



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



N° 111-2024

## CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud del Trabajo de Suficiencia Profesional cuyo título es:

**“EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO Y ELECTROMECAÁNICO DE LAS ESTACIONES DEL PROYECTO: “AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESQUEMA SAN PEDRO DE CARABAYLLO- LIMA”**

Presentado por:

**MEDRANO BOBADILLA, CARLOS AUGUSTO**

**BACHILLER** de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de CUATRO POR CIENTO (4%), por el cual se le otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 11 de Junio del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. José Luis Donayre Pasache  
DIRECTOR DE UNIDAD

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



**Equipamiento eléctrico y electromecánico de las estaciones del proyecto: “Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado del esquema San Pedro de Carabayllo-Lima”**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**PRESENTADO POR:**

Carlos Augusto Medrano Bobadilla

**Ica – Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de suficiencia profesional está dedicado a:

A Dios por darme la bendición de poder permitirme realizar este gran paso en mi vida y quien me sigue bendiciendo todos los días.

Mis padres Soledad y Carlos, y hermana Patricia, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi hija Emma y compañera de vida Yenifer quienes me acompañan en el día a día, y son mi principal fuente de motivación para salir adelante en las dificultades que me presente la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Soledad y Carlos, hermana Patricia, hija Emma y compañera de vida Yenifer quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi asesor el Ingeniero Víctor Rulman Franco Linares quien gracias a su asesoría y enseñanza me permitieron el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros y amigos presentes quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos últimos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
Índice	
- Índice de contenidos	iv
- Índice de tablas	vii
- Índice de figuras	viii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>CUERPO DEL INFORME</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
a. Ubicación y límites del proyecto	11
b. Descripción general del sistema de agua potable y alcantarillado del proyecto ejecutado	12
c. Alcances del Equipamiento Eléctrico y Electromecánico	15
d. Normas de ejecución	15
e. Descripciones eléctricas y electromecánicas	16
f. Máxima Demanda	17
g. Suministro de Energía	18
h. Sistema de Puesta a Tierra	18
i. Equipamiento Eléctrico y Electromecánico	19
j. Funcionamiento	22
k. Pruebas	23
<b>CAPÍTULO I CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA EXPERIENCIA</b>	<b>24</b>
1.1 MARCO INSTITUCIONAL	24
1.1.1 Razón Social	24

1.1.2 Rubro	24
1.1.3 Ubicación	24
1.1.4 Ubicación Geográfica	25
1.1.5 Funciones del área	26
1.1.6 Visión	26
1.1.7 Misión	26
1.2 Objetivo	26
<b>CAPÍTULO II. TRAYECTORIA PROFESIONAL</b>	<b>27</b>
2.1 Experiencia Profesional	27
<b>CAPÍTULO III.- APLICACIÓN PROFESIONAL</b>	<b>30</b>
3.1. Generalidades	30
3.2. Alcances	30
3.3. Bases de cálculo	31
3.4. Cálculo del Sistema de Bombeo del Reservorio R-01 al RP-02	32
3.5. Cálculo de la potencia instalada y máxima demanda	37
3.6 Cálculo del Transformador de Potencia de la Sub Estación	41
3.7 Cálculo de los Interruptores	43
3.8 Cálculo de los Equipos de los Tableros de Electrobomba TF-B1 y TF-B2	48
3.9 Dimensionamiento de los bancos de condensadores	51
3.10 Cálculo de la Sección de Conductores Alimentadores y Derivados	54
3.11 Cálculo de los Sistemas de Puesta a Tierra	58
<b>CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA</b>	<b>61</b>
4.1. Análisis de resultados.	61

<b>CONCLUSIONES</b>	63
<b>RECOMENDACIONES</b>	64
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	65
<b>ANEXOS</b>	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.	Cuadro de cargas Reservorio Mejorado R-01	17
Tabla II	Cuadro de cargas Reservorio Ejecutado RP-02	17
Tabla III.	Datos técnicos N2XOH	31
Tabla IV	Datos técnicos NHX-90	32
Tabla V.	Datos técnicos del equipo de bombeo seleccionado	35
Tabla VI.	Demanda Máxima Reservorio Mejorado R-01	39
Tabla VII.	Demanda Máxima Reservorio Ejecutado RP-02	40
Tabla VIII.	Selección de alimentadores de Estación R-01	55
Tabla IX.	Selección de alimentadores de Estación RP-02	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Ubicación del proyecto	12
Fig. 2	Esquema General del Proyecto	14
Fig. 3.	Datos de la empresa	25
Fig. 4.	Ubicación Geográfica	25
Fig. 5.	Curva de Operación del Equipo de Bomba seleccionado	36
Fig. 6.	Estación R-01 sin equipamiento eléctrico y electromecánico	37
Fig. 7	Equipos de Bombeo junto equipamiento eléctrico y electromecánico instalados – Estación R-01	37
Fig. 8	Puesta en servicio de suministro eléctrico en media tensión por parte de ENEL DISTRIBUCION PERU - Estación R-01	39
Fig. 9	Puesta en servicio de suministro eléctrico en baja tensión por parte de ENEL DISTRIBUCION PERU - Estación RP-02	40
Fig. 10	Transformador en aceite de 160kVA en subestación aérea biposte instalado - Estación R-01	42
Fig. 11	Interruptor General en Baja Tensión de la Sub Estación Eléctrica biposte	44
Fig. 12	Interruptor General e Interruptores Secundarios en Tablero General Autosoportado	47
Fig. 13	Interruptor General, Contactores de Línea y Bypass y Arrancador de Estado Sólido en Tablero de Electrobomba	50
Fig. 14	Interruptor General y Condensadores en Tablero de Banco de Condensador	53
Fig. 15	Instalaciones Eléctricas en Estación R-01	57
Fig. 16	Instalaciones Eléctricas en Estación RP-02	57
Fig. 17	Señalización de Pozo a Tierra	59
Fig. 18	Detalle de Instalación de Pozo a Tierra	60
Fig. 19	Medición de Pozo a Tierra del Sistema de Fuerza con Telurómetro calibrado	60

## RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional que se presenta tiene como objetivo describir el Equipamiento eléctrico y electromecánico de las estaciones del proyecto: “Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado del esquema San Pedro de Carabayllo- Lima”.

Los reservorios están ubicados en el distrito de Carabayllo, provincia y región de Lima y son de propiedad de la empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL.

El equipamiento utilizado para este trabajo fueron electrobombas tipo turbina vertical, tableros eléctrico general, tablero eléctrico de electrobomba, tablero eléctrico de banco de condensador, tablero de distribución, cables eléctricos, transformador de potencia y sistemas de puesta a tierra. Se utilizó el cálculo de la potencia absorbida de la bomba para obtener la potencia del motor eléctrico, la máxima demanda para obtener las potencias a contratar con la concesionaria eléctrica, la potencia del transformador eléctrico; las protecciones termomagnéticas, contactores, condensadores y arrancadores de estado sólido para los tableros eléctricos, la caída de tensión de los cables eléctricos instalados y la resistencia de las puestas a tierra instaladas.

Los resultados obtenidos fueron el suministro e instalación de 02 equipos de bombeo de 125 HP que se instalaron en la estación R-01 (Reservorio Mejorado N°1) y que impulsan agua a la estación RP-2 (Reservorio Mejorado N°2), estos equipos operan con un caudal de 75 l/s y una altura dinámica total de 77 mca. Se determinó la máxima demanda eléctrica de 120 kW para la estación RP-1 y de 4.00 kW para la estación RP-2, de acuerdo a esta máxima demanda se logró realizar las coordinaciones con la concesionaria eléctrica para la dotación de suministro eléctrico de las referidas estaciones. Se seleccionó el interruptor termomagnético trifásico de 250A para el tablero general principal, el interruptor termomagnético trifásico de 250A para el tablero general, el interruptor termomagnético trifásico de 200A, el contactor de línea y bypass trifásico de 225A y el arrancador de estado sólido de 203A para los tableros de electrobomba TF-B1 y TF-B2, se seleccionaron los condensadores de 29 kVAR y 10.5 kVAR para los tableros de banco de condensadores. Se seleccionaron cables eléctricos de tipo N2XOH y NHX-90 trifásico de diámetros 120, 95, 70, 16 y 4 mm<sup>2</sup> para la conexión entre tableros eléctricos y electrobombas. Finalmente, se obtuvo un resultado de 12.12 Ohm para el sistema de puesta a tierra para baja tensión y de 4.04 Ohm para sistema de puesta a tierra de control.

Teniendo como conclusión el llevar agua potable del reservorio mejorado R-01 hacia el reservorio ejecutado RP-02 y también dotar del servicio de agua potable y alcantarillado a 647 conexiones domiciliarias, favoreciendo y mejorando la calidad de vida de la población beneficiada.

**Palabras Claves:** Ingeniería hidráulica, Transformadores eléctricos, Diseño y construcción, Conductores eléctricos, Instalaciones eléctricas, Mantenimiento y reparación, Ingeniería eléctrica.

## ABSTRACT

The objective of the professional proficiency work presented is to describe the electrical and electromechanical equipment of the project stations: “Expansion and improvement of the drinking water and sewage systems of the San Pedro de Carabayllo-Lima scheme.”

The reservoirs are located in the district of Carabayllo, province and region of Lima and are owned by the company Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL.

The equipment used for this work was vertical turbine type electric pumps, general electrical panels, electric pump electrical panel, capacitor bank electrical panel, distribution panel, electrical cables, power transformer and grounding systems.

The calculation of the absorbed power of the pump was used to obtain the power of the electric motor, the maximum demand to obtain the powers to be contracted with the electrical concessionaire, the power of the electrical transformer; thermomagnetic protections, contactors, capacitors and solid state starters for electrical panels, the voltage drop of the installed electrical cables and the resistance of the installed grounding.

The results obtained were the supply and installation of 02 125 HP pumping equipment that was installed at station R-01 (Improved Reservoir No. 1) and that pumps water to station RP-2 (Improved Reservoir No. 2), These devices operate with a flow rate of 75 l/s and a total dynamic head of 77 mca. The maximum electrical demand of 120 kW for station RP-1 and 4.00 kW for station RP-2 was determined. According to this maximum demand, coordination was carried out with the electrical concessionaire for the provision of electrical supply to the aforementioned stations. seasons. The 250A three-phase thermomagnetic switch was selected for the main general panel, the 250A three-phase thermomagnetic switch for the main panel, the 200A three-phase thermomagnetic switch, the 225A three-phase line and bypass contactor and the 203A solid state starter for the TF-B1 and TF-B2 electric pump boards, 29 kVAR and 10.5 kVAR capacitors were selected for the capacitor bank boards. Three-phase N2XOH and NHX-90 type electrical cables with diameters of 120, 95, 70, 16 and 4 mm<sup>2</sup> were selected for the connection between electrical panels and electric pumps. Finally, a result of 12.12 Ohm was obtained for the low voltage grounding system and 4.04 Ohm for the control grounding system.

The conclusion is to bring drinking water from the improved R-01 reservoir to the executed RP-02 reservoir and also provide drinking water and sewage service to 647 home connections, favoring and improving the quality of life of the benefited population.

**Keywords:** Hydraulic engineering, Electrical transformers, Design and construction, Electrical conductors, Electrical installations, Maintenance and repair, Electrical engineering.

## INTRODUCCIÓN

Este informe tiene como principal objetivo describir la ejecución del Sistema Eléctrico y Electromecánico del Proyecto: “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema San Pedro de Carabayllo - Lima”, que tuvo como resultado el correcto funcionamiento de las estaciones de agua potable: Reservorio Mejorado R-01 y Reservorio Ejecutado RP-02.

Nos centraremos en la descripción de la estación, su funcionamiento y equipamiento necesario para la correcta operación de la estación de acuerdo con los requerimientos de SEDAPAL basándonos en el expediente técnico del proyecto y la norma GPDA036.

Todos los alcances de la ejecución del presente proyecto se han desarrollado en base a las recomendaciones del Código Nacional de Electricidad y el Reglamento Nacional de Edificaciones. En este sentido, todo el equipamiento eléctrico y electromecánico implementado en el presente proyecto, ha sido dimensionado adecuadamente con la finalidad de garantizar un funcionamiento ininterrumpido del sistema, minimizando los tiempos de para, debido a mantenimientos no programados y contemplando en su implementación, todos los equipos necesarios para la protección del sistema de agua potable.

### a. UBICACIÓN Y LIMITES DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en:

Nº Sector de abastecimiento	:	374
Departamento	:	Lima
Provincia	:	Lima
Distrito	:	Carabayllo

Delimitado :

Por el Norte:	Planta Nuclear Huarangal
Por el Este:	El río Chillón
Por el Sur:	El Sector de SEDAPAL N°381
Por el Oeste:	Avenida José Saco

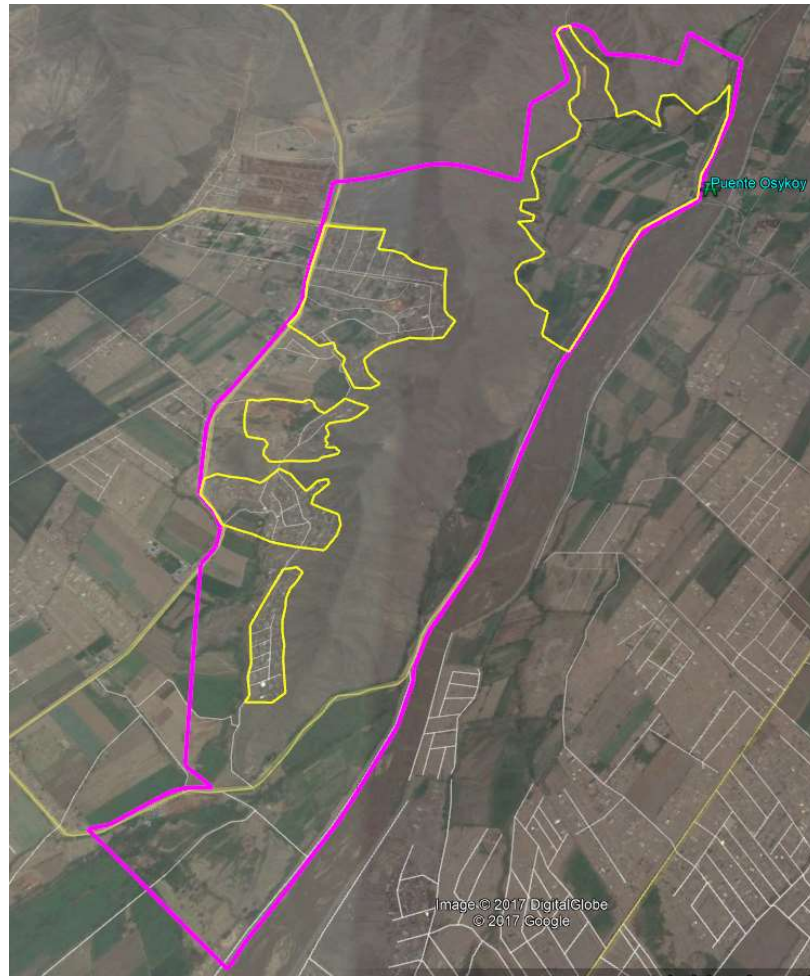


Fig. 1 Ubicación del Proyecto  
Fuente: Google Maps

**b. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL PROYECTO EJECUTADO:**

El proyecto ejecutado abarcó como sistema de agua potable el mejoramiento del Reservoirio existente R-01 mediante la instalación hidráulica de un sistema de bombeo, la instalación del equipamiento eléctrico, electromecánico, automatización, telemetría e implementación de un sistema SCADA; asimismo, la construcción, equipamiento hidráulico, eléctrico, electromecánico, automatización, telemetría e implementación de un sistema SCADA para el Reservoirio ejecutado RP-02; también, la instalación de una línea de impulsión de material HD C-40 de DN 250 mm, la instalación de redes de distribución de diámetros que varían entre 100 mm a 350 mm de material HDPE PN-10, en terreno normal, terreno semiprecioso y terreno rocoso; la construcción de cámaras reductoras de presión, cámaras de aire y cámaras de purga en las líneas y redes de agua potable; se instalaron conexiones domiciliarias con caja porta medidor en cada lote atendido.

Como sistema de alcantarillado el proyecto abarcó la instalación de líneas de rebose de 200 mm

en material HDPE para el reservorio ejecutado RP-02, también la instalación de redes secundarias, buzones y conexiones domiciliarias de desagüe.

El reservorio mejorado R-01 ubicado en la cota 274 msnm abastece a los sectores N°379, 381 y 382, el volumen para cubrir la demanda de estos sectores de abastecimiento es de 3000 m<sup>3</sup>, incluyendo el volumen necesario para realizar el rebombeo al reservorio RP-02 de volumen 720 m<sup>3</sup>, destinado a abastecer al sector N°374.

