b>Manual de Funcionamiento y Plan de Mantenimiento .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1.</b>	<b><i>Manual de Funcionamiento .....</i></b>	<b>42</b>
<b>3.3.1.1.</b>	<b><i>Elementos de Accionamiento .....</i></b>	<b>42</b>
<b>3.3.1.2.</b>	<b><i>Procedimiento de forma manual.....</i></b>	<b>42</b>
<b>3.3.2.</b>	<b><i>Plan de Mantenimiento.....</i></b>	<b>43</b>

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>GESTIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.</b>	<b>Cronograma de actividades.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>46</b>

	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
--	--------------------------	-----------

	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
--	-----------------------------	-----------

#### **GLOSARIO**

#### **BIBLIOGRAFIA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b>	Características contactor NC1-5011 .....	25
<b>Tabla 2-3:</b>	Características contactor NXC-18 .....	25
<b>Tabla 3-3:</b>	Características Relé NXR-100.....	26
<b>Tabla 4-3:</b>	Características Relé NXR-25.....	26
<b>Tabla 5-3:</b>	Características Disyuntor NXB-63 .....	27
<b>Tabla 6-3:</b>	Características Disyuntor eBC.....	28
<b>Tabla 7-3:</b>	Entradas y salidas de logo siemens V8.....	37
<b>Tabla 8-3:</b>	Código de equipo y Actividades.....	43
<b>Tabla 1-4:</b>	Cronograma de actividades .....	45
<b>Tabla 2-4:</b>	Costos totales de la implementación del proyecto.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Sistema de Bombeo tanque a tanque.....	3
<b>Figura 2-2.</b>	Sistema de operación en serie .....	4
<b>Figura 3-2.</b>	Sistema de operación en paralelo .....	5
<b>Figura 4-2.</b>	Clasificación de bombas.....	5
<b>Figura 5-2.</b>	Bomba centrífuga .....	6
<b>Figura 6-2.</b>	Partes una bomba centrífuga .....	7
<b>Figura 7-2.</b>	Contactador.....	7
<b>Figura 8-2.</b>	Interruptor termomagnético.....	8
<b>Figura 9-2.</b>	Temporizador .....	8
<b>Figura 10-2.</b>	Relé .....	9
<b>Figura 11-2.</b>	Pulsadores de panel .....	9
<b>Figura 12-2.</b>	Logo Siemens.....	10
<b>Figura 1-3.</b>	Sistema de bombeo.....	13
<b>Figura 2-3.</b>	Instalación de sistema obsoleto .....	14
<b>Figura 3-3.</b>	Partículas adheridas a las paredes de bombas .....	14
<b>Figura 4-3.</b>	Hermetizado de tapa de bombas.....	15
<b>Figura 5-3.</b>	Reacondicionamiento de la superficie externa.....	15
<b>Figura 6-3.</b>	Conjunto motor bomba.....	16
<b>Figura 7-3.</b>	Puntos de captación succión y descarga.....	17
<b>Figura 8-3.</b>	Esquema de captación y succión .....	17
<b>Figura 9-3.</b>	Diagrama de conexión de la primera línea de succión .....	18
<b>Figura 10-3.</b>	Diagrama de conexión para la segunda línea de succión .....	18
<b>Figura 11-3.</b>	Esquema de conexión del sistema de bombeo de agua .....	19
<b>Figura 12-3.</b>	Tablero de control .....	22
<b>Figura 13-3.</b>	Conexión del tablero de control .....	22
<b>Figura 14-3.</b>	Esquema de control .....	23
<b>Figura 15-3.</b>	Esquema de control .....	24
<b>Figura 16-3.</b>	Contactador 50A .....	25
<b>Figura 17-3.</b>	Contactador de 27A .....	26
<b>Figura 18-3.</b>	Pulsadores .....	27
<b>Figura 19-3.</b>	Disyuntores de protección.....	28
<b>Figura 20-3.</b>	Sensor de nivel .....	28
<b>Figura 21-3.</b>	Modulo Programable Logo Siemens V8.....	29
<b>Figura 22-3.</b>	Paro de emergencia .....	30

<b>Figura 23-3.</b>	Pantalla multímetro digital .....	30
<b>Figura 24-3.</b>	Plataforma para anclaje de bombas .....	31
<b>Figura 25-3.</b>	Conexión de tuberías .....	32
<b>Figura 26-3.</b>	Conexión de manómetros .....	32
<b>Figura 27-3.</b>	Cableado del sistema eléctrico .....	33
<b>Figura 28-3.</b>	Circuito de potencia motor 10HP .....	34
<b>Figura 29-3.</b>	Circuito de potencia motor 1.5HP .....	35
<b>Figura 30-3.</b>	Conexión eléctrica LOGO.....	36
<b>Figura 31-3.</b>	Conexión eléctrica LOGO.....	39
<b>Figura 32-3.</b>	Identificación de elementos de control.....	42

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** SISTEMA DE BOMBEO.

**ANEXO B:** DOCUMENTACIÓN DE RESPALDO.

**ANEXO C:** MANUAL DE OPERACIÓN.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es mejorar la estación de bombeo de agua potable de la Junta Administradora Catequilla, mediante la repotenciación y posterior implementación de un sistema de bombeo fuera de funcionamiento, para que trabaje en paralelo al sistema existente, y la automatización de ambos sistemas. El proyecto tiene como finalidad suministrar y abastecer de agua potable alrededor de 280 familias que pertenecen al caserío Santa Lucía La Libertad del cantón Tisaleo quienes son afectadas por la escasez de agua debido a los largos tiempos de parada por mantenimiento de los equipos. El sistema de bombeo realizado en el proyecto fue conectado para mantener el caudal y la presión en la tubería de distribución, consta de dos líneas de succión; la primera línea está formada por una bomba centrífuga de 10Hp que funcionara como sistema principal, mientras que la segunda línea consta de tres bombas centrífugas de 1,5Hp, estas se encuentran conectadas en serie entre sí y trabajaran como sistema de reserva en back-up en caso que el sistema principal no funcione. Posteriormente los dos sistemas de bombeo fueron automatizados, utilizando el Módulo Programable Logo Siemens V8, mediante programación y conexiones eléctricas, electrónicas e hidráulicas, permiten el funcionamiento óptimo del sistema, su posterior automatización y pruebas de funcionamiento se obtuvo la presión en 150 PSI con la primera línea y lograr 110 PSI con la segunda línea, en la red de tubería de distribución, presiones que son para lograr romper la cabeza de altura hacia el tanque de descarga, estos sistemas funcionan en horarios pre establecidos. El control y monitoreo de la estación de bombeo de agua debe ser realizada periódicamente, además se debe realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a los diferentes elementos que se encuentran inmersos en este sistema, para mantener un funcionamiento óptimo.

**Palabras clave:** <AUTOMATIZACIÓN>, <CONEXIÓN DE BOMBAS EN SERIE>, <CONEXIÓN DE BOMBAS EN PARALELO> <BOMBAS CENTRÍFUGAS>, <CAUDAL>, <ESTACIÓN DE BOMBEO>, <MODULO LOGICO>, <ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO>.

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.09.06 10:56:48  
-05'00'



1719-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The objective of this work is improving the drinking water pumping station of the Administrative Assembly Catequilla, through repowering and subsequent implementation of a pumping system out of operation, so that it works in parallel with the existing system, and the automation of both systems. The project aims to provide and supply water to around 280 families that belong to Santa Lucía La Libertad village, Tisaleo canton, who are affected by water shortages due the stopped equipment because of maintenance. The pumping system carried out in the project was connected to maintain the flow and pressure in the distribution pipe. It consists of two suction lines; the first line consists of a 10Hp centrifugal pump that will function as the main system, while the second line consists of three 1,5Hp, centrifugal pumps. These are located connected in series with each other and will work as a back-up reservation system in case the main system does not work. Later the two pumping systems were automated, using the Siemens V8 Logo Programmable Module, through programming and electrical electronic and hydraulic connections, allow the optimal operation of the system, its subsequent automation and test runs the pressure was obtained at 150 PSI with the first line and achieve 110 PSI with the second line, in the distribution pipe network, pressures that aims to achieve breaking the head up to the discharge tank, these systems operate on pre-established schedules. The control and monitoring of the water pumping station must be carried out periodically. In addition, preventive and corrective maintenance activities must be carried out on the different elements that are immersed in this system, to maintain an optimal functioning.

**Keywords:** <AUTOMATION>, <SERIAL PUMP CONNECTION>, <CONNECTION OF PUMPS IN PARALLEL> <CENTRIFUGAL PUMPS>, <CAUDAL>, <PUMPING STATION>, <LOGIC MODULE>, <DRIVE ELEMENTS>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

El agua potable es un servicio básico indispensable para la supervivencia del ser humano por lo que es requerido en la cantidad adecuada y de manera permanente para su confort y bienestar por lo tanto es necesario encontrar la forma más eficiente que este recurso llegue a cada una de las personas que cuentan con un hogar.

La Junta Administradora de Agua Potable Catequilla del Caserío Santa Lucía La Libertad cuenta con su propia estación de bombeo que permite la impulsión del agua cruda desde la vertiente CATEQUILLA hasta los tanques reservorios ubicados a una distancia aproximada de un kilómetro para posteriormente ser potabilizada y distribuida alrededor de 280 familias beneficiadas del sector, para lo cual una persona es la encargada del encendido y apagado de la bomba de agua sin un horario establecido.

La estación de bombeo siempre ha poseído sistemas de bombas para impulsar el fluido hacia los tanques de distribución, no obstante, la falta de conocimiento en actividades de mantenimiento ha hecho que estos entren en parada por averías y posteriormente se los deje en desuso, debido al paso del tiempo los equipos se encuentran deteriorados, cuestión por la cual, dando la repotenciación adecuada y puesta en marcha óptima, podrían volver a su funcionamiento normal hasta cumplir con su vida útil.

### 1.2. Formulación del problema

¿Por qué a pesar de que el Caserío Santa Lucía la Libertad posee un sistema de bombeo sus pobladores no cuentan con el fluido vital las 24 horas del día?

¿Cómo ayudará la implementación de un sistema en paralelo y la automatización de este a que el fluido llegue en el tiempo y caudal requerido?

### 1.3. Justificación

Debido a la problemática planteada y considerando que la necesidad primordial de agua potable para las personas, se maneja la posibilidad de automatizar el encendido del sistema de bombeo tanto principal como de reserva utilizando un dispositivo de control y varios actuadores auxiliares



como relés, temporizadores, contactores elementos de control eléctrico intentando mejorar las condiciones de vida de los habitantes del sector.

El proyecto consiste en repotenciar e implementar un sistema de bombeo de agua de abastecimiento alternativo el cual de ser necesario podría entrar en funcionamiento en caso de que el sistema de bombeo principal presente alguna falla o deba ser sometido a mantenimiento, esto asegurará la continuidad del suministro de agua potable.

La implementación de un sistema de automatización brinda la comodidad y especialmente confiabilidad para que el sistema de bombeo trabaje ininterrumpidamente y brinde el agua potable las 24 horas del día.

Por medio de este trabajo académico se busca que los habitantes de Santa Lucia La Libertad cuenten con el líquido vital de manera constante a pesar de cualquier inconveniente que pueda suceder en la estación de bombeo relacionado a las paradas por mantenimiento o por averías en los equipos.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Implementar un sistema de bombeo de agua en paralelo al previamente existente en la estación de bombeo de la Junta Administradora de Agua Potable Catequilla en el cantón Tisaleo y la automatización de los sistemas.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

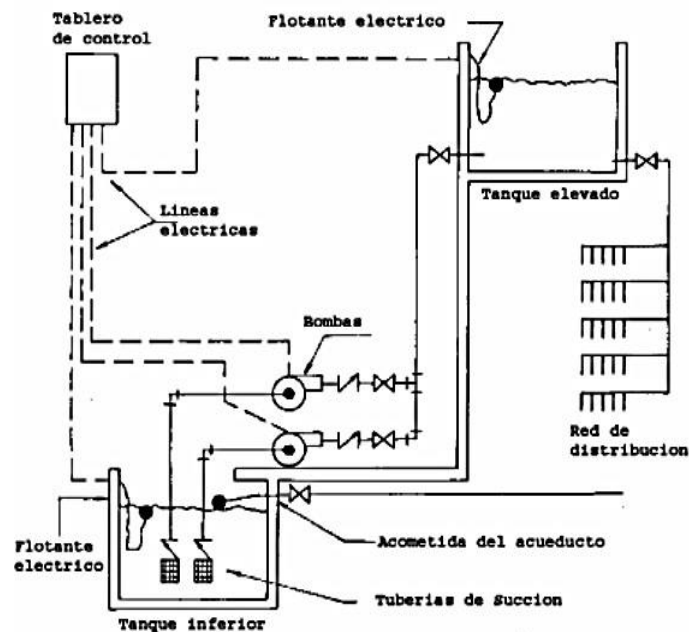
- Determinar las condiciones para la automatización de la estación de bombeo de agua.
- Diseñar el sistema de mando y potencia para el funcionamiento y control eléctrico de los sistemas de bombeo de agua.
- Realizar la conexión del sistema en paralelo que funcionara en back-up con el sistema de bombeo principal.
- Elaborar un plan de operación y mantenimiento adecuado para el funcionamiento y ejecución en la estación de bombeo de agua.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos, en la figura 1-2 se observa un modelo de un sistema de bombeo (Blanco et al., 1994).



**Figura 1-2.** Sistema de Bombeo tanque a tanque.

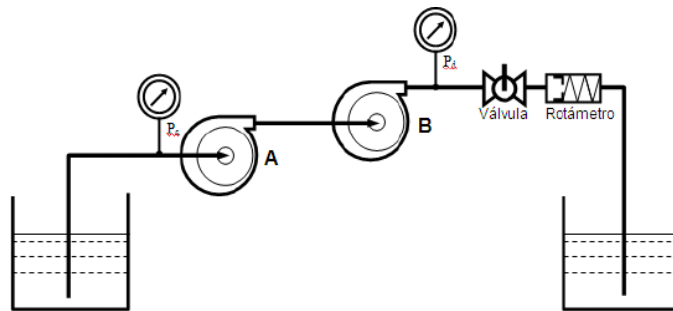
Fuente: (Wekker, 2004).

Este es un sistema típico, además de tuberías que enlazan los puntos de origen y destino, son necesarios otros elementos. Algunos de ellos proporcionan la energía necesaria para el transporte como: bombas, además se utilizan tanques de almacenamiento, tuberías y accesorios. Otros tipos de elementos sirven para la regulación y control como son: válvulas e instrumentos de medida (Miñarcaja & Quiña, 2017).

En cambio, (Lourdes, 2015) denomina a un sistema de bombeo al conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua de forma directa o indirecta de una fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o entregan directamente a la red de distribución.

### 2.1.1. Sistema de bombeo en serie

Un sistema de bombeo en serie se realiza cuando se requiere de alta presión para lograr un aumento proporcional de la presión total o final del sistema. La conexión una a continuación de otra (conexión en serie) se utiliza cuando no basta una sola bomba centrífuga para vencer la altura de elevación deseada, en el funcionamiento en serie se suman las alturas de elevación de cada una de las bombas para el mismo caudal elevado (Villareal, 2008) este tipo de conexión se puede ver en la figura 2-2.



**Figura 2-2.** Sistema de operación en serie.

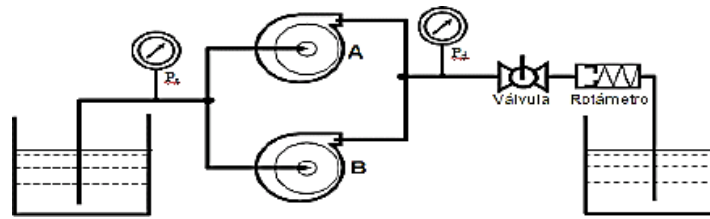
Fuente: (Jaime, n.d.2010).

