

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



TESIS

**“DISEÑO AUTÓMATA CON PLC PARA SUMINISTRO DE AGUA
A PRESIÓN CONSTANTE PARA MEJORAR UNIDADES DE
CUIDADOS INTENSIVOS EN LA CLÍNICA PROVIDENCIA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES:

Bach. ARANÍBAR HUANCAPAZA, Charles Eduardo

Bach. GONZÁLES PEÑA, Juan Pietro

Bach. NUÑEZ PEREYRA, Eduardo Kevin

ASESOR:

Mg. Ing. RAMOS TORRES, Ernesto

Callao, 2022

PERÚ

Document Information

Analyzed document	DISEÑO FINAL.docx (D135351108)
Submitted	2022-05-03 16:04:00 UTC+02:00
Submitted by	
Submitter email	gjuanpietro35@gmail.com
Similarity	10%
Analysis address	fiie.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://1library.co/document/wq23lgpz-diseno-fabricacion-sistema-hidraulico-presion-constante.html Fetched: 4/9/2022 1:52:35 AM	1
W	URL: https://1library.co/document/zwr2k27y-sistema-hidraulico.html Fetched: 5/3/2022 4:04:11 PM	3
W	URL: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3608/Franks%20Pahuara_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 10/9/2021 6:45:32 AM	12
SA	PROYECTO BORRADORfinal.docx Document PROYECTO BORRADORfinal.docx (D11390801)	2
SA	TESIS PAULINA.docx Document TESIS PAULINA.docx (D27594828)	2
SA	TESIS_VITERI v 13.pdf Document TESIS_VITERI v 13.pdf (D21240770)	1
SA	Marco-Teorico-InterCalor-Final-Editado-Resumen-2.0.docx Document Marco-Teorico-InterCalor-Final-Editado-Resumen-2.0.docx (D54902421)	1
W	URL: https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/54/diaz-rodas-henri.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 5/3/2022 4:04:11 PM	3
W	URL: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01189002/document Fetched: 5/16/2020 5:21:44 PM	2
SA	TESIS DAVID CASTILLO.docx Document TESIS DAVID CASTILLO.docx (D14802016)	2
SA	Informe I Contactores y Relé.pdf Document Informe I Contactores y Relé.pdf (D90574468)	7
W	URL: https://hidromecingenieros.com/sistema-de-presion-constante/ Fetched: 10/30/2019 12:45:47 PM	2
W	URL: https://peruconstruye.net/2018/11/16/sistemas-de-presion-constante-generando-eficiencia-de-caudal-de-agua/ Fetched: 10/28/2019 7:29:55 AM	1
W	URL: https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2502 Fetched: 5/3/2022 4:04:12 PM	1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
 "DISEÑO AUTÓMATA CON PLC PARA SUMINISTRO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE PARA MEJORAR UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS EN LA CLÍNICA PROVIDENCIA"
 TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO
 CHARLES EDUARDO ARANÍBAR HUANCAPAZA JUAN PIETRO GONZÁLES PEÑA EDUARDO KEVIN NUÑEZ PEREYRA Callao, 2022
 PERÚ
 HOJA JURADO
 DEDICATORIA
 Este trabajo está dedicado a nuestros padres por ser soportes y guías en cada uno de nuestros pasos, por ayudarnos a comprender que nada es imposible si somos perseverantes. A nuestra familia por acompañarnos a lo largo de este proceso.
 AGRADECIMIENTO
 Nuestro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Callao por acogernos y formarnos como profesionales. A nuestros maestros, y a todos aquellos que contribuyeron en nuestro desarrollo profesional.
 ÍNDICE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : **Dr. Ing. Jacob Astocondor Villar**
SECRETARIO : **Mg. Ing. Jorge Elías Moscoso Sánchez**
VOCAL : **MSc. Ing. Edwin Huarcaya Gonzales**

ASESOR : **Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres**

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a nuestros padres por ser soportes y guías en cada uno de nuestros pasos, por ayudarnos a comprender que nada es imposible si somos perseverantes. A nuestra familia por acompañarnos a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Callao por acogernos y formarnos como profesionales. A nuestros maestros, y a todos aquellos que contribuyeron en nuestro desarrollo profesional.

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO	4
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Descripción de la realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema.....	12
1.2.1. Problema general	12
1.2.2. Problemas específicos	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Limitantes de la investigación	13
1.4.1. Teórica.....	13
1.4.2. Temporal	13
1.4.3. Espacial	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Antecedentes Internacionales	14

2.1.2.	Antecedentes Nacionales	17
2.2.	Bases teóricas.....	20
2.3.	Conceptual.....	49
2.4.	Definición de términos básicos.....	50
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	52
3.1.	Hipótesis	52
3.1.1.	Hipótesis general.....	52
3.1.2.	Hipótesis específicas	53
3.2.	Definición conceptual de variables.....	53
3.2.1.	Operacionalización de variables.....	53
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	54
4.1.	Tipo y Diseño de la investigación.....	55
4.1.1.	Tipo de la investigación	55
4.1.2.	Diseño de la investigación	55
4.2.	Método de investigación	56
4.3.	Población y muestra.....	57
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	57
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	57
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	57
4.6.1.	Análisis del método de sistema de agua de presión constante	58

4.6.2.	Diseño experimental.....	59
V.	RESULTADOS	73
5.1.	Resultados descriptivos	73
5.2.	Resultados inferenciales	73
5.3.	Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.....	73
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	75
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	76
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	78
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS	88
	ANEXO 1: Matriz de consistencia	89
	ANEXO 2: Diagrama del proceso.....	91

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Simbología de un Contactor</i>	39
Tabla 2	<i>Simbología de un Relé Térmico</i>	41
Tabla 3	<i>Simbología de un interruptor termomagnético</i>	43
Tabla 4	<i>Simbología de un Selector</i>	48
Tabla 5	<i>Operacionalización de Variables</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Sistema con Retroalimentación Unitaria</i>	25
Figura 2	<i>Estructura Básica de un Autómata Programable</i>	32
Figura 3	<i>Contactador</i>	36
Figura 4	<i>Funcionamiento del Contactador</i>	39
Figura 5	<i>Relé Térmico</i>	40
Figura 6	<i>Interruptor termomagnético</i>	44
Figura 7	<i>Transmisor de Presión</i>	45
Figura 8	<i>Flotador Eléctrico</i>	45
Figura 9	<i>Manómetro Digital</i>	47
Figura 10	<i>Piloto y Selector</i>	48
Figura 11	<i>Variador de Velocidad</i>	62
Figura 12	<i>Motor</i>	65
Figura 13	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	66
Figura 14	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	67
Figura 15	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	67
Figura 16	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	68
Figura 17	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	68
Figura 18	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	69
Figura 19	<i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	69

Figura 20 <i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	70
Figura 21 <i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	70
Figura 22 <i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	70
Figura 23 <i>Programa del Sistema de Presión Constante</i>	71

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar un sistema automático con PLC para mejorar el suministro de agua a presión constante en las unidades de cuidados intensivos de la clínica Providencia.

Para llevar a cabo este diseño se requiere de un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual contará con un programa ejecutable con el Software G- SOFT 5.4, que es de libre acceso; todo esto es de vital importancia porque contiene la lógica para el correcto funcionamiento del sistema.

Por otro lado, se requiere de un variador de velocidad, el cual se encargará de regular la frecuencia de una de las bombas y a su vez mediante señales analógicas estarán en constante comunicación con el PLC para saber el estado en el que se encuentra el sistema. Adicionalmente la segunda bomba será controlada por un arranque directo, el cual entrará en servicio cuando el sistema lo requiera.

El resultado de implementar este sistema de distribución de agua a comparación de otros se puede ver reflejado en el ahorro energético, ahorro en mantenimiento y la fácil detección de fallas que pudiesen ocurrir.

Palabras clave: Sistema, Presión, Agua, Controlador Lógico Programable.

ABSTRACT

The main objective of this research is to design an automated system with PLC to improve the supply of water at constant pressure in the intensive care units of the Providencia clinic.

To carry out this design, a Programmable Logic Controller (PLC) is required, which will have an executable program with the G-SOFT 5.4 Software, which is freely accessible; all this is of vital importance because it contains the logic for the correct operation of the system.

On the other hand, a speed variator is required, which will be in charge of regulating the frequency of one of the pumps and, in turn, by means of analog signals, they will be in constant communication with the PLC to know the status of the system. Additionally, the second pump will be controlled by a direct start, which will come into service when the system requires it.

The result of implementing this water distribution system compared to others can be seen in energy savings, maintenance savings and the easy detection of faults that may occur.

Keywords: System, Pressure, Water, Programmable Logic Controller.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de presión constante hoy en día se posicionan como el método más usado en lo que concierne a la distribución de agua. Este sistema consta principalmente de variadores de velocidad, que son los encargados de regular la velocidad del motor dependiendo de la demanda; transmisores de presión que cumplen la función de medir la magnitud física (presión) y convertirla en una señal de corriente, la cual nuestros equipos electrónicos pueden interpretar y por último los motores y bombas que son los responsables de poner la presión a nuestro sistema, también se debe enfatizar que el PLC será el encargado de ejecutar el programa principal del sistema.

La programación del PLC debe contar con las condiciones necesarias para dar marcha al sistema: Señal del control de nivel del pozo de agua, señal del presostato, correcto funcionamiento del variador y el transmisor de presión. Se debe destacar que si una de las condiciones antes mencionadas no certifica su correcto funcionamiento, el sistema no arrancará y automáticamente el PLC mandará a activar un piloto de falla, caso contrario se activará el piloto de marcha, ambos ubicados en la parte frontal del tablero.

A pesar que existen diferentes sistemas de distribución de agua, los sistemas a presión constante son los que hoy en día están dando mayores resultados, resaltando el gran ahorro energético que se da porque se reducen los picos de corriente eléctrica de los motores, la fácil detección de problemas, el reducido espacio que necesita para dar marcha el sistema y sobre todo la eficacia que tiene para mantener la presión constante del agua en todos los puntos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El uso del agua ha ido aumentando en todo el mundo aproximadamente un 1% por año desde la década de 1980 (AQUASTAT, 2018). Este aumento constante se ha debido principalmente a la creciente demanda en los países en desarrollo y en las economías emergentes (aunque el uso del agua per cápita en la mayoría de estos países sigue estando muy por debajo del uso del agua en los países desarrollados, simplemente los están alcanzando). Este crecimiento es impulsado por una combinación de crecimiento poblacional, desarrollo socioeconómico y patrones de consumo en evolución (WWAP, 2018). La agricultura (incluida la irrigación, la ganadería y la acuicultura) es, con mucho, el mayor consumidor de agua, dado que representa el 69% de las extracciones anuales de agua a nivel global. La industria (incluyendo la generación de energía) representa el 19%, y los hogares el 12% (AQUASTAT, 2018).

Dada la coyuntura actual del COVID-19 alrededor del mundo y la caída del 1% en la intensidad de la energía primaria mundial en el año previo, los centros de salud están implementando sistemas tales que mejoren la eficiencia energética y el suministro adecuado de cada uno de los bloques estructurales que conforman el mismo. El suministro de agua para cada uno de los servicios pasa a ser un indispensable a la hora de la desinfección y/o esterilización, no solo de los espacios donde se tratan a los pacientes, también de la vestimenta, equipos biomédicos y del paciente.

En Latinoamérica, debido al desmesurado crecimiento demográfico, bajo control de los protocolos COVID y la alta demanda de los centros de salud, es muy importante que los suministros de agua estén al alcance de todos los profesionales de la salud, especialmente de aquellos que trabajan en el área de cuidados intensivos.

En la actualidad un gran porcentaje de sistemas de bombeo de agua utilizan el sistema convencional de ON/OFF, el cual es únicamente comandado por presostatos, los cuales mediante diferencias de presión permiten arrancar y parar las bombas de agua. Si bien el método es efectivo, las bombas deben trabajar a su potencia eléctrica máxima por lo cual no logran una presión completamente constante, a esto se le adiciona el hecho de tener un gasto de energía innecesario.

En Perú, el mal funcionamiento a nivel de infraestructura y atención de calidad de los centros de salud públicos, hace que las clínicas se vuelvan la opción más viable a la hora de atender cualquier necesidad de salud, aun así, éstas no cuentan con suministros de agua potable para desinfección que funcionen eficientemente.