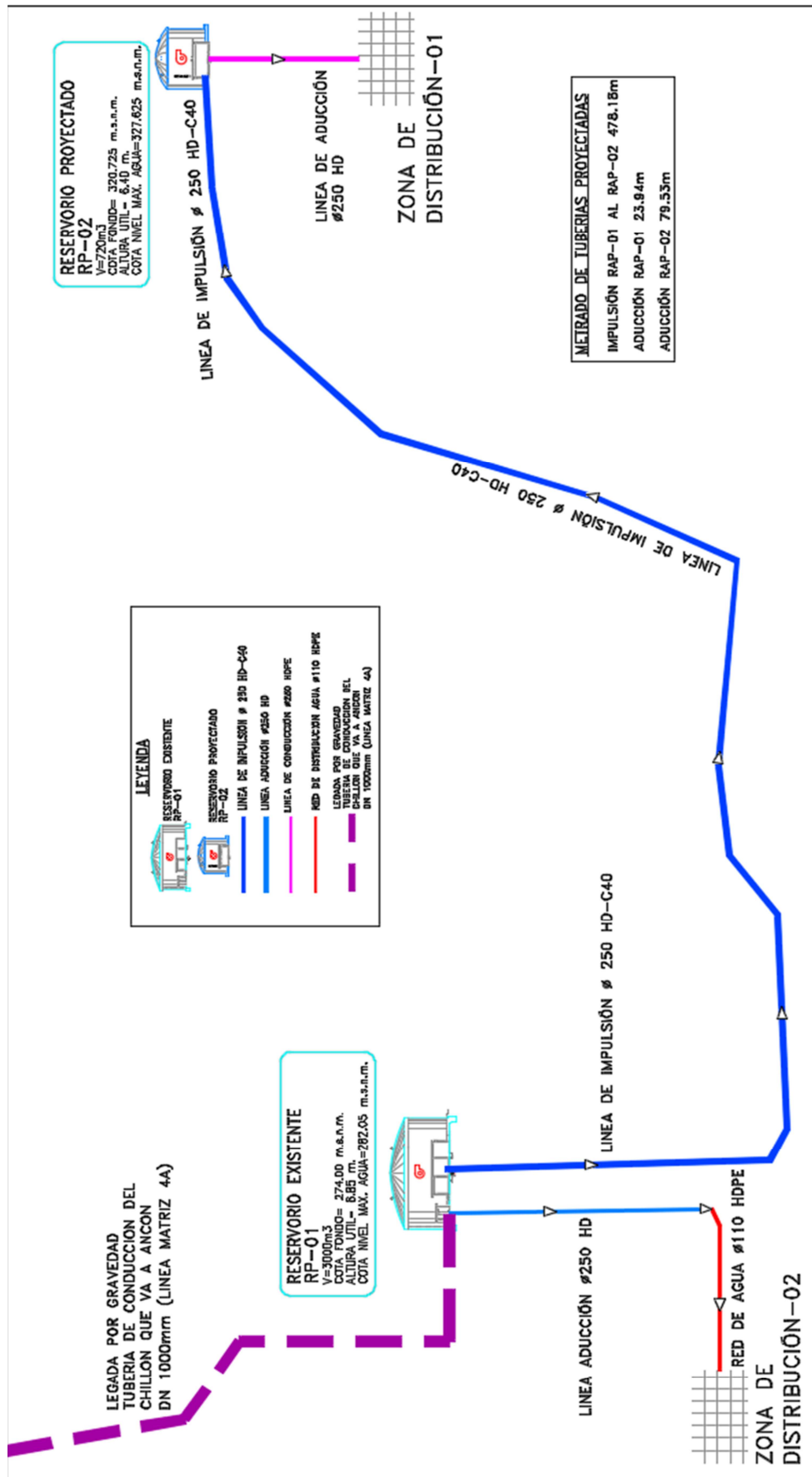


Fig. 2 Esquema General del Proyecto  
 Fuente: Elaboración Propia

### **c. ALCANCES DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO Y ELECTROMECAÁNICO:**

El presente proyecto comprendió la instalación y verificación del diseño de las instalaciones eléctricas y electromecánicas para el reservorio existente R-01, en un sistema de Baja Tensión de 440 V, trifásico, tres hilos, 60 Hz, con un factor de potencia de acuerdo con los motores a ser instalados en la estación; asimismo, comprendió la instalación y verificación del diseño de las instalaciones eléctricas y electromecánicas el reservorio ejecutado RP-02, en un sistema de Baja Tensión de 220 V, trifásico, tres hilos, 60 Hz; los cuales podemos resumir en lo siguiente:

- Verificación del Cálculo de la Potencia Instalada y Demanda Máxima de energía eléctrica requerida para el óptimo funcionamiento de los Equipos de Bombeo, Telemetría, Control, Alumbrado Interior y Exterior de la estación.
- Verificación del cálculo y diseño de los alimentadores principales y circuitos derivados en tensión de 440 V y 220V.
- Verificación del diseño eléctrico del Tablero General, Tablero de Arranque y Protección de Bombas, Tableros Banco de Condensadores y Tablero de Distribución.
- Verificación del Cálculo y diseño del sistema de bombeo instalado.
- Verificación Cálculo y diseño del Sistema de Puesta a Tierra para protección de Baja Tensión y para el Sistema de Control y Telemetría.

### **d. NORMAS DE EJECUCIÓN:**

El proyecto se ha ejecutado en conformidad con los lineamientos establecidos en el Código Nacional de Electricidad, las Normas correspondientes de la DGE/MEM, Especificaciones Técnicas de SEDAPAL, Especificaciones Técnicas del Equipo de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Bombeo de Agua Potable (EOMASBA) y de las Normas Internacionales. A continuación, algunas de estas normas:

#### **NORMAS NACIONALES:**

- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011.
- Código Nacional de Electricidad Utilización 2006.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- GPDA036 “Consideraciones Técnicas de Automatización de las Estaciones de Control del Sistema de Distribución Primaria por Gravedad y por Bombeo” última

revisión.

#### **NORMAS INTERNACIONALES:**

- National Electrical Code "NEC".
- National Electrical Manufactures Association "NEMA".
- International Electrotechnical Commission "IEC".
- American National Standards Institute "ANSI".
- Deutsches Institut für Normung "DIN".
- American Society for Testing Materials "ASTM".

#### **e. DESCRIPCIONES ELÉCTRICAS Y ELECTROMECAÑICAS:**

##### **Sistema de fuerza y derivaciones**

Son todos los alimentadores de fuerza relacionados con el funcionamiento de equipos de bombeo y las alimentaciones a circuitos permanentes y particularmente importantes.

##### **Sistema de iluminación interior**

Para la iluminación interior del reservorio mejorado R-01 y el reservorio ejecutado RP-02, en el interior se utilizaron luminarias de 36W a 220 VAC cada uno tipo LED y adosado al techo o paredes de la estación.

##### **Sistema de iluminación exterior**

Para la iluminación exterior del reservorio mejorado R-01 y el reservorio ejecutado RP-02, en la periferia se utilizaron luminarias LED de 27W a 220 VAC, tipo pastoral adosadas a postes o a los muros del cerco perimétrico.

##### **Sistema de tomacorrientes**

Para las salidas de los tomacorrientes son empotradas en las paredes de la caseta, 2 polos más tierra y se considera la implementación de una protección diferencial en su tablero de distribución.

##### **Electrobombas**

Las electrobombas han sido instaladas de acuerdo con los requerimientos del reservorio existente mejorado R-01, se instalaron 2 bombas tipo turbina, acopladas a un motor vertical, trifásico 440 V, 60 Hz; la potencia de las electrobombas es de 125 HP con arrancadores de estado sólido cada una. El reservorio ejecutado RP-02 no cuenta con electrobombas.

##### **Sistema de Aterramiento**

Comprende el circuito de protección por pozo a tierra, tanto de la parte de fuerza, como de control.

**f. MÁXIMA DEMANDA:**

Se determinó la Potencia Instalada y de la Demanda Máxima, se han considerado las potencias de las cargas de los equipos de bombeo, alumbrado interior y exterior, tomacorrientes y las cargas de los equipos de control y telemetría.

Para el reservorio mejorado R-01 se ha obtenido la Demanda Máxima de Potencia eléctrica a nivel del punto de alimentación para el suministro de energía eléctrica:

CUADRO DE CARGAS					
ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA	FACTOR DE DEMANDA	EFICIENCIA (%)	DEMANDA MÁXIMA
Reservorio Existente Mejorado "RP-01"	1 Electrobomba Principal				
	2 und. 125HP (93.25kW)	186.50 KW	0.50	95.2%	97.95 KW
	2 Alumbrado Interior y Tomacorrientes (208 m <sup>2</sup> )				
	Primer piso: 25W/m <sup>2</sup> x 102 m <sup>2</sup>	2.55 KW	0.80		2.04 KW
	Segundo piso: 25W/m <sup>2</sup> x 70 m <sup>2</sup>	1.75 KW	0.80		1.40 KW
	Casa de Guardianía: 25W/m <sup>2</sup> x 31 m <sup>2</sup>	0.78 KW	0.80		0.62 KW
	3 Alumbrado Exterior				
	4 Lum. x 27W	0.11 KW	1.00		0.11 KW
	4 Automatización, Control y Telemetría				
	1 und. x 1.50kW	1.50 KW	1.00		1.50 KW
5 Reserva 15% del total de la demanda					15.54 KW
TOTAL		P.I = 193.18 KW			D.M. = 119.16 KW

$$\text{DEMANDA MÁXIMA TOTAL} = \text{D.M} \times \text{fs}(\text{Simultaneidad}) = 119.16 \times 1.00 (\text{fs}) = 119.16 \text{ kW}$$

Tabla I. Cuadro de cargas Reservorio Mejorado R-01  
Fuente: Elaboración propia

Para el reservorio ejecutado RP-02 se obtuvo la Demanda Máxima de Potencia eléctrica a nivel del punto de alimentación para el suministro de energía eléctrica:

CUADRO DE CARGAS				
ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MÁXIMA
Reservorio Apoyado Proyectado "RP-02"	1 Alumbrado Interior y Tomacorrientes (55 m <sup>2</sup> )			
	25W/m <sup>2</sup> x 55 m <sup>2</sup>	1.38 KW	0.80	1.10 KW
	2 Alumbrado Exterior			
	3 Lum. x 27W	0.08 KW	1.00	0.08 KW
3 Automatización, Control y Telemetría				
	1 und. x 1.00 kW	1.00 KW	1.00	1.00 KW
TOTAL		P.I = 2.46 KW		D.M. = 2.19 KW

$$\text{DEMANDA MÁXIMA TOTAL} = \text{D.M} \times \text{fs}(\text{Simultaneidad}) = 2.19 \times 1.00 (\text{fs}) = 2.19 \text{ kW}$$

Tabla II. Cuadro de cargas Reservorio Ejecutado RP-02  
Fuente: Elaboración propia

#### **g. SUMINISTRO DE ENERGÍA:**

Para el suministro eléctrico de energía del reservorio existente mejorado R-01, se consideraron las potencias de las electrobombas a instalar en la propia estación, alumbrado interior y exterior, tomacorrientes, automatización, control y telemetría.

La máxima demanda calculada para el reservorio en el presente informe se vio incrementada y por consecuencia el suministro fue variado ya que contaba con un suministro en B.T. existente.

Se solicitó un suministro de energía eléctrica en Media Tensión de 120.00kW trifásico, con sub estación de transformación de 10–22.9kV a 0.46kV con punto de entrega y medición determinado por el Concesionario ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ S.A.A.

Luego de haber concluido la instalación del suministro solicitado en Media Tensión y haber contado con la aprobación del nuevo número de suministro otorgado por Enel se procedió a la anulación del suministro existente en Baja Tensión con el que contaba el reservorio.

Para el suministro eléctrico de energía del reservorio apoyado ejecutado RP-02, se consideró las potencias del alumbrado interior y exterior, tomacorrientes, automatización y control.

Por lo cual fue necesario solicitar suministro de energía eléctrica en baja tensión que fue efectuado desde un medidor eléctrico suministrado por el Concesionario ENEL, empotrado en murete de concreto al pie de poste perteneciente a la red de Distribución Secundaria a cargo del Concesionario.

#### **h. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:**

El reservorio mejorado R-01 y el reservorio ejecutado RP-02 cuentan con sus respectivos pozos de tierra de alta resistividad dieléctrica y libre de mantenimiento, Los pozos de tierra para, los tableros de fuerza tienen una resistencia no mayor a 15  $\Omega$ , mientras que los pozos de tierra para los tableros de automatización, control y telemetría tienen una resistencia no mayor de 5  $\Omega$ .

Todos los tableros deberán estar debidamente aterrados, de acuerdo con los conductores descritos en los diagramas unifilares.

El Sistema de Puesta a Tierra para protección del sistema de Baja Tensión, fue diseñado para obtener una resistencia de 15 Ohmios, sobre la base de los siguientes parámetros:

- Resistividad del terreno 30  $\Omega$  - m
- Diámetro del electrodo 16 mm
- Longitud del electrodo 2.40 m

El Sistema de Puesta a Tierra para protección del sistema de automatización, control y telemetría, fue diseñado para obtener una resistencia de 05 Ohmios, sobre la base de los siguientes parámetros:

- Resistividad del terreno 10  $\Omega$  - m
- Diámetro del electrodo 16 mm

- Longitud del electrodo 2.40 m

Para la ejecución de la puesta a tierra, se excavó en el terreno un pozo de las dimensiones indicadas en los planos y reemplazó el terreno existente por tierra vegetal orgánica compactada y humedad mezclado con Bentonita, Sal Industrial y Cemento Conductivo.

De conformidad con lo prescrito en los Art. 3.2.7 y 3.6.6 del Código Nacional de Electricidad, están debidamente protegidos mediante cable de puesta a Tierra, todas las carcasas metálicas de los Tableros de Distribución, así como todas las salidas de tomacorrientes y de todas aquellas otras instalaciones que así lo requirieron.

Los valores de resistencia de puesta a tierra no exceden:

- Los 5.00 ohmios para los pozos de tierra de automatización, control y telemetría.
- Los 15.00 ohmios para los pozos de tierra de protección en baja tensión.

#### **i. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO Y ELECTROMECAÁNICO:**

Para garantizar el correcto funcionamiento de esta estación se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

El sistema Eléctrico y Electromecánico cuenta con los siguientes tableros y especificaciones:

##### **11.1 TRANSFORMADOR PARA SUBESTACIÓN AÉREA BIPOSTE**

Transformador trifásico en baño de aceite con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, para montaje exterior con enfriamiento natural, adecuado para montaje sobre plataforma de concreto armado vibrado de una subestación aérea monoposte, previsto para las siguientes condiciones de servicio:

- Normas de ejecución : IEC
- Potencia nominal continua : kVA
- Frecuencia : 60 Hz
- Número de fases : 3
- Relación de transformación en vacío : 10 – 22.9kV  $\pm$  2x2.5%V / 460V
- Esquema lado de A.T. : Triángulo con Tomas Conmutables
- Esquema lado de B.T. : Estrella con neutro accesible
- Grupo de conexión en 10 kV : Dyn5

##### **11.2 TABLERO GENERAL PRINCIPAL**

El tablero general es el encargado de suministrar energía a toda la estación, en 440VAC para el tablero de general TG-440. Este tablero cuenta con los siguientes equipamientos:

- Los tableros son del tipo adosado metálico de medidas 300x400x200mm, tiene apertura mínima de 120°, grado de protección IP65.
- Interruptor termomagnético de caja moldeada regulable para interruptor general dentro

del tablero.

- El tablero cuenta con sistema de aterramiento de baja tensión.

### 11.3 **TABLERO GENERAL**

El tablero general es el encargado de suministrar energía a toda la estación, tanto en 440VAC para los sistemas de bombeo como en 220VAC para los sistemas auxiliares de climatización, iluminación y tomacorriente. Este tablero contará con los siguientes equipamientos:

- El tablero es del tipo autoportado metálico de medidas 600x600x2000mm, deberá tener apertura mínima de 120°, grado de protección IP55.
- Interruptor tipo hongo para parada de emergencia conectado a la bobina de disparo del interruptor general de la estación.
- Interruptor termomagnético de caja moldeada con regulación de sobrecarga y cortocircuito y bobina de disparo para el interruptor general.
- Interruptor termomagnético de caja moldeada con regulación de sobrecarga y cortocircuito para protección a motor y protección diferencial de 300mA para circuitos a Motores.
- Interruptores termomagnético tipo riel din para interruptores generales de circuitos derivados.
- Cuenta con un medidor de energía para redes monofásicas, Bifásicas, trifásicas baja y alta tensión, compacto 96x96mm, pantalla LCD retroiluminada, permite configurar y visualizar los parámetros eléctricos, montado en la parte frontal del tablero.
- El tablero cuenta con 03 Transformadores de Corriente, relé de supervisión de fases, máxima y mínima tensión.
- Cuenta con transformadores de 440/220 VAC para la alimentación de los circuitos secundarios.
- Como sistemas adicionales el tablero general cuenta con un interruptor de puerta con dos contactos, uno para la activación de la lámpara de iluminación del tablero y el otro contacto se utilizará para indicar al PLC la apertura de la puerta del tablero, se instalaron dos ventiladores (inyección y extracción) controlado por termostato.
- Rejillas de salida c/filtros contra el polvo, ubicados en la parte frontal.

### 11.4 **TABLERO DE FUERZA**

En este tablero se encuentra el arrancador de estado sólido encargado del arranque y parada de la electrobomba. Este tablero tiene el siguiente equipamiento:

- El tablero es del tipo autoportado metálico de medidas 600x600x2000mm, tiene apertura mínima de 120°, grado de protección IP55.
- Arrancador de estado sólido con módulo de ampliación para comunicación PROFIBUS

DP.

- Interruptor termomagnético de caja moldeada con regulación de sobrecarga y cortocircuito para protección a motor y protección diferencial de 300mA para el interruptor general.
- Interruptores termomagnético tipo riel dim para circuitos derivados.
- Cuenta con un medidor de energía para redes monofásicas, Bifásicas, trifásicas baja y alta tensión, compacto 96x96mm, pantalla LCD retroiluminada, permite configurar y visualizar los parámetros eléctricos, montado en la parte frontal del tablero.
- El tablero cuenta con 03 Transformadores de Corriente, relé de supervisión de fases, máxima y mínima tensión, contactor electromagnético categoría AC3 - 3Ø, fusibles ultrarrápidos con seccionador y relé de nivel de 220V para bomba.
- Relés auxiliares de 220VAC para lógica de funcionamiento del arranque y parada de la electrobomba.
- Cuenta con transformador de 440/220 VAC monofásico, para la alimentación de los circuitos secundarios.
- Como sistemas adicionales el tablero de arranque y parada cuenta con un interruptor de puerta con dos contactos, uno para la activación de la lámpara de iluminación del tablero y el otro contacto se utilizará para indicar al PLC la apertura de la puerta del tablero, se instalaron dos ventiladores (inyección y extracción) controlado por termostato.
- Rejillas de salida c/filtros contra el polvo, ubicados en la parte frontal.

### 11.5 TABLERO DE BANCO DE CONDENSADORES

El tablero de banco de condensadores contiene el equipamiento necesario para la compensación de energía reactiva consumida por el funcionamiento de las electrobombas.

- El tablero es del tipo adosado de poliéster de medidas 800x600x250mm, tienen apertura mínima de 120°, grado de protección IP66.
- Interruptor termomagnético de caja moldeada para el interruptor general.
- Interruptores termomagnético tipo riel din, para circuitos derivados.
- Contactor especial para condensadores.
- Banco de condensadores 3Ø – 60Hz.
- Temporizador (0 a 5 minutos) y su respectivo módulo de condensadores.
- Cuenta con transformador de 440/220 VAC monofásico, para la alimentación de los circuitos secundarios.
- Como sistemas adicionales el tablero de banco de condensadores cuenta con un interruptor de puerta con un contacto para indicar al PLC la apertura de la puerta del tablero, se instalaron dos ventiladores (inyección y extracción) controlado por termostato.
- Rejillas de salida c/filtros contra el polvo, ubicados en la parte frontal.

## 11.6 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

El tablero de distribución contiene el equipamiento necesario para la alimentación de los tomacorrientes, alumbrado interior y exterior.

- El tablero será del tipo adosado de poliéster de medidas 600x400x250mm, tiene apertura mínima de 120°, grado de protección IP66.
- Interruptores termomagnéticos tipo riel din de Icu=15kA para el interruptor general y Icu=10kA para alimentación de circuitos derivados.
- Interruptores diferenciales para salidas de alumbrado y tomacorrientes.
- Interruptor horario y contactor.
- Cuenta con un medidor de energía para redes monofásicas, Bifásicas, trifásicas baja y alta tensión, compacto 96x96mm, pantalla LCD retroiluminada, permite configurar y visualizar los parámetros eléctricos, montado en la parte frontal del tablero.
- Limitador de sobretensión, cuya función es la de proteger los equipos por descargas eléctricas y sobretensiones dirigiéndolas a tierra.

### j. FUNCIONAMIENTO:

Para el reservorio R-01 se planteó la siguiente información de funcionamiento teniendo como principal objetivo el abastecimiento al reservorio RP-02, así como a la población, bajo las consignas adecuadas, para lo cual se implementaron los siguientes modos de operación que se mencionan:

#### **Modo Manual**

En este modo el encendido y apagado de la bomba se hace mediante los pulsadores del tablero de arranque y parada por lo que la operación en este modo es completa responsabilidad del operario, el arrancador no deberá entrar en conflicto cuando se cambie de Manual a Automático debido a que el control pasará de los pulsadores del tablero al bus de campo, tampoco se debe poner en falla el bus de campo cuando este en modo manual.