Este tipo de conexión de bombas se usa cuando la cabeza o carga a alcanzar en el sistema no es desarrollada por bombas convencionales. En la práctica para casos de bombeo de agua a más de 120m de desnivel, otro tanto sucede con el transporte de hidrocarburos, donde las longitudes de las tuberías son grandes y se requieren grandes cabezas para vencer las pérdidas por fricción (Villareal, 2008).

Es muy importante anotar que la presión en la caja del sello mecánico de la segunda bomba se incrementa por la presión de la primera bomba. Esto puede requerir de un sello mecánico especial para la segunda bomba, con escape a la succión de la primera bomba, la presión de succión mayor en la segunda bomba puede incrementar el costo inicial de la bomba, como los costos de mantenimiento de esta. Si las bombas instaladas en serie son iguales, entonces las alturas desarrolladas se duplicarán si son dos bombas, o se triplicarán si son tres (Villareal, 2008).

### 2.1.2. Sistemas de bombeo en paralelo

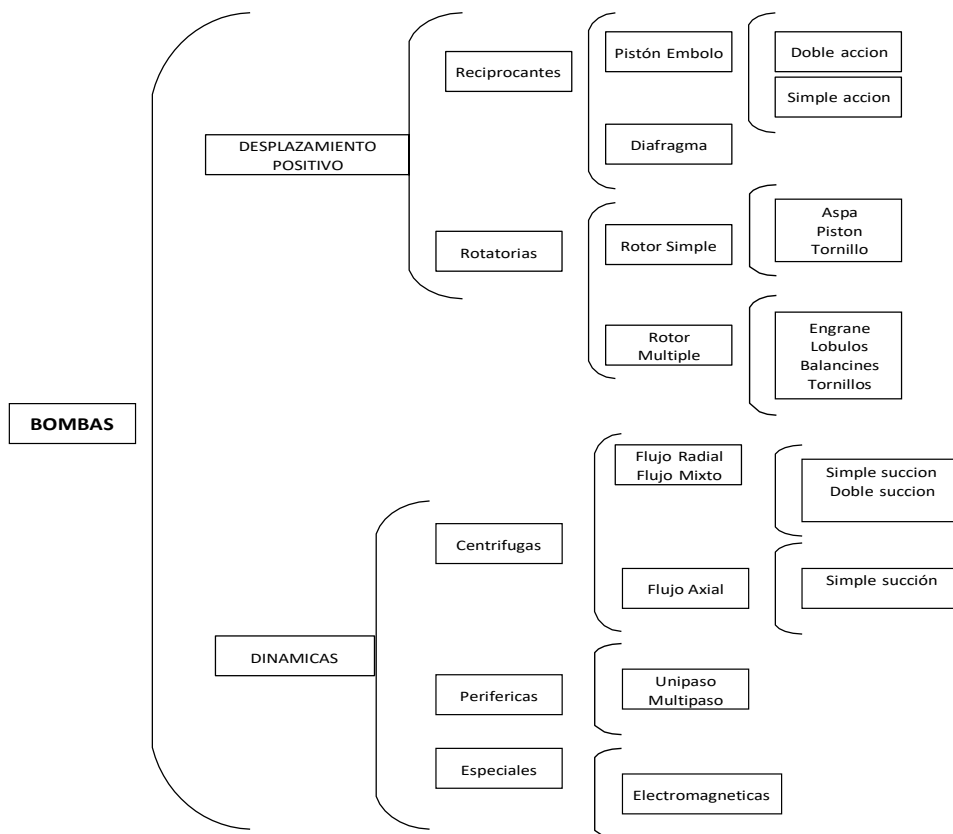
En un sistema de bombeo se conectan las bombas en paralelo cuando el caudal requerido es superior al que puede suministrar una sola bomba o cuando el sistema requiere de un caudal variable, y se logra apagando o encendiendo las bombas conectadas en paralelo, en este tipo de conexión no existe aumento de presión (Barreto, 2018).



**Figura 3-2.** Sistema de operación en paralelo.

Fuente: (Jaime, n.d.2010).

En este caso cada bomba tiene la succión inserta en la fuente de agua y se conectan todas las salidas a una común como se puede observar en la figura 3-2, por lo general las bombas conectadas en paralelo son del mismo tamaño y tipo (Agila & Calahorrano, 2011).



**Figura 4-2.** Clasificación de bombas.

Fuente: (Chang et al., 2010).

## 2.2. Bomba hidráulica

Es una máquina generadora que absorbe energía mecánica y restituye energía hidráulica al fluido que transita por esta, lo que permite desplazar al fluido de un punto a otro.

### 2.2.1. Clasificación de las bombas

Existen varias formas de clasificar las bombas, por rango de volúmenes a manejar, por fluidos a mover, etc. Sin embargo, hay una clasificación en general la cual considera la forma en que las bombas imprimen movimiento al fluido, en la figura 4-2 se observa una clasificación (Chang et al., 2010).

Dentro de esta clasificación los tipos de bombas que se utilizan con frecuencia son las denominadas centrífugas, rotatorias y reciprocantes.

#### 2.2.1.1. Bombas centrífugas

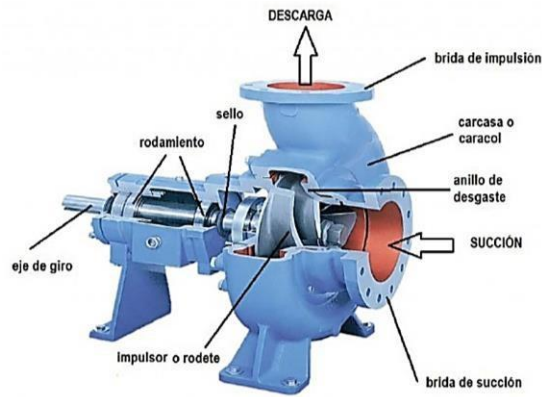
Las bombas centrífugas, también denominadas bombas rotodinámicas, son utilizadas en casi la totalidad de los sistemas de bombeo. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bombas hidráulicas que basan su funcionamiento en la transmisión de la energía del fluido mediante un elemento móvil llamado impulsor o rodete como se puede visualizar en la figura 5-2 (Camones & Yanac, 2018).



**Figura 5-2.** Bomba centrífuga.

**Fuente:** (Hyunday, 2020).

La bomba centrífuga consiste en un impulsor y una carcasa, el impulsor es el corazón de una bomba centrífuga y consta de un cierto número de aspas o álabes, de diversas formas y curvaturas, el cual gira dentro de la carcasa, en la figura 6-2 se ilustra las partes de una bomba. Cuando el impulsor empieza a rotar, provee energía al fluido por medio de los álabes, provocando que la presión como la velocidad se incrementen a medida que el fluido avanza del centro hacia la periferia. El fluido sale del impulsor hacia el perímetro de la carcasa, la cual está diseñada para que la velocidad de este vaya disminuyendo (aumentando el área de flujo) a medida que se aproxima a la descarga de la bomba. De esta manera, al reducirse la velocidad, aumenta la presión de descarga, la finalidad básica de una bomba centrífuga, en cualquier sistema para manejo de fluidos es suministrarle energía al fluido que proviene del motor (Villareal, 2008).



**Figura 6-2.** Partes una bomba centrífuga.

**Fuente:** (Bombas de Agua Centrífugas, n.d.2017).

Las bombas centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras, ya sea por la dirección del flujo, por la posición de su eje, por diseño de su carcasa, entre otras.

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso y constituyen no menos del 80 % de la producción mundial de bombas, porque es adecuada para mover una mayor cantidad de líquidos en comparación con la bomba de desplazamiento positivo (Miñarcaja & Quiña, 2017).

## 2.3. Elementos de accionamiento

### 2.3.1. Contactor

El contactor es un dispositivo electromagnético, cuya función principal es cerrar o abrir circuitos de potencia. Existen en el mercado contactores de diferente forma, capacidad, tamaño, y su uso depende del circuito que se va a controlar, prácticamente la conexión de todos los contactores es la misma, en la figura 7-2 se ilustra un modelo de contactor (Martín & García, 2016).



**Figura 7-2.** Contactor.

**Fuente:** (Industry, 2020).

### 2.3.2. Interruptor termomagnético

Es un dispositivo electromagnético que interrumpe la corriente de un circuito eléctrico cuando dicha corriente sobrepasa los valores límites de funcionamiento, en la figura 8-2 se muestra un ejemplar. Los interruptores de protección termomagnéticos están equipados con mecanismos de disparo los cuales combinan los efectos de magnetismo y calor para evitar sobrecalentamiento y sobrecorriente para proteger a los demás elementos de un circuito eléctrico (Miñarcaja & Quiña, 2017).



**Figura 8-2.** Interruptor termomagnético.

Fuente: (Jose Luis, n.d.2019).

### 2.3.3. Temporizador

Los relés temporizados o temporizadores son elementos de mando que se encargan de retardar o mantenerla apertura o el cierre de un contacto durante un tiempo determinado previamente programado, es decir, los temporizadores son relés en los que los contactos se abren o cierran con retardos según el modo de funcionamiento, en la figura 9-2 se observa un temporizador (Vasquez, 2017).



**Figura 9-2.** Temporizador.

Fuente: (Industry, 2020).

### 2.3.4. Relé

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección y accionamiento contra las sobrecargas, en la figura 10-2 se muestra un modelo de relé. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo la intensidad permitida por este, evitando que el bobinado “se queme”. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetalicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor magnetotérmico (Vásquez, 2017).



**Figura 10-2.** Relé.

Fuente: (Industry, 2020).

### 2.3.5. Pulsadores de paro o arranque

Un pulsador es un dispositivo utilizado para accionar o desactivar el funcionamiento de un sistema. Los botones son de diversas formas y tamaños como se observa en la figura 11-2 y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos estos elementos se accionan al ser presionados con los dedos y permite el paso de la corriente y dejar de ejercer presión el contacto vuelve a su posición inicial (Miñarcaja & Quiña, 2017).



**Figura 11-2.** Pulsadores de panel.

Fuente: (Eurotronix, 2019).



## 2.4. Módulo Reprogramable Logo Siemens V8

Es un controlador programable, en sí es un sistema de control para lograr un funcionamiento óptimo de un sistema sin la intervención física de una persona, en la figura 12-2 se ilustra el Logo Siemens V8.

Además, es un elemento electrónico utilizado en instalaciones de ámbito doméstico, industrial, etc. Por ejemplo: alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, así como en la construcción de armarios de distribución de máquinas, controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua, etc. (Pesántez, 2012).

Toda la programación se realiza de una forma bastante sencilla al utilizar el software Logo Soft, o con la ayuda de las 6 teclas que están situadas en su vista frontal. La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica (Pesántez, 2012).



**Figura 12-2.** Logo Siemens.

**Fuente:** (LIESA, 2020).

## 2.5. Automatización

En un contexto actual debemos entender por automatización el proceso de diseño, realización y explotación de sistemas que emplean y combinan la capacidad de las máquinas para realizar tareas y controlar secuencias de operaciones sin la intervención humana. La automatización combina la aplicación conjunta de la tecnología eléctrica, electrónica, neumática, hidráulica, mecánica para transformar un gran número de procesos de fabricación. Su difusión en el campo de la industria contribuye a disminuir los costes de producción, elimina el trabajo monótono y reclama grandes inversiones de capital que revierten en nuevas instalaciones y en la preparación de técnicos especializados (Vasquez, 2017).

### ***2.5.1. Automatismos cableados***

Los automatismos cableados son aquellos que se implementan por medio de uniones físicas entre los que forman el sistema de control. Se emplea frecuentemente en el diseño de autómatas industriales con relés cableados que permiten realizar acciones de mando, protección, señalización, potencia y control. La lógica cableada es sencilla y fiable, sin embargo, es una técnica rígida donde la posibilidad de variar distintos parámetros es limitada o nula. La automatización de grandes sistemas mediante lógica cableada es compleja y en muchos casos desaconsejable por la incapacidad de realizar variaciones en su esquema (Gonzales, 2019).

Los estados de un sistema en lógica cableada son abiertos o cerrados. Cuando el sistema permite la circulación de electricidad, se trata de un sistema de contactos cerrados, mientras que cuando los contactos se encuentran abiertos, la circulación eléctrica por el circuito se ve interrumpida (Gonzales, 2019).

### ***2.5.2. Automatismos programados***

Los automatismos programados son aquellos que se realizan utilizando los autómatas programables o controladores programables (PLC, Controlador Lógico Programable) (Vasquez, 2017).

Mientras que en la lógica cableada la automatización de un sistema se consigue mediante la configuración de un esquema, en un sistema de lógica programada es un software o programa memorizado, el encargado de tratar la información (Gonzales, 2019).

Actualmente, el gran avance de la electrónica ha permitido que los PLC (Programmable Logic Controller) controlen un gran número de procesos y variables asegurando el correcto funcionamiento de complejos sistemas automáticos industriales. Además, gracias a las tecnologías como internet, ethernet, wifi, tecnología móvil, etc., los procesos industriales pueden ser controlados y monitorizados desde ubicaciones remotas (Gonzales, 2019).

## **2.6. Mantenimiento**

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018) el mantenimiento es “la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinado a conservarlo o a devolverlo a un estado en que se pueda desempeñar la función requerida”.

### ***2.6.1. Mantenimiento preventivo***

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018) el mantenimiento preventivo es el “que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento”.

En (Pedraza, 2011) dice que para el mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo es el tipo de mantenimiento programado, que se lleva a cabo con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento preventivo se cuentan:

- Inspección de Equipos
- Limpieza
- Lubricación
- Situación de componentes

### ***2.6.2. Mantenimiento correctivo***

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018) el mantenimiento correctivo “se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida”.

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se lleva a cabo con el fin de corregir fallas en el equipo. Este puede ser:

#### ***2.6.2.1. Correctivo planificado***

Es planificado cuando se sabe con antelación qué es lo que se debe reparar, y por lo tanto se tienen todos los elementos a la mano al momento de ejecutarlo.

#### ***2.6.2.2. Correctivo no planificado***

Es el mantenimiento que se ejecuta cuando se presenta una falla que inhabilita un equipo esencial. Se le conoce también como mantenimiento de emergencia. Con frecuencia, este tipo de mantenimiento se efectúa en condiciones de emergencia y con el único objetivo de restablecer el servicio que se dejó de brindar a causa de la falla (Pedraza, 2011).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Mantenimiento, Selección de Elementos, y Repotenciación

En este apartado se describe las actividades y procedimientos que se realizaron para instalar el sistema de bombeo de agua en paralelo a red principal, para ello se ejecutó un estudio de los elementos que conforman una instalación de bombeo de agua, además se tomó como referencia el sistema que se encontraba instalado pero fuera de funcionamiento se pudo observar y decidir sobre el estado de los equipos existentes y determinar de esta forma los elementos que aún tienen un buen funcionamiento, los que necesitan corrección y aquellos que requieren ser reemplazados para según el caso efectuar tareas de limpieza, lubricación y reparación.

##### 3.1.1. *Reparación y mantenimiento de equipos*

El sistema de bombeo realiza la función de suministrar agua potable al sector del caserío Santa Lucía la Libertad, lo que requiere que los componentes estén funcionando de forma estable y segura para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Al realizar la inspección se observó que las bombas hidráulicas, circuitos eléctricos, conexiones de tubería se encuentran en mal estado, entonces se planificó y programó realizar el desmontaje del sistema en desuso, así como también tareas de limpieza, lubricación en las bombas y motores eléctricos. También se estableció instalar un nuevo sistema de bombeo en paralelo al sistema principal e implementar un nuevo tablero de control para el circuito eléctrico considerando la reubicación de acometida del medidor de la red eléctrica, en la figura 13-3 se observa el sistema de bombeo antiguo que requiere de repotenciación y mantenimiento de sus elementos.



**Figura 1-3.** Sistema de bombeo.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

En la figura 14-3 se ilustra la falta de limpieza del sistema de bombeo, se evidencia la necesidad de reubicación de las bombas hidráulicas, tuberías y conexiones eléctricas.