En Lima, la amplia cantidad de Centros de salud, y la cantidad de pisos que la conforman, dificulta el alcance de una presión de agua óptima, es por eso que es necesaria la implementación de los sistemas automáticos para presión constante, lo que facilitará en gran medida que todos los procedimientos de desinfección se realicen eficazmente, especialmente en las unidades de cuidados intensivos (UCI). Este es el caso de la Clínica Providencia, ubicada en el distrito de San

Miguel, la cual cuenta con nuevas instalaciones exclusivas para pacientes críticos de COVID-19, por ello requieren un sistema óptimo para la distribución de agua en todas sus instalaciones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se mejorará el suministro de agua en la unidad de cuidados intensivos para optimizar el suministro hacia equipos médicos en la Clínica Providencia?

1.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera el tipo de tecnología de automatización podrá mejorar el suministro de agua a las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia?

¿De qué manera se podrá optimizar el suministro de agua a presión constante del personal de mantenimiento de la Clínica Providencia?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar un diseño automático con PLC y Variador de frecuencia para la implementación de un sistema a presión constante que logre optimizar el suministro de agua para los equipos médicos en las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar de qué manera el tipo de tecnología de los PLC usado para el diseño de suministro de agua a presión constante, puede mejorar el sistema de agua convencional para las unidades de cuidados intensivos.

Modelar el sistema y elegir los componentes para su buen funcionamiento.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Teórica

Sobre el proceso de automatización existe bastante información; sin embargo, sobre diseños de sistemas automáticos con PLC para mejorar el suministro de agua a presión constante, la bibliografía es escasa.

1.4.2. Temporal

La investigación se ha desarrollado desde 01/07/2020 al 01/11/2021.

1.4.3. Espacial

La investigación se desarrolló en el área de cuidados intensivos de la clínica Providencia, distrito de San Miguel, provincia de Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Cruz y Rodríguez (2017). “Diseño y fabricación de un sistema hidráulico de presión constante”. Plantearon como objetivo diseñar y construir un sistema hidráulico que por medio de un controlador electrónico PI entregue presión constante a una red. Dentro de la parte metodológica se siguieron tres pasos fundamentales: el primero consistió en el diseño y la fabricación de la estructura para el banco de pruebas. El segundo fue la instalación hidráulica y prueba hidrostática, además de la instalación eléctrica, por último, el tercer paso fue desarrollar el diseño de la planta y cálculos de las constantes de control PI.

Como resultado se obtuvo un sistema diseñado y construido que mantiene la presión constante en una red hidráulica, además de ser un prototipo modelo que ayuda a determinar la capacidad de la motobomba y el funcionamiento del controlador. Este sistema beneficia a toda construcción que requiera el uso de agua potable o aguas de reúso, en donde manejar la presión constante es sumamente importante, ya que no genera golpes de ariete por diferenciales de presión y de igual manera no generara cargas dinámicas a la red; por lo tanto se garantiza la vida útil de los accesorios hidráulicos instalados.

Por otro lado, puede apoyar procesos industriales en donde el mantener la presión constante es vital, como por ejemplo, los sistemas de osmosis inversa.

Diaz (2018). "Automatización y control de planta elevadora de distribución de agua potable a presión constante". El objetivo de este proyecto consistió en implementar un control automático a una planta elevadora de distribución de agua potable denominada "Booster Los Pinos", la cual es propiedad de la Empresa de Agua Potable ESVAL S.A.

Dentro de la metodología se consideró la variación de caudal requerido por la población, pues el diseño hidráulico muestra una planta compuesta con cuatro bombas, operando como máximo tres bombas y manteniendo una de ellas en reserva en caso de falla. La variable a controlar fue la presión local adquirida a la salida de la planta o en su defecto la presión remota tomada en el lugar de consumo de clientes, ubicada a 1,57 Km de la planta Booster y enlazada vía radio actualizando datos cada 5 segundos. El estudio de radio enlace se realizó utilizando software Radio Mobile.

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema implementado, se realizaron pruebas sometiendo a la planta a todas las condiciones de operación. Finalmente se realizó el análisis del comportamiento de las variables de interés, como son la frecuencia de las bombas, la presión controlada y el caudal demandado.

El resultado de este análisis fue satisfactorio dado que reflejó el comportamiento esperado de la planta bajo todas las condiciones de consumo presentadas y cumplió con las condiciones definidas en el diseño.

Llumiquina (2019). "Control Automático para bombeo de agua con variadores de velocidad para obtener presión constante". Planteó como objetivo principal realizar un sistema de control automático aplicado a variadores de velocidad en la facultad de Electrónica Digital y Telecomunicaciones en la Universidad Israel de Ecuador, para así obtener una presión constante en cada punto. Para ello se diseñó un tablero de control y con esto se gestionó la modulación de la velocidad de las bombas centrifugas de acuerdo a la demanda en cualquier momento.

El sistema está integrado con dos variadores de frecuencia, un PLC Logo, esto gestiona el control ON/OFF, la modulación de los variadores de frecuencia, además alarmas para cambios bruscos en la presión y monitorización en sus horas de funcionamiento. Toda la realimentación de presión del sistema está monitorizada por un sensor de presión ubicado a la salida de las bombas. Para el control usuario y monitoreo se instaló una pantalla HMI, en el cual se visualiza todos los datos medidos por el sistema.

El resultado final fue el desarrollo del programa de control automático para el controlador lógico programable que funciona de manera autónoma, utilizando variadores de velocidad para maniobrar los motores de las bombas de agua de acuerdo a la demanda.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Díaz (2018). "Sistema de control de flujo para presión constante de suministro de agua utilizando PLC en un edificio del Instituto de Ciencias y Humanidades". Planteó como objetivo principal diseñar un sistema basado en un PLC que sea capaz de automatizar el bombeo de agua y así obtener una presión constante en todo el edificio en cualquier horario y cualquiera sea la necesidad. En la parte metodológica el autor primeramente analizó el actual sistema de distribución de agua, el cual es un sistema de tanque elevado. Este sistema tiene muchas desventajas entre las que destaca la poca eficiencia para mantener la presión correcta en todos los puntos de distribución de agua en horario de altas demandas. El siguiente paso fue detallar los requisitos necesarios que requiere este nuevo sistema para llevarse a cabo. Este sistema básicamente está compuesto por un PLC, un variador de frecuencia, tres bombas y un sensor de presión. Como paso final el autor nos muestra mediante un diagrama de bloques el funcionamiento del sistema, el cual sigue una secuencia de arranque de bombas que se da por medio de la programación del PLC y el Variador de Velocidad.

Como resultado se obtuvo un sistema más confiable para el suministro de agua, el cual está dotado para que solo personal autorizado pueda manipular algún parámetro.

Céspedes (2018). "Diseño y simulación de un módulo demostrativo con fines didácticos de un sistema de bombeo a presión constante de aplicación en edificios e industrias". El objetivo principal consistió en diseñar y simular un módulo demostrativo con fines didácticos de un sistema de bombeo a presión constante de aplicación en edificios e industrias.

Dentro de la metodología se pudo observar el uso de manuales de fabricantes y fichas técnicas de los equipos a utilizar. Además, se usaron programas entre los que destacan los usados para la programación del PLC, la programación del VFD y el usado para el diseño del circuito. Para la selección de materiales hace el análisis del tipo de sistema que propone, el cual es un sistema PI de lazo cerrado. La obtención de los datos para seleccionar los equipos la hizo por cálculo y de acuerdo a la normativa vigente encontrada en el RNE 2006, CNE-Utilización 2006 y recomendaciones de los fabricantes de los equipos presentes en los manuales.

Como resultado se obtiene un sistema de lazo cerrado el cual es Proporcional e Integral (PI), para lograr así un módulo de pruebas para los estudiantes de dicha universidad.

Pahuara (2020). "Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz". Planteó como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en el edificio multifamiliar Torrez Paz manteniendo la presurización en todo el recinto mediante electrobombas trabajando de forma alternada y controlada de manera constante.

Como parte de la metodología el autor se basó en una investigación del año 2014, donde se desarrolló el diseño de un módulo demostrativo de control por variadores de velocidad para sistemas de presión constante multibombas.

El desarrollo de la propuesta de solución se mostró en un diagrama de bloques, donde se pudo observar el arranque de las bombas bajo ciertas condiciones, a partir del uso de sensores como los interruptores de nivel, el transmisor de presión, dispositivos de control como el PLC, los variadores de frecuencia encargados de recepcionar las señales de los sensores y elementos mecánicos como las válvulas esféricas, válvulas compuerta, válvula de pie, entre otros. Es por eso que se definió un diagrama de bloques detallando la lógica de control.

Como resultado se logró diseñar e implementar el sistema automatizado de presión constante y velocidad variable en el cuarto de bombas del edificio Torres Paz para la presurización y abastecimiento de agua potable de forma constante logrando cumplir con el requerimiento brindado por el ingeniero sanitario de la inmobiliaria Vicca Verde.

2.2. Bases teóricas

Sistemas de Bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos (Blanco, Velarde, Fernández, 1994).

Sistemas de Presión Constante

Según Olivarez (como se citó en Chavez et al. 2021), actualmente el sistema de bombeo más usado, por ser el más eficiente, para edificaciones es el de presión constante y velocidad variable, el que suministra agua a presión constante ante cualquier demanda de caudal. Esto se logra de manera óptima modificando la velocidad de las bombas a través de un control realimentado de la presión de salida que se denomina variador de velocidad. El tablero de control eléctrico incorpora variadores de frecuencia y controladores lógicos programables, los cuales deben ser programados adecuadamente. La presión de salida es leída constantemente por un sensor de alta precisión y transmitida al sistema de control. Este sistema puede ahorrar más de un 40% de energía y requiere una potencia eléctrica instalada menor que en el caso de los sistemas hidroneumáticos.

Sistema sumidero

Según Olivarez (como se citó en Chavez et al. 2021), es la red de drenaje que comprende la recolección del rebose de las cisternas doméstica, de agua contra incendio, cámara de compensación de piscina, los drenajes de los sótanos o la previsión de drenaje de aire acondicionado.

Sistema de aguas negras

El sistema de evacuación de aguas negras está constituido por el conjunto de tuberías y de ser necesario de bomba(s) y pozo de recolección. Este sistema recoge las aguas usadas en la edificación y, por lo tanto, los aportes de agua que circulan estarán casi en su totalidad definidos por los consumos de agua para fines domésticos, comerciales, industriales, etc. Es bueno hacer notar que no toda el agua suplida vuelve, en forma de agua usada, a las cloacas, ya que parte es descargada fuera del sistema de recolección (Sistemas Hidroneumáticos, 1990).

Sistemas de Control

El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, pues se ha convertido en una parte importante e integral en los sistemas de vehículos espaciales, en los sistemas robóticos, en los procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial que requiera el control de temperatura, presión, humedad, flujo, etc (Ogata, 2010, p. 1).

Control en lazo cerrado en comparación con control en lazo abierto

Sistemas de control realimentados

Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina *sistema de control realimentado*. Un ejemplo sería el sistema de control de temperatura de una habitación. Midiendo la temperatura real y

comparándola con la temperatura de referencia (temperatura deseada), el termostato activa o desactiva el equipo de calefacción o de enfriamiento para asegurar que la temperatura de la habitación se mantiene en un nivel confortable independientemente de las condiciones externas.

Los sistemas de control realimentados no se limitan a la ingeniería, sino que también se encuentran en diversos campos ajenos a ella. Por ejemplo, el cuerpo humano es un sistema de control realimentado muy avanzado. Tanto la temperatura corporal como la presión sanguínea se conservan constantes mediante una realimentación fisiológica. De hecho, la realimentación realiza una función vital: hace que el cuerpo humano sea relativamente insensible a las perturbaciones externas, permitiendo que funcione de forma adecuada en un entorno cambiante (Ogata, 2010, p. 7).

Sistemas de control en lazo cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de *control en lazo cerrado*. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema (Ogata, 2010, p. 7).

Sistemas de control en lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan *sistemas de control en lazo abierto*. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto (Ogata, 2010, p. 8).

Dentro de las ventajas fundamentales de los sistemas de control en lazo abierto tenemos las siguientes:

- Construcción simple y facilidad de mantenimiento.

- Menos costosos que los sistemas en lazo cerrado.
- No hay problemas de estabilidad.
- Convenientes cuando la salida es difícil de medir o cuando medir la salida de manera precisa no es económicamente viable. (Por ejemplo, en el caso de la lavadora, sería bastante costoso proporcionar un dispositivo para medir la calidad de la salida de la lavadora; es decir, la limpieza de la ropa lavada).

Así como existen ventajas, también encontramos desventajas fundamentales en los sistemas de control en lazo abierto, dentro de las cuales sobresalen las siguientes:

- Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores y la salida puede ser diferente a lo que se desea.
- Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración de vez en cuando (Ogata ,2010, p. 9).