El tablero de arranque y parada cuenta con permisivos de seguridad como electrodos de nivel y presostato que apaguen la bomba en caso de su activación.

#### **Modo Automático**

En este modo permite el funcionamiento de acuerdo a las consignas ingresadas desde el HMI o desde el SCADA, en este modo de funcionamiento el sistema de control se basará principalmente en la instrumentación instalada.

Para el reservorio RP-02 se planteó la siguiente información de funcionamiento teniendo como principal objetivo el abastecimiento a la población, bajo las consignas adecuadas, para lo cual se implementaron los siguientes modos de operación que se mencionan:

**Modo Manual**

En este modo se hace mediante las aperturas y cierres de las válvulas hidráulicas, por lo que la operación en este modo es completa responsabilidad del operario.

**Modo Automático**

En este modo permitirá el funcionamiento de acuerdo con las consignas ingresadas desde el HMI o desde el SCADA, en este modo de funcionamiento el sistema de control se basará principalmente en la instrumentación instalada.

**k. PRUEBAS:**

Las pruebas verificaron que el sistema funciona de acuerdo con las especificaciones técnicas del Proyecto. Las pruebas se realizaron de acuerdo con protocolos definidos por la supervisión de la Obra. Las pruebas han sido realizadas por el Contratista, y la Supervisión estando presente todo el tiempo de duración, probando y verificando su ejecución.

Se contó con la participación de las áreas usuarias del sistema implementado de manera que obtuvieron un conocimiento más profundo acerca de cómo funciona el sistema entregado. Las pruebas realizadas fueron: Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT y Pruebas de Aceptación en Sitio (SAT).

Antes de la colocación de los tableros eléctricos, se realizaron las pruebas de aislamiento y de continuidad. Efectuándose las pruebas en cada circuito.

Los sistemas eléctricos conformados por tomacorrientes, iluminación interior y exterior han sido probados y regulados, funcionando óptimamente.

## **CAPITULO I**

### **CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA**

#### **1.1 MARCO INSTITUCIONAL**

##### **1.1.1 Razón Social**

La razón social de la empresa donde se desarrolló esta experiencia fue en K & G Contratistas Generales S.A.

RUC: 20383676411

Razón Social: K & G CONTRATISTAS GENERALES S.A.

Tipo Empresa: Sociedad Anónima

Condición: Activo

Fecha Inicio Actividades: 01 / Marzo / 1998

##### **1.1.2 Rubro**

Es una empresa dedicada a la construcción de obras de ingenierías civil: Edificaciones, saneamiento, viales y de arte, con más de 20 años de experiencia a lo largo del ámbito nacional para el sector público y privado.

##### **1.1.3 Ubicación**

Dirección Legal: Jr. José Gabriel Aguilar Nro. 768

Urbanización: Los Patriotas (6to Piso)

Distrito / Ciudad: San Miguel

Departamento: Lima, Perú

Estado Domicilio: Habido

### 1.1.4 Ubicación Geográfica



Fig. 3 Datos de la empresa  
Fuente: Brochure K&G Contratistas Generales S.A.

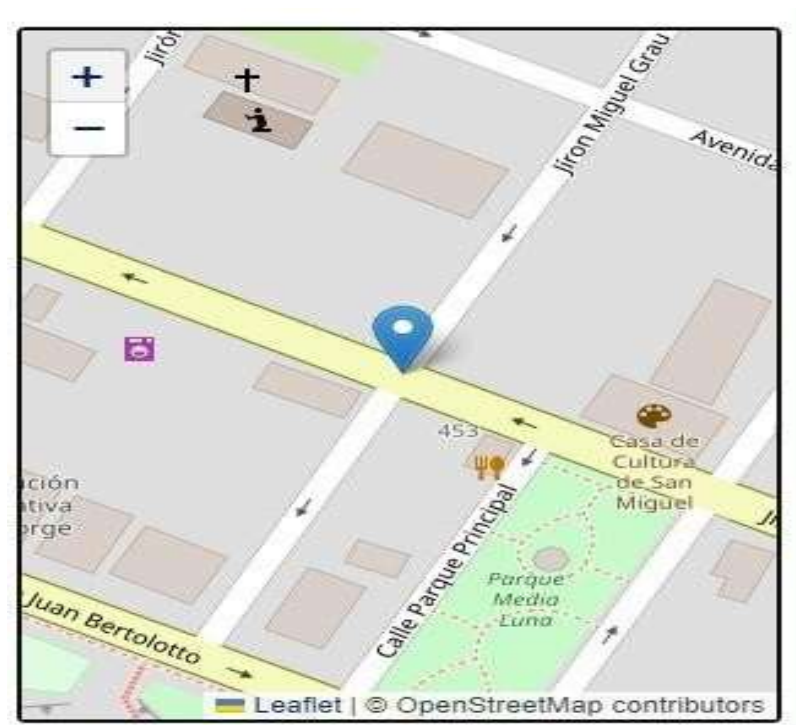


Fig. 4 Ubicación Geográfica.  
Fuente: Google Earth

### **1.1.5 Funciones del área**

El cargo que desempeño en la empresa es la de Ingeniero Junior de Proyectos, en este puesto me dedico específicamente a la planificación y control de la ejecución de los distintos proyectos que la empresa tiene en curso. Dentro de esto se considera el diseño e ingeniería de redes eléctricas, de agua, aire entre otras a fin de brindar y cumplir con los mejores plazos para los stakeholders y usuarios finales quienes serán beneficiados con estos proyectos.

### **1.1.6 Visión**

Liderar el impulso de innovación tecnológica para el desarrollo, gestión y formación para proyectarla a la sociedad con una única premisa “mejorar el mundo a través de la tecnología”

### **1.1.7 Misión**

Somos una empresa prestadora de servicios públicos domiciliarios de acueductos y de alcantarillado, cuyo objetivo principal es satisfacer las necesidades buscando bienestar para la comunidad, basados en nuestra experiencia y trayectoria en el mercado brindando así eficiencia y oportunidad en los servicios, contando con personal competente, calificado y altamente comprometido con el medio ambiente.

### **1.1.8 Valores**

Excelencia en el servicio, compromiso, creatividad, ética, responsabilidad

## **1.2 OBJETIVO**

El objetivo principal de presentar la descripción de la ejecución del equipamiento eléctrico y electromecánico es de ampliar, mejorar y prestar un mejor servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado en el sector 374Esquema San Pedro de Carabayllo del distrito de Carabayllo en la ciudad de Lima, razón por la cual, se vienen elaborando estudios y ejecutando obras que hacen posible traducir esa misión en acceso directo de la población a estos servicios básicos, los mismos que permitirán mejorar su condición de vida.

## CAPITULO II:

### TRAYECTORIA PROFESIONAL



#### DATOS PERSONALES

Calle Puerto Príncipe 141, Ate, Lima

972 015 124

carlos\_mebo@hotmail.com

medranobobadillacarlos@gmail.com

05/09/1995

Soltero

#### 2.1 EXPERIENCIA PROFESIONAL

Soy Bachiller en Ingeniería Mecánica y Eléctrica, con experiencia en obras públicas de saneamiento en las especialidades electromecánica, automatización, comunicaciones y SCADA, asimismo, cuento con experiencia en obras públicas de infraestructura vial y peatonal en las diferentes áreas de oficina técnica de obra y gerencia de obra. Me apasiona la tecnología, me gustan los retos, aprender nuevas experiencias y mejorar continuamente los procesos a fin de automatizarlos.

10/2023 – Hoy **CONSORCIO NUEVA JERUSALÉN IV** (Conformado por Corporación Ordoñez Contratistas Generales S.A.C., Constructora Altomayo S.A.C., Construcciones Marítimas y de la Superficie S.C.R.L., y K & G Contratistas Generales S.A.)

Obra: “AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL ESQUEMA JERUSALEN Y ANEXOS DISTRITO DE

PUENTE PIEDRA” Asistente Electromecánico, Automatización, Comunicaciones y SCADA.

11/2022 – Hoy **CONSTRUCTORA ALTOMAYO SAC**

Obra: “REPARACIÓN DE RESERVORIO; EN EL (LA) R-256 Y R257 UBICADOS EN LAS TORRES DE LIMATAMBO EN EL DISTRITO DE SAN BORJA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA” Asistente Electromecánico

09/2022 – 09/2023 **CONSORCIO YUSUKE** (Conformado por K&G Contratistas Generales S.A, JJR Durand S.A.C, HGD Contratistas S.A.C y Construcciones Marítimas y de la Superficie S.R.L.)

Obra: “AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA NUEVAS HABILITACIONES SARGENTO LORES – DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO” Asistente Electromecánico, Automatización, Comunicaciones y SCADA.

09/2021 – 08/2022 **CONSORCIO SANEAMIENTO PERU** (Conformado por Construcciones Marítimas y de la Superficie S.R.L., K&G Contratistas Generales S.A. y HGD Contratistas S.A.C)

Obra: “AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESQUEMA SAN PEDRO DE CARABAYLLO - DISTRITO DE CARABAYLLO - CONSTRUCCIÓN DEL RESERVORIO RP-02, LÍNEA DE IMPULSIÓN, LÍNEA DE ADUCCIÓN, TRONCALES ESTRATÉGICAS, REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR 374". Asistente Electromecánico, Automatización, Comunicaciones y SCADA

08/2020 – 08/2021 **CONSTRUCCIONES MARÍTIMAS Y DE LA SUPERFICIE S.R.L.**

Obra: “REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS, SARDINELES Y RAMPAS DE LA AV. DOMINGO ORUE. DISTRITO DE SURQUILLO” Obra: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. AURELIO GARCÍA Y GARCÍA CERCADO DEL DISTRITO DE LIMA - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA” Asistente de Ingeniería en Gerencia Técnica

04/2018 – 01/2020 **CONSORCIO JUAN PABLO II** (Conformado por Construcciones Marítimas y de la Superficie S.R.L., Constructora Costa Andina S.A.C, P&V Construcciones S.A.C., Edificaciones y Saneamiento S.R.L. e Ingeniería Medioambiente & Construcción S.A.C.)

Obra: “AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL PROYECTO ESPECIAL LOS ÁNGELES DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO” Asistente Electromecánico, Automatización, Comunicaciones y SCADA

## **CAPITULO III:**

### **APLICACIÓN PROFESIONAL**

#### **3.1 Generalidades**

La presente sección abarca la verificación del dimensionamiento y ejecución de los componentes implementados como parte de los trabajos de las Instalaciones Eléctricas y Electromecánicas de las estaciones R-01 y RP-02 del proyecto: “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema San Pedro de Carabayllo - Lima”.

Se efectuó la verificación del cálculo del Sistema de Bombeo, Potencia Instalada y Máxima Demanda, Alimentadores principales, circuitos para alimentación de electrobombas, circuitos derivados (Alumbrados, Tomacorrientes y otros servicios auxiliares), Sistemas de Puesta Tierra (Fuerza y Control); para el Reservoirio Existente Mejorado R-01 de manera que dicha estación pudo ser ejecutada. Integralmente, realizando las pruebas respectivas y se procedió a su puesta en servicio.

Se tuvieron en cuenta los requisitos establecidos en el Código Nacional de Electricidad Utilización, Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, las Normas correspondientes de la DGE / MEM, el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Recomendaciones de las Normas Internacionales IEC, NEC, NEMA, Especificaciones Técnicas de SEDAPAL (GPDA036), Especificaciones Técnicas del Equipo de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Bombeo de Agua Potable (EOMASBA), y las Recomendaciones de las áreas Usuarías de SEDAPAL.

#### **3.2 Alcances**

Comprende la verificación del cálculo, selección y dimensionamiento adecuado de las instalaciones eléctricas y electromecánicas del Reservoirio Existente Mejorado R-01 y Reservoirio Ejecutado RP-02, detalladas a continuación:

- Verificación del Cálculo del Sistema de Bombeo.
- Verificación del Cálculo de la Potencia Instalada y Máxima Demanda contratada a la Concesionaria Eléctrica.
- Verificación del Cálculo de Corriente Nominal y Corriente de Diseño.
- Verificación de la Selección de Alimentadores (Criterio de Corriente de Diseño y Caída de Tensión).
- Verificación de la Selección de las Protecciones.
- Verificación del Dimensionamiento de Banco de Condensadores.
- Verificación del Dimensionamiento del Sistema de Pozo a Tierra.

### 3.3 Bases de Cálculo

Los cálculos realizados tuvieron como referencia principal todos los lineamientos indicados en las bases del proyecto y los términos de referencia, considerando la información preliminar que fue alcanzada, de manera que se minimice la afectación a los mismos y se sustente adecuadamente los cambios realizados en el dimensionamiento inicial de los componentes eléctricos.

#### Parámetros de cálculo:

- Tensión de operación. ....220/440 Voltios
- Número de Fases.....Trifásico
- Número de Conductores (3 fases) ..... 3
- Caída de Tensión del alimentador hasta Tablero General TG .....< 2.5 %
- Caída de Tensión total, desde Punto Alimentación hasta salida más lejana .....< 4 %
- Factor de Potencia general final (f.d.p) .....0.98
- Coeficiente de Resistividad del Cobre ( $\rho$ ).....0.017535  $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>/m

A continuación, se adjunta tablas de datos técnicos de los cables eléctricos, para el desarrollo de los cálculos justificativos en la selección de alimentadores y circuitos derivados.

#### DATOS ELÉCTRICOS

Nro.Fases	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente enterrado 20°C [A]	Capac. Corriente aire 30°C - formac. plana [A]	Capac. Corriente aire 30°C - formac. triang. [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
2	16	1.15	100	121	-	492.0
2	25	0.727	129	161	-	490.0
3	6	3.08	49	55	53	363.0
3	10	1.83	65	77	74	408.0
3	16	1.15	84	105	101	492.0
3	25	0.727	107	141	135	490.0
3	35	0.524	129	176	169	564.0
3	50	0.387	153	216	207	589.0
3	70	0.268	188	279	268	641.0
3	95	0.193	226	342	328	744.0
3	120	0.153	257	400	383	778.0
3	150	0.124	287	464	444	747.0
3	185	0.0991	324	533	510	713.0
3	240	0.0754	375	634	607	762.0
3	300	0.0601	419	736	703	802.0
3	400	0.047	491	868	823	838.0
3	500	0.0366	554	998	946	859.0

Tabla III. Datos técnicos N2XOH (Tripolar)  
Fuente: Ficha técnica Cable N2XOH 0,6/1 kV Marca INDECO

## DATOS ELÉCTRICOS

ITEM	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capac. Corriente ducto 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
01	2.5	7.41	37	27	217.0
02	4	4.61	45	34	259.0
03	6	3.08	61	44	325.0
04	10	1.83	88	62	287.0

Tabla IV. Datos técnicos NHX-90  
Fuente: Ficha técnica Cable NHX-90 450/750 V Marca INDECO

### 3.4 Cálculo del Sistema de Bombeo del Reservoirio R-01 al RP-02

#### a) Datos Hidráulicos de Diseño:

Caudal de Bombeo (Q)	:	75.00 l/s
Altura Dinámica Total (HDT)	:	77.00 m
Eficiencia mínima (n)	:	77% para Q de 10 a 19 l/s 78% para Q de 20 a 34 l/s 82% para Q de 35 a 74 l/s 83% para Q de 75 a 99 l/s 84% para Q de 100 a 150 l/s
Velocidad Máxima	:	1800 rpm
Tensión de Trabajo	:	440 VAC
Frecuencia	:	60 Hz

Características de la fuente donde se instalaron los equipos de bombeo:

Tipo de Fuente	:	Reservoirio
Tipo de Succión	:	Con Carga Positiva

#### b) Selección de Equipo de Bombeo

- En vista de que caudal de bombeo total requerido por Sedapal es de 75.00 l/s, se seleccionaron dos (02) equipos de bombeo de las mismas características; uno (01) en operación y uno (01) en Stand – By.

Se considero la mejor eficiencia hidráulica y mecánica, equipos de bombeo con servicio post venta y disponibilidad de repuestos para atención oportuna.

Los equipos de bombeo que impulsa agua de la estación R-1 a la estación RP-2

seleccionados fueron del proveedor HIDROSTAL S.A., equipos que constan de un motor eléctrico de 125HP de marca GENERAL ELECTRIC de alta eficiencia (Eficiencia Premium) y ventilación cerrada (TEFC); y de una bomba con turbina de eje vertical con caudal de operación de 75 l/s y una altura dinámica total de 77 mca. de la marca HIDROSTAL.

- Cálculo de la Potencia absorbida de la bomba

Fórmula de la Potencia del equipo de bombeo: “Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable – Organización Panamericana de la Salud - Lima, 2005” [2]

$$P_{\text{abs}} = \frac{Q * HDT}{76 * n}$$

Donde:

- $P_{\text{abs}}$  : Potencia Absorbida de la bomba (HP)
- $Q$  : Caudal de Bombeo (l/s)
- $HDT$  : Altura Dinámica Total (m)
- $n$  : Eficiencia de la Bomba

Resultado potencia absorbida de la bomba:

$$P_{\text{abs}} = \frac{75.00 * 77.00}{76 * 0.84}$$

$$P_{\text{abs}} = 90.46 \text{ HP}$$

Para calcular la potencia absorbida de la bomba se multiplicó el caudal de bombeo requerido por Sedapal en l/s con la altura dinámica total en metros de columna de agua (diferencia de cotas entre la estación R-01 y RP-02 más pérdidas), dividido entre 76 y entre la eficiencia del equipo de bombeo, basándonos en el libro de la referencia indicada.

- Cálculo de la Potencia del Motor para accionar la bomba

Fórmula de la Potencia del Motor Eléctrico: Referencia: Elaboración Propia

$$P_{\text{Mot}} = 1.2 * P_{\text{abs}} \text{ (para motores trifásicos)}$$

Donde:

- $P_{\text{mot}}$  : Potencia Nominal del Motor (HP)
- $P_{\text{abs}}$  : Potencia Absorbida de la bomba (HP)

Resultado:


$$P_{\text{mot}} = 1.2 * 90.46$$

$$P_{\text{mot}} = 108.55 \approx 125 \text{ HP}$$

Para calcular la potencia requerida para el motor eléctrico se aumentó un 20% a la potencia absorbida de la bomba como factor de seguridad, lo cual resultó en 109.86 HP, por lo tanto, se seleccionó el motor eléctrico comercial de 125HP.

### c) Selección del Equipo de Bombeo

De acuerdo a los datos de Caudal y HDT requeridos por SEDAPAL y en base al cálculo de la potencia del motor eléctrico se seleccionó el equipo de bombeo de la marca HIDROSTAL modelo B12C-H-04-W-10x1.7/16-10-S-T2-125-4 de eficiencia 84% y motor eléctrico de la marca GENERAL ELECTRIC de 125HP con factor de servicio del 15%, eficiencia premium y aislamiento tipo H.