**Figura 2-3.** Instalación de sistema obsoleto.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

Una vez realizado las inspecciones del sistema de bombeo de agua se realizó el desmontaje de todos los elementos que conforman dicho sistema para realizar un mantenimiento general de las bombas hidráulicas.

Posterior a esto, son desmontadas las bombas hidráulicas se desarma el conjunto motor –bomba para realizar la limpieza de sus componentes, en la figura 15-3 se observa partículas de lodo, óxido y moho acumuladas en las paredes de la bomba; debido al abandono y falta de mantenimiento al sistema.



**Figura 3-3.** Partículas adheridas a las paredes de bombas.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

Después de realizado la limpieza de todo el sistema de bombeo, se realizó la lubricación de elementos rodantes, cambio de sellos mecánicos, hermetizado de tapa de bombas para evitar fugas tal como se ilustra en la figura 16-3.



**Figura 4-3.** Hermetizado de tapa de bombas.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

A continuación de ser realizadas las diferentes tareas de mantenimiento en las bombas centrífugas se procedió a pintar las superficies externas del conjunto motor-bomba como se ilustra en la figura 17-3, para de esta forma evitar la corrosión prematura de los elementos del sistema de bombeo y darle una mejor presentación estética.



**Figura 5-3.** Reacondicionamiento de la superficie externa.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

Para continuar una vez realizado el proceso de pintado se vuelve a armar todo el conjunto de motor-bomba, en la figura 18-3 se visualiza el conjunto de bombas luego de realizar el respectivo mantenimiento y se espera tener un funcionamiento óptimo de las mismas.



**Figura 6-3.** Conjunto motor bomba.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### ***3.1.2. Instalación del sistema de bombeo de agua***

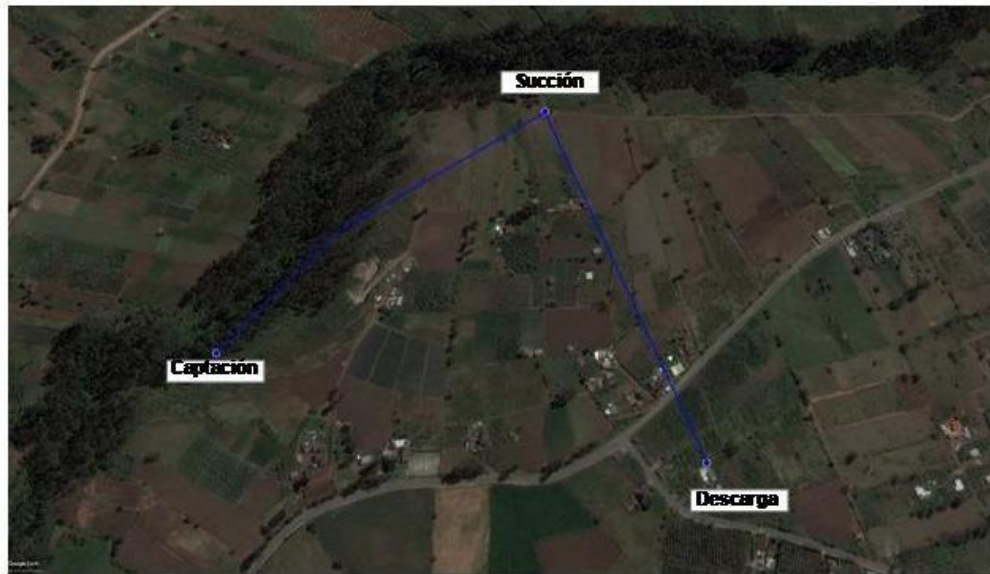
Con la instalación del sistema de bombeo se satisfizo las necesidades de los moradores del caserío Santa Lucía la Libertad quienes necesitan del abastecimiento de agua potable durante las 24 horas del día, de forma eficaz.

La instalación se basa en tener un sistema eficiente al momento de realizar el bombeo de agua hacia los tanques de reserva y potabilizar la misma para su distribución. El sistema se caracteriza por tener una succión negativa, es decir, se instala las bombas sobre el tanque de reserva que se abastece mediante la vertiente Catequilla para lo cual se considera la altura que se desea vencer al realizar el proceso de impulsión por medio de las bombas, el caudal de agua, presión con el que se va a trabajar, diámetro de la tubería, accesorios y tiempo de operación de las bombas.

Este sistema consiste en tener una primera línea de succión de una bomba de manera independiente y la segunda línea de succión es el montaje de tres bombas en serie, este conjunto de bombas está conectado en paralelo a la primera línea de succión, y su funcionamiento es de forma alterna para las dos líneas de succión por un determinado tiempo.

#### ***3.1.2.1. Sistema Hidráulico***

El sistema hidráulico o sistema de bombeo tiene como principal objetivo elevar o extraer agua desde un punto de succión bajo hacia un punto de descarga alto; el punto de succión bajo está conformado por un tanque de almacenamiento, este se abastece de agua desde el punto de captación y recorre una tubería de 2 pulgadas por efecto de gravedad en una distancia de 800 metros aproximadamente desde la vertiente Catequilla hasta el punto de succión donde se encuentra el tanque de almacenamiento como se observa en la figura 19-3 , y mediante impulsión del fluido por medio de bombas llega hasta el punto de descarga.

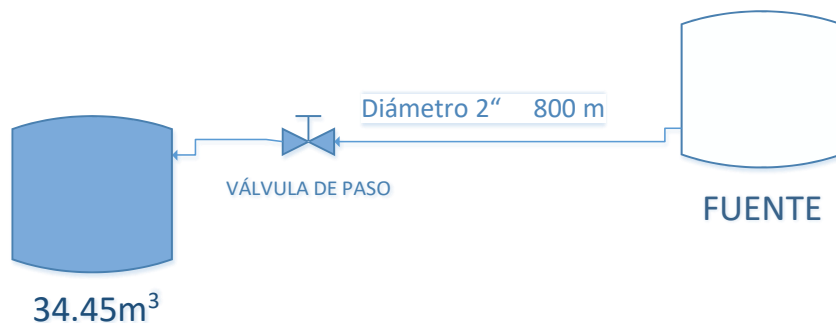


**Figura 7-3.** Puntos de captación succión y descarga.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

El tanque de succión tiene un volumen de  $34,45m^3$ , como se muestra en la figura 20-3, este tanque debe mantener un nivel de agua constante para lo cual el agua llega desde la vertiente Catequilla a gravedad por una tubería de 2" de diámetro una distancia de 800 metros aproximadamente, además se puede controlar la entrada de agua al tanque mediante una llave tipo mariposa que se encuentra ubicada cerca del tanque de succión para evitar inconvenientes al momento que las bombas estén en funcionamiento, el tanque de succión se encuentra construido bajo la superficie del suelo del cuarto de máquinas donde se encuentran la instalación de las bombas, motores eléctrico y paneles de control.

Al realizar la instalación del sistema de bombeo se basa de acuerdo con las características de las bombas de succión ya existentes, estas bombas fueron repotenciadas para que puedan cumplir con su vida útil.

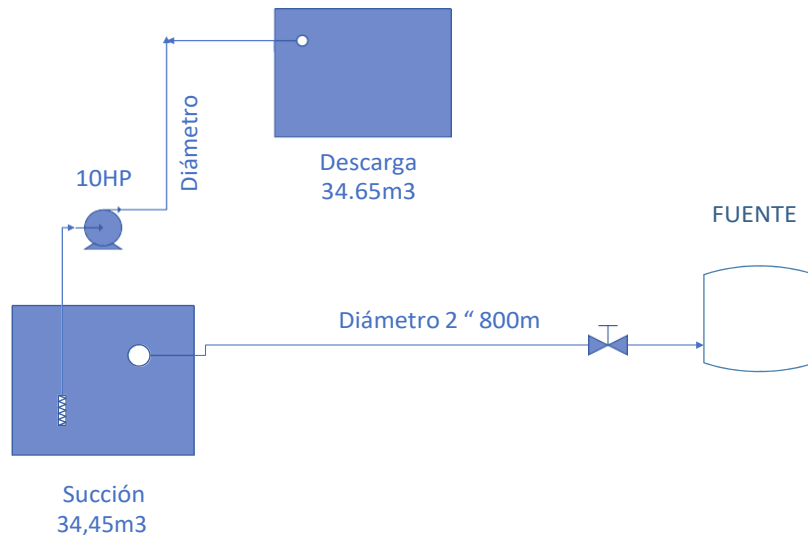


**Figura 8-3.** Esquema de captación y succión.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.



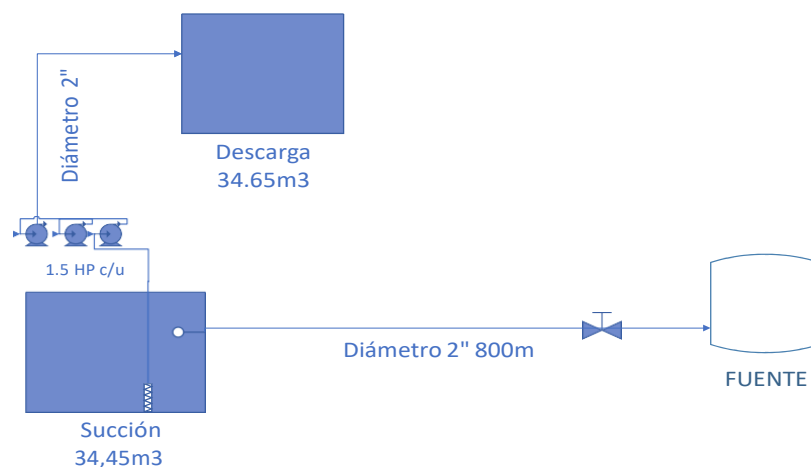
Las líneas de succión del sistema de bombeo están diseñadas para dos líneas en paralelo, la primera está conformada por una bomba centrífuga de 10hp de potencia, acoplada a una tubería plastigama de succión de diámetro de 2", en la base del tubo se encuentra una válvula de pie que evita el retorno del fluido, codos de 90°, válvula universal, válvula check, en la figura 21-3 se ilustra el diagrama para la primera línea de succión.



**Figura 9-3.** Diagrama de conexión de la primera línea de succión.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

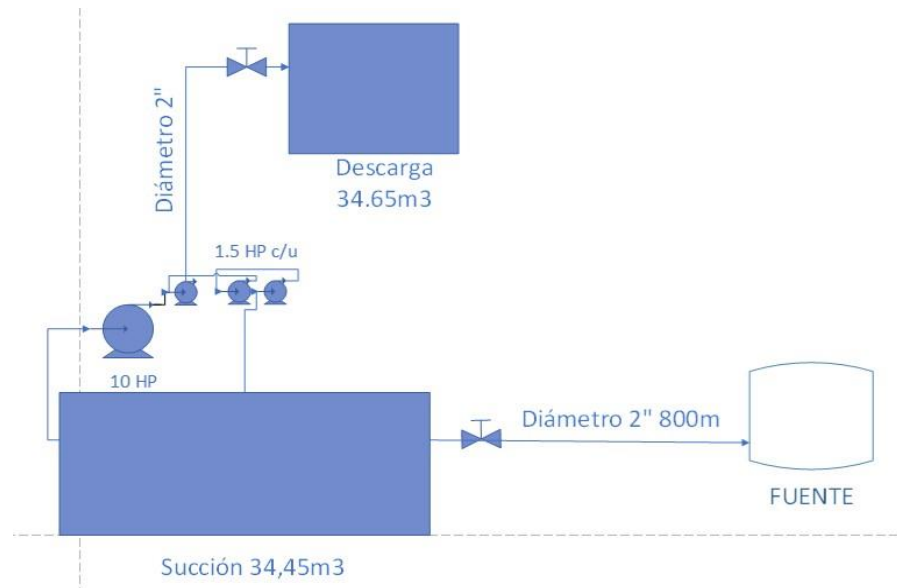
La segunda línea de succión se observa en la figura 22-3 y está diseñada para tres bombas montadas en serie de 1.5 hp, para llegar a la presión requerida de bombeo e impulsar el fluido, este sistema de succión está conformado por una válvula de pie, codos de 90°, válvula universal, válvula check, la tubería de succión es de 1" de diámetro y en la descarga va conectada a la tubería de 2 "de diámetro.



**Figura 10-3.** Diagrama de conexión para la segunda línea de succión.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

Los dos sistemas de succión se acoplan a una tubería que se dirige al tanque de descarga, ubicado a una distancia de 800 metros de tubería de acero galvanizado de 2 pulgadas y una pendiente con ángulo de 60°, el agua atraviesa una llave tipo mariposa se encuentra instalada antes del tanque de descarga para abastecerlo después de ser impulsado por el sistema de bombeo, el tanque tiene un volumen de 36.65 metros cúbicos, y almacena el fluido para poder distribuirlo al caserío Santa Lucía la Libertad como se visualiza en la figura 23-3, tiene también las válvulas que controlan la salida del fluido, que recorre la tubería por medio de gravedad hacia los consumidores.



**Figura 11-3.** Esquema de conexión del sistema de bombeo de agua.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

El funcionamiento general de las dos líneas de succión acopladas en paralelo es: la primera línea funciona diariamente por 6 horas en dos periodos, el primero de 3 horas por la madrugada y el segundo de 3 horas por la tarde, para conseguir el nivel de agua requerido en el tanque para un abastecimiento óptimo, mientras que la segunda línea de succión funciona de manera alternada durante 30 minutos en el día, para evitar asentamientos de los ejes, debido a que es una línea de succión emergente

La red principal es más eficiente puesto que logra el llenado del tanque en las 6 horas de trabajo diario, demostrando un menor consumo energético, en comparación la red secundaria alcanza el nivel deseado en un lapso de tiempo de 15 horas de trabajo, lo que hace que el rendimiento de la primera línea sea superior al de la segunda línea, como se demuestra en los siguientes cálculos.

Cálculos:

Potencia 10Hp = 7460W

$$Potencia\ Absorbida = \frac{P}{n}$$

$$Potencia\ Absorbida = \frac{7460W}{0.8}$$

$$Potencia\ Absorbida = 9325W$$

Corriente Admisible

$$I = \frac{P}{V \cos \phi \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{9325W}{(220V)(0.92)\sqrt{3}}$$

$$I = 26,59A * 1,25$$

$$I = 33,24A$$

Calibre de conductor #8, soporta 40A

- Bomba 10 Hp

$$Potencia\ 10Hp = 7460W$$

$$I = \frac{P}{V \cos \phi \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{7460W}{(220V)(0,92)\sqrt{3}}$$

$$I = 21,27A$$

Energía, tiempo de encendido 6Horas

$$E = P \cdot t$$

$$E = (7,46Kw)(6h)$$

$$E = 44,76 Kw - h$$

Consumo energético

$$CE = E * 30Dias * costoKw - h$$

$$CE = (44,76Kw - h)(30Dias)(0.07USD)$$

$$CE = 93,99 USD/mes$$

- Bomba 1,5 Hp

$$Potencia\ 1,5Hp = 1119W$$

$$I = \frac{P}{V \cos \phi \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{1119W}{(120V)(0,92)}$$

$$I = 10,13A$$

Energía, tiempo de encendido 15 horas

$$P = 1,119Kw * 3 = 3,35Kw$$

$$E = P \cdot t$$

$$E = (1,119Kw)(15h)$$

$$E = 50,21 Kw - h$$

Consumo energético

$$CE = E * 30Dias * costoKw - h$$

$$CE = (50,21Kw)(30Dias)(0.07USD)$$

$$CE = 105,52 USD/mes$$

### 3.1.2.2. Sistema eléctrico

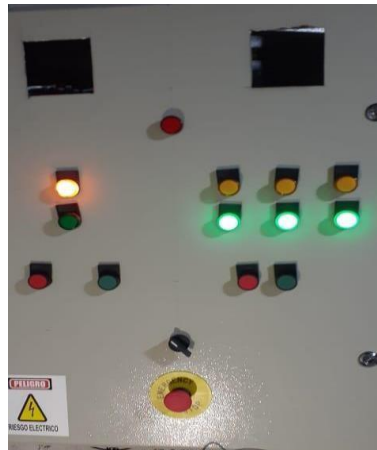
A continuación, se detalla el diseño del circuito eléctrico que permite el accionamiento del sistema hidráulico, para un sistema típico impulsado por bombas centrífugas.