Retraso

Los retrasos se encuentran en todos los sistemas de control, pues para producir respuestas necesarias el sistema requiere tiempo. Un ejemplo se da cuando queremos controlar la temperatura de un cuarto mediante un sistema de calefacción donde hay un retraso entre el momento que la temperatura disminuye a menos de la temperatura requerida y en el momento en el que el sistema de control enciende el calefactor.

Error en estado permanente

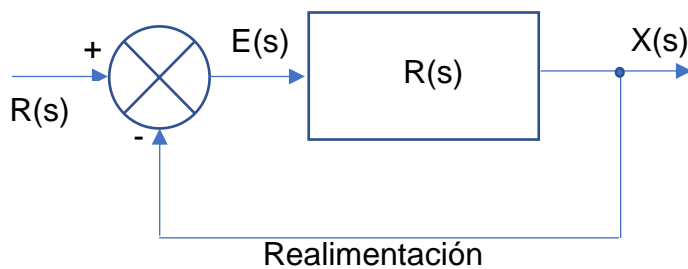
En el controlador, se produce como resultado de un cambio de variable una señal de error. Esto se refiere a la diferencia que hay entre el valor de entrada requerido y la salida una vez que todos los transitorios desaparecen.

Considerando un sistema de control con retroalimentación unitaria (ver figura 1). Tomando como entrada $R(s)$, con salida $X(s)$, la señal de retroalimentación es $X(s)$, señal de error $E(s) = R(s) - X(s)$. Si $G(s)$ es la función de transferencia de la trayectoria directa, entonces para el sistema completo se tiene:

$$\frac{X(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$$

Figura 1

Sistema con Retroalimentación Unitaria



Por lo tanto

$$E(s) = R(s) - X(s) = R(s) - \frac{G(s)R(s)}{1 + G(s)} = \frac{1}{1 + G(s)}R(s)$$

El error depende de $G(s)$.

Para poder determinar el error en estado estable, se determina cual es el error e como función del tiempo y así determinar cuál es el valor del error cuando todos los transitorios desaparecen.

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s)$$

Para poder ilustrar lo anterior considerar un sistema con retroalimentación unitaria con función de transferencia de la trayectoria directa $k/(\tau s + 1)$ y sometido a una señal tipo escalón unitario $1/s$.

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow \infty} E(s) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[s \frac{1}{1 + k/(\tau s + 1)s} \right] = \frac{1}{1 + k}$$

En estado estable existe un error, la salida del sistema nunca alcanza al valor predeterminado.

Aumentando la ganancia k del sistema se puede reducir este error en estado estable.

No obstante, si el sistema con retroalimentación unitaria tuviera una función de transferencia de la trayectoria directa $k/(\tau s + 1)$ y se introdujera una entrada escalón, el error en estado estable sería:

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow \infty} E(s) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[s \frac{1}{1 + k/(\tau s + 1)s} \right] = 0$$

No existe error en estado estable.

Modos de control

a) Modo de control de dos posiciones

En este modo el controlador es como un interruptor activado por la señal de error y proporcional a una señal correctora tipo ON-OFF.

b) Modo de control proporcional (P)

Genera un control de tipo proporcional al error. Si el error aumenta la señal de corrección aumentará. Así mismo si el error disminuye, la magnitud de corrección también lo hará y el proceso de corrección será más lento.

c) Modo de control derivativo (D)

Su acción de control es proporcional con respecto a la rapidez con la que cambia el error. Cuando sucede un cambio de pronto en la señal de error, el controlador genera una señal de corrección de gran magnitud y cuando su cambio es gradual en respuesta se genera una pequeña señal de corrección.

Se puede decir que el control derivativo es una forma de control anticipativo, cada vez al medir la rapidez con la que cambia el error se anticipa la llegada a un error más grande y es aplicada la corrección antes que llegue.

Este tipo de control no se usa solo, sino que siempre se hace conjuntamente con el control proporcional y con frecuencia con el control integral.

d) Modo de control integral (I)

Genera una acción de control que es proporcional a la integral del error en el tiempo. Una señal de error que sea constante producirá una señal de corrección

de forma creciente, dicha señal seguirá aumentando mientras el error siga persistiendo.

Al controlador integral se le puede considerar que “mira hacia atrás”, sumando todos los errores y responde a los cambios que ocurren.

e) Combinación de modos

Tenemos Proporcional derivativo (PD), proporcional integral (PI) y proporcional integral derivativo (PID).

Sistemas de bombeo

Un sistema de bombeo es un sistema compuesto por una o varias bombas hidráulicas, un tablero controlador, una red de tubería y otros componentes complementarios, cuya función es cumplir con una demanda de caudal y presión de acuerdo a los cálculos para su uso. El caudal es diseñado para la situación de máxima demanda y este es el caudal que debe entregar la bomba hidráulica. Para el cálculo del caudal existen diversos métodos, entre uno de ellos el método de Hunter. Para el tema de la presión se debe tener en cuenta dos tipos de presiones presión estática y presión dinámica. La primera es la presión que ejerce la columna de agua, mientras que la presión dinámica es la presión debido a la velocidad del agua. La presión absoluta del sistema es la sumatoria de la presión estática y dinámica, tener en cuenta que aquí no se tiene en cuenta la presión atmosférica ya que el sistema de bombeo se considera como un sistema cerrado (Paredes, 2014).

La mayoría de los sistemas alimentados con bombas no necesita que las bombas operen a su capacidad máxima de manera continua. Cuando no se

necesita que el caudal o la presión sean máximos, se procede a controlar las bombas con alguno de los métodos siguientes:

- Control de encendido/apagado.
- Regulación de la válvula de descarga de la bomba.
- Recirculación del flujo.
- Uso de un variador de velocidad (Eficiencia Energética Industrial, 2018).

Estos métodos se basan en monitorear el proceso por medio de instrumentos para decidir cuándo hay que encender la bomba, activar las válvulas de control o el variador de velocidad para ajustar la capacidad de la bomba.

Algunos de los parámetros del proceso que pueden usarse son:

- Controles de nivel.
- Indicadores de presión.
- Caudalímetros.
- Sondas de temperatura.

Estos instrumentos transmiten una señal de encendido/apagado (señal digital o de contacto seco) o una señal variable que depende de puntos de ajuste. Cuando se emite una señal variable (señal análoga en su mayoría de corriente), se emplea un sistema de control distribuido o un controlador de bucle cerrado para determinar cuándo hay que encender y apagar las bombas, abrir o cerrar las válvulas o cómo hay que operar el variador de velocidad de acuerdo con los parámetros del proceso (Eficiencia Energética Industrial, 2018).

Bomba de agua

Es una máquina que gracias a la energía eléctrica y mecánica acciona energía hidráulica en el fluido, en este caso del agua. Este líquido que debe transportar la bomba debe ser incompresible. La función de la bomba entonces es incrementar la presión dentro de la tubería, en caso de disminución de presión por la demanda existente. En este caso señalaríamos una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que término se usa para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía o bombean líquidos incompresibles, y por ende no alteran la densidad del fluido que bombean, a diferencia de otras máquinas como son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática, también encontramos otros tipos de fluidos, como por ejemplo las bombas de vacío o de aire (Díaz, Trujillo y Román-Gonzales, 2015).

Variadores de Velocidad

El Variador de Velocidad es un conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos que se emplea para controlar la velocidad giratoria del motor que lo acciona con una velocidad variable. Este tipo de dispositivos lo vemos generalmente en la industria, accionando a los motores eléctricos a velocidades constantes o variables, en el caso de que este dispositivo sea incorporado dentro de un sistema de presión constante, los motores operarán a velocidad regulable, dependiendo ésta, al consumo y a la presión a la cual se gradúe el sistema (Díaz, Trujillo y Román-Gonzales, 2015).

PLC

Un autómata programable, también denominado PLC (Controlador Lógico Programable), es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada.

En la actualidad el uso de los autómatas programables está generalizado en la industria, aunque en otros sectores, como la domótica, también tiene gran presencia.

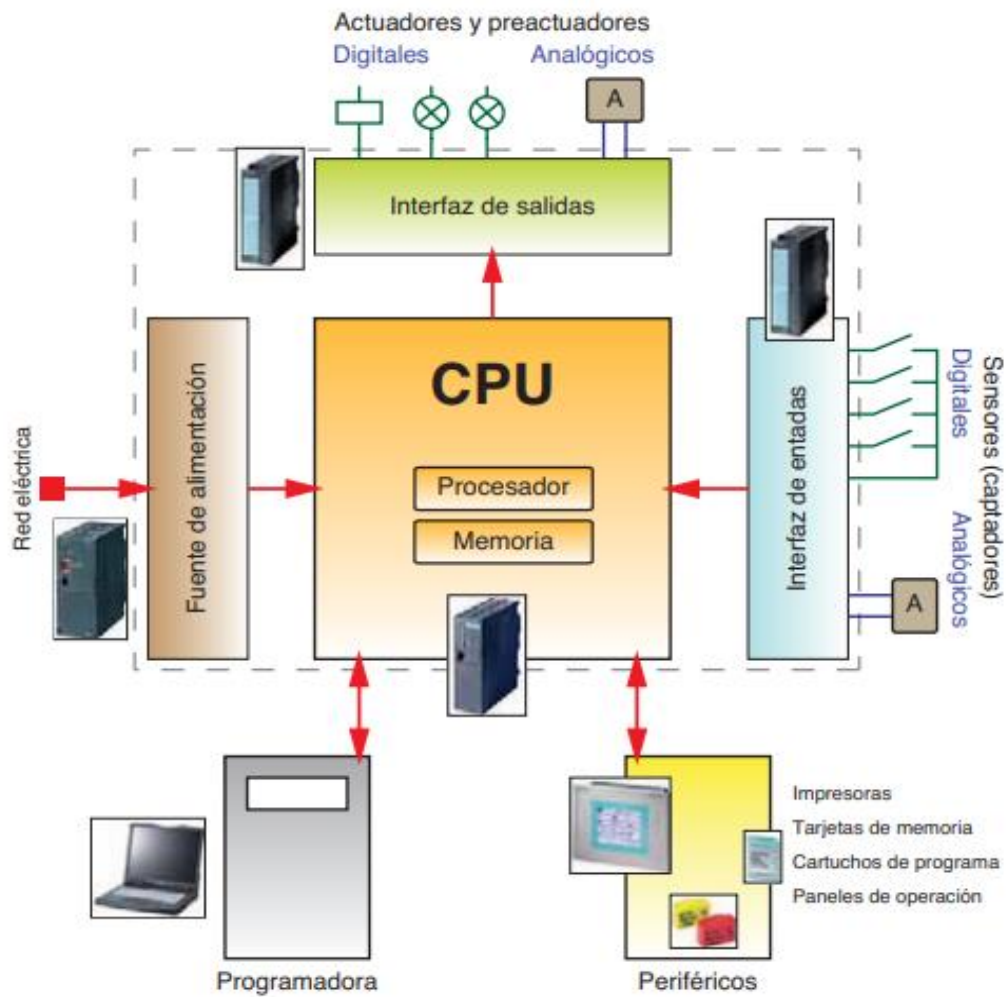
Los PLC permiten procesar de forma inteligente las señales precedentes de multitud de variables físicas que existen en los procesos industriales y actuar en consecuencia (Martín y García, 2016, p. 258).

Estructura interna del PLC

El autómata programable está gestionado por un sistema electrónico basado en un microprocesador, encargado de procesar las señales del exterior, tanto de lectura como de escritura, a través de los interfaces de entradas y salidas. Para el funcionamiento óptimo y continuado del sistema electrónico, es necesaria una fuente de tensión. Los programas se almacenan en los diferentes tipos de memoria que el PLC dispone y gestiona desde un elemento de programación externo (Martín y García, 2016, p. 259). Para una mejor explicación ver figura 2.

Figura 2

Estructura Básica de un Autómata Programable



Fuente: Martín y García (2016)

Clasificación de los autómatas programables

Tomando en cuenta su modularidad, los autómatas pueden ser clasificados en tres tipos: compactos, semi compactos y modulares.

- **Compactos**

Son aquellos que contienen todos sus elementos, E/S, CPU, fuente de alimentación, etc., en una misma envolvente. La mayoría de estos modelos son ampliables con diferentes tipos de módulos (entradas, salidas, de comunicación, especiales, etc).

Dentro de este grupo cabe destacar los que se han denominado relés programables que algunos fabricantes están desarrollando con gran éxito para aplicaciones domésticas y gestión de pequeña maquinaria. Con un teclado básico, 6 u 8 teclas situado directamente en su frontal, es posible realizar todas las tareas de programación y parametrización disponibles de una forma rápida y sencilla. Además, presentan la posibilidad de ser conectadas, con la interface adecuada, a un ordenador personal para la edición, grabación e impresión de programas de usuario (Martín y García, 2016, p. 261).