				DESCRIPCION No.	H56
				OFERTA No. MGS-00230-21-Rev.01 ITEM No. 1	
<b>BOMBA TURBINA VERTICAL TABLA TÉCNICA</b>					
<b>MODELO DE EQUIPO ELECTROBOMBA HIDROSTAL B12C-H-04-W-10x1.7/16-10-S-T2-125-4 + BARRIL</b>					
<b>CODIGO</b> -					
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE				CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Tipo de instalación:	Barril			Caudal (lps):	75.0
Líquido a bombear:	Agua limpia			A.D.T. (m):	77.0
Temperatura fluido (°C):	16	Tipo de lubricación:	Agua	Eficiencia (%):	84.0
Gravedad específica:	1	Nivel estático (m):	-	Potencia absorbida (hp):	91.7
Nivel de pH:	7	Nivel dinámico (m):	-	Potencia Abs. Máx. (hp):	96.0
Temperatura ambiente (°C):	20	Profundidad inst. (m):	-	Velocidad de Oper. (rpm):	1,770
Altitud (msnm):	277	Profundidad pozo (m):	-	NPSH requerido (m):	6.0
Caudal (lps):	75.0	Diámetro pozo (pulg):	Amplio	Sumergencia mínima (pulg):	18.0
A.D.T. (m):	77.0	Presión descarga (psi):	-	Recubrimiento de porcelana:	SI

DATOS BOMBA		MOTOR ELÉCTRICO			
Marca:	<b>HIDROSTAL</b>	Marca:	<b>GENERAL ELECTRIC</b>		
Tipo de Bomba:	Turbina vertical corta	Tipo:	<b>Cerrado</b>		
Tipo de impulsor:	Cerrado	Eficiencia:	Premium efficiency		
Diámetro de descarga:	10 pulg	Norma de Construcción:	NEMA		
No. de etapas:	4	Eje de motor:	Hueco		
Diámetro del impulsor:	205.0 mm	Grado de protección:	<b>TEFC</b>		
Diámetro exterior bomba:	11. 1/2 pulg	Frame:	444 TP		
Tipo de canastilla:	Cesto	Factor de servicio:	1,15		
Tipo de lubricación:	Agua	Potencia nominal (hp):	125		
Longitud / Ø Tubo succión:	-	Aislamiento:	H		
		Velocidad nominal (rpm):	1,800		
		Voltaje Fases Hz:	<b>220-440 V</b>	3	60
		Tipo de arranque:	Estrella-Triángulo		
COLUMNA DESCARGA		LINTERNA DE DESCARGA			
Diám. columna exterior:	10 pulg	Diámetro succión x descarga:	10" x 10"		
Diám. Columna interior:	1.7/16 pulg	Válvula selenoide (V):	-		
Longitud:	6.8 pies aprox.	Sistema de Pre-lubricación:	NO		
Diám. separadores (pulg):	-				
No. de separadores:	-				

Tabla V.- Datos técnicos del equipo de bombeo seleccionado

Fuente: Ficha Técnica de Proveedor HIDROSTAL S.A.

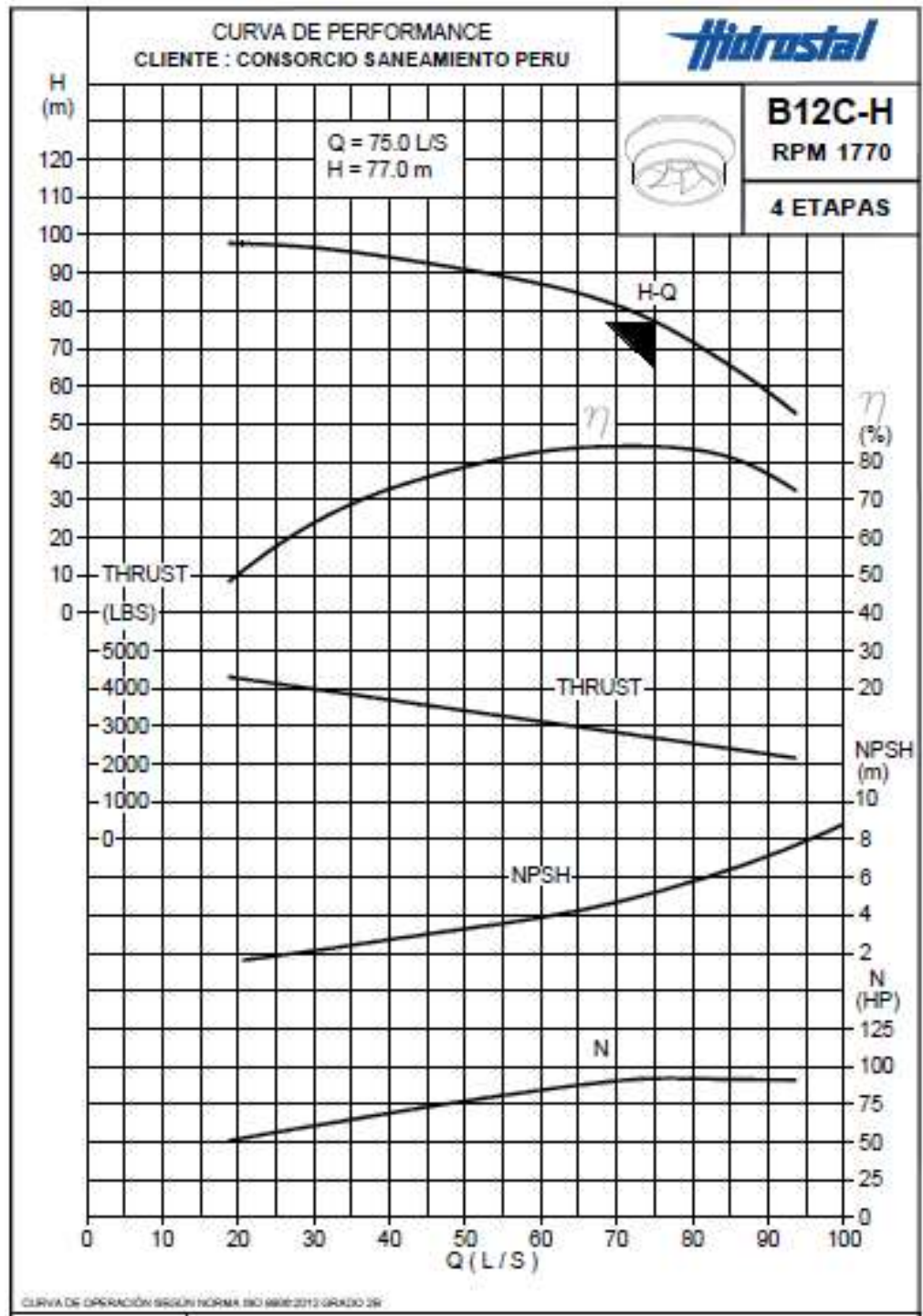


Fig. 5 Curva de Operación del Equipo de Bomba seleccionado  
Fuente: Curva de Operación de Proveedor HIDROSTAL S.A.

Asimismo, el proveedor adjuntó la curva de operación del equipo de bombeo seleccionado en la que se puede apreciar la altura dinámica total y el caudal de operación en el punto de operación de 77 metros y 75 l/s, la eficiencia  $\eta$  en 84%, la potencia absorbida en 90.46 HP, un NPSH de 6 metros; como se aprecia si se varía el caudal o la altura dinámica total también variarán los referidos parámetros explicados.

Los equipos de bombeo de 125 HP se instalaron en el segundo piso de la estación R-01, este segundo piso fue habilitado para instalar los equipos de bombeo junto al equipamiento eléctrico y electromecánico proyectado para la estación.



Fig. 6 Estación R-01 sin equipamiento eléctrico y electromecánico



Fig. 7 Equipos de Bombeo junto equipamiento eléctrico y electromecánico instalados – Estación R-01

### 3.5. Cálculo de la potencia instalada y máxima demanda

Estación R-01 y Estación RP-02:

Para la determinación de la Potencia Instalada y de la Máxima Demanda, a nivel del Tablero General de fuerza, se consideró las potencias de las Electrobombas, Alumbrados,

Tomacorrientes y las cargas de los equipos de automatización, control y telemetría; procediéndose a efectuar los correspondientes cálculos de conformidad con los lineamientos establecidos por las Normas que rigen el Sub. Sector Eléctrico.

Los cálculos de la máxima demanda que a continuación, se realizaron en forma independiente por cuestiones de dimensionamiento de equipos. Para la solicitud de los suministros eléctricos, se consideraron los valores obtenidos en dichos cálculos, por lo que la máxima demanda total, fue la suma de las máximas demandas independientes.

La Potencia Instalada para cada carga se calculó de la siguiente manera:

Electrobomba	$P.I = \# \text{ Electrobombas} \times \text{Pot. Motor de la Bomba}$
Alumbrado y tomacorriente	$P.I = A. \text{ techada} \times 25 \text{ W/m}^2$
Automatización, Control y Telemetría	$P.I = \text{Pot. Grupal (1500 W)}$
Alumbrado exterior	$P.I = \# \text{ unidades} \times \text{Pot. Lámpara}$

La Potencia Instalada para cada carga la calculamos de la siguiente manera:

Electrobomba	$P.I = \# \text{ Electrobombas} \times \text{Pot. Motor de la Bomba}$
Alumbrado y tomacorriente	$P.I = A. \text{ techada} \times 25 \text{ W/m}^2$
Automatización, Control y Telemetría	$P.I = \text{Pot. Grupal (1500 W)}$
Alumbrado exterior	$P.I = \# \text{ unidades} \times \text{Pot. Lámpara}$

#### **Cálculo de la Máxima Demanda:**

Fórmula de la Máxima Demanda: “Código Nacional de Electricidad – Utilización - Sección 050” [1]

$$MD = \frac{P.I \times F.D}{\eta}$$

Dónde:

M.D :	Máxima Demanda (kW)
P.I :	Potencia Instalada (kW)
F.D :	Factor de Demanda
$\eta$ :	Eficiencia (de ser el caso)

CUADRO DE CARGAS					
ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA	FACTOR DE DEMANDA	EFICIENCIA (%)	DEMANDA MAXIMA
Reservorio Existente Mejorado "RP-01"	1 Electrobomba Principal				
	2 und. 125HP (93.25kW)	186.50 KW	0.50	95.2%	97.95 KW
	2 Alumbrado Interior y Tomacorrientes (208 m2)				
	Primer piso: 25W/m2 x 102 m2	2.55 KW	0.80		2.04 KW
	Segundo piso: 25W/m2 x 70 m2	1.75 KW	0.80		1.40 KW
	Case ta de Guardiania: 25W/m2 x 31 m2	0.78 KW	0.80		0.62 KW
	3 Alumbrado Exterior				
	4 Lum. x 27W	0.11 KW	1.00		0.11 KW
	4 Automatización, Control y Telemetría				
	1 und. x 1.50kW	1.50 KW	1.00		1.50 KW
5 Reserva 15% del total de la demanda					15.54 KW
TOTAL		P.I = 193.18 KW			D.M. = 119.16 KW

DEMANDA MAXIMA TOTAL = D.M x fs(Simultaneidad) =119.16 x 1.00 (fs) = 119.16kW

Tabla VI. Demanda Máxima Reservorio Mejorado R-01  
Fuente: Elaboración propia

La carga que se contrató con la concesionaria eléctrica ENEL DISTRIBUCION PERU S.A.A. para el reservorio R-01 fue de 120.00 kW, suministro trifásico en media tensión en tarifa MT3. El número de suministro eléctrico asignado fue el N°2425417.



Fig. 8 Puesta en servicio de suministro eléctrico en media tensión por parte de ENEL DISTRIBUCION PERU - Estación R-01

CUADRO DE CARGAS				
ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MAXIMA
Reservorio Apoyado Proyectado "RP-02"	1 Alumbrado Interior y Tomacorrientes (55 m2) 25W/m2 x 55 m2	1.38 KW	0.80	1.10 KW
	2 Alumbrado Exterior 3 Lum. x 27W	0.08 KW	1.00	0.08 KW
	3 Automatización, Control y Telemetría 1 und. x 1.00 kW	1.00 KW	1.00	1.00 KW
	TOTAL	P.I = 2.46 KW	D.M. =	2.19 KW

**DEMANDA MAXIMA TOTAL = D.M x fs(Simultaneidad) = 2.19 x 1.00 (fs) = 2.19 kW**

Tabla VII. Demanda Máxima Reservorio Ejecutado RP-02  
Fuente: Elaboración propia

La carga que se contrató con la concesionaria eléctrica ENEL DISTRIBUCION PERU S.A.A. para el reservorio RP-02 fue de 4.00 kW, suministro trifásico en baja tensión en tarifa BT5B. El número de suministro eléctrico asignado fue el N°3057240.



Fig. 9 Puesta en servicio de suministro eléctrico en baja tensión por parte de ENEL DISTRIBUCION PERU - Estación RP-02

### 3.6 Cálculo del Transformador de Potencia de la Subestación Eléctrica en Estación R-01

#### La Potencia Aparente de la Máxima Demanda:

$$M. D = 103.62kW \approx 105 kW$$

Fórmula teórica de la Potencia Aparente: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$S = \frac{P}{F. P}$$

Dónde:

S : Potencia Aparente de la Máxima Demanda (kVA)

P : Potencia Activa de la Máxima Demanda (kW)

F. P : Factor de potencia considerada 0.8.

Resultado:

$$S = \frac{105}{0.8}$$

$$MD = 131.25 kVA$$

**La potencia del Transformador fue la máxima demanda más 25% de reserva:**

Fórmula:

$$P_{\text{trafo}} = 1.25 * M. D$$

Dónde:

$P_{\text{trafo}}$  : Potencia del Transformador (kVA)

M.D: Máxima Demanda (kVA)

$\eta$  : Eficiencia (de ser el caso)

Resultado:

$$P_{\text{trafo}} = 1.25 * 131.25$$

$$P_{\text{trafo}} = 164.06 \approx 160 kVA$$

En tal sentido la potencia del transformador instalado fue de 160 kVA, mediante una Subestación Aérea Biposte que alberga al referido transformador. El cual se seleccionó en base al resultado de la formula teórica de la potencia aparente por medio de la máxima demanda de la estación. El transformador instalado ha sido un Transformador Convencional Trifásico en Aceite de 160kVA de la Marca Promelsa, con tensión nominal 10-20/0.46 kV.



Fig. 10 Transformador en aceite de 160kVA en subestación aérea biposte instalado - Estación R-01

### 3.7 Cálculo de Los Interruptores

#### 3.7.1 Cálculo del Interruptor General para el Tablero General Principal de la Estación R-01

El interruptor general de baja tensión se calculó en base a la potencia del transformador.

Fórmula teórica de la Intensidad por Potencia Aparente: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Dónde:

I : Intensidad nominal del Transformador (A)

S : Potencia del Transformador (kVA)

V : Voltaje en Baja Tensión del Transformador (kV)

Resultado:

$$I = \frac{160}{1.73 * 0.46}$$

$$I = 201.06A$$

#### Cálculo del Interruptor:

La intensidad del interruptor se consideró la intensidad de diseño.

Fórmula:

$$I_d = I_n * 1.25$$

Dónde:

I<sub>d</sub> : Intensidad de diseño (A)

I<sub>n</sub> : Intensidad nominal (A)

Resultado:

$$I_d = 201.06 * 1.25$$

$$I_d = 251.33 A$$

Por lo tanto, se seleccionó un Interruptor trifásico de caja moldeada regulable de 175-250A con capacidad de ruptura de 65kA a 460V de la marca Schneider Electric.



Fig. 11 Interruptor General en Baja Tensión de la Sub Estación Eléctrica Biposte

### 3.7.2 Cálculo de los Interruptores Principales del Tablero General de la Estación R-01

#### a) Cálculo del Interruptor General:

El interruptor general se calculó en base a la Máxima Demanda.

$$MD = 103.62 \approx 105 \text{ kW}$$

Fórmula teórica de la Potencia Aparente de Máxima Demanda: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$S = \frac{MD}{F.P}$$

Dónde:

S : Potencia Aparente de Máxima Demanda (kVA)

F. P : Factor de potencia considerada 0.8

Resultado:

$$S = \frac{105}{0.8}$$

$$S = 131.25 \text{ kVA}$$

Fórmula teórica de la Intensidad nominal de Máxima Demanda: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Dónde:

I : Intensidad nominal (A)

S : Potencia de la Máxima Demanda (kVA)

V : Voltaje en Baja Tensión del Sistema (kV)

Resultado:

$$I = \frac{131.25}{1.73 * 0.44}$$

$$I = 172.46A$$

### **Cálculo del Interruptor:**

La intensidad del interruptor se consideró la intensidad de diseño.

Fórmula:

$$I_d = I_n * 1.25$$

Dónde:

$I_d$  : Intensidad de diseño (A)

$I_n$  : Intensidad nominal (A)

Resultado:

$$I_d = 172.46 * 1.25$$

$$I_d = 215.53 A$$

Por lo tanto, se seleccionó un Interruptor trifásico de caja moldeada regulable de 175-250A con capacidad de ruptura de 65kA a 440V de la marca Schneider Electric.

#### b) Cálculo de los Interruptores Secundarios a los Tableros de Electrobomba TF-B1 y TF-B2:

Fórmula teórica de la Intensidad del Motor: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$I = \frac{0.746 * P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi * \eta}$$

Dónde:

$I$  : Intensidad del Motor (A)

$P$  : Potencia del Motor (HP)

$V$  : Voltaje del Motor (kV)

$\cos\phi$ : Factor de Potencia del Motor

$\eta$  : Eficiencia del Motor (Premium)

Resultado:

$$I = \frac{0.746 * 125}{1.73 * 0.44 * 0.85 * 0.952}$$

$$I = 151.39A$$

### Cálculo del Interruptor:

La intensidad del interruptor se consideró la intensidad de diseño.

Fórmula:

$$I_d = I_n * 1.25$$

Dónde:

$I_d$  : Intensidad de diseño (A)

$I_n$  : Intensidad nominal (A)

Resultado:

$$I_d = 151.39 * 1.25$$

$$I_d = 189.24 \text{ A}$$

Por lo tanto, se seleccionó Interruptores trifásicos de caja moldeada regulable de 140-200A con capacidad de ruptura de 35kA a 440V de la marca Schneider Electric.

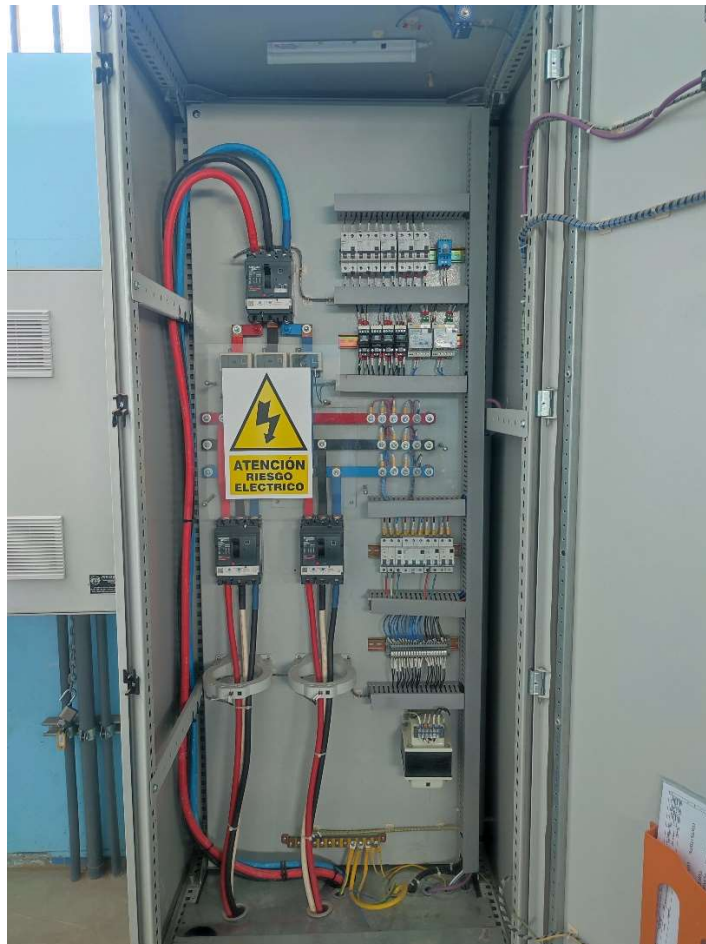


Fig. 12 Interruptor General e Interruptores Secundarios en Tablero General Autosoportado

### 3.8 Cálculo de los Equipos de los Tableros de Electrobomba TF-B1 y TF-B2

#### a) Cálculo del Interruptor General:

Fórmula teórica de la Intensidad del Motor: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$I = \frac{0.746 * P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi * \eta}$$

Dónde:

I : Intensidad del Motor (A)

P : Potencia del Motor (HP)

V : Voltaje del Motor (kV)

Cosφ: Factor de Potencia del Motor

η : Eficiencia del Motor (Premium)

Resultado:

$$I = \frac{0.746 * 125}{1.73 * 0.44 * 0.85 * 0.952}$$

$$I = 151.39A$$

#### Cálculo del Interruptor:

La intensidad del interruptor se consideró la intensidad de diseño.