El diseño eléctrico consiste en suministrar de energía a los motores eléctricos y por medio de un eje transmitir el movimiento hacia las bombas e impulsar el agua de un tanque cisterna, se debe conocer específicamente el funcionamiento del sistema de bombeo para realizar el diseño de funcionamiento de todo el sistema al momento de tener las conexiones eléctricas.

El diseño eléctrico debe contener elementos de control, accionamiento automático y manual, elementos de protección, temporizadores, relés térmicos, luces piloto, estos componentes conforman básicamente el circuito de control y potencia.

a) *Tablero de control*

El tablero de control se encarga de proteger los circuitos de conexión conformados por componentes de mando y control de diferente nivel de sistema eléctrico, puede ser desde circuitos eléctricos de conexiones domiciliarios hasta sistemas de conexiones industriales, en estos tableros se pueden concentrar elementos de conexión de maniobra y protección como se observa en la figura 24-3 y su parte interna en la figura 25-3.



**Figura 12-3.** Tablero de control.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.



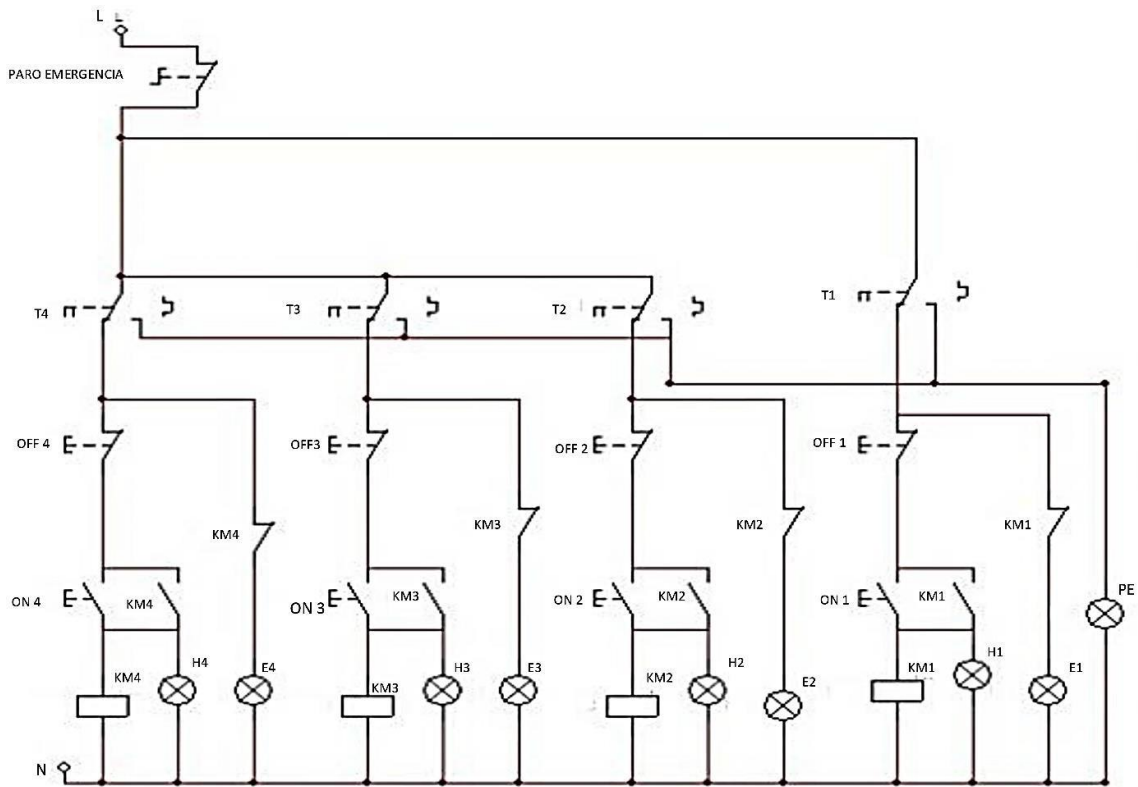
**Figura 13-3.** Conexión del tablero de control.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

b) *Control del sistema de bombeo*

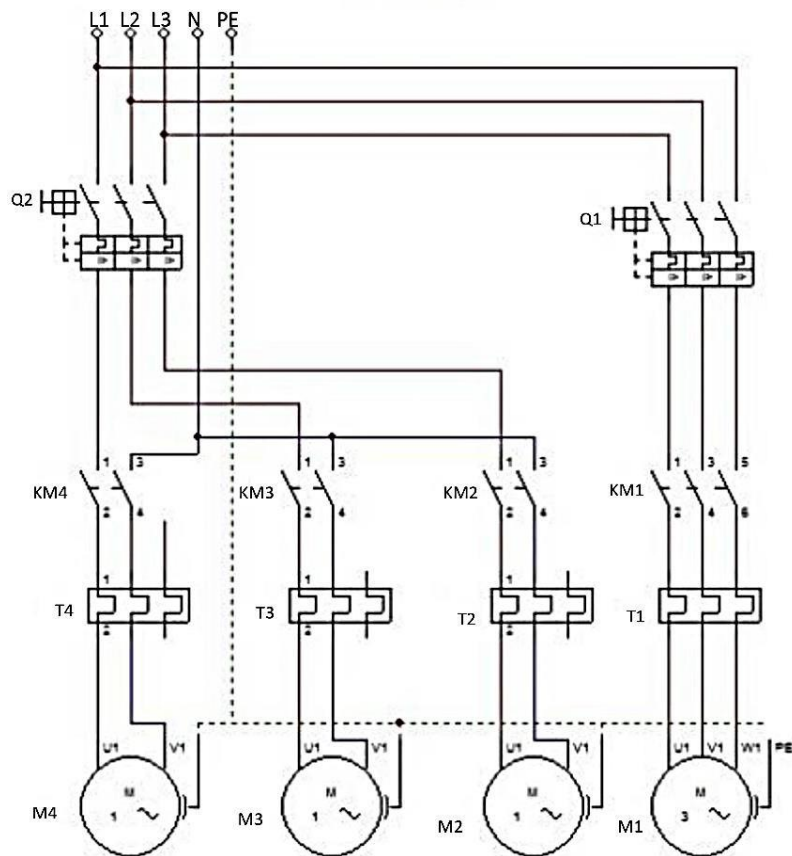
Para poder controlar el sistema de bombeo se instalará un sistema de accionamiento manual, diagrama mostrado en la figura 26-3.

El sistema manual estará instalado con los siguientes elementos: pulsadores de arranque, pulsadores de paro, para el circuito de fuerza se incluyen contactores trifásicos de acuerdo al tipo de bomba que se va controlar, luces de señalización, de color verde que indica que la bomba se encuentra en operación, de color rojo que indica que el sistema presenta una falla, y de color amarillo que nos indica que el tablero se encuentra energizado.



**Figura 14-3.** Esquema de control.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.



**Figura 15-3.** Esquema de control.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3. Selección de elementos

Los elementos deben cumplir con las expectativas del funcionamiento del sistema de bombeo, y deben ser acordes con las especificaciones adecuadas a las bombas existentes para mantener y lograr un funcionamiento óptimo del sistema de bombeo.

#### 3.1.3.1. Contactador

Es un elemento de accionamiento para controlar el encendido y apagado de las bombas, en este sistema de bombeo se seleccionó 4 contactores CHINT, el motor de 10hp tiene una intensidad nominal de 40 amperios por lo que se seleccionó un contactor NC1-5011 de 50 amperios de capacidad para dicha bomba, los motores de 1,5hp indican en su placa una intensidad nominal de 18 amperios por lo que se seleccionó tres contactores NXC-18 de 18 amperios colocada uno para cada bomba mismos que permiten el paso de la corriente de manera adecuada para cada una de las bombas a controlar, como se observa en la figura 28-3 y sus características en la tabla 1-3

**Tabla 1-3:** Características contactor NC1-5011.

MODELO	NC1-5011
Corriente	50A AC3 / 380V
Voltaje Bobina	220VAC / 60Hz
Tensión de Aislamiento Nominal	690 (Vac)
Numero de Polos	3
Contactos Auxiliares	1NA – 1NC
Ciclos de Trabajo	600 (operaciones/hora)

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

**Tabla 2-3:** Características contactor NXC-18.

MODELO	NXC-18
Corriente	18A AC3 / 220V
Voltaje Bobina	220VAC / 60Hz
Tensión de Aislamiento Nominal	690 (Vac)
Numero de Polos	3
Contactos Auxiliares	1NA – 1NC
Ciclos de Trabajo	1200 (operaciones/hora)

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2021.



**Figura 16-3.** Contactor 50A.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.2. Relé térmico

El relé térmico protege a las bombas de corrientes de sobrecorriente que provocan averías a estos elementos, para ello se seleccionó cuatro relés térmicos, estos van acoplados a los terminales de los contactores como se observa en la figura 29-3 para cada una de las bombas, el motor de 10hp tiene un pico de corriente 45 amperios en el arranque y a plena marcha de 37-39 amperios por



esto se seleccionó un relé térmico marca CHINT NXR-100 de 37-50 amperios de rango. Para la segunda línea se seleccionó tres relés térmicos variables marca CHINT NXR-25 de 13 – 18 A para cada una de las bombas. Sus características se observan en la tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Características Relé NXR-100.

MODELO	NXR-100
Regulación	37-50 Amperios
Formulario de contacto	NA
Fuente Energía	CA
Material	Aislamiento Ignifugo

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

**Tabla 4-3:** Características Relé NXR-25.

MODELO	NXR-25
Regulación	17-25 Amperios
Formulario de contacto	NA
Fuente Energía	CA
Material	Aislamiento Ignifugo

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2021.



**Figura 17-3.** Contactor de 27A.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.3. Pulsadores

Los pulsadores permiten abrir y cerrar circuitos de mando y control, para el presente proyecto se seleccionó 4 pulsadores, estos dispositivos funcionan a un voltaje de alimentación de 220V cada

uno y se visualiza en la figura 30-3. Estos pulsadores se utilizarán para el encendido y apagado de cada sistema de bombeo al estar funcionando de manera manual.



**Figura 18-3.** Pulsadores.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

#### 3.1.3.4. Disyuntor

Es un elemento capaz de interrumpir el circuito eléctrico al detectar fallas de aislamiento en el equipo o toda la instalación de forma automática, a su vez protege el tablero de corrientes de cortocircuito o diferencias de corrientes entrantes y salientes, en este caso nuestro tablero eléctrico trabaja a una corriente nominal de 51 amperios por lo que se seleccionó un disyuntor CHINT NXB-63 3P de 63 amperios para nuestro circuito potencia y dos disyuntores CHINT 1P de 6 amperios para la protección del Módulo Reprogramable Logo Siemens V8 y para el circuito de control, estos elementos se visualizan en la figura 31-3, sus características se observan en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Características Disyuntor NXB-63.

MODELO	NXB-63
Corriente Nominal	63 <sup>a</sup>
Capacidad de Corte	6000 <sup>a</sup>
Voltaje Clasificado	220/440V
Numero de Polos	3
Vida Eléctrica	4000 operaciones
Vida Mecánica	≥ 20000 operaciones

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

**Tabla 6-3:** Características Disyuntor eBC.

MODELO	eBC
Corriente Nominal	6A
Capacidad de Corte	3000 <sup>a</sup>
Voltaje Clasificado	220/440V
Numero de Polos	1
Vida Eléctrica	4000 operaciones
Vida Mecánica	≥ 10000 operaciones

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2021.



**Figura 19-3.** Disyuntores de protección.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.5. Sensor de nivel

Se utilizó un sensor marca LOVATO que tiene la función de un interruptor, el cual se accionara y cerrará el circuito cuando tenga un nivel alto de agua, mientras tanto cuando el nivel baje se abrirá el circuito interrumpiendo el paso de corriente y apagando el sistema. Esto evitará que las bombas trabajen en vacío el sensor se ilustra en la figura 32-3. El sensor tiene un ángulo de activación de 45° y un contra peso de 130 gr. El sensor fue instalado en el tanque de succión a una altura de 30 cm con respecto de la superficie del tanque.



**Figura 20-3.** Sensor de nivel.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.6. Módulo Programable Logo Siemens V8

Se optó por la utilización del Módulo Programable Logo Siemens V8 230RCE Fig. 33.3 por las facilidades que da en el momento de su conexión y programación al ser compatible con la mayoría de dispositivos y la gama de programas para realizar el lenguaje de programación tanto en Bloques (FBD) como Ladder (LAD).

El Módulo Programable Logo Siemens V8 230RCE cuenta con 8 entradas digitales que se utilizó para la conexión del sensor de nivel, los pulsadores, etc. Y 4 salidas a relé que fueron conectadas a las 4 bobinas para el funcionamiento de las bombas, además de que tiene un valor económico en el mercado el módulo es adaptable a distintas condiciones de funcionamiento.

Características:

- Tensión de alimentación: 115-230VAC.
- Frecuencia de red admisible: 63Hz máx.
- Número de entradas digitales: 8.
- Número de salidas: 4 tipo relé
- Memoria: 400 bloques
- Salida de relé: con carga inductiva: 3A máx. /con carga resistiva: 10A máx.
- Puerto Ethernet.
- Servidor Web.
- Compatible con riel DIN de 35mm



**Figura 21-3.** Modulo Programable Logo Siemens V8.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.7. *Paro de emergencia*

Elemento que se acciona de forma manual en caso de emergencia, mantenimiento o una anomalía fuera del funcionamiento normal, en la siguiente figura 34-3 se observa este elemento.



**Figura 22-3.** Paro de emergencia.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.1.3.8. *Multímetro digital 200A*

Este dispositivo es un instrumento de medida que me permite visualizar distintas magnitudes eléctricas, se seleccionó el amperímetro digital Camsco KM96-3M como se observa en la figura 35-3, en este elemento se observará la intensidad de corriente, voltaje de alimentación y frecuencia de funcionamiento. Estos valores son importantes ya que al observar una variación de los parámetros de funcionamiento habituales de los equipos nos indica un posible mal funcionamiento de los mismos lo que nos permitirá tomar una rápida acción en la detección del problema.



**Figura 23-3.** Pantalla multímetro digital.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### **3.2. Instalación, Programación y Automatización del Sistema de Bombeo**

Para el montaje e instalación del sistema de bombeo y el sistema eléctrico, se ha considerado realizar un esquema de montaje que facilite la instalación y la mantenibilidad de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos e hidráulicos; en cada procedimiento de instalación se utiliza las herramientas y equipos necesarios para realizar un montaje adecuado.

La automatización del sistema de bombeo se realiza con la ayuda de un Módulo Programable Logo Siemens V8, elemento electrónico que mediante una programación lógica va a conseguir darle la funcionalidad a todo el sistema eléctrico y al sistema de bombeo.

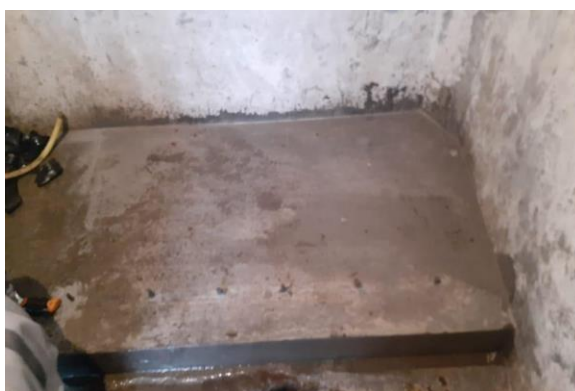
#### **3.2.1. Instalación del sistema mecánico, eléctrico**

Es importante seguir un esquema de montaje en cada área para este tipo de instalaciones, obteniendo de esta forma utilizar las herramientas acordes para cada tipo de trabajo, apoyado de personal con conocimiento para el área que corresponda.