- **Semi compactos**

Son aquellos en los que alguno de sus elementos está fuera de la envolvente principal. Por ejemplo, la fuente de alimentación (Martín y García, 2009, p. 261).

- **Modulares**

Cada uno de los elementos que lo forman está en una envolvente diferente que se instala sobre un rack común. Las posibilidades de expansión son enormes

comparándolas con las de tipo compacto y semicompacto, pero su coste es mucho más elevado (Martín y García, 2016, p. 261).

Entradas digitales

Las entradas digitales, tienen como misión recibir la información proveniente del control de un proceso o una máquina. Captan señales discretas que varían su estado ante cambios de tensión todo o nada. Es decir, el valor máximo de la tensión de la alimentación. La CPU detecta un 1 lógico, cuando el valor es máximo, o un 0 lógico, cuando el valor es mínimo.

La alimentación de las entradas digitales se realiza de acuerdo al tipo de PLC. Cuando las entradas son de 24 VCC, se conectan directamente de la fuente de alimentación del autómeta. En cambio, cuando las entradas son de 155 - 240 VAC se conectan a la red de corriente alterna que alimenta la instalación. Algunos fabricantes desarrollan este tipo de entradas, para ser utilizadas en instalaciones de viviendas (Martín y García, 2016, p. 262).

Salidas digitales

Este módulo tiene como misión enviar las señales de activación y desactivación a los actuadores, (bobinas de contactores, relés, módulos tríacs, lámparas, etc.). La información es enviada por las entradas a la CPU una vez procesada según programa, el procesador genera las órdenes al módulo de salidas para que sean activadas o desactivadas, a su vez, estos cambios se transmiten a los actuadores y pre actuadores. Los digitales envían señales todo o nada a los actuadores, pudiéndose distinguir los siguientes tipos: a relés y a transistor. Las

salidas a relés son libres de tensión y por tanto se pueden utilizar para cualquier tipo de corriente (CC o CA) y para diferentes tensiones, incluso en la misma aplicación. Es habitual encontrar que los contactos de los relés de salida están unidos a un borne común. Esto implica que todos los actuadores que se conecten a ese bloque común de relés deben ser del mismo tipo de corriente y trabajar a la misma tensión. En este caso, el tipo de alimentación del autómatas no está condicionado al que necesitan los actuadores y pre actuadores.

Las salidas a transistor, también denominadas a colector abierto, se utilizan para activar actuadores de corriente continua. En este caso, la alimentación del autómatas sí que debe ser la misma que la de los actuadores y pre actuadores conectados a los bornes de salidas (Martín y García, 2016, p. 264).

Entradas analógicas

Las entradas analógicas detectan valores de tensión o corriente, para producir eventos por comparación cuando se alcanzan los prefijados en el programa de usuario.

El ataque de las entradas analógicas requiere captadores especiales, también analógicos, que se adapten a los valores de las señales requeridas por el autómatas. Los valores de las señales estandarizadas son: 4-20mA, 0-20mA, 0-10Vdc (Martín y García, 2016, p. 266).

Salidas analógicas

Las salidas analógicas adaptan la señal de salida, de acuerdo a los estándares antes indicados, sobre los actuadores, también analógicos, conectados a sus bornes.

Para la unión entre los módulos analógicos y sus actuadores, es necesario utilizar un cable apantallado para evitar interferencias y perturbaciones en las señales enviadas. Esta precaución evitará el funcionamiento anómalo del automatismo (Martín y García, 2016, p. 267).

Contactor

Se le denomina dispositivo electromagnético (ver figura 3), que se controla a distancia para conmutar un circuito de potencia. Su principal aplicación es la de control en la alimentación de circuitos de motores eléctricos, pero también se utiliza para alimentar otro tipo de receptores, como sistemas de resistencias, líneas de luminarias, etc (Martín y García, 2016, p. 136).

Figura 3

Contactor



Fuente: Martín y García (2016)

Partes del contactor

Bobina

Es el órgano del contactor que puede ser controlado a distancia cuando se aplica

tensión a sus bornes.

Está formada por hilo esmaltado de pequeño diámetro y muchas espiras, bobinado sobre un pequeño carrete de material aislante. Los dos bornes de la bobina, están etiquetados como A1 y A2. Se fabrican bobinas para diferentes tensiones de trabajo (12V, 24V, 48V, 230V, etc.), tanto para corriente alterna como para corriente continua.

Es importante que compruebes la tensión y el tipo de corriente de la bobina antes

de conectarla a la red eléctrica, ya que de otra forma se destruirá de forma irremediable (Martín y García, 2016, p. 137).

Circuito magnético

Lo conforman dos partes, la culata y el martillo. La primera es la parte fija y en ella se encuentra la bobina del contactor. El martillo es la parte dinámica. Ambas partes se mantienen separadas en reposo debido a un dispositivo de resorte que tira de la parte móvil. Cuando la bobina se alimenta con la tensión adecuada, la culata es imantada generando una atracción en el martillo. Lo habitual es que el circuito magnético no se ve desde el exterior, los contactores muestran en su parte externa un elemento mecánico que indica esa activación, que se hunde o cambia de posición, permitiendo conocer si conmutó correctamente (Martín y García, 2016, p. 137).

Contactos eléctricos

Están unidos mecánicamente a la parte móvil del circuito magnético. De esta forma, cuando el martillo se desplaza, también lo hacen los contactos, abriendo los que están cerrados y cerrando los que están abiertos. En general, se pueden encontrar dos tipos de contactos en un contactor: los de fuerza y los de mando, también llamados auxiliares.

Los de **fuerza** están preparados para un mayor poder de corte y se encargan de controlar las cargas de potencia (por ejemplo, un motor eléctrico, un conjunto de radiadores eléctricos, etc.). Los de **mando** se utilizan para tareas auxiliares y de control.

Desde el exterior del contactor, unos contactos se identifican de otros, ya que los bornes de los de fuerza están etiquetados con números de una sola cifra (1 – 2, 3 – 4, 5 – 6) y son normalmente abiertos. Los de mando tienen números de dos cifras (13 – 14, 21 - 22) y pueden ser abiertos o cerrados (Martín y García, 2016, p. 138).

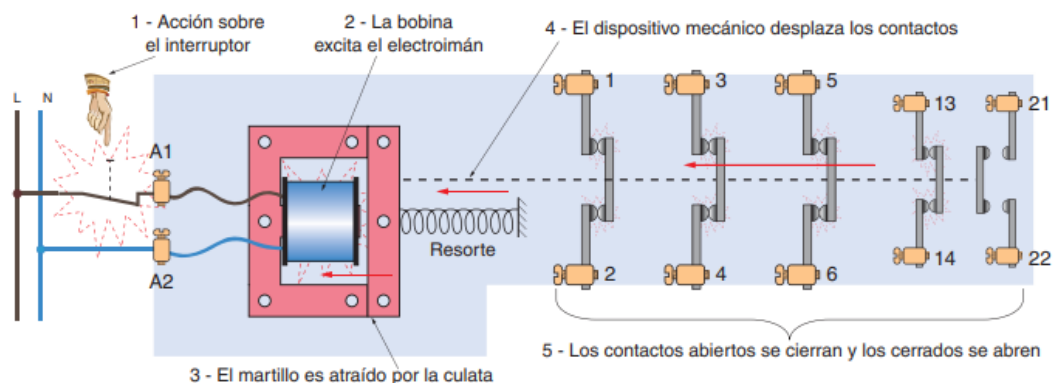
Funcionamiento del contactor

Al conectar una bobina al suministro eléctrico por el interruptor, tal como se observa en la Figura 4, se ve que cuando el interruptor no está conmutando, el circuito magnético se encuentra en off y el martillo se ubica separado de la culata por el resorte. De tal manera, que los contactos eléctricos, tanto los de fuerza como los auxiliares, se encuentran en reposo. Lo que se traduce como, abiertos los abiertos y cerrados los cerrados. Al cerrar el interruptor conectado al borne A1 de la bobina, la bobina genera excitación y el circuito magnético se cierra, moviendo con él todos los contactos del contactor. De esta forma, los contactos no conmutados se cierran y los conmutados se abren. Si el interruptor

vuelve a la posición de conmutado, la bobina dejará de estar excitada, abriendo el circuito magnético mediante el resorte, por tanto, logrando el estado de reposo nuevamente (Martín y García, 2016, p. 139).

Figura 4

Funcionamiento del Contactor






Fuente: Martín y García (2016)

Simbología

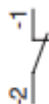
La representación gráfica de los elementos de un contactor (véase la tabla 1), también llamado relé industrial son los siguientes:

Tabla 1

Simbología de un Contactor

ELEMENTO	SÍMBOLO	IDENTIFICADOR
Bobina		K
Contactos fuerza		K
Contacto auxiliar normalmente abierto		K

Contacto auxiliar
normalmente cerrado



K

Fuente: Martín y García (2016)

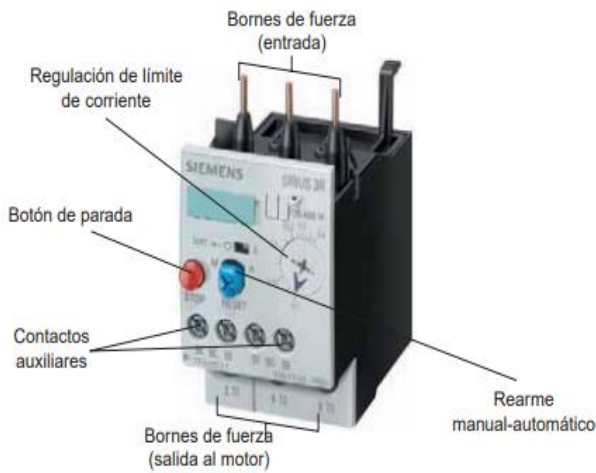
Relé Térmico

El relé térmico es un dispositivo de protección utilizado en circuitos de automatismos, destinados al arranque de motores. Con él se **protege el motor contra sobrecargas y fallos debidos a la falta de una fase**. Por tanto, siempre que se realice un circuito para el arranque de un motor, es necesario utilizar un relé térmico.

El relé térmico se conecta al circuito de fuerza, mediante seis bornes destinados a tal fin, y al circuito de mando, mediante un conjunto de contactos auxiliares. La parte de fuerza del relé térmico es la encargada de detectar la sobrecarga. Los contactos auxiliares se utilizan para la desconexión del circuito de mando del contactor que gestiona el motor y para señalar el disparo (Martín y García, 2016, p. 171).

Figura 5

Relé Térmico



Fuente: Martín y García (2016)

Simbología

En baja potencia, los bornes de entrada suelen tener forma de varillas o pletinas de cobre para colocarse directamente en el contactor.

Así, los símbolos mayormente usados para un relé (véase tabla 2) en sus esquemas son los siguientes:

Tabla 2

Simbología de un Relé Térmico

ELEMENTO	SÍMBOLO	IDENTIFICADOR
Relé térmico para circuito de fuerza		F
Contacto auxiliar de relé térmico NC		F
Contactos auxiliares NO y NC de relé térmico		F
Contacto auxiliar conmutado de relé térmico		F

Fuente: Martín y García (2016)

Interruptor termomagnético

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuitos. Provoca la apertura automática del circuito en el que está instalado cuando dichas corrientes tienen lugar. Como indica su nombre, consta de dos métodos de apertura:

- **Disparador magnético:** Actúa frente a las corrientes de cortocircuito, y debido a que este tipo de corrientes son muy peligrosas, tiene que proporcionar un corte muy rápido.
- **Disparador térmico:** Actúa frente a las corrientes de sobrecarga. El corte es más lento. El disparador térmico está compuesto por dos láminas de metales distintos unidas entre sí.

Cuando circula por ellas una intensidad de sobrecarga, poco a poco se van calentando, y como consecuencia, dilatando. Como ambas láminas son de metales distintos, una de ellas siempre se dilatará más que la otra, por lo que el resultado será una curvatura de ambas placas que provoca la apertura del circuito después de un tiempo.

El disparador magnético en cambio está formado por un electroimán. Cuando la intensidad que circula por él es la suficiente, se genera una fuerza que tira de los


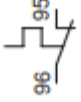
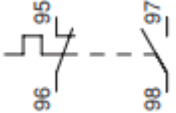
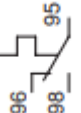
contactos asociados a él, abriendo de esta forma el circuito en tiempos prácticamente nulos (milisegundos) (Martín y García, 2016, p. 82).