Fórmula:

$$I_d = I_n * 1.30$$

Dónde:

I<sub>d</sub> : Intensidad de diseño (A)

I<sub>n</sub> : Intensidad nominal (A)

Resultado:

$$I_d = 151.39 * 1.30$$

$$I_d = 196.81 \text{ A}$$

Por lo tanto, se seleccionó Interruptores trifásicos de caja moldeada regulable de 140-200A con capacidad de ruptura de 35kA a 440V de la marca Schneider Electric.

**b) Cálculo de los Contactores de Línea y de By Pass:**

La corriente utilizada para la selección de los contactores es la  $I_d$ , entonces:

Contactor Principal = 225 Amp.

Contactor By Pass = 225 Amp.

Por lo tanto, se seleccionaron Contactores trifásicos AC3 de 225A a 440V de la marca WEG modelo CWM.

**c) Cálculo del Arrancador:**

La corriente utilizada para la selección del Arrancador es el 30% de la

$I_n$ , entonces: Arrancador = 203 Amp.

Por lo tanto, se seleccionó Arrancador suave trifásico de 203A, 440V – 60Hz y con comunicación PROFIBUS DP de la marca WEG modelo SSW06.

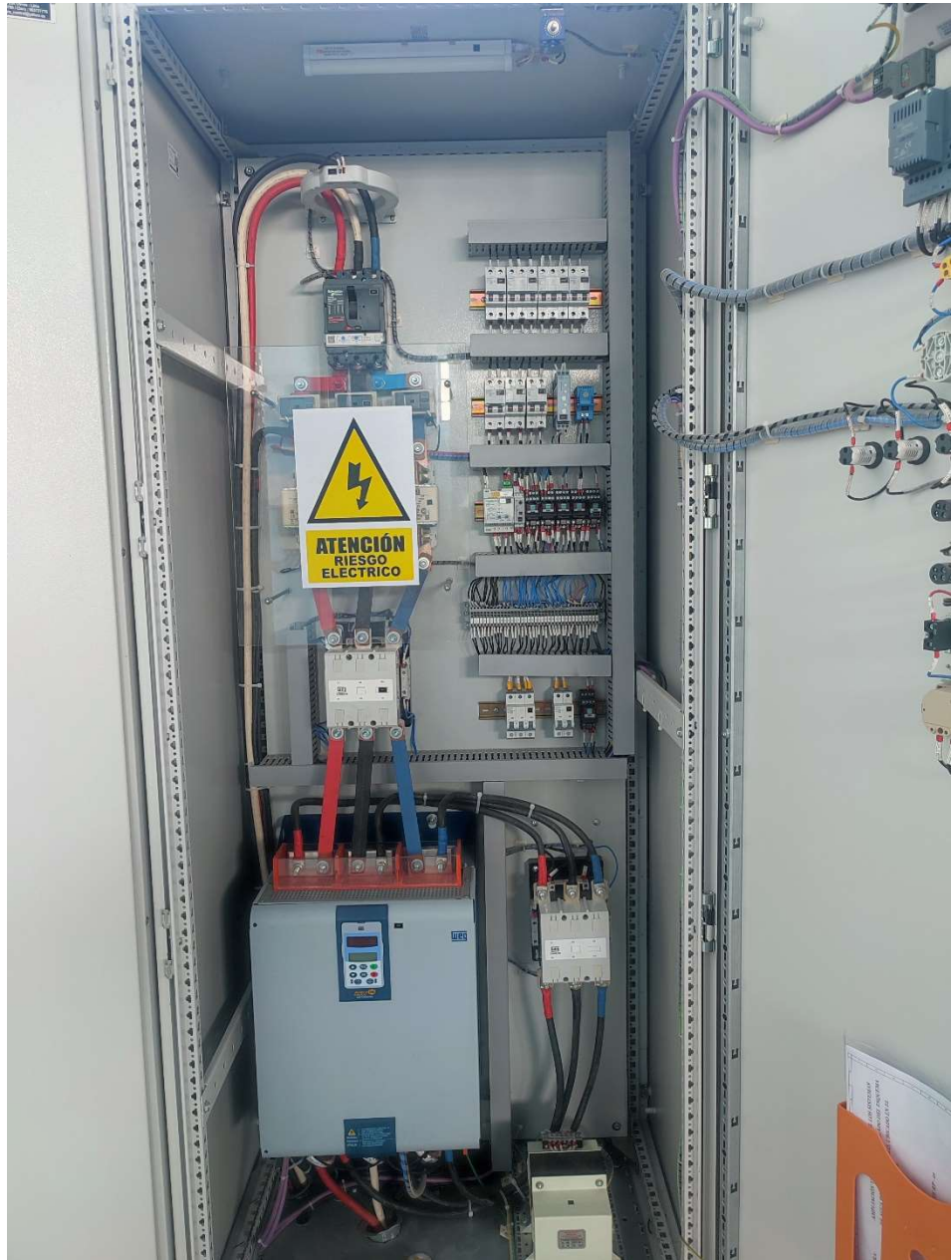


Fig. 13 Interruptor General, Contactores de Línea y Bypass y Arrancador de Estado Sólido en Tablero de Electrobomba

### 3.9 Dimensionamiento de los bancos de condensadores

Para el dimensionamiento de los bancos de condensadores, necesarios para corregir el factor de potencia de los motores implementados en el presente proyecto, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La potencia aparente del motor de la bomba ( $P_{mot}$ ), fue dada por el valor de placa e indicado en HP, para efectos de cálculo se convertirá a kW multiplicando por un factor de 0.746.
- El Factor de Potencia Inicial ( $\cos \theta_1$ ), indicado en la placa del motor, fue asumido con un valor de 0.85, para efectos del presente cálculo.
- El Factor de Potencia Corregido ( $\cos \theta_2$ ), fue de acuerdo con los requerimientos de SEDAPAL y que es de 0.98.

#### 3.9.1 BANCO DE CONDENSADORES DE LOS TABLEROS TBC-B1 Y TBC-B2

Fórmula teórica de la potencia del banco de condensador: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$C = 0.746 * P_{mot} * (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

Donde:

C :	Potencia del Banco de Condensadores (kVAR)
$P_{mot}$ :	Potencia Nominal del Motor (HP)
Tg $\theta_1$ :	Tangente Inicial = 0.6197
Tg $\theta_2$ :	Tangente Final = 0.2031

Resultado:

$$C = 0.746 * 125 * (0.6197 - 0.2031)$$

$$C = 0.746 * 125 * 0.4166$$

$$C = 38.85 \approx 39 \text{ kVAR}$$

Por lo tanto, se seleccionó banco de condensadores de 39kVAR a 440V, por lo tanto, se instaló un condensador de 29kVAR y un condensador de 10.5kVAR a 440V de la marca Schneider Electric modelo VARPLUS CAM, a fin de obtener un factor de potencia corregido de 0.98.

### 3.9.2 CÁLCULO DEL INTERRUPTOR PARA LOS TABLEROS TBC-B1 Y TBC-B2

Fue para la potencia del banco seleccionado.

Fórmula teórica de la intensidad para selección del banco de condensador: “Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric” [3]

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} * V}$$

Dónde:

I : Intensidad nominal (A)

Q : Potencia Reactiva (kVA)

V : Voltaje en Baja Tensión (kV)

Resultado:

$$I = \frac{39.00}{1.73 * 0.44}$$

$$I = 51.23A$$

#### Cálculo del Interruptor:

La intensidad del interruptor se consideró la intensidad de diseño.

Fórmula:

$$I_d = I_n * 1.25$$

Dónde:

I<sub>d</sub> : Intensidad de diseño (A)

I<sub>n</sub> : Intensidad nominal (A)

Resultado:

$$I_d = 51.23 * 1.25$$

$$I_d = 64.04 \text{ A}$$

Por lo tanto, se seleccionaron Interruptores trifásicos de caja moldeada de 100A con capacidad de ruptura de 15kA a 440V de la marca Schneider Electric.



Fig. 14 Interruptor General y Condensadores en Tablero de Banco de Condensador

### 3.10 Cálculo de la Sección de Conductores Alimentadores y Derivados

Los cálculos para la determinación de las secciones de los conductores Alimentadores para los Tableros Generales y para los circuitos hacia los tableros de distribución, se han efectuado aplicando las siguientes fórmulas:

#### 1. Parámetros para el Cálculo del Alimentador:

- Carga de alimentación a Motor.
- Cargas de Alumbrado Exterior e Interior, Tomacorriente y equipos de Control.
- Corriente nominal del sistema.

#### Fórmula para el cálculo de la corriente de Diseño del alimentador general

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

#### 2. Fórmula para Verificación por Caída de Tensión Máxima:

Fórmula de Caída de Tensión Máxima: “Manual y Catálogo del Electricista – MYCE – Schneider Electric” [4]

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_d \times \cos\phi \times \rho \times L/S$$

Dónde:

$\Delta V$  : Caída de Tensión (V)

$I_d$  : Intensidad Nominal (A)

$\cos\phi$ : Factor de Potencia

$\rho$  : Resistividad del Cobre ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

$L$  : Longitud del conductor (Km)

$S$  : Sección transversal del conductor ( $\text{mm}^2$ )

Entonces tenemos:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V \times 100}{V}$$

Dónde:

$\% \Delta V$ : Porcentaje de Caída de Tensión (V)

$V$  : Voltaje Nominal (V)

El valor obtenido resultó aceptable considerando:

Que de acuerdo con el CNE. La caída de tensión máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado no debe exceder el 4%. Es decir 8.8 voltios para 220 Vac y 17.6 V para 440 Vac.

SELECCIÓN DE ALIMENTADORES RESERVORIO EXISTENTE MEJORADO RP-01													
ALIMENTADORES PRINCIPALES													
CARGA PROYECTADA 440V													
"AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESQUEMA SAN PEDRO DE CARABAYLLO – LIMA"													
<b>Proyecto:</b>													
<b>Distrito:</b>	Carabayllo												
<b>Provincia:</b>	Lima												
<b>Departamento:</b>	Lima												
<b>TIPO DE CABLE:</b>	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90
<b>SISTEMA:</b>	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	MONOFÁSICO
<b>CONDUCTOR:</b>	3-1x120	3-1x95	3-1x70	3-1x50	3-1x35	3-1x25	3-1x16	3-1x10	3-1x6	3-1x4	3-1x4	3-1x4	2-1x4
<b>F.C. (V/(A*km)):</b>	0.42	0.42	0.55	0.76	0.98	1.33	2.05	3.2	5.307	7.892	9.113	9.113	
<b>CORRIENTE (A) EN DUCTO:</b>	279	242	203	160	135	107	85	62	44	34	34	34	
<b>CORRIENTE (A) AIRE:</b>	437	375	307	245	197	158	124	88	61	45	45	45	
<b>MAXIMA DEMANDA (KW)</b>	103.62												
<b>CARGA CONTRATADA(KW):</b>	120.00												
<b>TENSIÓN:</b>	440.00												
<b>F.P. (Cosφ):</b>	0.85												
<b>TIPO DE CABLE:</b>	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH
<b>SISTEMA:</b>	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO
<b>CONDUCTOR:</b>	3-1x240	3-1x185	3-1x150	3-1x120	3-1x95	3-1x70	3-1x50	3-1x35	3-1x25	3-1x16	3-1x16	3-1x16	3-1x10
<b>F.C. (V/(A*km)):</b>	0.22	0.26	0.3	0.35	0.42	0.55	0.76	0.98	1.33	2.05	2.05	2.05	3.201
<b>CORRIENTE (A) EN DUCTO:</b>	525	450	410	380	330	275	230	195	160	125	125	125	95
<b>CORRIENTE (A) AIRE:</b>	690	575	510	435	375	305	240	200	160	125	125	125	90
<b>MOTORES</b>													
<b>POTENCIA (HP)</b>	n	Cosφ	RPM										
	125	95.2	0.85	1800									
<b>DESDE TABLERO</b>	HACIA BORNES	POT. (kw)	CORRIENTE (A)	F.S. 1.25 (A)	SECCIÓN (mm2)	NÚMERO DE TERNAS	TIPO DE CABLE	LONGITUD	ΔV (VOL)	ΔV (%)	TIERRA (mm2)	TUBERIA (mm)	
TRAFO 160KVA	TGP	128.00	201.06	251.32	3-1x95	1	N2XOH	12.00	0.62	0.14	<2.5%	80	
TGP	TG-440V	128.00	201.06	251.32	3-1x95	1	N2XOH	20.00	1.03	0.23	<2.5%	80	
TG-440V	TF-B1	97.95	151.39	189.24	3-1x70	1	NH	6.00	0.33	0.08	<2.5%	65	
TG-440V	TF-B2	97.95	151.39	189.24	3-1x70	1	NH	5.00	0.28	0.06	<2.5%	65	
TF-B1	(15HP)	97.95	151.39	189.24	3-1x70	1	NH	18.00	1.00	0.23	<2.5%	65	
TF2-B	(15HP)	97.95	151.39	189.24	3-1x70	1	NH	20.00	1.11	0.25	<2.5%	65	
TF1	TBC-B1 (39KVAR)	-	51.23	64.04	3-1x16	1	NH	8.00	0.66	0.15	<2.5%	40	
TF2	TBC-B2 (39KVAR)	-	51.23	64.04	3-1x16	1	NH	10.00	0.82	0.19	<2.5%	40	
TG-440V	TRAFO 10KVA	8	13.14	16.42	3-1x4	1	NH	8.00	0.64	0.14	<2.5%	25	
TG-440V	TRAFO 5KVA	4	11.36	14.20	2-1x4	1	NH	36.00	2.86	0.65	<2.5%	25	
(1) Calculo de Alimentador de acuerdo al CNE - Utilización 2006 - 160-108													

Tabla VIII. Selección de alimentadores de Estación R-01  
Fuente: Elaboración propia

SELECCIÓN DE ALIMENTADORES RESERVIORIO APOYADO PROYECTADO RP-02												
ALIMENTADORES PRINCIPALES												
CARGA PROYECTADA 220V												
"AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESQUEMA SAN PEDRO DE CARABAYLLO – LIMA"												
<b>Proyecto:</b>	Villa María del Triunfo											
<b>Distrito:</b>	Lima											
<b>Provincia:</b>	Lima											
<b>Departamento:</b>	Lima											
<b>TIPO DE CABLE:</b>	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90	NHX-90
<b>SISTEMA:</b>	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO
<b>CONDUCTOR:</b>	3-1x120	3-1x95	3-1x70	3-1x50	3-1x50	3-1x35	3-1x25	3-1x16	3-1x10	3-1x6	3-1x4	2-1x4
<b>F.C. (V/(A*Km)):</b>	0.42	0.42	0.55	0.76	0.76	0.98	1.33	2.05	3.20	5.307	7.892	9.113
<b>CORRIENTE (A) EN DUCTO:</b>	279	242.00	203.00	160.00	160.00	135.00	107.00	85.00	62.00	44.00	34.00	34.00
<b>CORRIENTE (A) AIRE:</b>	437	375.00	307.00	245.00	245.00	197.00	158.00	124.00	88.00	61.00	45.00	45.00
<b>MAXIMA DEMANDA (KW)</b>	2.19											
<b>CARGA CONTRATADA(KW):</b>	4.00											
<b>TENSIÓN:</b>	220.00											
<b>F.P. (COSφ):</b>	0.85											
<b>TIPO DE CABLE:</b>	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH	N2XOH
<b>SISTEMA:</b>	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO	TRIFÁSICO
<b>CONDUCTOR:</b>	3-1x240	3-1x185	3-1x150	3-1x120	3-1x120	3-1x95	3-1x70	3-1x50	3-1x35	3-1x25	3-1x16	3-1x10
<b>F.C. (V/(A*Km)):</b>	0.22	0.26	0.3	0.35	0.35	0.42	0.55	0.76	0.98	1.33	2.05	3.201
<b>CORRIENTE (A) EN DUCTO:</b>	525	450	410	380	380	330	275	230	195	160	125	95
<b>CORRIENTE (A) ENTERRADO:</b>	690	575	510	435	435	375	305	240	200	160	125	90
<b>DESDE TABLERO</b>	HACIA BORNES	CORRIENTE (A)	F.S. 1.25 (A)	SECCIÓN (mm2)	NÚMERO DE TERNAS	TIPO DE CABLE	LONGITUD	ΔV (VOL)	ΔV (%)	TIERRA (mm2)	TUBERIA (mm)	
<b>SUM. ELECT.</b>	TD	4.00	13.14	16.42	1	N2XOH	100.00	3.18	1.45	<2.5%	-	35
<b>TD</b>	TR	1.00	5.35	6.68	1	NH	4.00	0.16	0.07	<2.5%	4	25
(1) Calculo de Alimentador de acuerdo al CNE - Utilización 2006 - 160-108												
(2) Factor de Corrección 0.625 para transformadores en Baja Tension, recomendación de acuerdo a criterio de utilización en operación seleccionarse con 2.0 In												

Tabla IX. Selección de alimentadores de Estación RP-02  
Fuente: Elaboración propia



Fig. 15 Instalaciones Eléctricas en Estación R-01



Fig. 16 Instalaciones Eléctricas en Estación RP-02

### 3.11 Cálculo de los Sistemas de Puesta a Tierra

Parámetros para la Puesta a Tierra:

Para el cálculo de la puesta a tierra, se consideró el procedimiento expuesto por La Asociación Electrotécnica del Perú y el Código Nacional de Electricidad Suministro.

Se realizó la medición de la resistividad del terreno con el instrumento denominado Telurómetro.

#### a. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA BAJA TENSION

**Tipo de puesta a tierra utilizando Varilla:**

**Caso típico: “Electrodos Vertical directamente enterrado”**

Teniendo en cuenta que es necesario obtener los valores de  $15 \Omega$ , de resistencia del pozo, reemplazando el terreno normal del pozo por tierra vegetal orgánica compactada y húmeda mezclado con Bentonita, Sal Industrial y Cemento Conductivo logrando reducir la resistividad del terreno en un  $30 \Omega\text{-m}$ .