##### **3.2.1.1. Instalación del sistema mecánico**

###### **a) Montaje de bombas hidráulicas**

Para la instalación del sistema de bombeo en conjunto se realizó la construcción de una plataforma de hormigón con pernos de anclaje como se observa en la figura 36-4, esta estructura permite acoplar las bombas 1.5 hp conectadas en serie y la bomba de 10 hp, elementos fijados por medio de tuercas, luego de realizar la respectiva alineación de los anclajes y fijación de los motores para evitar vibraciones que pueden causar inconvenientes a largo plazo.



**Figura 24-3.** Plataforma para anclaje de bombas.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

La plataforma está diseñada en forma rectangular de dimensiones 2.68 metros de largo, 0.68 metros de ancho y 0.11 metros de espesor, en la cual se encuentran acoplados 10 pernos de anclaje para las bombas con una longitud de 0.10 metros de longitud, 0.07 metros de profundidad y una saliente de 0.03 metros que sirven como puntos de anclaje de cada una de las bombas hidráulicas.

#### b) Montaje de tuberías para circulación de flujo

Para la primera línea de succión se acopla una tubería de diámetro de 2'' que contiene accesorios; se conecta el accesorio denominado T, elemento que se acopla a las dos líneas de succión para acoplarse a la tubería que se encuentra instalada a una longitud de 800 metros sobre el tanque de succión como se muestra en la figura 37-4.



**Figura 25-3.** Conexión de tuberías.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

En la segunda línea de succión de igual forma se acoplan tuberías de 1'' de diámetro en la brida de succión de la bomba en este caso las tres bombas están conectadas a las bombas en serie, conjunto que permite elevar la presión para llegar a la altura que se encuentra el tanque de descarga.

Para cada una de las bombas de la segunda línea de succión se acoplo un manómetro como se observa en la figura 38-4, este instrumento muestra el nivel de presión de cada una de ellas y permite verificar si entrega la presión total requerida por el sistema de bombeo.



**Figura 26-3.** Conexión de manómetros.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.



### 3.2.1.2. Instalación del sistema eléctrico y electrónico

Una vez realizada la instalación de las bombas hidráulicas y tuberías, se realiza también las instalaciones eléctricas, la automatización y programación se lo realiza en el Módulo Programable Logo Siemens V8.

Para realizar las instalaciones eléctricas del circuito de control se utilizó un cable de tipo 8 AWG, para conectar los elementos de accionamiento, este número de cables resiste la capacidad de carga de los motores eléctricos que es de 40 Amperios, los cables deben ser dirigidos hacia los elementos de control de forma uniforme por canaletas que protegen a los cables, evitando que se desgasten sus aislamientos y estos puedan ocasionar cortocircuitos o fugas de corriente debido al contacto con otras superficies, como se observa en la figura 39-4. En el circuito de potencia se utilizó cable 10 AWG el cual tiene una capacidad de hasta 50 Amperios.



**Figura 27-3.** Cableado del sistema eléctrico.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

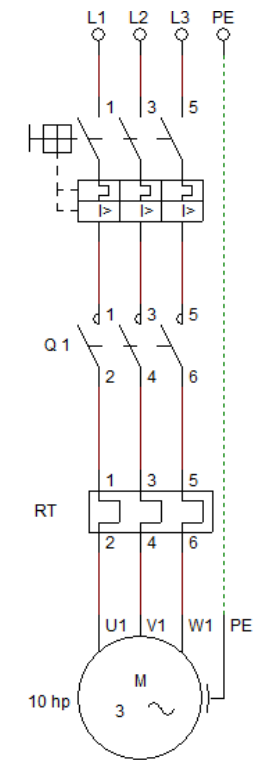
En el tablero de control los cables están conectados de forma organizada para facilitar la identificación de la unión de los terminales de todos los dispositivos de control, de igual forma los cables se dirigen por las canaletas acopladas al tablero de control.

Todas las líneas del circuito eléctrico deben seguir los diagramas que explican sus conexiones como se muestra en la figura 26-3, de igual forma de la conexión del tablero deben estar dirigidos los cables por las canaletas hacia el punto donde se encuentre instalado el medidor y el disyuntor de protección de todo el circuito eléctrico en general.



### a) Esquemas de potencia para motor trifásico

Para el arranque del motor trifásico de 10HP de forma general debe ser conectado mediante tres líneas de alimentación desde el disyuntor del tablero y tomando en cuenta las respectivas protecciones para un arranque directo como son: el contactor y el relé térmico como se muestra en la figura 40-4.

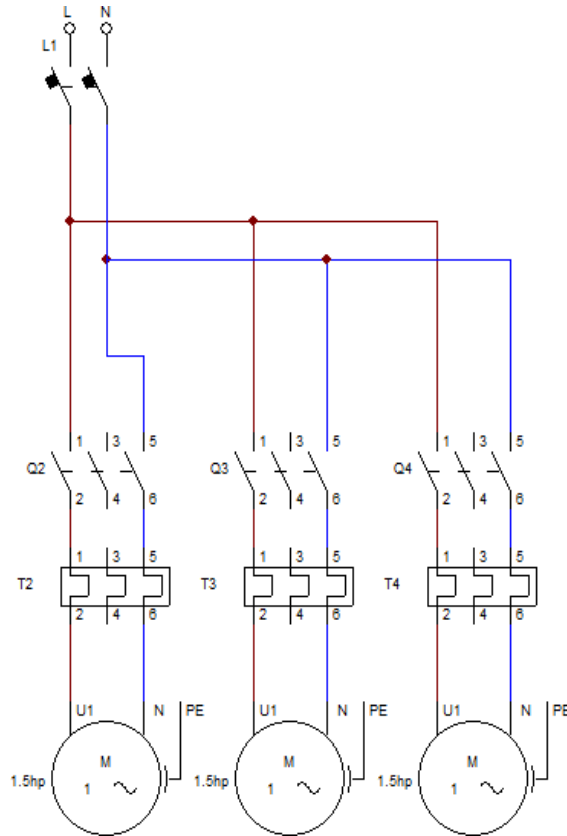


**Figura 28-3.** Circuito de potencia motor 10HP.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### b) Esquema de potencia para motores monofásicos

Para el arranque de tres motores eléctricos se realiza un esquema general, que conecta a los motores en paralelo, en la figura 41-4 se observa una conexión monofásica para este tipo de motores, cada motor está conectado a un contactor y un relé térmico de forma individual que proporciona el accionamiento y protección de los mismos.



**Figura 29-3.** Circuito de potencia motor 1,5HP.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.2.2. Programación y automatización

El proceso de programación se realizó con la ayuda del software LOGGO SOFT permite idealizar y ordenar las acciones necesarias para este tipo de proyectos, para esto se deben tener las máquinas o elementos montados e instalados para que empiecen a funcionar en el momento y forma deseada, mientras la automatización consigue el funcionamiento y control automático del sistema de acuerdo con una programación de compuertas lógicas, temporizadores, etc.

#### 3.2.2.1. Programación

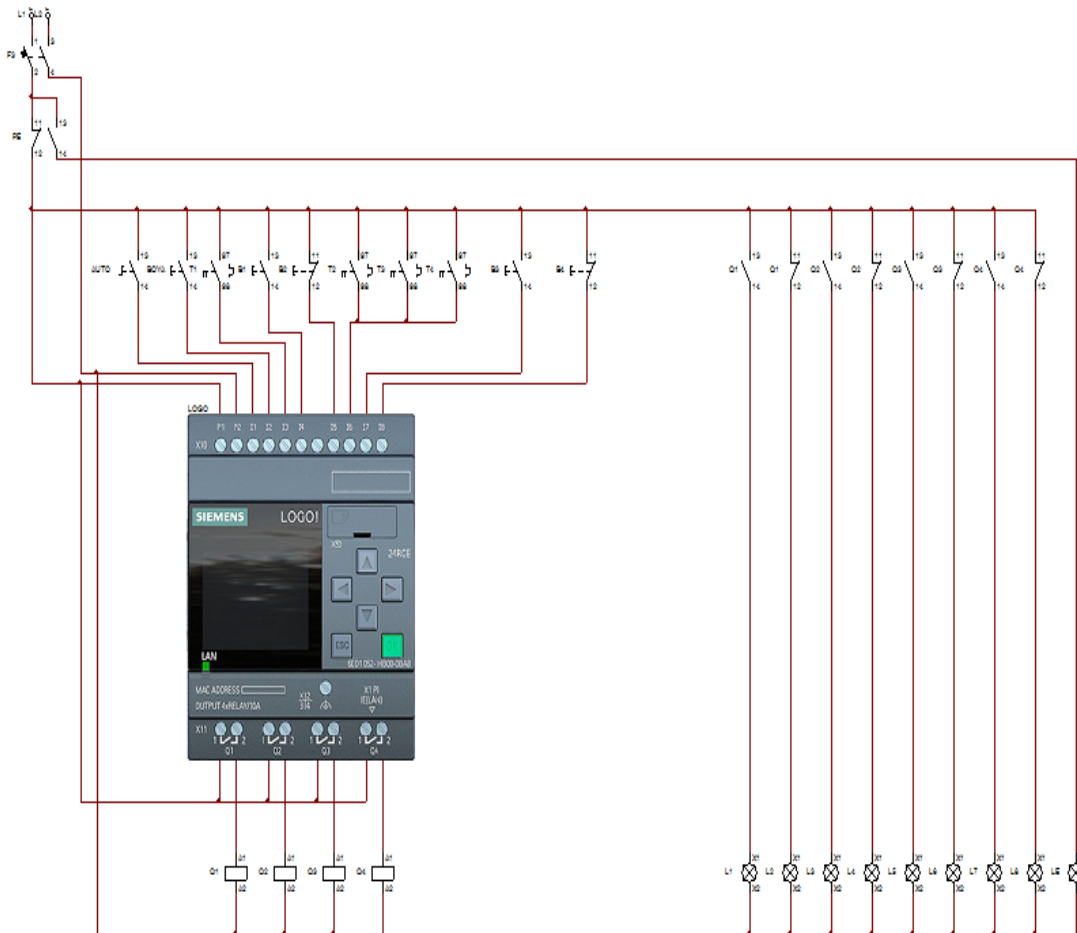
Para la simulación se utilizó el software CADESIMU, este software simula circuitos eléctricos, electrónicos o programaciones de elementos de automatización, su uso se basa en insertar simbología de forma organizada de acuerdo con las librerías propias de programa para trazar esquemas eléctricos, electrónicos, etc., para conseguir simular de manera rápida y comprobar su funcionamiento.

## Diseño de diagrama de conexión logo Siemens V8

En el diseño de la conexión del Módulo Programable Logo Siemens V8 se debe identificar las partes principales que son entradas de alimentación, borneras de entradas y salidas, pantalla y teclas de programación.

En la figura 42-4 se ilustra la conexión de forma general del logo siemens V8 identificando que en las entradas de alimentación se encuentra conectado a una fuente, los pulsadores u otro dispositivo de accionamiento se conectan en las entradas del logo siemens V8 en este caso son 8 entradas, mientras que en las salidas se conecta la carga de potencia en este caso los motores eléctricos.

En la tabla 1-5 se observa la conexión de entradas y salidas que se encuentran conectadas en el Módulo Programable Logo Siemens V8.



**Figura 30-3.** Conexión eléctrica LOGO.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

**Tabla 7-3:** Entradas y salidas de logo siemens V8.

Bornes de entrada	Nombre	Bornes de salida	Nombre
I1	AUTOMÁTICO	Q1	BOMBA 1
I2	SENSOR DE NIVEL	Q2	BOMBA 2
I3	RELE TERMICO 1	Q3	BOMBA 3
I4	ON 1	Q4	BOMBA 4
I5	OFF 1		
I6	RELÉ TÉRMICO 2		
I7	ON 2		
I8	OFF 2		

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

### 3.2.2.2. Automatización

Para la automatización se realiza la programación por medio de las teclas y opciones que muestra el menú de control en la pantalla LCD que se encuentran en la parte frontal del logo, la visualización de estados de entradas y salidas y otros parámetros se van programando para darle el funcionamiento correcto al sistema, así como también se puede realizar con la conexión del Módulo Programable Logo Siemens mediante el software LOGO Soft Comfort.

### Modos de funcionamiento de logo

La programación del Módulo Programable Logo Siemens V8 se realiza mediante un lenguaje de programación de puertas lógicas, estas son conocidas como funciones básicas las cuales son; And, Or, Nand, Not, etc., y funciones especiales que sirven para programar temporizadores, relés, generadores de pulsos, contador de horas de servicio, etc.

Para realizar la programación se tiene en cuenta el tipo de puertas lógicas que se va a programar, para ello existen tres modos de funcionamiento que nos facilita elaborar el programa de manera creativa y de acuerdo con el requerimiento del proceso.

- Modo Programación: Para elaborar el programa
- Modo RUN: Para poner al logo en marcha
- Modo Parametrización: para modificar los parámetros de algunas de las funciones de tiempo cómputo y relojes.

### Esquema automático del sistema de bombeo

Para realizar la programación y automatizar el proceso se utilizó el software LOGO Soft Comfort que permite una programación de forma gráfica, posibilita imprimir y visualizar los esquemas

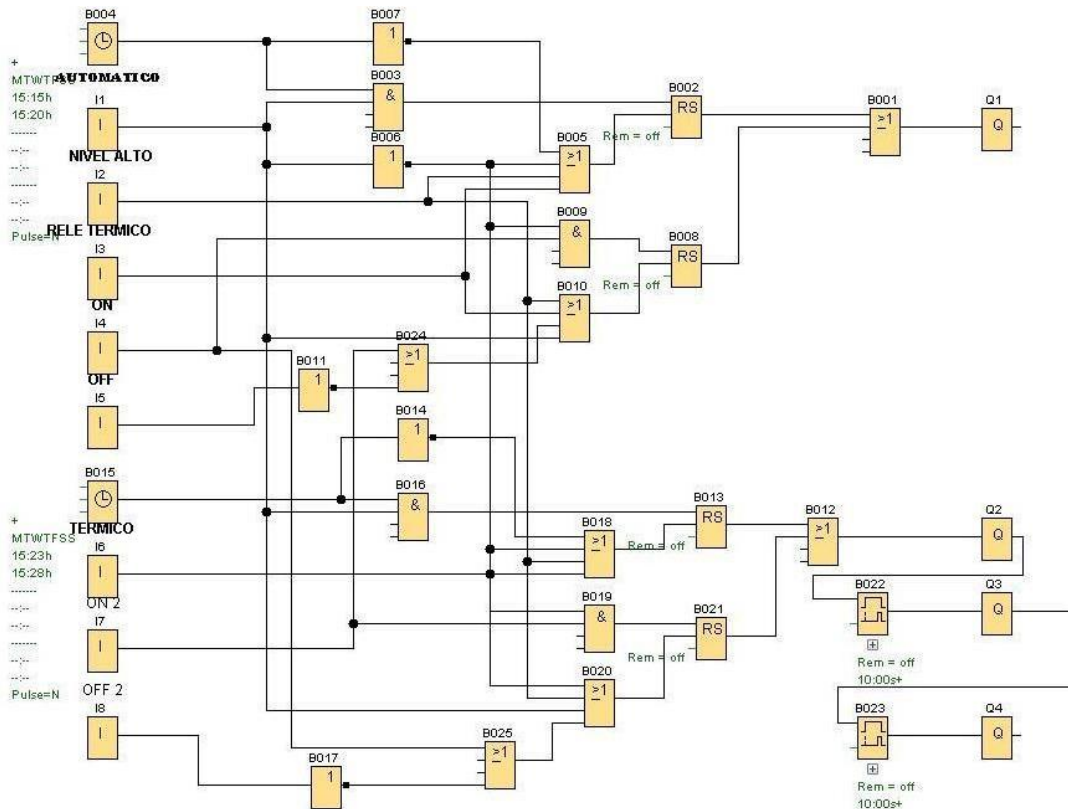
programados, permite también la simulación de esquemas para comprobar el funcionamiento del circuito sin estar conectado al logo.