Simbología

Los símbolos que representan los interruptores termomagnéticos (ver tabla 3) en los esquemas son los siguientes:

Tabla 3

Simbología de un interruptor termomagnético

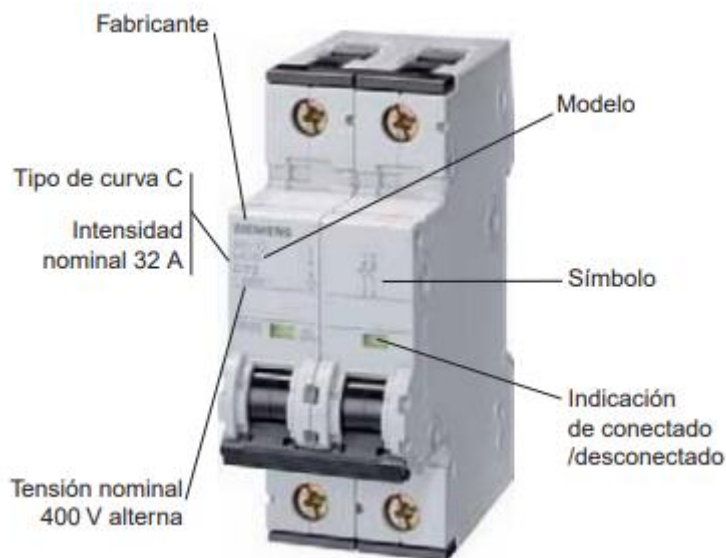
ELEMENTO	SÍMBOLO	IDENTIFICADOR
Interruptor magnetotérmico unipolar		Q
Interruptor magnetotérmico bipolar		Q
Interruptor magnetotérmico tripolar		Q
Interruptor magnetotérmico tetrapolar		Q

Fuente: Martín y García (2016)

En la figura 6 podemos ver un interruptor termomagnético debidamente señalizado.

Figura 6

Interruptor termomagnético



Fuente: Martín y García (2016)

Transmisores de Presión

Es definido como un elemento capaz de medir y transmitir señales tanto análogas como digitales de la variable en cuestión. Existen dos tipos, los que están basados a adquirir datos mediante presión diferencial y los basados en la adquisición por presión manométrica (Pirela, Rodríguez y Terán, 2014).

Transmisor de presión diferencial

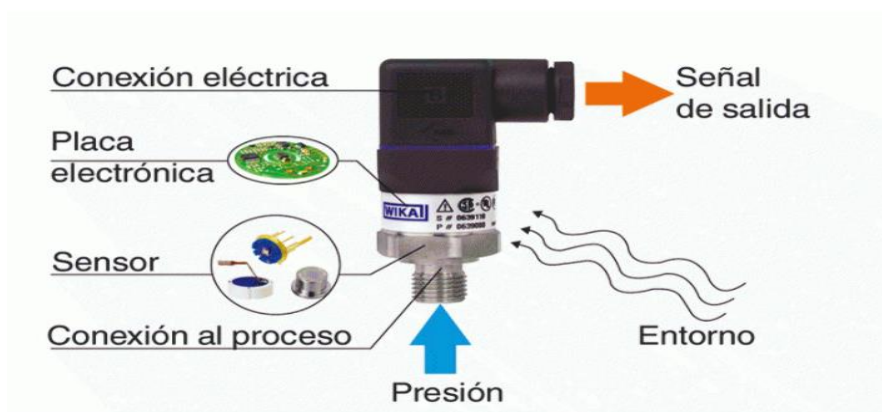
Hace referencia a un dispositivo que permite medir el flujo, nivel y detección de fugas. Además, los transmisores de presión diferencial pueden ser aplicados en la medición de presiones diferenciales, relativas y absolutas. En otras palabras, es un dispositivo esencial en el área de la automatización (García, Hernández, Ramírez, Reina y Charry, 2014).

Transmisor de presión manométrica

Dispositivo de medición de presión directa tanto positiva como negativa (ver figura 7). Se da a través de una línea de aire comprimido dentro de algún punto de control en algún equipo, sea compresor, secador (Quintero, 2011).

Figura 7

Transmisor de Presión



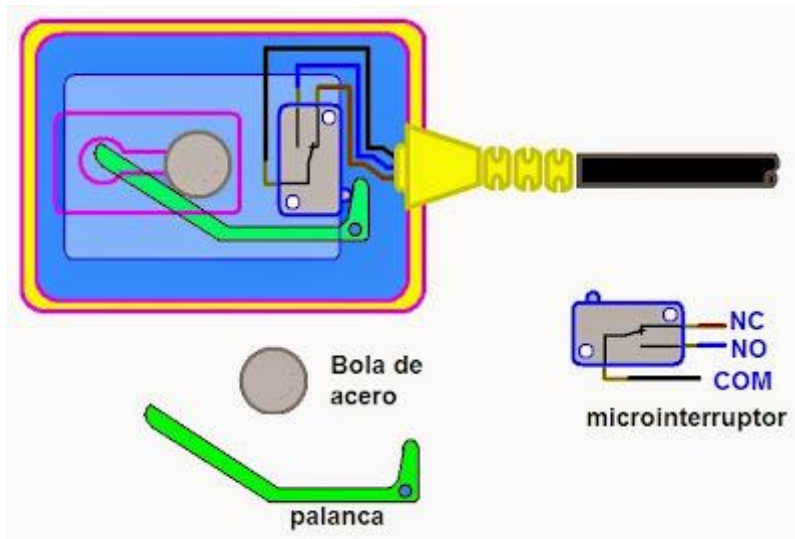
Fuente: Nola (2017)

Flotador eléctrico

Tiene como función automatizar una bomba, evitando que ésta funcione cuando no sea necesario, y que el tanque se desborde por exceso. Cuando se utiliza en el tanque o en la cisterna, además de la automatización, genera una protección de la bomba, pues ésta solo se encenderá cuando haya agua en la cisterna (véase figura 8) (Coparoman, 2015).

Figura 8

Flotador Eléctrico



Fuente: Coparoman (2015)

Presostato

Dispositivo que, a base de contactos que abren y cierran un circuito, regula la presión o depresión en los campos de la neumática e hidráulica. Los presostatos funcionan en base a un mecanismo de pistón interno acoplado a un resorte, el cual mueve el pistón hacia abajo por la disminución de presión uniéndose a contactos metálicos que permiten hacer fluir corriente eléctrica a otros contactos que ejecuta un dispositivo de corriente alterna (AC) (Ospitia y Díaz, 2009).

Las funciones de los presostatos son las siguientes:

- Controlar el funcionamiento de compresores neumáticos, según la presión en el depósito o tanque donde se almacene.
- Limitar la presión de máquinas o herramientas.
- Quitar la conmutación de la máquina en caso exista una baja presión.

Manómetro

Es un instrumento que sirve para medir la presión ejercida por los fluidos contenidos en recipientes cerrados (ver figura 9). Se puede resumir que existen manómetros para líquidos y gases (Valero, 2014).

Figura 9

Manómetro Digital



Fuente: PCE Instruments

Selectores

Actualmente, existen varios fabricantes que ofertan temporizadores multifunción, cuyo funcionamiento se ajusta a través de selectores (ver figura 10) o pequeños interruptores de configuración (Martín y García, 2016, p. 152).

Pilotos

Son dispositivos de señalización luminosa, que poseen un tamaño similar al de los pulsadores (ver figura 10). Por ejemplo, para saber si los distintos circuitos están en tensión, se deben colocar pilotos circulares de señalización en la puerta del cuadro.

En muchas ocasiones es necesario señalar el estado de un contactor. Esto permite al operario detectar, de un simple vistazo si una máquina, está en funcionamiento o no (Martín y García, 2016, p. 150).

Este tipo de señalización se puede realizar de varias formas, pero la más sencilla se hace mediante pilotos, ubicados en las puertas de los cuadros eléctricos, o balizas luminosas (Martín y García, 2016, p. 169).

Figura 10

Piloto y Selector



Fuente: Parra y Moreno (2019)

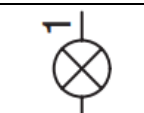
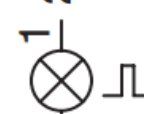
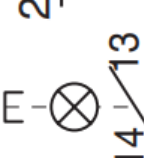
Simbología

La simbología se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Simbología de un Selector

ELEMENTO	SÍMBOLO	IDENTIFICADOR
----------	---------	---------------

Lámpara de señalización en general		H
Lámpara intermitente		H
Pulsador con señalización luminosa		H

Fuente: Martín y García (2016)

2.3. Conceptual

El diseñar un sistema automático con PLC para mejorar el suministro de agua a presión constante en el área de cuidados intensivos de la clínica Providencia, tiene por finalidad, mantener la presión constante del agua en cualquiera de las instalaciones de la clínica, garantizando que el caudal de salida en cualquier punto sea el mismo.

Los sistemas de Presión constante son un tipo dentro de la gama de sistemas de distribución de agua, son los que más beneficios proveen pues se logra un ahorro energético superior sobre los sistemas convencionales. Por otro lado, reducen el pico de corriente de los motores y la presión será constante en todos los puntos. Si existiesen problemas, estos serían de fácil detección; por último, no necesitan de grandes espacios para funcionar.

El diseño de sistema automático con PLC para suministro de agua a presión constante en las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia

consta específicamente de un variador de velocidad que será el encargado de regular la frecuencia de una primera bomba, a su vez mediante el uso de señales analógicas se comunicará con un PLC, el cuál es el encargado de ejecutar el programa y mostrará el estado en el que se encuentra el sistema.

Finalmente, la segunda bomba con la cual cuenta el sistema se controlará por arranque directo y solo se activará cuando el sistema así lo requiera.

Todo lo detallado anteriormente se ha realizado, de tal manera que los resultados obtenidos son datos reales, gracias a las condiciones rigurosas y los parámetros tenidos en cuenta a la hora del diseño.

Durante la elaboración del presente trabajo de tesis se ha determinado la variable dependiente, modelo de diseño y la variable independiente, implementación del Sistema automático.

De esta manera se deduce que la investigación desarrollada es aplicable a un variedad de instalaciones y edificaciones y su sustento radica en los datos obtenidos en el desarrollo de la misma, y que han sido comparados con los resultados consultados en las diferentes bibliografías.

2.4. Definición de términos básicos

Bomba centrífuga: Es un tipo de bomba hidráulica cuya función principal es transformar la energía mecánica en energía cinética; es decir, convierte la energía en velocidad.

Clínica: Establecimiento público o privado donde se brindan servicios de salud y asistencia sanitaria especializada.

PLC: Es un sistema asociado a una computadora que usa instrucciones de programación y automatización para controlar la maquinaria en la industria.

Sistema autómeta: Es el conjunto de varios componentes eléctricos y electrónicos que conforman uno solo para poder optimizar algún tipo de proceso industrial.

Presión constante: Es el sistema que logra proporcionar un suministro de agua constante que se refleja en la presión uniforme que hay en todas las salidas de agua.

Suministro de agua: Es el abastecimiento de agua potable que está a cargo de instituciones que brindan este servicio garantizando la mejor calidad posible.

Señales digitales: Las señales digitales son formas de transmisión de datos, que convierten los datos en valores discretos, basándose en el código binario con el que trabajan los sistemas informáticos.

Unidad de Cuidados Intensivos: Es un área restringida de los centros encargados de cuidar la salud de las personas, donde se atienden a los pacientes más graves y que necesitan un monitoreo constante las 24 horas del día.

Variador de frecuencia: Es un dispositivo electrónico encargado de controlar la velocidad de los motores, se encuentra ubicado entre la fuente de alimentación eléctrica y el motor.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Elaboración de un sistema de automatización con PLC y Variador de frecuencia para suministro de agua a presión constante.

3.1.2. Hipótesis específicas

Establecer el procedimiento de diseño del autómata de suministro de agua a presión constante para las unidades de cuidado intensivos.

Realizar modelo para implementación del autómata, tipo de tecnología y software de aplicación.

3.2. Definición conceptual de variables

Variable dependiente

Y = Modelo de diseño.

Variable independiente

X₁ = Implementación del Sistema autómata.

3.2.1. Operacionalización de variables

En la tabla 5 se presenta la operacionalización de variables.