Para el cálculo teórico de la resistencia equivalente de la puesta a tierra, utilizando electrodos verticales, se aplicó la siguiente formula:

Fórmula teórica de la resistencia de la puesta a tierra: “Manual y Catálogo del Electricista – MYCE – Schneider Electric” [4]

$$R_t = \frac{R_e}{2 \times \pi \times L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Donde:

$R_t$ : Resistencia Teórica del sistema de puesta a tierra (Ohm)

$R_e$ : Resistencia eléctrica del terreno Tratado (Ohm-m) =30

$L$ : Longitud de la Varilla en (m) =2.40

$a$ : Radio de la Varilla (m) 0.008

Aplicando la Formula tenemos:

$$R_t = 12.12 \text{ Ohm} < 15 \text{ Ohm, Valor cumple}$$

#### b. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE CONTROL

**Tipo de puesta a tierra utilizando Varilla:**

**Caso típico: “Electrodos Vertical directamente enterrado”**

Teniendo en cuenta que es necesario obtener los valores de 5  $\Omega$ , de resistencia del pozo, reemplazando el terreno normal del pozo por tierra vegetal orgánica compactada y húmeda mezclado con Bentonita, Sal Industrial y Cemento Conductor logrando reducir la resistividad del terreno en un 10  $\Omega$ -m.

Para el cálculo teórico de la resistencia equivalente de la puesta a tierra, utilizando electrodos verticales, se aplicó la siguiente fórmula:

Fórmula teórica de la resistencia de la puesta a tierra: “Manual y Catálogo del Electricista – MYCE – Schneider Electric” [4]

$$R_t = \frac{R_e}{2 \times \pi \times L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Donde:

R<sub>t</sub>: Resistencia Teórica del sistema de puesta a tierra (Ohm)

R<sub>e</sub>: Resistencia eléctrica del terreno Tratado (Ohm-m) =10

L: Longitud de la Varilla en (m) =2.40

a: Radio de la Varilla (m) 0.008

Aplicando la Fórmula tenemos:

**R<sub>t</sub> = 4.04 Ohm <5 Ohm, Valor cumple**



Fig. 17 Señalización de Pozo a Tierra

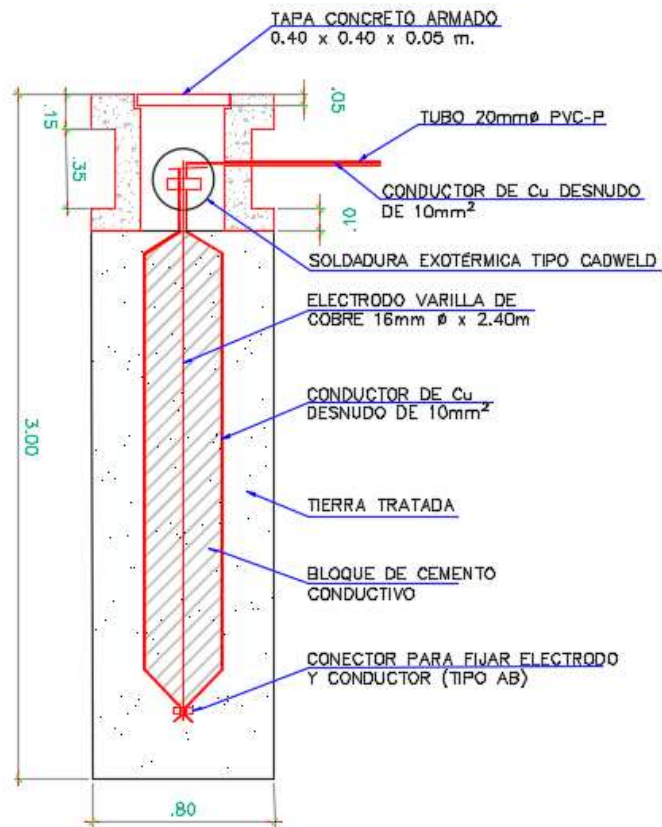


Fig. 18 Detalle de Instalación de Pozo a Tierra  
Fuente: GPDA036 – Sedapal [5]



Fig. 19 Medición de Pozo a Tierra del Sistema de Fuerza con Telurómetro calibrado

## CAPITULO IV

### REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

#### 4.1 Análisis de Resultados

La ejecución del equipamiento eléctrico y electromecánico del proyecto en mención ha sido una tarea que ha conllevado una serie de desafíos y consideraciones críticas. Aquí hay algunas reflexiones críticas sobre esta experiencia:

**Planificación y coordinación:** La ejecución exitosa de este proyecto dependió en gran medida de la planificación detallada y una coordinación efectiva entre las demás áreas tales como el área de seguridad, el área de obras civiles y el área de líneas de agua potable y de la coordinación con Sedapal con el objetivo de cumplir con la ejecución de obra en el menor tiempo posible y teniendo en cuenta las necesidades específicas del sistema, las normativas y regulaciones vigentes, así como también las consideraciones ambientales y de seguridad.

**Integración de tecnología y eficiencia energética:** En un mundo cada vez más consciente del medio ambiente, es fundamental incorporar tecnologías que promuevan la eficiencia energética y la sostenibilidad, por tal motivo para este proyecto se ha implementado equipamiento eléctrico y electromecánico eficiente, tales como los equipos de bombeo, equipos de alumbrado interior y exterior.

**Desafíos operativos y de mantenimiento:** Una vez que la obra eléctrica está completa, surgen desafíos adicionales en términos de operación y mantenimiento a largo plazo. Es crucial establecer protocolos claros para el mantenimiento preventivo y correctivo, así como capacitar al personal adecuadamente para garantizar un funcionamiento continuo y seguro del sistema eléctrico.

**Impacto en la comunidad:** La ejecución de una obra eléctrica en el rubro de agua potable y alcantarillado tiene un impacto directo en la vida de las personas en la comunidad. Por lo tanto, es fundamental considerar cómo estas obras afectarán a los residentes locales, tanto en términos de interrupciones durante la construcción como en los beneficios a largo plazo, como el acceso mejorado al agua potable y la gestión de aguas residuales.

En resumen, la ejecución de esta obra ha sido un proceso complejo que requirió una cuidadosa planificación, coordinación y gestión. Esta ejecución se llevó a cabo de manera efectiva,

teniendo un impacto positivo y significativo en la comunidad al mejorar el acceso al agua potable y la gestión de aguas residuales, contribuyendo así al bienestar general y al desarrollo sostenible.

## CONCLUSIONES

- Con el sistema eléctrico y electromecánico implementado se logró llevar agua potable del reservorio mejorado R-01 hacia el reservorio ejecutado RP-02 y también se logró dotar del servicio de agua potable y alcantarillado a 647 conexiones domiciliarias, favoreciendo y mejorando la calidad de vida de la población beneficiada.
- Se logró hacer frente al acelerado crecimiento poblacional y expansión demográfica urbana evidenciado en los últimos años en la zona de San Pedro de Carabayllo de la ciudad de Lima dotando de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado a la población de la referida zona.
- Se logró mitigar las enfermedades gastrointestinales y la contaminación ambiental en la población de San Pedro de Carabayllo, gracias al Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL, en su esfuerzo por prestar un mejor servicio a la ciudad de Lima, haciendo posible la ejecución de esta obra.
- Se logró el mejoramiento del reservorio existente R-01 y construcción del reservorio RP-02 ampliando así, los servicios básicos en las habilitaciones beneficiadas.

## RECOMENDACIONES

- Dar cumplimiento a las Especificaciones Técnicas de SEDAPAL y recomendaciones del Código Nacional de Electricidad y normas técnicas peruanas e internacionales en la ejecución de proyectos electromecánicos en el rubro de agua y alcantarillado.
- Se deberá capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento del equipamiento eléctrico y electromecánico implementado, y capacitar a la población en lo que respecta el uso consciente de los servicios de agua y alcantarillado implementados.
- Se recomienda seguir las instrucciones del manual de operación y mantenimiento general y de los equipos que forman parte del equipamiento eléctrico y electromecánico instalado.
- Se recomienda que ante una falla eléctrica del sistema de bombeo implementado el operador de la estación comunique esta falla a Sedapal a fin de dar una solución correcta al problema presentado.
- Se recomienda estar al día en los pagos de suministro eléctrico de las estaciones R-01 y RP-02, para así evitar los cortes de energía eléctrica, que pongan en riesgo el abastecimiento de agua a la población beneficiada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. d. E. y. Minas, Código Nacional de Electricidad Utilización, Lima, 2006.
- [2] Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable – Organización Panamericana de la Salud - Lima, 2005
- [3] Guía de diseño de instalaciones eléctricas – Schneider Electric – 2010
- [4] Manual y Catálogo del Electricista – MYCE – Schneider Electric - 2021
- [5] GPDA036 “Consideraciones Técnicas de Automatización de las Estaciones de Control del Sistema de Distribución Primaria por Gravedad y por Bombeo”- Sedapal

## **ANEXOS**



Equipamiento Hidráulico y Electromecánico - Estación RP-02



Suministro Eléctrico en Baja Tensión - Estación RP-02



Pruebas SAT Local Funcionamiento del Sistema de Bombeo – Estación R-01

## **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PROYECTO: “AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESQUEMA SAN PEDRO DE CARABAYLLO- LIMA”**

Se explicará a continuación, todos los procedimientos y recomendaciones para poner en operatividad el modo manual del sistema de impulsión y abastecimiento de agua de manera correcta y eficiente.

Se pone en énfasis que estos procedimientos están supeditados a la verificación de niveles y en caso de fallas o comportamiento inusual del sistema se debe notificar a SEDAPAL para la solución del problema.

Existe 1 árbol de impulsión en este proyecto ejecutado, el cual es:

- Árbol de impulsión del Reservoirio Mejorado R-01 hacia el Reservoirio Ejecutado RP-02



Árbol de Impulsión Reservoirio R-01 hacia Reservoirio RP-02 ejecutado

### **INSTRUCCIONES GENERALES PREVIAS AL BOMBEO DE AGUA:**

#### **❖ OPERACIÓN HIDRÁULICA:**

- Cada árbol de bombeo cuenta con 2 Electrobombas Tipo Turbina Vertical de las cuales solo una de ellas funcionará y la otra quedará detenida.  
Se recomienda que se pongan en funcionamiento intercalando un día cada una (1 en operación + 1 en stand by).
- Cada árbol de bombeo también cuenta con 2 Válvulas Anticipadoras de Onda cuya función es la protección de bombas y línea de impulsión a las que se aplica una presión peligrosa de transitorios ocasionados por cambios repentinos en la velocidad del flujo dentro de la línea, solo una de estas válvulas se mantiene en funcionamiento, y la otra quedará de reserva para recién habilitarla en caso falle la que tenemos en funcionamiento (1 en operación + 1 en stand by).  
En el caso de que falle la Válvula Anticipadora de Onda en funcionamiento, debemos cerrar las Válvulas de Compuerta ubicadas al ingreso y salida de dicha válvula; y luego abrir las Válvulas de Compuerta ubicadas al ingreso y salida de la Válvula Anticipadora de Onda que estaba de reserva.



Válvulas Anticipadoras de Onda

- Para el caso de las Válvulas Control de Nivel de agua cuya función es controlar los niveles altos de agua en tanques sin la necesidad de flotadores u otros mecanismos, como son las 2 Válvulas de Control de nivel con piloto de Altitud del Reservorio RP-02, solo una de ella estará en funcionamiento, y la otra quedará de reserva para recién habilitarla en caso falle la que tenemos en funcionamiento (1 en operación + 1 en stand by).

En el caso de que falle la Válvula Control de Nivel en funcionamiento, debemos cerrar las Válvulas de Compuerta ubicadas al ingreso y salida de dicha válvula; y luego abrir las Válvulas de Compuerta ubicadas al ingreso y salida de la Válvula Control de Nivel que estaba de reserva.



Válvulas Control de Nivel con Piloto de Altitud

- Se debe verificar que las válvulas de compuerta que conectan con las Válvulas de Aire estén 100% abiertas en todos los árboles de bombeo para evitar sobrepresiones y daños en las tuberías al momento del arranque de las electrobombas, por acumulación de aire en la línea de impulsión. La función de la válvula de aire es liberar los gases acumulados o admitir aire en la tubería durante el llenado, drenaje u operación de los sistemas de tuberías de líquidos.



Válvula de Aire

- Revisar que todas las válvulas de compuerta y válvulas mariposa se encuentren abiertas a lo largo de los árboles de impulsión, a excepción de las válvulas de compuerta ubicadas al ingreso y salida de la Válvula Control de Nivel y Válvula Anticipadora de Onda que se encuentran en stand by.
- Tener conocimiento del nivel de agua del reservorio origen y reservorio destino, y definir las necesidades de bombeo hacia el reservorio destino.

❖ **OPERACIÓN ELÉCTRICA:**

- Selector LoR (Local – 0 – Remoto) ubicado en la puerta del Tablero General debe estar en la posición L (Local).

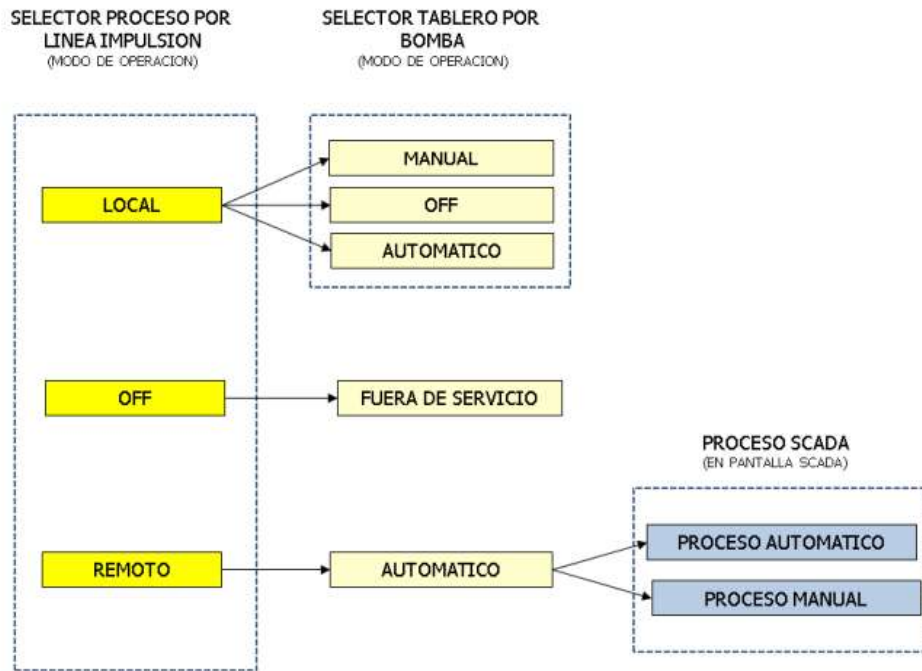


Selector LoR (Local – 0 – Remoto) del Tablero General

- Selector MoA (Manual – 0 – Automático) ubicado en la puerta de los Tableros de Electrobomba debe estar en la posición M (Manual).



Selector MoA (Manual – 0 – Automático) del Tablero de Electrobomba



Selección de Modos de Operación  
 Fuente: Norma GPDA036 -Sedapal

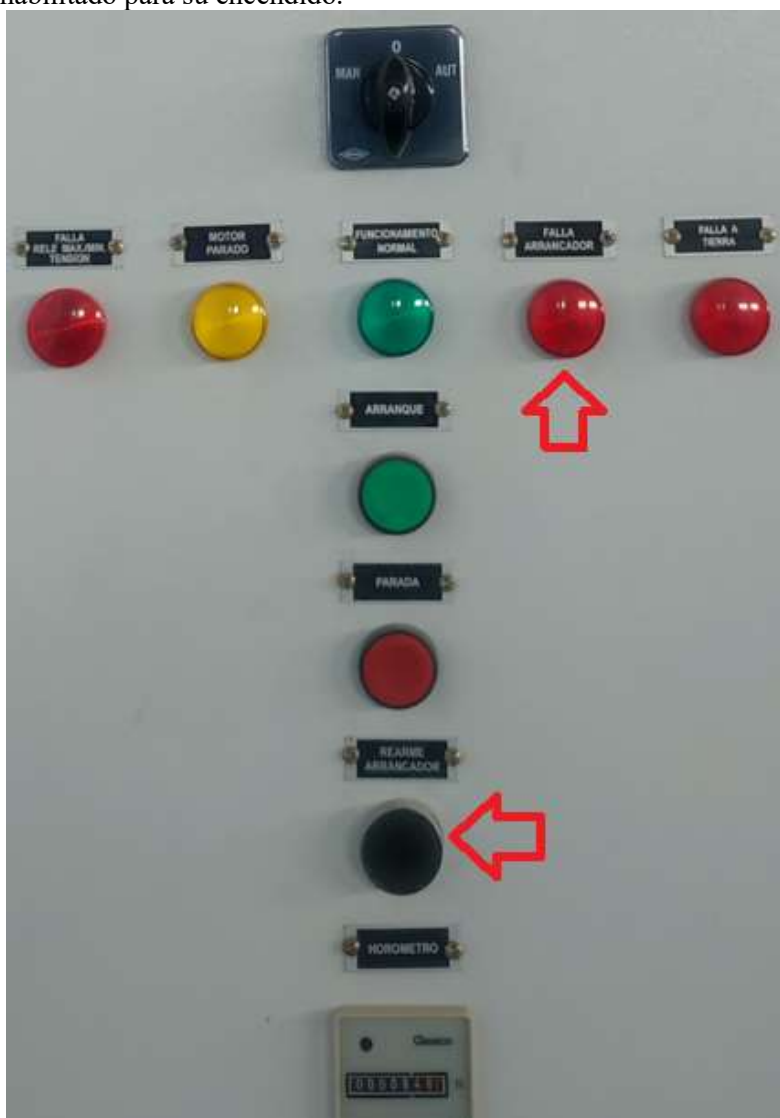
- En los Tableros de Electrobomba, verificar que el Piloto color ámbar de Motor Parado esté encendido, esto significa que el motor está habilitado para su posterior encendido.