En la figura 42-4 se representa el esquema general de funcionamiento del sistema de bombeo, es un diagrama lógico o también conocido como diagrama de bloques, este diagrama permite el accionamiento mediante la combinación de funciones básicas y funciones especiales, en este circuito se utilizó todo tipo de funciones para desarrollar un programa que cumpla con los requerimientos deseados.

En el circuito ilustrado en la figura 43-4 se observa el accionamiento automático para el conjunto motor-bomba de 10Hp denominado Q1 por medio de la función especial reloj que controla la activación y desactivación de la salida durante todos los días de trabajo en un tiempo de 6 horas, con la ayuda de las funciones AND y OR y la conexión de un relé de automantenimiento biestable (R-S) se programa la función de paro - marcha típica de los automatismos para contactores.

Cuando recibe la señal de sensor de nivel se activa el relé térmico que protege al elemento de carga, y los elementos de accionamiento manual que son ON y OFF que se conectan de forma lógica hasta obtener la salida de Q1.

De la misma forma para el accionamiento automático para la segunda línea del conjunto motor-bomba conectadas en serie se les denominó Q2, Q3 y Q4 respectivamente, se programó la función especial reloj para controlar el instante de accionamiento que en este proyecto se acciona por 30 minutos en días específicos, así mismo se colocaron las funciones básicas AND y OR y la función especial relé de automantenimiento biestable (R-S) para automatizar Q2, Q3, Q4. También tienen elementos para accionamiento de nivel y accionamiento manual; Q2, Q3, Q4 se accionan de manera secuencial es decir que al entrar en funcionamiento Q2 deben pasar 10 segundos para que entre en funcionamiento Q3, después que se activó Q3, entra en funcionamiento Q4 después que se ha transcurrido 10 segundos, como se muestra en la tabla 1-5.



**Figura 31-3.** Conexión eléctrica LOGO.

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

### 3.2.3. Pruebas de funcionamiento

Una vez realizado el mantenimiento y reacondicionamiento de las bombas se realizan inspecciones para verificar y comprobar el montaje e instalado de los elementos mecánicos, hidráulico y eléctricos. Las pruebas de funcionamiento en el sistema de bombeo se realizaron para dos líneas de succión conectadas en paralelo, una línea de 10HP de potencia y otra conexión en serie de tres bombas de 1.5HP para comprobar el abastecimiento de agua potable al tanque de descarga del caserío Santa Lucía la Libertad.

#### 3.2.3.1. Pruebas mecánicas

Una vez que se haya realizado las inspecciones para verificar y comprobar el montaje e instalaciones de todo el sistema se procede a realizar el mantenimiento de las bombas y repotenciado sus parámetros de funcionamiento como son cambio de rodamientos, sellos mecánicos, lubricación, y pintado de las superficies, se llevó a cabo las pruebas de las bombas

conectadas en serie, para lo cual se utilizó un acople de la válvula de pie de 1'' y codo de 90° de 1 pulgada.

Estas pruebas se las realizaron a cada una de las bombas de 1.5HP, lo que permitió observar que cada bomba en funcionamiento ejerce una presión de 35 PSI estable, presión ideal para impulsar el agua a una altura de 60 metros. Se observó que funcionan de manera óptima al voltaje establecido de 110V monofásico y una intensidad de corriente de 17A para el motor eléctrico.

La siguiente prueba en realizar fue el montaje de las bombas acopladas en serie para comprobar que este sistema suministra una presión total que permita impulsar el agua hasta el tanque de descarga, al realizar las pruebas de funcionamiento en esta práctica se observó que la primera bomba ubicada después de la válvula de pie ejerce una presión de 35PSI mientras que para la segunda bomba se incrementa la presión a 70 PSI y para la tercera bomba conectada en serie se obtiene una presión total de 110PSI.

Para la bomba de 10HP se realizó el mismo procedimiento, comprobando por medio del manómetro que suministra una presión de trabajo de 150PSI impulsando el agua con mayor facilidad hacia el tanque de descarga.

#### *3.2.3.2. Pruebas eléctricas*

El tablero de control está conformado por disyuntores principales, botoneras de arranque y paro, un pulsador de paro de emergencia, un selector para el mando manual y automático.

Una vez acoplado estos elementos y realizadas las respectivas conexiones eléctricas se realizaron las pruebas de funcionamiento, para las dos líneas de succión, verificando que las bombas funcionan de manera óptima al voltaje establecido de 220V trifásico ya una intensidad de corriente de 45A para el motor eléctrico y la bomba.

Se ejecutaron las pruebas de modo manual la cual al presionar el pulsador de accionamiento (Verde) del tablero se enciende la bomba de 10hp y presionar el pulsador de paro (rojo) se apaga la bomba, de la misma manera para probar el funcionamiento del relé térmico se presiona el botón STOP de color rojo que emite la señal que acciona al relé térmico y se apaga la bomba, luego de ejecutar esta prueba se resetea el relé térmico.

Para la segunda línea de succión se efectuó un procedimiento similar para el accionamiento, con la diferencia que al presionar el pulsador de accionamiento las bombas entran en funcionamiento en forma secuencial es decir luego de accionarse la primera bomba las siguientes se accionaran con 10 segundos de retardo con respecto a la que ya está en funcionamiento. También se realizó la prueba de funcionamiento al relé térmico simulando una señal que accione y apaga las bombas, a su vez se probó el funcionamiento del pulsador de paro de emergencia que desactiva todo el sistema.

La prueba de funcionamiento del Módulo Programable Logo Siemens V8 fue mediante la comprobación con la instalación y programación de este para el encendido y apagado de las bombas en lapsos de tiempos cortos, verificando que el sistema quede totalmente automatizado con las respectivas medidas de seguridad del Módulo Programable Logo Siemens V8.

La bomba de 10HP se configuró para que se encienda a las 15:00 horas y se apague 5 min después de estar en funcionamiento, esta configuración se realiza para 3 tiempos diferentes, de la misma manera se verificó de funcionamiento del relé térmico ejerciendo una señal para que apague todo el sistema.

#### **3.2.4. Resultados**

Después de ejecutar las pruebas de funcionamiento en los diferentes ámbitos prácticos, se procede a programar al Módulo Programable Logo Siemens V8 para automatizar de manera general permitiendo el funcionamiento del sistema en horas específicas para que el tanque de descarga tenga una caudal constante de agua para la distribución al caserío Santa Lucía la Libertad.

La primera línea de succión que tiene una bomba de 10HP está programado para que funcione dos veces al día en el horario de 2:00 a 5:00 horas, y 14:00 a 17:00, teniendo como un lapso de tiempo de tres horas de llenado del tanque de descarga, esta entrega un caudal de 50 galones por minuto.

La segunda línea de succión está programada para un funcionamiento de dos veces por semana durante 30 minutos, esta línea de succión tiene un tiempo de cuatro horas de llenado del tanque de descarga, se utiliza en caso de realizar mantenimiento o cuando la primera línea de succión presente fallas o averías, también se lo puede accionar de forma manual de acuerdo con los requerimientos deseados.

También se comprobó que todo el sistema de bombeo funciona de manera adecuada satisfaciendo las necesidades para las que fue diseñado, consta de un caudal constante para la distribución desde el tanque de descarga hacia los moradores del Caserío Santa Lucía la Libertad, este sistema potabiliza el agua y se distribuya para alrededor de 280 familias.

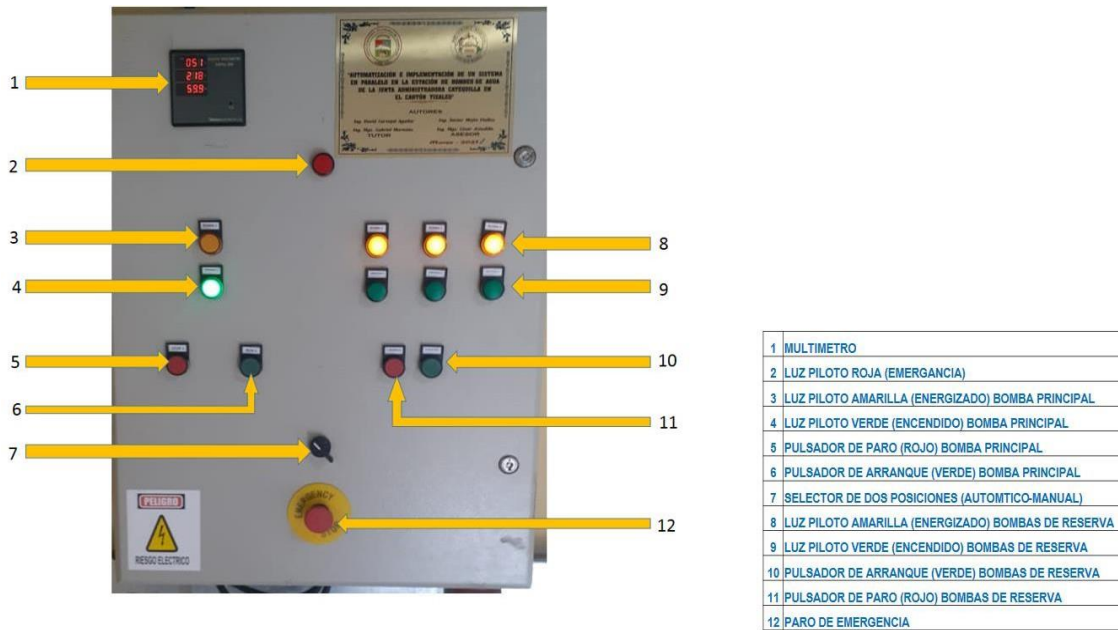


### 3.3. Manual de Funcionamiento y Plan de Mantenimiento

#### 3.3.1. Manual de Funcionamiento

##### 3.3.1.1. Elementos de Accionamiento

Para seguir los pasos del manual de funcionamiento se deben identificar el nombre de todos los elementos de accionamiento del tablero de control el cual se representa en la figura 44-5.



**Figura 32-3.** Identificación de elementos de control.

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2020.

##### 3.3.1.2. Procedimiento de forma manual

Guía para el encendido rápido del sistema de Bombeo, estos pasos se deben seguir para garantizar un correcto funcionamiento de las bombas de succión.

- Revisar que el tanque de succión tenga agua
- Cebiar las bombas
- Abrir la válvula tipo mariposa
- Revisar que se encuentre conectado las bombas a los tomacorrientes correspondientes
- Energizar el tablero eléctrico
- Verificar el funcionamiento de multímetro
- Verificar que se enciendan luces piloto de color amarillo

- h. Colocar selector de dos posiciones al lado izquierdo (manual)
- i. Pulsar botón verde de Sistema que se desee encender (principal o de reserva)
- j. Verificar el funcionamiento del sistema que se encendió
- k. Pulsar botón rojo para apagar el sistema

### 3.3.2. Plan de Mantenimiento

Para la realización del plan de mantenimiento preventivo se realizó el inventario y codificación de los activos a mantener de la estación de bombeo para lo cual se utilizó códigos alfanuméricos.

## EB    ETE    01

El primer dígito alfabético nos indica la localización en la planta, para nuestro caso EB de la estación de bombeo de agua potable Catequilla, el segundo dígito alfabético nos señala a qué sistema pertenece, en este caso particular hay tres sistemas ETE para denominar el tablero eléctrico, MTT al conjunto motor bomba, y para la realización de las actividades de mantenimiento en la obra civil también fue tomada como consideración en los sistemas con código TMC, el último dígito numérico está destinado a los equipos que forman los sistemas y nos brinda la información de la localización exacta de estos además que a estos son en los que se realizarán las actividades de mantenimiento.

Luego de identificar los equipos del sistema de bombeo y su respectiva codificación se desarrolla un plan de tareas de mantenimiento preventivo, que se designan a cada uno de los elementos para optimizar un correcto funcionamiento y evitar inconvenientes como se observa en la tabla 1-6.

**Tabla 8-3: Código de equipo y Actividades.**

CÓDIGO	SISTEMA	TAREA	FRECUENCIA
EB-EET-01	TABLERO ELECTRICO	Limpieza y absorción de polvo	ANUAL
		Revisión estado de conductores	SEMESTRAL
		Revisión estado de logo v8 y multímetro	SEMESTRAL
		Reajuste de borneras	SEMESTRAL
		Revisión que los elementos se encuentren bien anclados	SEMESTRAL
EB-MMT-01	BOMBA 1	Cambio de rodamientos de motor eléctrico	ANUAL
		Comprobación de aislamiento	SEMESTRAL
		Reajustes terminales de conexión	SEMESTRAL
		Limpieza en general de toda la bomba	SEMESTRAL
		Cambio matrimonio	SEMESTRAL
		Lubricación de puntos de engrase	MENSUAL
		Cambio empaquetadura	SEMESTRAL
		Ajuste pernos de anclaje	BIMENSUAL

		Revisión estado impeller	ANUAL
EB-MMT-02	BOMBA 2	Cambio de rodamientos de motor eléctrico	ANUAL
		Comprobación de aislamiento	SEMESTRAL
		Reajustes terminales de conexión	SEMESTRAL
		Limpieza en general de toda la bomba	SEMESTRAL
		Cambio sello mecánico	ANUAL
		Ajuste pernos de anclaje	BIMENSUAL
		Revisión estado del impeler	ANUAL
		Revisar estado de condensadores	ANUAL
EB-MMT-03	BOMBA 3	Cambio de rodamientos de motor eléctrico	ANUAL
		Comprobación de aislamiento	SEMESTRAL
		Reajustes terminales de conexión	SEMESTRAL
		Limpieza en general de toda la bomba	SEMESTRAL
		Cambio sello mecánico	ANUAL
		Ajuste pernos de anclaje	BIMENSUAL
		Revisión estado del impeler	ANUAL
		Revisar estado de condensadores	ANUAL
EB-MMT-04	BOMBA 4	Cambio de rodamientos de motor eléctrico	ANUAL
		Comprobación de aislamiento	SEMESTRAL
		Reajustes terminales de conexión	SEMESTRAL
		Limpieza en general de toda la bomba	SEMESTRAL
		Cambio sello mecánico	ANUAL
		Ajuste pernos de anclaje	BIMENSUAL
		Revisión estado del impeler	ANUAL
		Revisar estado de condensadores	ANUAL
EB-CTA-01	OBRA CIVIL	Revisión de estado de tuberías de succión y descarga	SEMESTRAL
		Cambio válvulas de pie	ANUAL
		Revisión funcionamiento sensor de nivel	SEMESTRAL
		Limpieza tanque succión y descarga	SEMESTRAL
		Revisión estado de paredes	SEMESTRAL
		Revisar el correcto funcionamiento de válvulas	ANUAL
		Revisión estado techo	SEMESTRAL
		Revisar instalaciones eléctricas	ANUAL

Realizado por: Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

## CAPÍTULO IV

### 4. GESTIÓN DEL PROYECTO

#### 4.1. Cronograma de actividades

La Tabla 1-4 muestra las actividades realizadas cronológicamente durante el desarrollo del presente proyecto de titulación.

**Tabla 1-4:** Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	FECHA INICIO	DURACION	UNIDAD
Elaborar el anteproyecto de trabajo de titulación	20/05/2020	30	Días
Elaborar el marco teórico	10/07/2020	45	Días
Análisis de la implementación de un sistema de bombeo en paralelo	13/01/2021	7	Días
Cotizar equipos y materiales necesarios para el proyecto	20/01/2021	10	Días
Adquirir equipos y materiales	01/02/2021	4	Días
Desmontaje de sistema de bombeo obsoleto	10/02/2021	4	Días
Mantenimiento de bombas centrifugas	07/03/2021	10	Días
Prueba de funcionamiento de bombas centrifugas	28/03/2021	4	Días
Instalación de sistema en paralelo	02/04/2021	4	Días
Pruebas de funcionamiento de los dos sistemas de bombeo	12/04/2021	10	Días
Instalación de tablero de control eléctrico	15/04/2021	4	Días
Capacitación a los operarios de la junta administradora de agua	20/04/2021	2	Días
Realización de pruebas con el sistema de bombeo automatizado	08/05/2021	2	Días
Cierre del proyecto	09/05/2021	1	Días

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

## 4.2. Presupuesto

En la Tabla 2-4 se resumen los costos que implican el montaje del sistema de bombeo en paralelo.