Tabla 5

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
DEPENDIENTE		
Y = Modelo de diseño.	Herramientas de diseño.	Ficha u hoja de planeamiento generada por el área de ingeniería.
	Requerimientos de Ingeniería.	
INDEPENDIENTE		
X ₁ = Implementación del Sistema autómatas.	Sistema de automatización de Presión constante.	Valores técnicos específicos para mantener el proceso en funcionamiento.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y Diseño de la investigación

4.1.1. Tipo de la investigación

Es una investigación tecnológica de tipo aplicada porque los investigadores buscan resolver el problema e intervenir en la situación de las variables, logrando de esta manera demostrar su hipótesis. Es de tipo prospectiva porque los datos son obtenidos por los investigadores en las diferentes etapas del proceso. Es longitudinal porque las variables serán medidas en más de una ocasión (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Es una investigación tecnológica y operativa que se encuentra ubicada dentro del área de Ingeniería y Tecnología, subárea de Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática, disciplina de Automatización y Sistemas de Control, finalmente se encuentra ubicada en la línea de investigación de Tecnología de la Automatización.

4.1.2. Diseño de la investigación

Investigación bibliográfica

Se ha revisado y seleccionado información sobre diseños de sistemas automáticos con PLC para suministro de agua a presión constante en diferentes tipos de instalaciones. La investigación bibliográfica consistió en la recopilación de información similar existente relacionada al tema de investigación. Se revisaron diferentes fuentes bibliográficas como libros, revistas, artículos y otros materiales científicos. Luego de reunir y seleccionar cuidadosamente la información se pudo responder al problema planteado en la investigación.

Investigación experimental

Elección de la muestra

En este caso la muestra única es la Clínica Providencia, ubicada en el distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima.

Elección de equipo y tecnologías

Para elección del equipo experimental se ha evaluado las necesidades requeridas para implementar un sistema a presión constante en la Clínica Providencia.

Elección del método a utilizar

Después de una revisión exhaustiva de la bibliografía y adecuándose a la idea que se tenía para esta investigación, se decidió implementar un sistema a presión constante porque es el que ofrece más beneficios en la actualidad.

Determinación de las variables de operación

Para la presente investigación se han determinado las siguientes variables de operación: implementación del sistema automático como variable independiente y el modelo de diseño como variable dependiente, las cuales se señalan en el diseño experimental con la finalidad de determinar los parámetros para el diseño automático con PLC para suministro de agua a presión constante en las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia.

4.2. Método de investigación

Esta investigación utiliza los siguientes métodos:

Método cuantitativo.

Método observacional – experimental.

Método analítico.

4.3. Población y muestra

El criterio de población no aplica para esta investigación; sin embargo se acepta como muestra única a la Clínica Providencia, que se encuentra ubicada en el distrito de San Miguel, departamento y provincia de Lima.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Esta investigación se ha realizado en las instalaciones de cuidados intensivos de la Clínica Providencia, ubicada en el distrito de San Miguel, provincia de Lima, durante el período comprendido desde 01/07/2020 - 01/11/2021.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Las técnicas utilizadas son la técnica experimental y observacional empleadas durante el diseño del sistema automático con PLC para suministro de agua a presión constante para mejorar las unidades de cuidados intensivos en la clínica Providencia. Adicionalmente se usó lenguaje de programación para comprobar el buen funcionamiento del sistema.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Al ser una investigación de corte experimental y observacional se desarrolló siguiendo los lineamientos de métodos y técnicas obtenidos durante la consulta del material bibliográfico para el diseño automático con PLC para suministro de

agua a presión constante en las UCI de la Clínica Providencia. El proceso seguido se detalla a continuación:

- Análisis de los diferentes sistemas de distribución de agua.
- Diseño del sistema automático con PLC.
- Procedimiento experimental.

4.6.1. Análisis del método de sistema de agua de presión constante

En la actualidad existen diversas formas de abastecer agua hacia un determinado ambiente o local, una de ellas utiliza diversos equipos como los variadores de velocidad que se encarga en la regulación y control automático de las bombas que suministran agua.

Las ventajas que ofrecen es que los motores giran a menos 32 revoluciones que la nominal y por ello su consumo de energía es mucho menor correspondiente a esa condición de velocidad. Las bombas se adecúan a las necesidades reales del consumo, de esta manera se soluciona los sobre dimensionamientos de estas por diseño, que se toman en cuenta en todo proyecto. De esta manera se controla más la energía consumida, la operación de las bombas y supervisa en un sistema central, teniendo en cuenta los márgenes en la cual trabaja una bomba (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015).

Una forma de abastecimiento es mediante un sistema denominado sistema de presión constante. Este sistema es aquel que abastece de agua a una red o a un servicio en general no importando la cantidad de flujo de agua; es decir si existe una caída de presión de agua en determinada red dicho sistema tiene la capacidad de contrarrestar la falta de fluido (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez,

2015).

4.6.2. Diseño experimental

El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

- Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
- Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
- Determinar los factores (las x vitales) de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
- Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
- Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
- Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

Procedimiento experimental

Antes de implementar el sistema de presión constante en la clínica se contaba con un sistema tradicional que controlaba las 2 bombas con las que se estaba abasteciendo agua a toda la edificación; esto generaba que las bombas trabajasen a una potencia constante que no necesariamente era la que se necesitaba, lo cual generaba gastos innecesarios y elevados; es por eso que se decidió reforzar la parte eléctrica y desarrollar un sistema a presión constante para abastecer de manera uniforme cada ramal de salida de agua en cualquier punto de las Unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia, obteniendo un ahorro energético y un adecuado control del caudal de agua.

El sistema que está instalado actualmente es un sistema a presión constante que está integrado principalmente por 2 variadores de 5Hp de la marca WEBB, 2 variadores delta 5Hp, un PLC, un transmisor de presión, un presostato y una boya eléctrica. Todo lo mencionado anteriormente constituyen los elementos básicos tanto para protección del sistema (para que la bomba no trabaje en el vacío) como para la parte de medición (transmisor de presión).

Este sistema está predispuesto de manera que se mantenga la presión en todo punto del nuevo edificio de la Clínica Providencia ubicada en San Miguel.

La ventaja principal es que mantiene una presión estable en toda la red de agua. Además, consume poca energía, permitiendo ahorrar hasta un 83% de energía en comparación al sistema tradicional.

La desventaja es que el costo de inversión inicial es mayor en comparación al equipo de bombeo tradicional, pero esto se compensa con la menor inversión en

infraestructura de la edificación (no necesita el tanque elevado) y el ahorro de energía que se irá reflejando paulatinamente.

Como se señaló anteriormente, el sistema de presión constante está compuesto por 2 bombas que trabajan a una a velocidad variable, la primera de ellas es regulada por el variador de velocidad y la segunda bomba está unida directamente a un contactor de fuerza, el cual será activado cuando por medio de una salida analógica del variador le referencie al PLC que está en frecuencia de 60hz por cierto tiempo, esto le dirá al PLC que con una sola bomba no logra llegar al “set point” de nuestro sistema. Todo el sistema de PID será realizado por el Variador de Frecuencia, el cual cuenta con la opción de PID.

Técnicamente, los sistemas de presión constante cambian la velocidad de la bomba para satisfacer la demanda de agua en los distintos puntos de abastecimiento de una edificación, al mismo tiempo que mantienen la presión constante en el sistema.

Accesorios principales del sistema

- **Variador de velocidad**

El variador de velocidad (ver figura 11) es el encargado de hacer girar al motor a las revoluciones que requiere el sistema en dicho momento. La razón principal por la cual se da esta variación de frecuencia es mediante la señal analógica (4-

20mA) recepcionada por su entrada analógica, la cual es enviada desde el transmisor de presión, dicha señal es comparada con nuestro "set point", dicho "set point" es programado en el variador.

El arranque del variador de velocidad se da por medio de su entrada digital, la cual está trabajando en lógica negativa (PNP).

En este sistema también se debe estar monitoreando a qué velocidad se encuentra el motor, por ello se usa una salida analógica (0-10Vdc), la cual irá directamente al PLC, el cual indicará en qué momento entra la segunda bomba si el sistema lo requiriese.

Características del Variador de velocidad

Marca: Delta Electronics

Modelo: Ms300

Potencia: 5.5Kw

Voltaje:220Vac

Figura 11

Variador de Velocidad



- **Transmisor de presión**

Es el que se encarga de tomar la magnitud física y convertirla en señal analógica. Sus rangos varían entre: 0-10 bar. La señal varía entre: 4-20 mA.

- **Presostato**

Es el componente de seguridad. De la misma manera que el transmisor mide una magnitud física (presión) y por medio de cambio de estado de contactos nos informa si llegamos a la presión requerida.

- **PLC**

El sistema está compuesto por un relé programable de la marca Genius el cual será el responsable de realizar la ejecución al momento del arranque del variador.

El PLC (G8DDT8) usado es el que guarda toda la programación del sistema, el cual hace que entre a trabajar una o dos bombas, dependiendo de las circunstancias.

Cuenta con 6 entradas digitales, las cuales reciben señales del estado del sistema, por ejemplo:

- Cantidad de agua en el pozo (electro nivel).
- Presión en el sistema (presostato).
- Señal para ver si el sistema está en automático o manual (señal del selector).
- Relé térmico (por si el motor que está en arranque directo está en sobrecarga).
- Contacto del relé interno del Variador de velocidad (para confirmar que el variador se encuentra en óptimas condiciones).

Se usa 1 entrada analógica, la cual está predispuesta a recibir la señal de 0-10vDc. Dicha señal llega del Variador de Velocidad para indicarle al PLC en que frecuencia se encuentra. Cuenta con 4 salidas digitales, las cuales se usan para lo siguiente:

- Marcha del variador de la primera bomba.
- Marcha del contactor de la segunda bomba.
- Piloto de marcha.
- Piloto de falla.

El PLC se programa mediante el software "G-SOFT" 5.4.

Características del PLC

Digital input: 6

Analog input: 2 (can be used digitally)

Outputs: 4 relays spst

Voltaje n: 12 - 24 Vdc

- **Motores**

El sistema consta de 2 motores (ver figura 12) que son los que llevan acoplados en el eje la bomba. Uno de ellos es manejado por el variador de velocidad y el segundo tiene un arranque directo el cual entra en funcionamiento cuando el sistema lo requiera. En este caso, el que va tener en equilibrio todo el sistema es el primer motor.

Figura 12

Motor



Programación del funcionamiento del sistema

La estructura del funcionamiento del sistema se muestra a continuación (Ver figuras de la 13 a la 23):