Piloto de Motor Parado del Tablero de Electrobomba

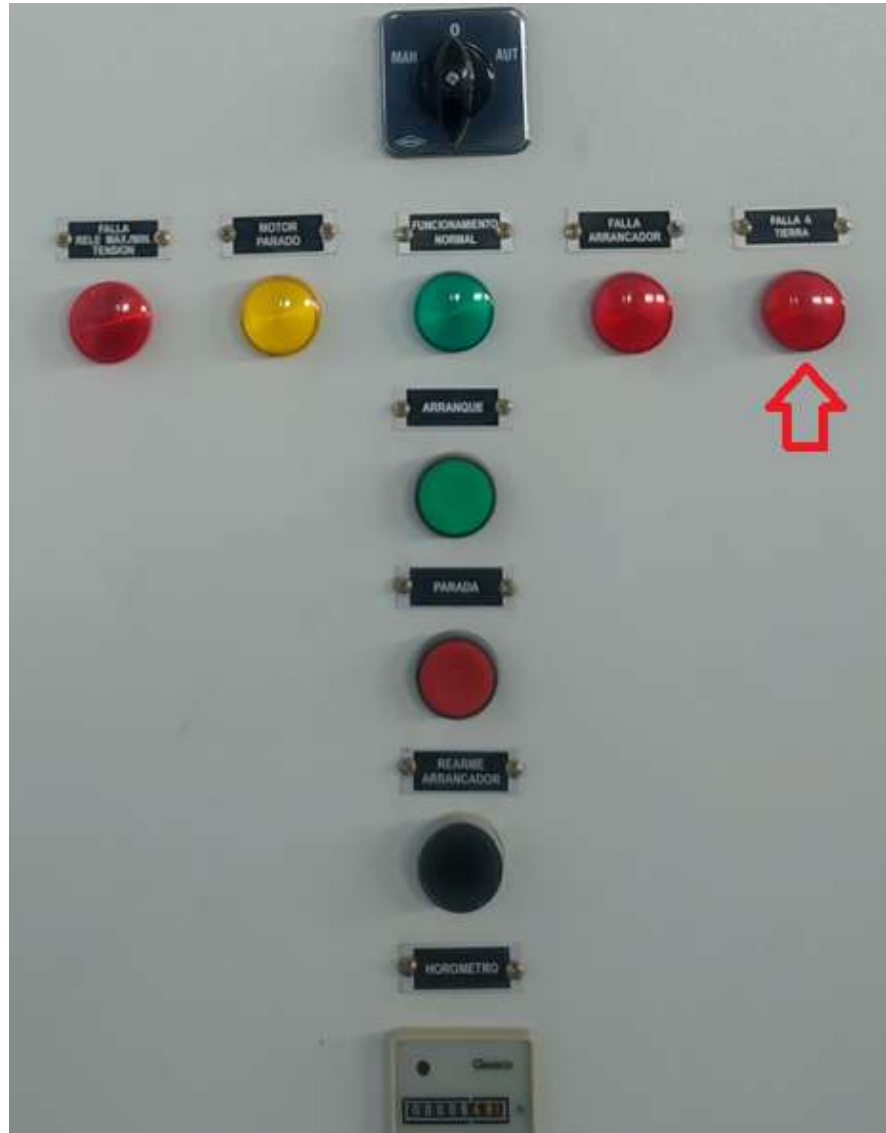
- Si el Piloto color rojo de Falla Arrancador está encendido, quiere decir que el motor no está habilitado para su posterior encendido, el arrancador de estado sólido dentro del tablero de electrobomba ha presentado una falla.

Para corregir esta falla, se debe solucionar el código de error que me indique el arrancador de estado sólido. Luego, recién podemos presionar la botonera color negro llamada Rearme Arrancador, esto hará que el Piloto color rojo de Falla Arrancador se apague y se encienda el Piloto color ámbar de Motor Parado; por fin el motor estará habilitado para su encendido.



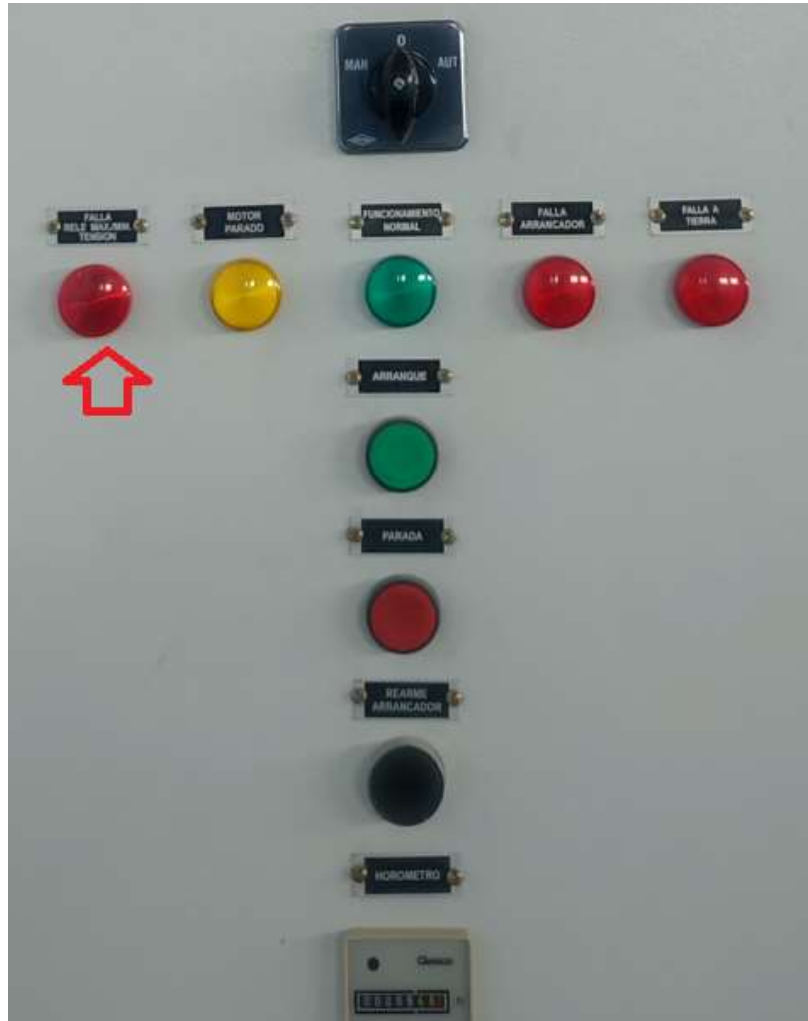
Piloto de Falla de Arrancador y Botonera de Rearme del Tablero de Electro bomba

- Si el Piloto color rojo de Falla a Tierra está encendido, quiere decir que el motor no está habilitado para su posterior encendido, el interruptor diferencial dentro del tablero de electrobomba ha abierto contacto. Para corregir esta falla, se debe corregir el motivo del porqué ha aperturado el interruptor diferencial y así vuelva a cerrar el contacto. Esto hará que el Piloto color rojo de Falla de Tierra se apague y se encienda el Piloto color ámbar de Motor Parado; por fin el motor estará habilitado para su encendido.



Piloto de Falla a Tierra del Tablero de Electrobomba

- Si el Piloto color rojo de Falla Relé máx/min tensión está encendido, quiere decir que el motor no está habilitado para su posterior encendido, el relé de máxima y mínima tensión dentro del tablero de electrobomba ha entrado en falla. Para corregir esta falla, se debe corregir el motivo del porque ha entrado en falla el relé de máxima y mínima tensión y así vuelva a la normalidad. Esto hará que el Piloto color rojo de Falla Relé max/min tensión se apague y se encienda el Piloto color ámbar de Motor Parado; por fin el motor estará habilitado para su encendido.

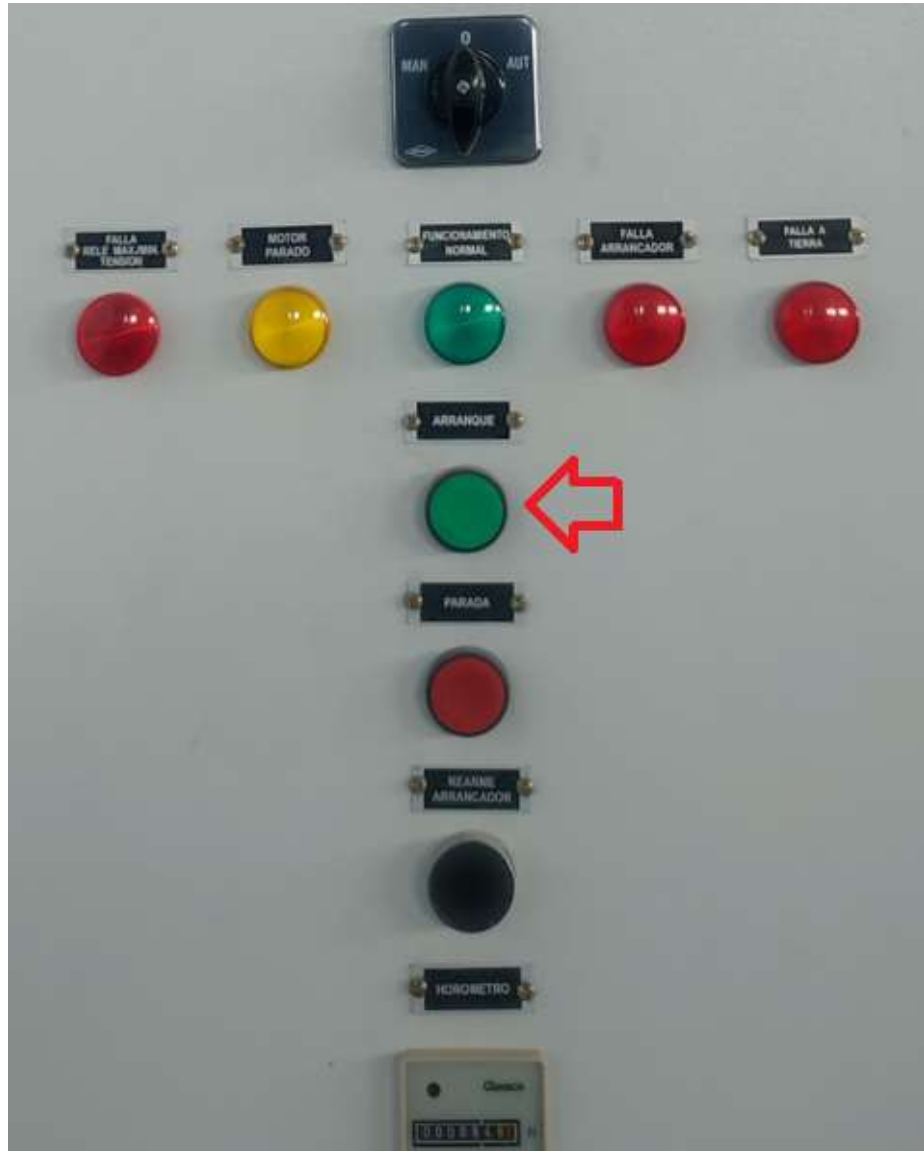


Piloto de Falla por Relé de Máxima y Mínima Tensión del Tablero de Electrobomba

## **INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL ENCENDIDO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE:**

Habiendo realizado las instrucciones generales en operación hidráulica y eléctrica previas al bombeo, ya se puede proceder a realizar el bombeo mediante estos pasos:

- Para encender la electrobomba, presionamos el Pulsador color verde llamado Arranque del Tablero de Electrobomba que deseemos arrancar, la electrobomba comenzara a llevar agua desde el reservorio de origen hasta el reservorio de destino.  
Ni bien empezado el arranque de la electrobomba, por unos segundos aumentara el amperaje y la presión para luego estabilizarse a sus parámetros correctos.



Pulsador de Arranque del Tablero de Electrobomba

- Luego de encendida la electrobomba, corroboramos que los parámetros hidráulicos de Caudal y Presión, y parámetros eléctricos de amperaje, voltaje y factor de potencia sean los correctos, estos parámetros deben ser cercanos a lo indicado en la placa de la linterna de las bombas y la placa de los motores eléctricos; además de que estas lecturas deben estabilizarse a los pocos minutos de haber sido encendida la electrobomba. Dichas lecturas las visualizaremos en los transmisores de caudal, presión y el analizador de redes de los tableros de electrobomba.

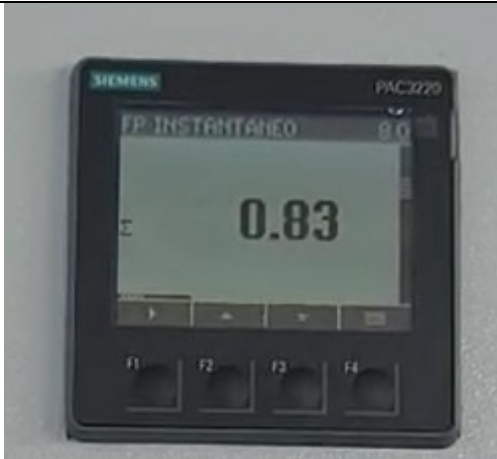
Según lo probado previamente, las lecturas o parámetros de operación son los siguientes:

<b>PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO</b>		
<b>SISTEMA DE BOMBEO ESTACION R-01 A ESTACION RP-02</b>		
<b>PARAMETROS ELÉCTRICOS</b>		
<b>VALORES DE PLACA DEL MOTOR:</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>MOTOR N° 1</b>	<b>MOTOR N° 2</b>
POTENCIA (HP)	125	125
MODELO	SKS444SAJ6033	SKS444SAJ6033
NUMERO DE SERIE	BPFT037U006	BPFT035U012
VOLTAJE (V)	440 V	440 V
AMPERAJE (A)	150 A	150 A
FRECUENCIA (Hz)	60 HZ	60 HZ
FACTOR DE POTENCIA (FP)	0.86	0.86
<b>PARAMETROS ELECTRICOS OBTENIDOS:</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 1</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 2</b>
CORRIENTE L1 (A):	99.2 A	99.2 A
CORRIENTE L2 (A):	101.2 A	101.4 A
CORRIENTE L3 (A):	102.2 A	100.9 A
CORRIENTE PROMEDIO (A)	100.87 A	100.5 A
TENSION L1-L2 (V):	450 V	450.1 V
TENSION L2-L3 (V):	449 V	449.3 V
TENSION L3-L1 (V):	448.2 V	448.6 V
TENSION PROMEDIO (V)	449.07 V	449.33 V
POTENCIA APARENTE (KVA)	78 KVA	78.1 KVA
POTENCIA ACTIVA (KW)	76.8 KW	77 KW
POTENCIA REACTIVA (KVAR)	11.4 KVAR	11.5 KVAR
FACTOR DE POTENCIA REAL (FP)	0.83	0.82
FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO (FP)	0.99	0.99
FRECUENCIA (HZ)	59.40 HZ	59.39HZ
<b>PARAMETROS HIDRÁULICOS</b>		
<b>VALORES DE PLACA DEL BOMBA:</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 1</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 2</b>
MODELO	B12C-H-04-W-10X1.7/16X10-ST2-125-4	B12C-H-04-W-10X1.7/16X10-ST2-125-4
NUMERO DE SERIE	202108020009	202108020010
PRESION (PSI)	109.49 PSI	109.49 PSI
PRESION (MCA)	77 MCA	77 MCA

CAUDAL (LPS)	75 LPS	75 LPS
<b>PARAMETROS HIDRAULICOS OBTENIDOS EN IMPULSION</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 1</b>	<b>ELECTROBOMBA N° 2</b>
PRESION (PSI)	84.99 PSI	84.85 PSI
PRESION (MCA)	59.83 MCA	59.73 MCA
CAUDAL (LPS)	87 LPS	85.61 LPS

**PANEL FOTOGRAFICO DE PARÁMETROS ELECTRICOS EN OPERACIÓN:**

	
<p><b>MEDICIÓN VOLTAJE ELECTROBOMBA 1</b></p>	<p><b>MEDICIÓN AMPERAJE ELECTROBOMBA 1</b></p>
	
<p><b>MEDICIÓN VOLTAJE ELECTROBOMBA 2</b></p>	<p><b>MEDICIÓN AMPERAJE ELECTROBOMBA 2</b></p>



**MEDICIÓN FACTOR DE POTENCIA REAL ELECTROBOMBA 1**



**MEDICIÓN FACTOR DE POTENCIA REAL ELECTROBOMBA 2**

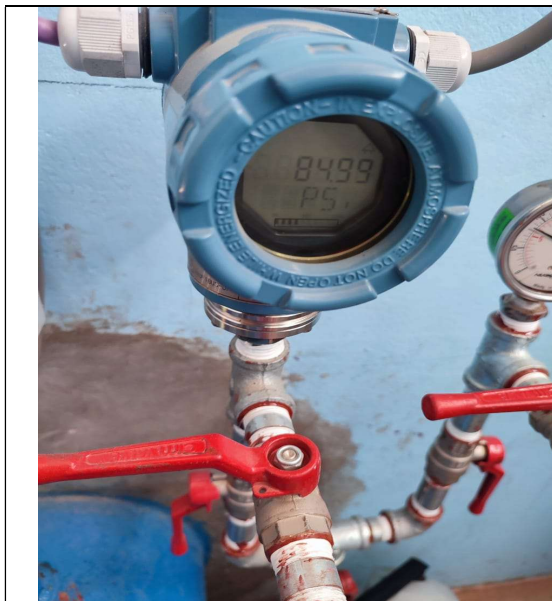


**MEDICIÓN FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO ELECTROBOMBA 1**



**MEDICIÓN FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO ELECTROBOMBA 2**

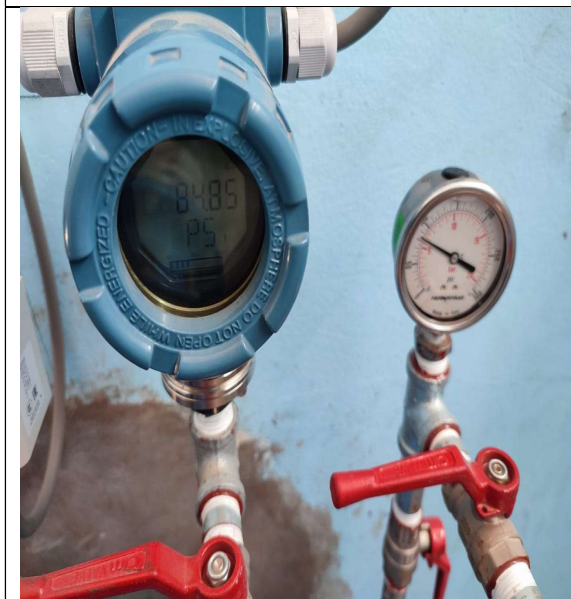
**PANEL FOTOGRAFICO DE PARÁMETROS HIDRAULICOS EN OPERACIÓN:**



**MEDICIÓN PRESION DE LINEA ELECTROBOMBA 1**



**MEDICIÓN CAUDAL DE LINEA ELECTROBOMBA 1**

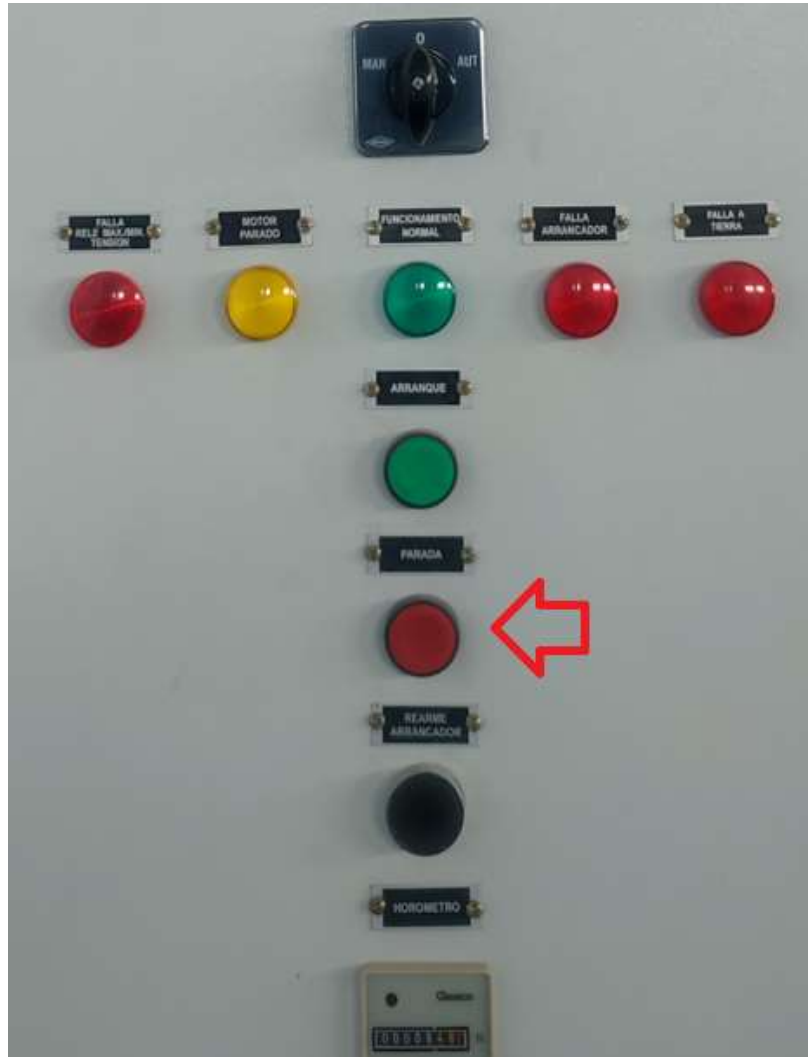


**MEDICIÓN PRESION DE LINEA ELECTROBOMBA 2**



**MEDICIÓN CAUDAL DE LINEA ELECTROBOMBA 2**

- Para apagar la electrobomba, presionamos el Pulsador color rojo llamado Parada del Tablero de Electroboomba que deseemos detener, será un apagado lento ya que se dará orden para que cierre lentamente la válvula control de bomba y después de haberse cerrado completamente recién se apagará el motor de la electrobomba.