**Tabla 2-4:** Costos totales de la implementación del proyecto.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>	<b>Cantidad</b>
1	Rodamientos, sellos mecánicos, empaques, pintura	\$ 200,00	\$ 200,00	1
1	Cerámica, cemento, arena, pintura	\$ 200,00	\$ 200,00	1
1	Dispositivos de control	\$ 800,00	\$ 800,00	1
1	Accesorios hidráulicos	\$ 300,00	\$ 300,00	1
2	Empastados	\$ 50,00	\$ 100,00	2
1	Transporte	\$ 75,00	\$ 75,00	1
1	Internet	\$ 75,00	\$ 75,00	1
1	Copias	\$ 50,00	\$ 50,00	1
1	Varios	\$ 250,00	\$ 250,00	1
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$ 2.050,00</b>

**Realizado por:** Carvajal, M; Mejía, C. 2021.

## CONCLUSIONES

- El sistema de bombeo fue instalado y puesto en funcionamiento con éxito tanto en el ámbito mecánico, hidráulico, eléctrico, electrónico. Cumpliendo con lo requerido para suministrar de agua potable a la comunidad del caserío Santa Lucía la Libertad.
- El análisis y evaluación de las necesidades del caserío permitieron establecer un punto de referencia para obtener condiciones de trabajo del sistema de bombeo, con lo cual se estableció construir un sistema de bombeo que funcione y trabaje tanto de forma manual como automático; el sistema de bombeo se mantiene en constante funcionamiento todos los días en horarios preestablecidos para de esta forma abastecer de manera constante de agua potable a una presión adecuada.
- El diseño del sistema de control y potencia del sistema de bombeo fue construido de acuerdo a las condiciones de funcionamiento que debe mantener el sistema, para ello se seleccionó adecuadamente tanto los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para poder realizar una conexión viable, accesible y fiable.
- El sistema de bombeo fue diseñado con dos líneas de succión, la primera línea será la encargada de trabajar diariamente a los horarios preestablecidos, en cambio la segunda línea de succión será puesta en funcionamiento dos veces por semana o cuando la primera línea de succión no abastezca la presión y caudal necesario o en caso de realizar mantenimiento a esta línea. Estas dos líneas de succión están conectadas en paralelo, la primera consta de una sola bomba de 10Hp, mientras la segunda línea consta de 3 bombas de 1.5 Hp conectadas en serie.
- La automatización fue lograda por medio de un elemento programable como es el Logo Siemens V8, este elemento mediante la programación de funciones básicas y especiales con la ayuda del software LOGO SOFT consiguió automatizar el sistema de bombeo, programar los distintos elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizados en el sistema de bombeo para su funcionamiento manual y automático.
- Se elaboró un plan de mantenimiento acorde a las necesidades del sistema de bombeo permite mantener el funcionamiento eficiente y eficaz, optimizar la vida útil de cada elemento que se encuentra inmerso en este sistema.

## **RECOMENDACIONES**

- Seguir un diseño eléctrico e hidráulico establecido facilita la conexión de todo el sistema de bombeo para evitar desgaste prematuro de los elementos, desmontaje temprano y optimizar el tiempo de montaje y puesta en marcha.
- En las conexiones eléctricas, mecánicas e hidráulicas se deben comprobar su funcionamiento para el momento de realizar su automatización facilite las pruebas de funcionamiento de cada elemento y del conjunto en sí.
- Realizar el plan de mantenimiento preventivo establecido con las frecuencias previamente definidas.
- El personal a cargo del sistema de bombeo deberá seguir el manual de operación, para evitar tener desabastecimiento del agua para el sector, además con ello se puede mantener un control de caudal y presión en el sistema.
- Brindar capacitación del manual de operación y plan de mantenimiento de la estación de bombeo de agua potable a personas beneficiarias del servicio.

## GLOSARIO

**Automatización:** Implementación de máquinas, equipos o procedimientos automáticos en realizar procesos en una industria (Gonzales, 2019).

**Avería:** Daño o rotura que impide el funcionamiento del mecanismo de una máquina o de un proceso de elaboración de un producto (UNE-EN 13306, 2018).

**Captación:** Recipiente para la acción de recolectar agua hacia un tanque de almacenaje para su distribución o tratamiento (Blanco et al., 1994).

**Disyuntor:** Elemento eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica de forma automática, con el objetivo de proteger máquinas o circuitos eléctricos (Miñarcaja & Quiña, 2017).

**Falla:** Cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida (UNE-EN 13306, 2018).

**Fluido:** Es una sustancia que presenta fuerzas de atracción, entre partículas, los fluidos pueden estar en estado líquido, gaseoso y sólido (Agila & Calahorrano, 2011).

**Impulsor:** Es un elemento principal de una bomba hidráulica, que permite generar una fuerza necesaria para mover un fluido (Villareal, 2008).

**Logo:** es un elemento que se define como módulo lógico inteligente, este permite controlar procesos mediante programación de entradas y salidas de cualquier receptor eléctrico (Pesántez, 2012).

**Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida (UNE-EN 13306, 2018).

**Succión:** extraer un fluido que esté en estado líquido o gaseoso mediante un impulsor o ventilador (Blanco et al., 1994).



## BIBLIOGRAFIA

**AGUILA, Freddy; & CALAHORRANO, Iván.** Diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas centrífugas conectadas en serie y paralelo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador. (2011). pp. 15-17. [Consulta: 2020-12-27]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16348/1/UPS-KT00016.pdf>

**BARRETO, Celestino.** Optimización Del Sistema De Bombeo – Construcción Y Drenaje - Unidad Minera Antapaccay. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. (2018). pp. 28. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2442>

**BLANCO, Eduardo; et al.** *SISTEMAS DE BOMBEO* [en línea]. Oviedo, España: Gijón, 1994. [Consulta: 2020-12-19]. Disponible en: [https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF\\_SistemasdeBombeo2.pdf](https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf)

**BOMBAS DE AGUA.** *Bombas de Agua Centrífugas* [blog]. (2003). [Consulta: 2020-12-19]. Disponible en: <https://bombasdeagua.tech/centrifugas/>

**CAMONES, Wilser; & YANAC, Pedro.** Análisis técnico e implementación de un sistema de elevación de agua para edificios verticales evaluando los sistemas de bombeo en succión positiva y negativa con conexiones en serie y paralelo en la ciudad de Huaraz - Ancash - Período 2016. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria. Huaraz-Ancash, Perú. (2018). pp. 26-28. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/ci.v4i1.5537>

**CHANG, Juan; et. al.** Análisis e Implementación de un Sistema de Automatización de la Distribución de Agua para la Granja Experimental “Limoncito de la U. C. S. G”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Facultad Técnica para El Desarrollo, Carrera de Ingeniería Electromecánica. Guayaquil, Ecuador. (2010). pp. 30. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8580>

**EUROTRONIX.** *Pulsadores para Pane* [blog]. (2019). [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://www.eurotronix.com/es/categorias/pulsadores-para-panel>

**GONZALES, Francisco.** *Instalación de equipos y elementos de sistemas de automatización industrial.* Ecuador: ICEditorial, 2015. [Consulta: 2020-12-18]. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/ebook-instalacion-de-equipos-y-elementos-de-sistemas-de-automatizacion-industrial-elem0311-ebook/9788491983385/7130458>

**HYUNDAI.** *Bomba Centrífuga* [blog]. (2020) Disponible en: <https://www.hyundaiherramientas.com.uy/catalogo/bombas-y-motobombas/bombas-centrifugas/bomba-centrifuga-15hp-125-x-1-019-4080/>

**INDUSTRY, D.** *Contactor electromagnético - CJX2 Series - PEOPLE ELE. APPLIANCE GROUP CO., LTD. - AC.* [blog]. (2020). [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/people-ele-appliance-group-co-ltd/product-122487-1726678.html>

**JOSÉ, Luis.** *INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO* [blog]. (2019). [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://como-funciona.co/un-interruptor-termomagnetico/>

**JÁCOME, Lourdes.** *Automatización del Bombeo de Agua a través del Control de Nivel de la Cisterna de la Estación Miraflores Ep-Emapa.* [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. Ambato-Ecuador. (2015). pp. 30. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/10702>

**LIESA.** *Logo 8 Plc Siemens Para Automatización - La Industrial Eléctrica SA* [blog]. (2020). [Consulta: 2021-01-01]. Disponible en: <https://liesa.com.ar/logo-8-plc-siemens/>

**MARTÍN, Juan. C; & GARCIA, Pilar.** *Automatismos industriales cableados (Automatismos industriales)* Madrid, España. EDITEX., (2016). [Consulta: 2021-01-01]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=R7NcDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA135&dq=elementos+de+accionamiento&ots=jHNCOnvPlc&sig=S9LU29pb1FIZGai8dJ3eKTPUXPc#v=onepage&q=elementos+de+accionamiento&f=false>

**MIÑARCAJA, Darwin; & JAGUACO, Henry.** *Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chan chico y Tiobamba de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi.* [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas, Carrera

Ingeniería Electromecánica. Latacunga -Ecuador. (2017). pp. 24. [Consulta: 2020-12-19]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4372/3/PI-000572.pdf>

**MONCADA, Carlos; & VACCA Jaider.** (n.d.). *Bombas centrifugas conectadas en serie y en paralelo*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad San Francisco de Paula Santander, Facultad de ingenierías, Ingeniería Mecánica. Ocaña-Colombia. (2010). pp. 24-86. [Consulta: 2020-12-27]. Disponible en: [https://www.academia.edu/31615930/BOMBAS\\_CENTRIFUGAS\\_CONECTADAS\\_EN\\_SERIE\\_Y\\_EN\\_PARALELO](https://www.academia.edu/31615930/BOMBAS_CENTRIFUGAS_CONECTADAS_EN_SERIE_Y_EN_PARALELO)

**PEDRAZA, Arturo; & ROSAS, Ramón.** *Evaluación para sistemas de bombeo de agua: Manual de mantenimiento*. Washington D.C., USA: Desarrollo B. I., (2011). [Consulta: 2020-12-16]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evaluacion-para-sistemas-de-bombeo-de-agua-Manual-de-mantenimiento.pdf>

**PESÁNTEZ, Adriana.** Diseño y construcción de un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control de un sistema de bombeo y determinación del ahorro energético. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería en Mantenimiento. Riobamba -Ecuador. (2017). pp. 24. [Consulta: 2020-12-17]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1881/1/25T00169.pdf>

**ROJAS, Dany.** Diseño del Sistema de Bombeo para Abastecimiento Óptimo de Agua Potable del Distrito de Huancán-Huancayó. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Centro de Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica. Huancayó, Perú. (2017). pp. 26. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3677/Rojas%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**UNE-EN 13306.** *Terminología del mantenimiento*. Aenor, 31.

**VASQUEZ, Franz.** *Automatismos eléctricos industriales-1 AUTOMATISMOS CABLEADOS* Madrid, España. IES., (2020). [Consulta: 2021-01-01]. Disponible en: [https://www.academia.edu/29925529/Automatismos\\_eléctricos\\_industriales\\_1\\_AUTOMATISMOS\\_CABLEADOS](https://www.academia.edu/29925529/Automatismos_eléctricos_industriales_1_AUTOMATISMOS_CABLEADOS)

**VILLAREAL, Wiliam.** Diseño de un banco para ensayo de bombas en serie y paralelo. [En

línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de ingenierías, Departamento de Energía y mecánica. Cali-Colombia. (2008). pp. 26-30. [Consulta: 2020-12-27]. Disponible en: <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6191/1/T04198.pdf>

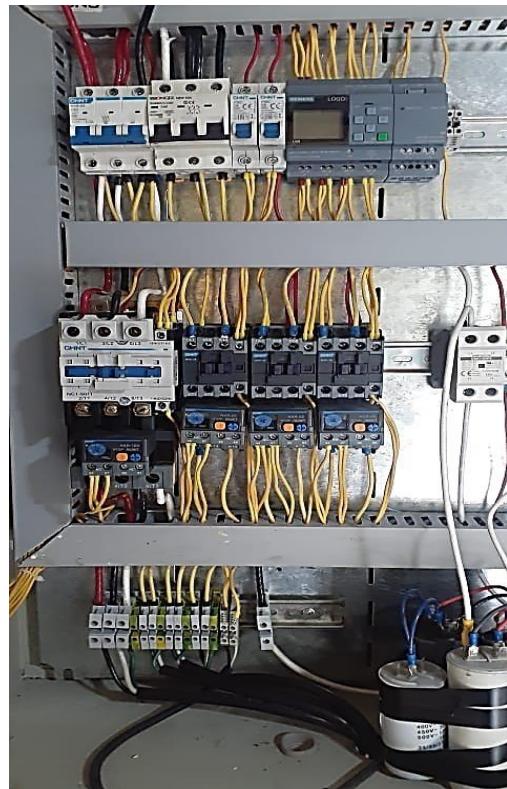
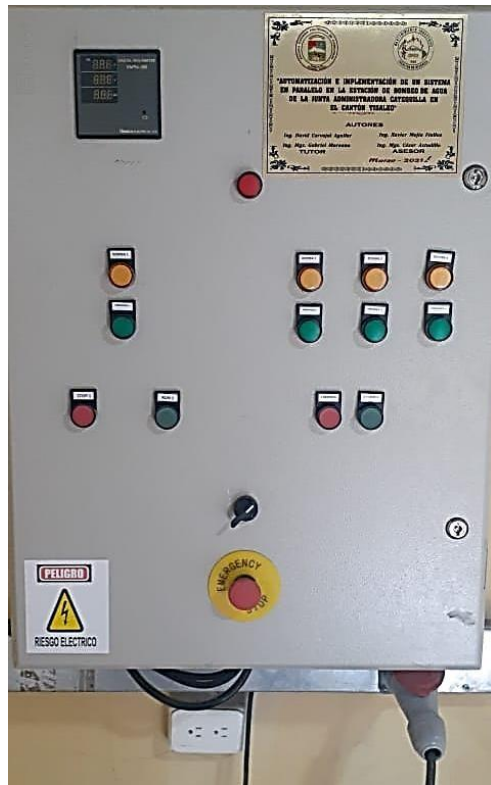
**WEKKER. J. W.** *SISTEMAS DE BOMBEO SISTEMAS DE BOMBEO DE TANQUE A TANQUE*. Ecuador: Grupo HOBA, (2004). [Consulta: 2020-12-16]. Disponible en: [https://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/sistema\\_hidroneumatico.pdf](https://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/sistema_hidroneumatico.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO A: SISTEMA DE BOMBEO.



Continuación ANEXO A





## ANEXO B: DOCUMENTACIÓN DE RESPALDO.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CARTA COMPROMISO PARA EL TRABAJO DE TITULACIÓN

Por la presente:

La Junta Administradora de Agua Potable "Catequilla" de Santa Lucía la Libertad, y en su representación el señor presidente de dicha Institución Sr. Alberto Bustos Yugcha como representante legal de la misma, se compromete libre y voluntariamente a prestar todas las facilidades y apoyo necesario para la realización del trabajo de titulación de: CHRISTIAN XAVIER MEJIA FIALLOS con cédula de identidad No. 1804910220 y MEDARDO DAVID CARVAJAL AGUILAR con cédula de identidad No. 1804381539, estudiantes de la Facultad de Mecánica Escuela de Mantenimiento, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para la realización de la propuesta de investigación: "AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE "CATEQUILLA" DE SANTA LUCIA LA LIBERTAD EN EL CANTÓN TISALEO".

Para concretar y cumplir con el proceso de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Sr. Segundo Alberto Bustos Yugcha

C.I. 1800825687



PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE



**JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE  
"CATEQUILLA" TISALEO**



Santa Lucía la Libertad - Tisaleo - Tungurahua

Tisaleo, 28 de mayo del 2021

Señores  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECANICA  
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
Presente.