Figura 13

Programa del Sistema de Presión Constante

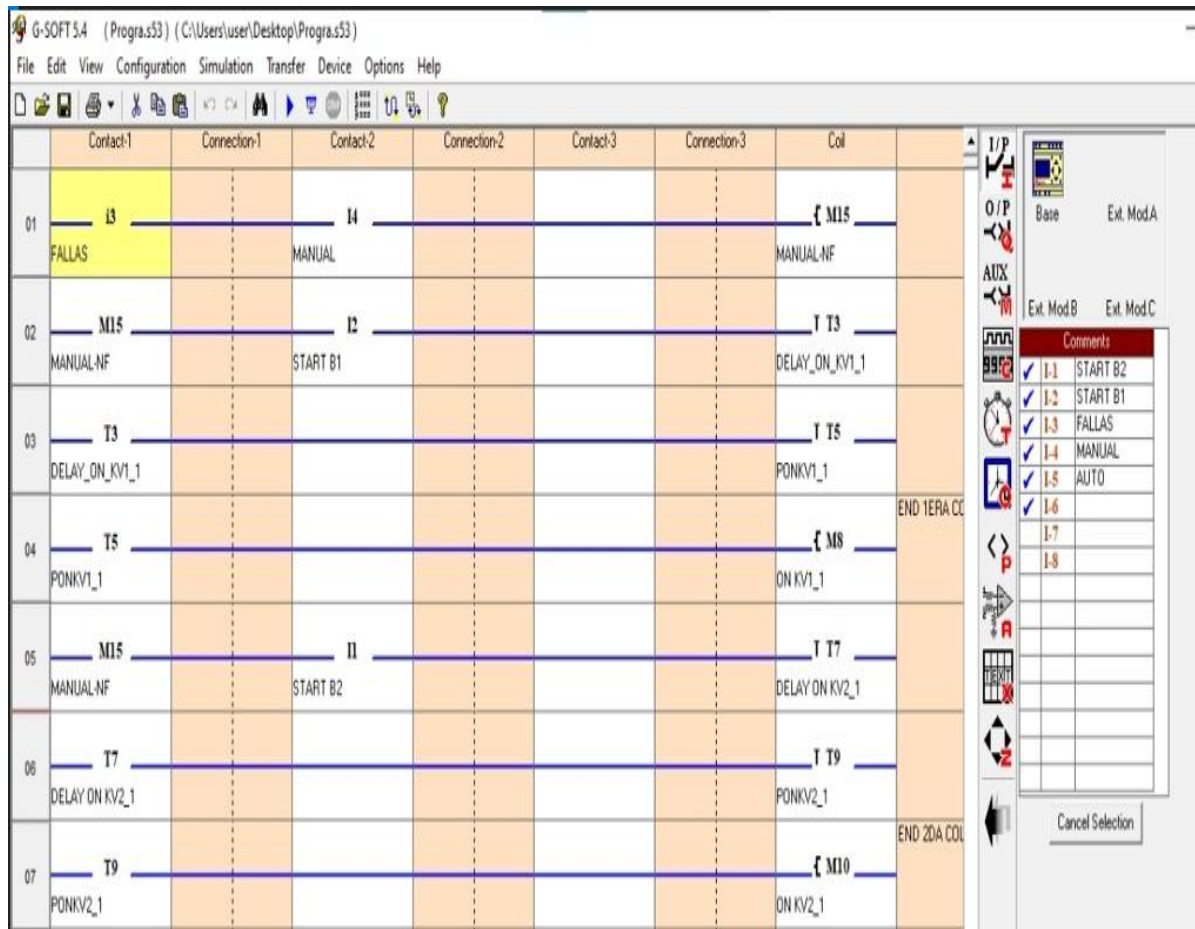


Figura 14

Programa del Sistema de Presión Constante

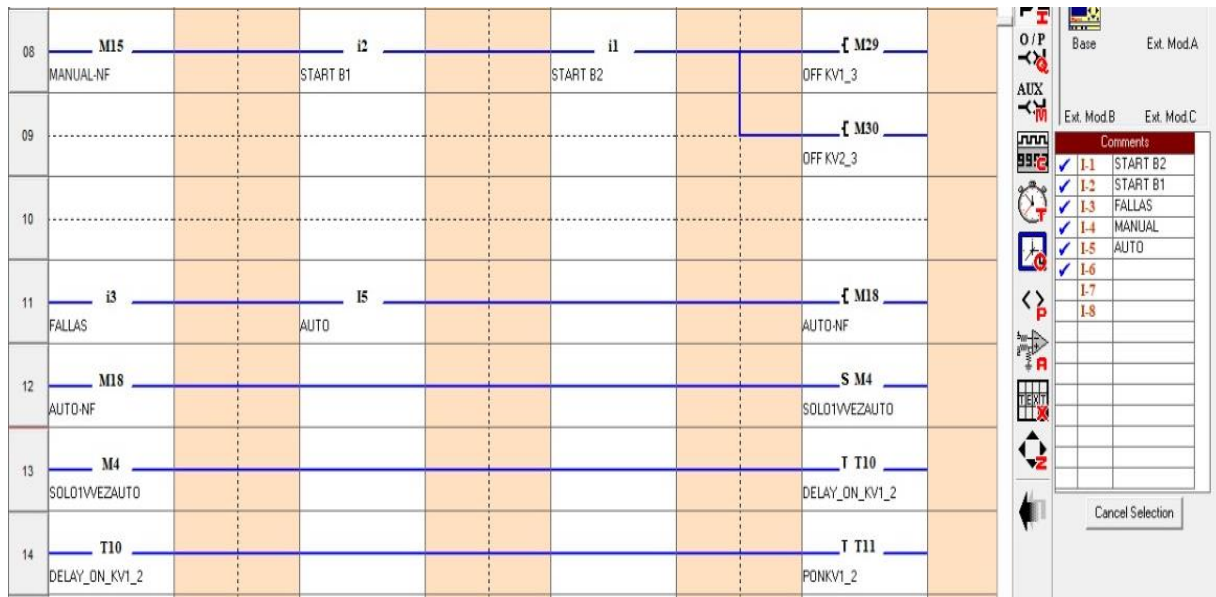


Figura 15

Programa del Sistema de Presión Constante

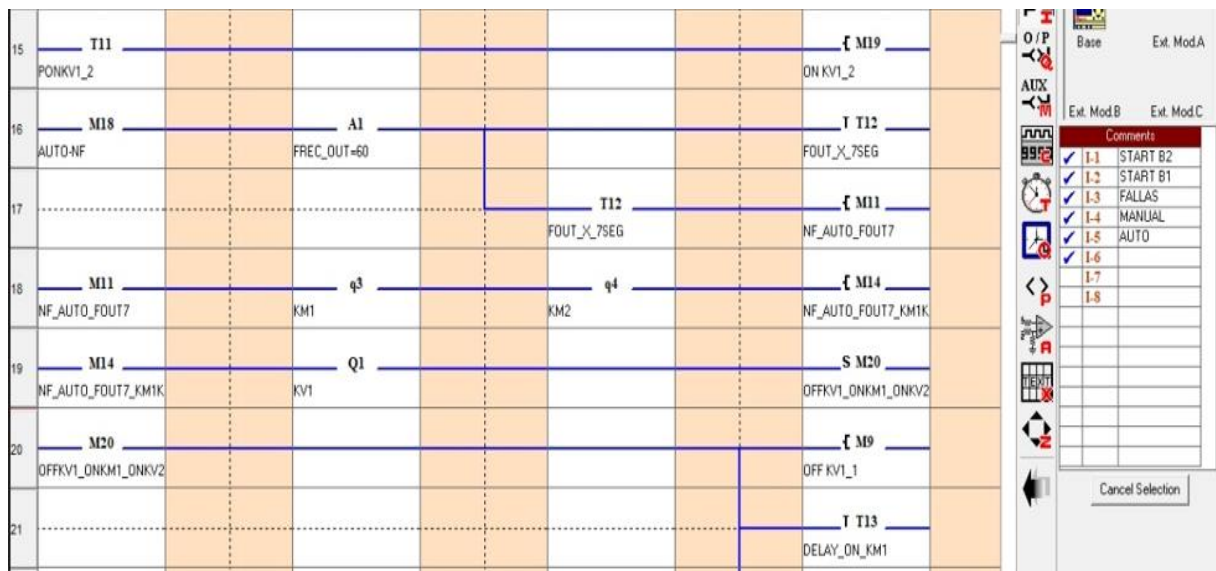


Figura 18

Programa del Sistema de Presión Constante

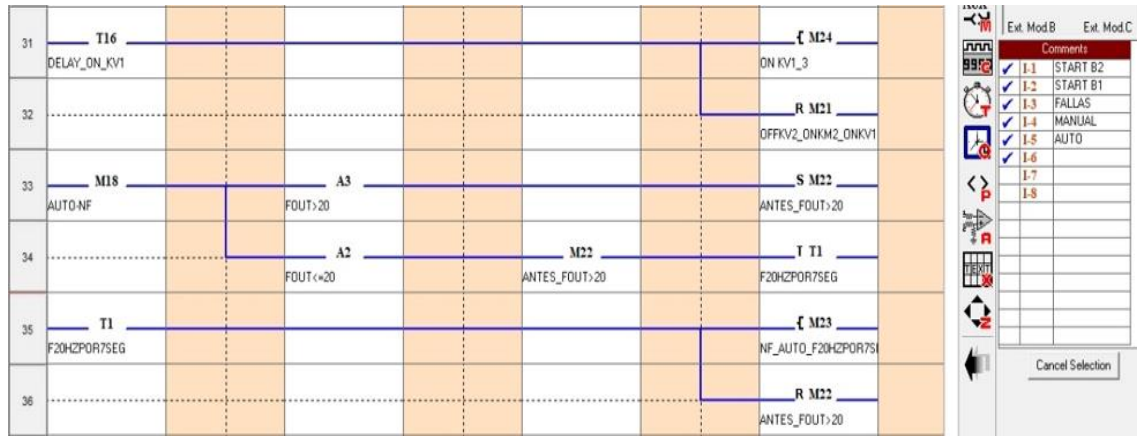


Figura 19

Programa del Sistema de Presión Constante

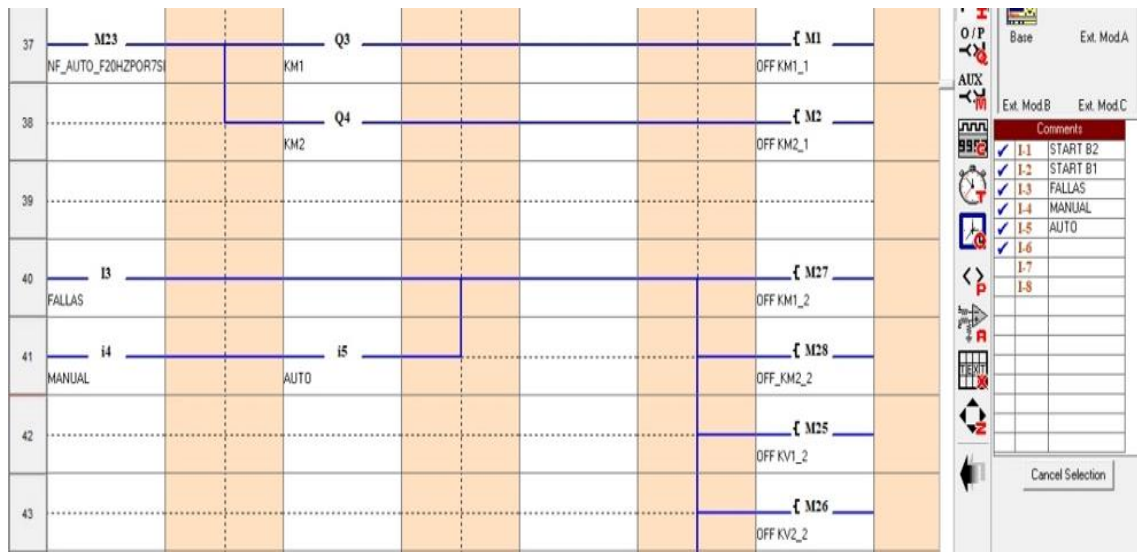


Figura 20

Programa del Sistema de Presión Constante

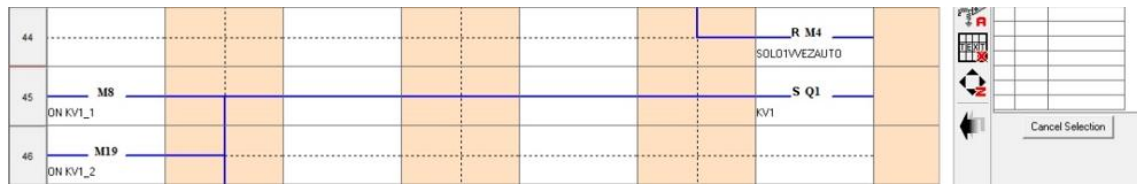


Figura 21

Programa del Sistema de Presión Constante

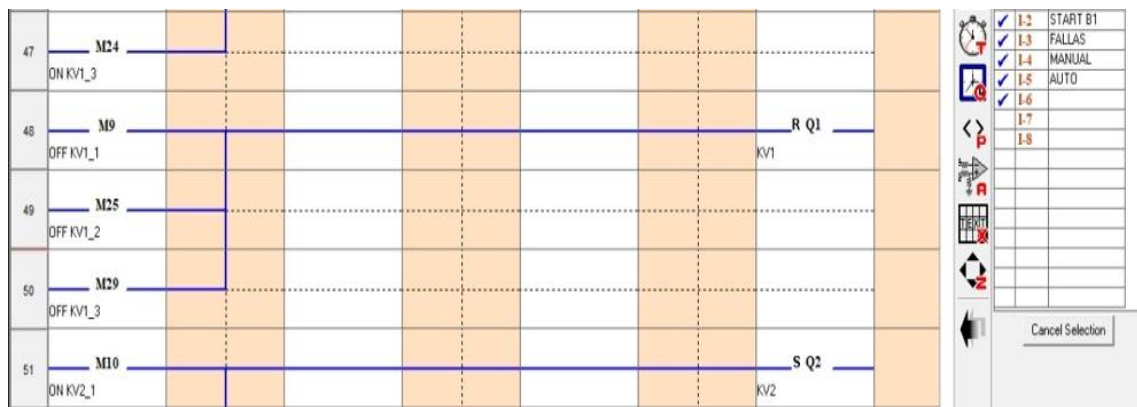


Figura 22

Programa del Sistema de Presión Constante

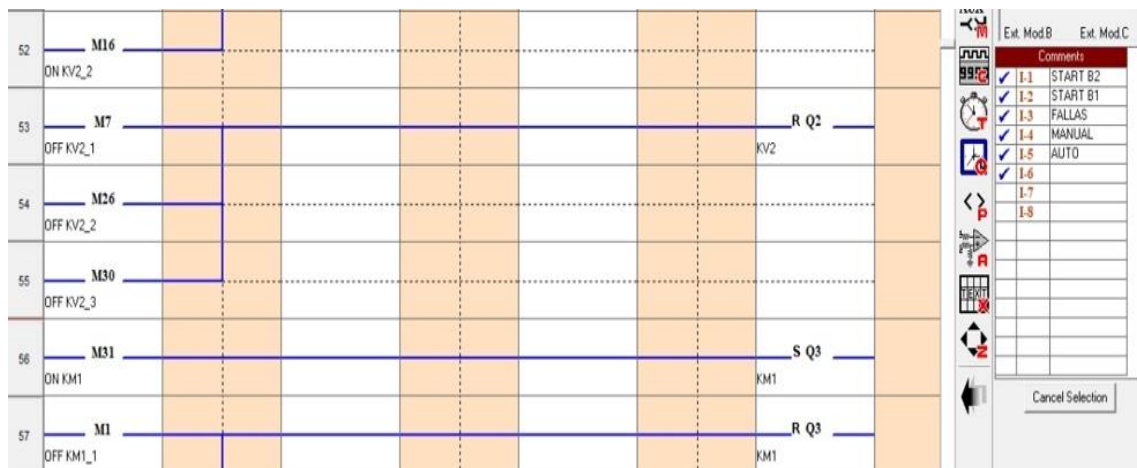


Figura 23

Programa del Sistema de Presión Constante



Fuente: Elaboración Propia

Programación del Variador de Velocidad

- 00.20-->0 (El "set point" se manejará del panel frontal)
- 00.21-->1 (El arranque del Variador de velocidad será por terminales)
- 00.25-->450 (Se cambia las unidades a PSI)
- 00.26-->145.5 (Rango máximo de lectura de transmisor en PSI)
- 01.00-->60 (Máxima frecuencia de salida del Variador de Velocidad)
- 01.01-->60 (Frecuencia del motor)
- 01.02-->220(Voltaje de motor)
- 01.11-->30 (Protección para que la bomba no trabaje a menos de 30Hz)
- 01.12-->10(Tiempo de aceleración)
- 01.11-->10 (Tiempo de desaceleración)
- 03.00-->5 (Entrada análoga configurada como feedback del PID)
- 05.01-->18.3(Corriente de motor)
- 05.02-->4 (Potencia de motor en Kw)
- 05.03-->3450(RPM de motor)
- 05.04-->2 (Número de polos del motor)
- 06.03-->120(Porcentaje de sobrecarga durante aceleración)
- 06.04-->120(Porcentaje de sobrecarga durante plena carga)
- 06.13-->1(Activación de relé de sobrecarga)
- 08.00-->1(Activación del PI)
- 08.01-->0.8(Ganancia proporcional)
- 08.02-->2.5(Tiempo de integral)

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

No es el caso su aplicación al presente trabajo de investigación, puesto que los resultados descriptivos son aquellos obtenidos al hacer uso de procedimientos estadísticos tales como medidas de centralización, dispersión, forma y la relación entre variables.

5.2. Resultados inferenciales

No es el caso su aplicación en la presente investigación, puesto que estos resultados inferenciales son provenientes de la muestra de una población del diseño metodológico y se apoya fuertemente en el cálculo de probabilidades. Sin embargo, valga aclarar que la tesis desarrollada, fue adecuada a estos conceptos en el criterio de población y muestra señalado en el punto 4.3, pero no específicamente como establece la literatura; si no más bien por comodidad en el desarrollo de la misma.

5.3. Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis

Los resultados obtenidos aplicando el procedimiento de la investigación experimental se muestran desde las figuras 13 a la 23. Se realizó la programación del sistema de presión constante incluyendo la variable

dependiente e independiente para determinar que el sistema funcionaba correctamente. Para obtener los resultados se hizo uso de lo siguiente:

1. Diagrama de proceso para implementar el sistema a presión constante (ver el anexo 2).
2. Variables necesarias para la implementación del sistema a presión constante (ver tabla 5).

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

En la investigación para determinar un diseño automático con PLC y variador de frecuencia para la implementación de un sistema a presión constante que logre optimizar el suministro de agua en las UCI de la Clínica Providencia, al momento de contrastar con las hipótesis general y específica se obtuvieron los siguientes resultados:

La hipótesis específica 1 es aceptada debido a que se estableció el correcto procedimiento para el diseño del sistema automático (Ver anexo 2) donde se puede observar que el sistema implementado funciona correctamente.

La hipótesis específica 2 también es aceptada debido a que se logró encontrar el modelo para la implementación del sistema automático, se determinó también el tipo de tecnología a usar y el software de la aplicación.

Finalmente, de acuerdo a la hipótesis general se confirma la correcta elaboración de un sistema de automatización con PLC y variador de frecuencia para suministro de agua a presión constante para las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia, lo cual garantiza que la hipótesis general es correcta.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Cruz y Rodríguez (2017) para el diseño y fabricación de un sistema hidráulico de presión constante siguieron tres pasos fundamentales: el primero consistió en el diseño y la fabricación de la estructura para el banco de pruebas. El segundo fue la instalación hidráulica y prueba hidrostática, además de la instalación eléctrica; por último, el tercer paso fue desarrollar el diseño de la planta y cálculos de las constantes de control PI. Como resultado se obtuvo un sistema diseñado y construido que mantiene la presión constante en una red hidráulica. Este sistema beneficia a toda construcción que requiera el uso de agua potable o aguas de reúso, en donde manejar la presión constante es sumamente importante. En esta parte los beneficios son similares a los obtenidos en la presente investigación, y el objetivo que se logró en ambos casos fue mantener la presión constante en cualquier punto de sus respectivas instalaciones.

Díaz (2018) para la automatización y control de una planta elevadora de distribución de agua potable a presión constante, consideró la variación de caudal requerido por la población, pues el diseño hidráulico muestra una planta compuesta con cuatro bombas, operando como máximo tres bombas y manteniendo una de ellas en reserva en caso de falla.

El resultado fue satisfactorio dado que reflejó el comportamiento esperado de la planta bajo todas las condiciones de consumo presentadas y

cumplió con las condiciones definidas en el diseño. Este trabajo también obtiene resultados parecidos a los de esta investigación, con la diferencia que en la investigación desarrollada por nosotros, se usaron dos bombas, una de las cuales será usada solo en casos de emergencia.

Díaz (2018) para implementar un sistema de control de flujo para presión constante de suministro de agua utilizando PLC en un edificio del Instituto de Ciencias y Humanidades analizó el actual sistema de distribución de agua, el cual era un sistema de tanque elevado. El siguiente paso fue detallar los requisitos necesarios que requiere este nuevo sistema para llevarse a cabo. Este sistema básicamente está compuesto por un PLC, un variador de frecuencia, tres bombas y un sensor de presión.

El resultado que se obtuvo, es muy similar al de esta investigación, además de que las áreas donde se realizó la implementación del sistema para presión constante fueron casi iguales y los sistemas iniciales que se encontraron eran muy desventajosos, con ligeras variaciones entre un diseño y otro se puede asegurar que los sistemas implementados son más confiables para el suministro de agua, además que están dotados para que solo personal autorizado pueda manipular algún parámetro.