Pulsador de Parada del Tablero de Electrobomba

- Para casos de emergencia en que nos veamos obligados a apagar la electrobomba de manera urgente, presionamos el Pulsador tipo hongo color rojo llamado Parada de Emergencia, será un apagado rápido y brusco.



Pulsador de Parada de Emergencia del Tablero de Electrobomba

- El árbol de bombeo cuenta con un presostato electromecánico, cuya función es proteger la línea de impulsión frente a sobrepresiones, mandando a apagar la electrobomba cada vez que sobrepase la presión a la que ha sido regulada.  
Lógicamente ha sido regulado a una presión superior a la presión de arranque y presión normal de bombeo.



Presostato Electromecánico en Línea de Impulsión

- Cada electrobomba cuenta con electrodos de nivel instalados que sirven como protección para que la electrobomba no succione en vacío; en otras palabras, cada vez que el reservorio origen tenga un nivel menor al nivel mínimo en que el electrodo se ha regulado la electrobomba se apagará en caso de estar encendida o no la dejara encender en caso se encuentre apagada.  
Se ha regulado el electrodo como nivel mínimo a 1 metro de la base del reservorio.



Electrodos de nivel ubicados en cúpula de reservorio R-01

- En pleno bombeo, el operador debe tener conocimiento de los niveles de agua del reservorio destino. Antes de llegar el nivel de agua del reservorio destino a la parte alta de la artesa de rebose, la válvula control de nivel (sea altitud o flotadora) comenzara a cerrarse y evitara que se produzca dicho rebose; en el reservorio origen se abrirá la válvula anticipadora de onda debido a que se habrá generado una sobrepresión

por haberse cerrado la válvula control de nivel en el reservorio destino, y eso hará que el agua bombeada comience a recircular en el mismo reservorio origen.



Lectura de Nivel de Agua de la Estación R-01



Lectura de Nivel de Agua de la Estación RP-02

- El operador debe apagar la electrobomba antes de que se llene y se cierre la válvula control de nivel en el reservorio destino, ya que el cierre de dicha válvula es considerado una protección de emergencia frente a posibles reboses.

### **INSTRUCCIONES GENERALES PARA ABASTECIMIENTO A LA POBLACION**

- Solamente mantener la válvula mariposa aperturada las 24 horas, y la válvula compuerta que conecta con la válvula de aire también aperturada en la línea de aducción de todos los reservorios.



Línea de Aducción de la Estación RP-02

### **INSTRUCCIONES GENERALES PARA LIMPIEZA Y DESINFECCION DEL RESERVORIO**

- Aperturar la válvula mariposa ubicada en la línea de limpia, con el fin de desaguar el reservorio y posteriormente se proceda a la limpieza y desinfección del mismo.



Línea de Limpia y Rebose de la Estación RP-02

## **PRECAUCIONES**

Se debe notificar a Sedapal ante cualquier falla que afecte a la correcta operación del sistema implementado por el proyecto, detallo algunos casos:

- En caso comience a salir humo del eje en la linterna de la electrobomba, proceder a apagar inmediatamente la electrobomba.
- En caso el amperaje sea mayor al valor de indicado en la placa del motor.
- En caso la presión y caudal del sistema no sean aproximados a los valores indicados anteriormente.
- En caso no encienda la electrobomba.
- En caso falle alguna válvula especial (Anticipadora de Onda, Control de Nivel, Control de Bomba, Compuerta, Mariposa, Aire, etc).
- En caso no se visualice la lectura de parámetros hidráulicos en los transmisores de presión y caudal.

## **MANTENIMIENTO DEL RESERVORIO**

El requerimiento específico para el mantenimiento de los equipos electromecánicos y los sistemas de control se encontrarán en el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) entregado por los proveedores del sistema. Sin embargo, enseguida se darán recomendaciones sobre el mantenimiento a ciertos componentes del sistema, que podría ser implementado por los responsables de la administración del sistema.

Es un requisito indispensable que el personal encargado de estos trabajos, previamente haya recibido capacitación y esté adecuadamente entrenado.

### **1.1 Mantenimiento preventivo**

La actividad de mantenimiento es en realidad la conservación en buen estado de funcionamiento los equipos e instalaciones en la Estación de Bombeo de Agua.

Equipos, válvulas y accesorios por mantener:

- Compuerta de volante.
- Bombas.
- Tablero eléctrico.
- Válvulas y accesorios.
- Sistema de control de funcionamiento de bombas.

El mantenimiento preventivo se realizará para que las instalaciones y equipos se encuentren en óptimas condiciones y deberán efectuarse con una periodicidad establecida.

Es indispensable tener en cuenta los manuales del proveedor de los equipos y el manual de mantenimiento interno.

El mantenimiento de rutina debe consistir en:

- Una revisión general de los equipos electromecánicos en condiciones operativas, sin abrir ninguna puerta, para verificar el sobrecalentamiento, deformación del tablero, caudal menor que el esperado, presión en la salida de la bomba menor que la esperada.

- Una verificación audible puede revelar una vibración en el relé o contactor, uno donde los contactos están sucios o quemados y requiera reemplazo o limpieza, como corresponda.
- Verificar que todas las lámparas iluminen cuando la prueba de lámparas se opere.
- Con el interruptor desconectado y la puerta abierta, verificar que todas las cubiertas de seguridad están aún en su lugar, que la acción de abrir la puerta ha anulado la energía principal.
- Repetir la primera verificación para calor o evidencias de puntos calientes.
- Verificar que todos los pernos y tuercas de los cables de energía y barras de cobre al interruptor principal, contactores y terminales están ajustados y seguros.
- Las señales de quemado o calor requieren mayor investigación que puede conducir al reemplazo de cables, barras de cobre o contactores.
- Arrancar cada bomba a su turno, verificando la corriente inicial inducida y la corriente de operación. Si la corriente no está dentro de los límites esperados, verificar además por posibles problemas mecánicos.
- Verificar que los caudales y presiones esperados en la estación se obtienen durante los arranques individuales de la bomba.
- Las bombas son seleccionadas para operación manual desde el tablero de control de las bombas y son arrancadas presionando el botón (Arranque) o el reloj de Control de Horario.
- Las bombas que no se requiere que operen se seleccionan para la posición Off. Reestablecer el reloj a su posición si se hubiera hecho cambios.

## **1.2 Mantenimiento correctivo**

### **1.2.1 Reparación de motores**

Antes de manipular las bombas y controles, siempre desconecte primero la energía.

Cuando el servicio de campo es desarrollado para reparar una bomba, deberá seguirse las siguientes instrucciones cuidadosamente.

Si el bobinado del motor es quemado o presenta corto circuito, éste puede ser rebobinado o reemplazado con un estator bobinado de fábrica. Los siguientes pasos deben seguirse para remover y reemplazar el estator:

- Si sólo el estator es dañado, puede que no sea necesario desmantelar totalmente la bomba como el estator y la caja puedan ser levantadas de la bomba sin perjudicar los sellos o rodamientos.
- Drenar todo el aceite de la caja superior, remueva el tapón del drenaje en la parte inferior de la caja del estator y retire el tapón en la parte superior de la caja para permitir el ingreso del aire.
- Después que la estación sea drenada, retire los pernos. Tenga cuidado cuando los retire y desconecte el cable conector con falla en el sello antes de que la caja sea totalmente removida.
- Coloque el ensamblaje en el piso y retire la caja de conexión. Cuando la caja sea levantada, los cables de conexión quedarán expuestos. Estos cables estarán quemados probablemente pero cada cable es etiquetado con un marcador de metal dando su número. Corte los cables. Si los cables conductores de la caja de conexión están quemados, deberá utilizarse una nueva caja de conexión con nuevos cables. Los cables están sellados con una masa selladora y se debe obtener una nueva unidad del proveedor.
- El estator es sostenido en la caja con un anillo enroscado y un tornillo bloqueado en el exterior para prevenir que el estator se mueva.
- Después que el anillo es removido, mueva la caja perpendicularmente y golpee sobre madera dura. Esto sacudirá el estator y lo aflojará permitiendo que drene completamente.
- Limpie minuciosamente la caja antes de reemplazar el nuevo estator. Coloque el estator y haga todas las conexiones en la caja de conexión antes de colocar la caja en la bomba. Esto es importante ya que los cables deben ser pasadas detrás de los bobinados utilizando las manos a través del núcleo del rotor.
- Drene aceite desde la estación. Si el aceite está limpio y no hay agua, los sellos pueden considerarse satisfactorios para su rehuso.
- Verifique los rodamientos superiores. Si están limpios y no se vuelven muy toscos, los rodamientos pueden reusarse y no será necesario desmantelar completamente la bomba para cambiarlos. Si los rodamientos están dañados con suciedad o calor, deben ser reemplazados.
- Antes de sustituir la caja del estator, asegúrese de que el tornillo de bloqueo exterior esté en su lugar y que el anillo en forma de O sea utilizado bajo la cabeza del perno. Una filtración aquí puede causar una falla en el motor. Si un nuevo estator ha sido utilizado, será necesario perforar la laminación del estator para aferrar

el casquillo para el perno (29/64 diámetro de perforación, 1/2" de profundidad y 1/2-20 UNF, 3/8 de profundidad dentro del estator). Este punto de retención será perforado a través del hueco del perno cuando el estator es empernado en el lugar con el anillo final.

- Reemplace la caja del estator sobre la estación de sello y atornille. Asegúrese que el cable con falla en el sello sea conectado antes que la caja sea ensamblada.
- Asegúrese que los tornillos rebajados han sido aflojados de tal manera que las partes puedan acercarse metal a metal. Asegúrese también que sello del anillo en forma de O haya sido reemplazado. Si el anillo en forma de O está mellado o cortado, sustitúyalo con anillos nuevos. Esto se aplica para anillo en forma de O utilizados en el ensamblaje.
- Después que todos los cables sean reconectados en la caja de conexión haga una prueba en tierra de alto voltaje para cada cable. El único cable que deberá mostrar tierra es el cable de energía verde y el cable de tierra en el cable de control auxiliar.
- Para seguridad, la bomba completa deberá tener un chequeo de aire bajo agua para ver si hay filtraciones.

Si los sellos están en buenas condiciones, rellene la estación de sello con aceite. Coloque la bomba de costado para el llenado de aceite con el orificio hacia arriba. No llene completamente, deje más o menos una pulgada bajo el orificio.

Utilice únicamente un aceite transformador de alto grado o aceite sumergible regular en esta estación. Reemplace el tapón, utilice permatex o cuerdas. Instale la válvula de aire en la abertura del tapón superior de la caja del motor y cargue la caja con más o menos 10 PSI de aire.

Asegúrese que el aire sea seco. No utilice la línea de aire donde el agua pueda ser interceptada en la línea. Sumerja la unidad completa bajo el agua y verifique si hay filtraciones.

### 1.2.2 Reemplazo de sellos y rodamientos

- Drene todo el aceite desde la estación del motor y la estación de sello según lo descrito.
- Remueva la caja del motor según lo descrito.
- Retire los pernos y ajuste la estación de sello a la caja de la bomba. Utilice tornillos rebajados para aflojar. Con un bloque de madera dura, forre el final del impulsor para aflojarlo del eje.
- Levante el ensamblaje de rotación (rotor, eje e impulsor) de la caja de la bomba y colóquelo horizontalmente sobre el piso.
- Remueva el tornillo y el lavador desde el final del eje y luego atornille la cabeza del casquillo de vuelta al eje. Utilizando un destornillador en los lados opuestos atrás del impulsor aplique fuerza y luego atornille en el extremo del perno del casquillo para impedir que el impulsor se afloje del eje ahusado.
- Retire la llave y palanquee en cada lado del hombro del manguito del eje para remover. El sello deberá salir con el manguito. Si el manguito no está libre, déjelo en su lugar y empuje cuando la placa del sello sea removida.
- Para remover la placa del sello, saque los tornillos achatados con cabeza del casquillo y los tornillos comunes en orificios rebajados palanqueando en la placa para que afloje. Esto también forzará la salida del sello si no ha sido ya removido.
- Remueva el anillo de resorte que ajusta el sello superior. Jale el sello si está libre. Si no está suelto, puede ser forzado para salir cuando el eje es removido.
- Remueva los pernos que ajustan la caja del rodamiento al lugar. Coloque el ensamblaje en posición vertical y golpee el extremo final del eje en un bloque de madera dura. Esto empujará el rodamiento desde la caja y forzará al sello superior desde el eje.
- Utilice un arrancador para remover los rodamientos. Reemplace con nuevos rodamientos. Presione únicamente en un anillo interior del rodamiento cuando lo esté cambiando. Presionar el anillo exterior puede dañar el rodamiento. Los rodamientos son en medida estándar y pueden ser obtenidos de alguna tienda de abastecimiento de rodamientos o pueden ser obtenidos en la fábrica proveedora.
- No utilice partes del sello antiguas. Coloque nuevos sellos.
- Limpie minuciosamente todas las fundiciones antes de reemplazar los sellos. Una partícula de suciedad entre las superficies de los sellos puede causar desperfectos.
- Examine todos los anillos en forma de O para mellas antes de usar.
- Asegúrese que la llave esté en su lugar para prevenir que el manguito del eje se mueva.
- Utilice Locktite en la cabeza del casquillo bloqueando el tornillo en el extremo del eje.

- Antes de rellenar la estación con aceite, haga una prueba de aire como se describe anteriormente.
- Rellene ambas estaciones con aceite como se describió anteriormente.
- Siempre compruebe el funcionamiento de ambos cables con alto voltaje o con megóhmetro para tierra antes de operar la bomba.

### 1.3 Equipos de reserva

Se deben implementar equipos de reserva que son aquellos para cubrir necesidades que ocurren por falla de algún componente del sistema o también para posibilitar el mantenimiento preventivo en las estaciones con la mínima paralización de la operación.

Es por estas consideraciones y con el objeto de minimizar los costos de mantenimiento, se ha estandarizado las instalaciones de equipos y accesorios de las estaciones, de tal forma que un equipo pueda ser sustituido por el de reserva sin adaptaciones que prolonguen los tiempos de intervención y se reduzcan los costos de mantenimiento. Los equipos prioritarios para componer el parque de reserva en las estaciones de bombeo de agua son:

- Bombas
- Motor eléctrico
- Válvulas (compuerta, check)
- Tableros eléctricos

### 1.4 MANIOBRA PARA LAVADO Y DESINFECCIÓN DE RESERVORIOS

#### 1.4.1 Objetivos

Orientar la secuencia de actividades necesarias para el lavado y desinfección de los reservorios del sistema.

Con la finalidad de optimizar el recurso agua, se deberá planificar adecuadamente la fecha para la ejecución de la limpieza, debiendo para el efecto reducir el tirante de agua mediante consumo.

#### 1.4.2 Descripción de las etapas

- a) Cerrar la válvula de entrada del reservorio a ser lavado y permanecer abierta la válvula de salida, para que la descarga de agua sea rápida.
- b) Estar atento para que el nivel del agua no quede por debajo de la tubería de salida, evitando la entrada de aire en la línea de aducción.
- c) Cuando el nivel del agua alcance el mínimo establecido para el reservorio (1,0 m), para evitar la entrada de aire, cerrar la válvula de salida del reservorio.
- d) Abrir la descarga del reservorio, hasta que el nivel de la columna de agua alcance 20 cm.
- e) Cerrar esta descarga para que el personal de servicio utilice el agua almacenada en el lavado del reservorio.
- f) Después del lavado, abrir la válvula de descarga para la evacuación de los residuos.
- g) Dar algunas vueltas a la válvula de entrada del reservorio, para que cuando ingrese el agua limpia, pueda eliminar las impurezas restantes.
- h) Cerrar la válvula de descarga.
- i) Abrir la válvula de entrada del reservorio y llenarlo hasta 0,30 m, a partir del cual se aplicará una solución de compuesto clorado que contenga 50 p.p.m. de cloro libre, refregando paredes y fondo con utilización de herramientas adecuadas. Se debe dejar en contacto con el agua un promedio de tres horas.
- j) Transcurrido el tiempo necesario para la desinfección, abrir nuevamente el registro de entrada, llenando el compartimento hasta 1,00 m de agua.
- k) Alcanzado el nivel necesario, abrir la válvula de purga.
- l) Abrir nuevamente la válvula de entrada y volver a efectuar un lavado final.

- m) Abrir nuevamente la purga y vaciar el agua almacenada.
- n) Abrir nuevamente la válvula de entrada para poner en funcionamiento el reservorio.

#### 1.4.3 Puesta en marcha de un reservorio

- Antes de la puesta en marcha del reservorio, se debe verificar que se encuentre limpio y desinfectado.
- Verificar el cierre total de la válvula de purga.
- Cerrar la válvula de bypass.
- Abrir la válvula de entrada y comenzar a llenar el reservorio.
- Cuando el nivel del reservorio supere la mitad de su capacidad, abrir la válvula de salida y comenzar la distribución de agua a la población.
- Verificar el cloro residual del agua en la tubería de salida.

#### 1.4.4 Reparación de reservorios

La reparación de reservorios consistente en dos etapas:

En primer lugar, reparar las fugas y rajaduras existentes, impermeabilizándolos con una mezcla de cemento, arena y aditivos apropiados. Esperar el tiempo adecuado para el fraguado completo de la mezcla.

Enseguida, pintar las superficies interiores del reservorio con una mezcla preparada a base de agua con cemento o cal (mezcla que comúnmente se conoce con el nombre de lechada). Si se aplica una segunda mano, esperar que la primera mano este haya secado completamente.