De nuestras consideraciones:

Quienes hacemos la JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE CATEQUILLA del caserío Santa Lucía la Libertad perteneciente al cantón Tisaleo, nos dirigimos a usted con un cordial y atento saludo a la vez deseándoles éxitos en su ardua labor educativa en bien y favor de la juventud ecuatoriana.

A la vez que nos permitan exteriorizar nuestro profundo agradecimiento a vuestra Alma Máter ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO por el inmenso apoyo y ayuda en la formación de los señores **CHRISTIAN XAVIER MEJIA FIALLOS** y **MEDARDO DAVID CARVAJAL AGUILAR** estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Mantenimiento Industrial para la realización de su Trabajo de Titulación con el tema: **"AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN PARALELO EN LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO"** trabajo que ha permitido mejorar radicalmente nuestro sistema a bombeo para el abastecimiento del líquido vital a los hogares de nuestra comunidad, quedando conformes toda vez que el beneficio ha superado nuestras expectativas, de la misma manera nuestro reconocimiento a los señores estudiantes por su gran trabajo en beneficio de toda la comunidad quienes quedamos eternamente agradecidos.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

  
Sr. Alberto Bustos

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE



Sr. Alvaro Fiallos Zurita

SECRETARIO





## ANEXO C: MANUAL DE OPERACIÓN.

### INDICE MANUAL

PROPÓSITO .....	2
ALCANCE 2	
Operación. 2	
Sistema de bombeo. ....	2
Bombas centrifugas .....	2
Contactora. 2	
Temporizador .....	2
Módulo reprogramable logo siemens V8. ....	3
FUNCIONES DEL OPERADOR .....	3
ELEMENTOS COMPRENDIDOS EN LA ESTACION DE BOMBEO .....	3
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO / ACTIVIDADES .....	4
Energizar el tablero eléctrico.....	4
OPERACIÓN MODO AUTOMÁTICO .....	6
OPERACIÓN MODO MANUAL .....	7
Sistema principal.....	7
Sistema secundario.....	8

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO

## PROPÓSITO

Este manual señala normas y procedimientos para el control y operación de los componentes de los sistemas de agua potable del caserío Santa Lucía la Libertad perteneciente al cantón Tisaleo; con el propósito de que el personal encargado de estas operaciones proceda en forma correcta y segura en el manejo de ellas, teniendo como objetivo el de asegurar una eficiente y prolongada vida útil de todas sus unidades y demás elementos que la componen. El propósito de este manual, será el de proveer información para realizar las tareas de operación para que el personal tenga una comprensión del uso de la infraestructura y de los procedimientos que se requieren para operar y mantener los sistemas de agua potable.

## ALCANCE

El presente instructivo establece los pasos para el buen uso y mantenimiento del sistema de bombeo de la junta administradora CATEQUILLA

## DEFINICIONES

**Operación.** - Conjunto de actividades y maniobras que se realizan para hacer funcionar correcta, apropiada y eficientemente un sistema, equipo o componente, destinado a realizar un fin determinado tal como fueron planificadas y construidas.

**Sistema de bombeo.** - Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

**Bombas centrífugas.** - También denominadas bombas rotodinámicas, son utilizadas en casi la totalidad de los sistemas de bombeo. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bombas hidráulicas que basan su funcionamiento en la transmisión de la energía del fluido mediante un elemento móvil llamado impulsor o rodete.

**Contactador.** - Es un dispositivo electromagnético, cuya función principal es cerrar o abrir circuitos de potencia. Existen en el mercado contactores de diferente forma, capacidad, tamaño, y su uso depende del circuito que se va a controlar, prácticamente la conexión de todos los contactores es la misma

**Temporizador.** - son elementos de mando que se encargan de retardar o mantenerla apertura o el cierre de un contacto durante un tiempo determinado previamente programado, es decir, los temporizadores son relés en los que los contactos se abren o cierran con retardos según el modo de funcionamiento.



<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO

**Módulo reprogramable logo siemens V8.** - Es un elemento muy utilizado en la industria, está diseñado para controlar diferentes tipos de procesos al programar entradas y salidas estas pueden ser focos, bobinas de contactores, relés, etc.

## FUNCIONES DEL OPERADOR

- Operar y mantener adecuadamente el sistema de agua potable.
- Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema de bombeo.
- Informar mensualmente a los directivos de la junta administradora de agua sobre el estado de conservación y funcionamiento del sistema de agua potable.
- Llevar los registros y control de las actividades de operación en el cuaderno del operador.
- Maniobrar las válvulas de control del sistema de agua potable como el único autorizado.

## ELEMENTOS COMPRENDIDOS EN LA ESTACION DE BOMBEO

- Captación CATEQUILLA
- Línea de conducción hacia tanque de succión (800m de tubería de 2", válvula de paso tipo mariposa)
- Tanque de succión
- Sistema principal (1 Bomba de 10 hp, tubería de 2")
- Sistema secundario (3 bombas de 1.5hp, tubería de 1")
- Línea de conducción al tanque de descarga (800m de tubería de 2", válvula de paso tipo mariposa)
- Tanque de descarga
- Tablero eléctrico



**Gráfico 1.** Sistema de bombeo

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO / ACTIVIDADES



**Gráfico 2.** Cuarto de máquinas

Antes de utilizar poner en funcionamiento el sistema de bombeo el operario deberá:

- Verificar que la llave de paso tipo mariposa que está instalada en la tubería de ingreso al tanque de succión se encuentre abierta
- Revisar que las conexiones de los motores sean las correctas con la siguiente disposición:
  - Sistema principal conectado al tomacorriente de color rojo
  - Sistema secundario, las tres bombas tiene un tomacorriente independiente para cada una los cuales están instalados paralelos a la ubicación de cada bomba.

**NOTA:** Verificar que la conexión del sistema secundario sea la correcta



**Gráfico 3.-** Conexión del sistema secundario

### Energizar el tablero eléctrico

- Encender los tres disyuntores del tablero de control

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

**MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA  
ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO**



**Gráfico 4.-** Conexión del sistema secundario

- Verificar que se encuentre energizado el tablero, observar el multímetro



**Gráfico 5.-** Multímetro digital

- Revisar que las luces piloto de color amarillo se encuentren encendidas

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO

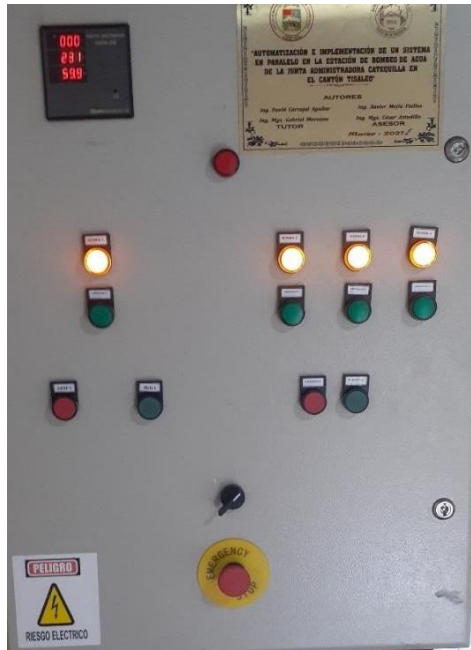


Gráfico 6.- Luces piloto

## OPERACIÓN MODO AUTOMÁTICO

Una vez realizado y verificado los pasos anteriores se podrá trabajar de forma automática para lo cual se debe realizar los siguientes pasos.

- Ubicar el selector de 2 posiciones a lado izquierdo.



Gráfico 7.- Modo automático

Se encenderán los sistemas principal y secundario de acuerdo a la configuración realizada previamente en el logo siemens V8, en caso que se presente una falla en el tablero se detendrá el proceso y se encenderá una luz piloto de color rojo.

Elaborado	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
Fecha	Mayo 2021

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO



**Gráfico 8.-** Luz piloto de emergencia

Si se observa que está encendida la luz piloto se debe reportar, para que un técnico revise el fallo.

### **El horario establecido para Sistema principal**

Todos los días de la semana en dos horarios, 2:00 – 5:00 y 14:00-17:00

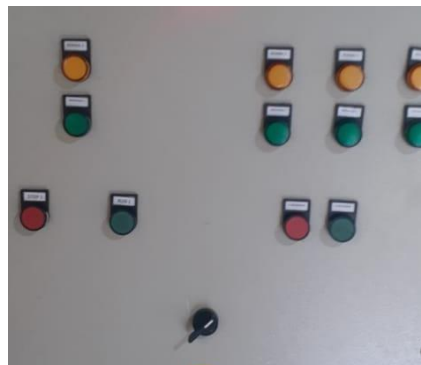
### **El horario establecido para Sistema secundario**

Lunes, miércoles, viernes, domingo en un horario de 10:00-10:30

### **OPERACIÓN MODO MANUAL**

En caso de presentarse una avería en uno de los sistemas, se puede trabajar de manera manual para lo cual se debe realizar los siguientes pasos:

- Ubicar el selector de dos posiciones a lado derecho



**Gráfico 9.-** Modo manual

### **Sistema principal**

- Para encender el sistema principal se debe pulsar el botón verde RUN 1 de bomba 1



<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

**MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA  
ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO**



**Gráfico 10.-** Encendido sistema principal

- Para apagar el sistema se pulsará STOP 1, botón rojo



**Gráfico 11-** Apagar sistema principal

**Sistema secundario**

- Pulsar botón de color verde R RESERVA

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021



# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO



**Gráfico 12.-** Encendido sistema secundario

- Las bombas se encenderán de manera secuencial



**Gráfico 13.-** Encendido secuencial

- Para apagar el sistema se pulsará S RESERVA, botón rojo

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

**MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA  
ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO**

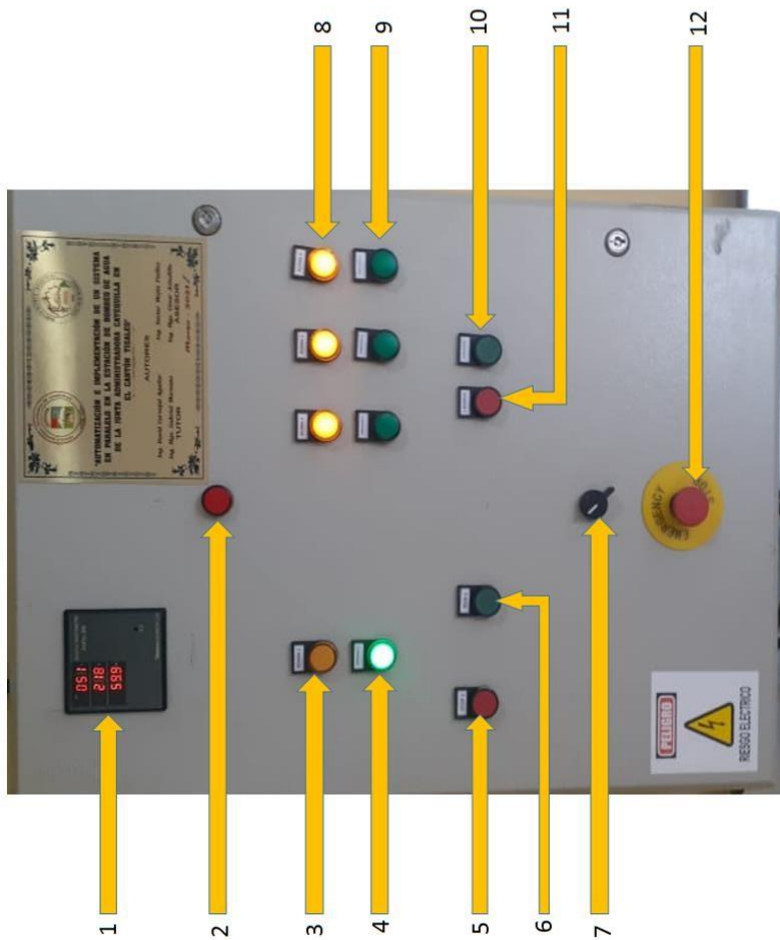


**GRÁFICO 14.-** Apagar sistema secundario



<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021

# MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA CATEQUILLA EN EL CANTÓN TISALEO



1	MULTIMETRO
2	LUZ PILOTO ROJA (EMERGENCIA)
3	LUZ PILOTO AMARILLA (ENERGIZADO) BOMBA PRINCIPAL
4	LUZ PILOTO VERDE (ENCENDIDO) BOMBA PRINCIPAL
5	PULSADOR DE PARO (ROJO) BOMBA PRINCIPAL
6	PULSADOR DE ARRANQUE (VERDE) BOMBA PRINCIPAL
7	SELECTOR DE DOS POSICIONES (AUTOMITICO-MANUAL)
8	LUZ PILOTO AMARILLA (ENERGIZADO) BOMBAS DE RESERVA
9	LUZ PILOTO VERDE (ENCENDIDO) BOMBAS DE RESERVA
10	PULSADOR DE ARRANQUE (VERDE) BOMBAS DE RESERVA <small>Ir a Configuración de PC para activar Windows</small>
11	PULSADOR DE PARO (ROJO) BOMBAS DE RESERVA
12	PARO DE EMERGENCIA

<b>Elaborado</b>	Medardo David Carvajal Christian Xavier Mejía
<b>Fecha</b>	Mayo 2021



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Riobamba, 13 de septiembre del 2021.

Señores:

Christian Xavier Mejía Fiallos

Medardo David Carvajal Aguilar

**ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL-  
ESPOCH**

Presente.

De mi consideración:

Luego de presentarles un cordial saludo, por medio del presente adjunto la traducción del resumen del trabajo de titulación: “AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN PARALELO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE CATEQUILLA EN EL CANTON TISALEO”

Reciban mi felicitación y les auguro muchos éxitos.

Atentamente,

**SANDRA  
PAULINA  
PORRAS  
PUMALEMA**

Firmado  
digitalmente por  
SANDRA PAULINA  
PORRAS PUMALEMA  
Fecha: 2021.09.13  
18:51:30 -05'00'

Lic. Sandra Porras Pumalema MSc.

**PROFESOR CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL-ESPOCH**



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

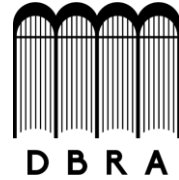
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

## ABSTRACT

The objective of this work is improving the drinking water pumping station of the Administrative Assembly Catequilla, through repowering and subsequent implementation of a pumping system out of operation, so that it works in parallel with the existing system, and the automation of both systems. The project aims to provide and supply water to around 280 families that belong to Santa Lucía La Libertad village, Tisaleo canton, who are affected by water shortages due the stopped equipment because of maintenance. The pumping system carried out in the project was connected to maintain the flow and pressure in the distribution pipe. It consists of two suction lines; the first line consists of a 10Hp centrifugal pump that will function as the main system, while the second line consists of three 1,5Hp, centrifugal pumps. These are located connected in series with each other and will work as a back-up reservation system in case the main system does not work. Later the two pumping systems were automated, using the Siemens V8 Logo Programmable Module, through programming and electrical electronic and hydraulic connections, allow the optimal operation of the system, its subsequent automation and test runs the pressure was obtained at 150 PSI with the first line and achieve 110 PSI with the second line, in the distribution pipe network, pressures that aims to achieve breaking the head up to the discharge tank, these systems operate on pre-established schedules. The control and monitoring of the water pumping station must be carried out periodically. In addition, preventive and corrective maintenance activities must be carried out on the different elements that are immersed in this system, to maintain an optimal functioning.

**Keywords:** <AUTOMATION>, <SERIAL PUMP CONNECTION>, <CONNECTION OF PUMPS IN PARALLEL> <CENTRIFUGAL PUMPS>, <CAUDAL>, <PUMPING STATION>, <LOGIC MODULE>, <DRIVE ELEMENTS>.

---



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 11 / 10 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Medardo David Carvajal Aguilar Christian Xavier Mejía Fiallos</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Mecánica</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería de Mantenimiento</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero de Mantenimiento</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>



1719-DBRA-UTP-2021