Pahuara (2020) para el diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz, se basó en una investigación del año 2014, donde

se desarrolló el diseño de un módulo demostrativo de control por variadores de velocidad para sistemas de presión constante multibombas definiendo un diagrama de bloques donde iba detallando la lógica de control.

Como resultado logró diseñar e implementar el sistema automatizado de presión constante y velocidad variable en el cuarto de bombas del edificio Torres Paz para la presurización y abastecimiento de agua potable de forma constante logrando cumplir con el requerimiento brindado por el ingeniero sanitario de la inmobiliaria Vicca Verde. De la misma forma que en esta investigación, los resultados obtenidos en cuanto a mantener la presión constante, fueron logrados.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe final de investigación, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU.

CONCLUSIONES

Se logró diseñar e implementar un sistema automático con PLC y Variador de frecuencia en la Clínica Providencia que garantiza que puede suministrar agua a presión constante en las unidades de cuidados intensivos de dicha institución.

La tecnología usada en los Variadores de Velocidad brinda como principal ventaja el suministro de una presión estable en toda la red de agua, además, un ahorro energético de parte del funcionamiento del motor, ya que trabaja a su máxima eficiencia si el sistema lo requiere.

Se determinó que el diseño implementado para la lógica de control del sistema es el adecuado ya que se pudo controlar 2 bombas, una de ellas con 1 variador de velocidad y la otra que está conectada a un contactor de fuerza que sólo se activará en caso de emergencia.

RECOMENDACIONES

Un sistema a presión constante puede ser implementado en cualquier tipo de edificación. El ahorro energético será el principal beneficio, más se debe considerar que los gastos iniciales de implementación son bastante altos comparados con los equipos de bombeo tradicional.

Adicionalmente se puede asegurar los PLC y el resto del sistema para que solo pueda ser manipulado por personal capacitado, cuando se requiera su participación en mantenimiento del sistema, en este caso será con mucha menor frecuencia que el que se da a los sistemas tradicionales.

En el presente trabajo consideró más las ventajas y el ahorro energético, que de una manera u otra ayudan a reducir el impacto ambiental, por ello se sugiere a las investigaciones que tomen como base este trabajo, puedan seguir haciendo incidencia en ese tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUASTAT (2018, 24 de mayo). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*.

<https://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>

Blanco, E., Velarde, S., Fernández, J. (1994). *Sistemas de Bombeo*. (1ª ed.). ISBN.

Chávez, R., Morales, V. (2021). *Rediseño, implementación y control de los sistemas de bombeo: Sistema de presión constante, sistema de sumidero y sistema de aguas negras de hipermercados Tottus S.A. - TUSILAGOS*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional UNP.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2502>

Céspedes, M. (2018). *Diseño y simulación de un módulo demostrativo con fines didácticos de un sistema de bombeo a presión constante de*

aplicación en edificios e industrias. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional UNPRG.

<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2142>

Coparoman.blogspot (2015). *Conexión de flotador eléctrico*.

<https://coparoman.blogspot.com/2015/05/conexion-de-flotador-electrico.html>

Cruz, J., Rodríguez, A. (2017). *Diseño y fabricación de un sistema hidráulico de presión constante*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4242>

Díaz, A. (2018). *Automatización y control de planta elevadora de distribución de agua potable a presión constante*. [Memoria de Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio USM.

<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/43325>

Díaz, H., Trujillo, G., y Román-González, A. (2015). *Diseño de un sistema de control para obtener presión constante de agua*. [Trabajo

presentado en el XXII Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Computación - INTERCON, Ciudad de Huancayo].

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01189002/document>

Díaz, H., Trujillo, G. (2018). *Sistema de control de flujo para presión constante de suministro de agua utilizando PLC en un edificio del Instituto de Ciencias y Humanidades*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Ciencias y Humanidades]. Repositorio institucional UCH.

<https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/407>

Eficiencia energética Industrial en Colombia (2018). *Manual de optimización de sistemas de bombeo*.

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_bombeo.pdf

García, A., Hernández, A., Ramírez, J., Reina, R. y Charry, E. (2014, enero-abril). *Transmisor de presión diferencial de muy alta precisión y estabilidad*. RIELAC.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5239425>

Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (2ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseño_experimentos.pdf

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed). Mc Graw Hill.

Llumiquire, M. (2019). *Control Automático para bombeo de agua con variadores de velocidad para obtener presión constante*. [Trabajo de Titulación, Universidad Tecnológica Israel]. Repositorio digital Universidad Israel.

<https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1908>

Martín, J., García, P. (2016). *Automatismos Industriales*. (Ed 2016). Editex S.A.

https://www.academia.edu/25701944/Automatismos_industriales

Nola, X. (2017). *¿Cómo funciona un transmisor de presión?*

<https://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-presion/>

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. (5ª ed.). Pearson.

Olivarez, O. (2014). *Instalaciones Sanitarias para el Edificio de Oficinas Link Tower*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional-UNI.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4428>

Ospitia, D., Díaz, S. (2009). *Prototipo de control automático para monitorear el funcionamiento de los compresores de aire de un centro hospitalario*. [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio institucional UNIMINUTO.

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/601>

Pahuara, F. (2020). *Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional de la UTP.

<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3608>

Paredes, Y. (2014). *Diseño e implementación de un módulo demostrativo de control por variadores de velocidad para sistemas de presión constante multibombas*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la PUCP.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6062>

Parra, C., Moreno, A. (2019). *Diseño e implementación de dos módulos educacionales, basados en dispositivos de maniobra y relé programable (Logo)*. [Proyecto de Tesis, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital - EPN.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20520>

PCE Instruments. *Uso del manómetro*.

<https://www.pce-instruments.com/f/espanol/media/manometro-uso.pdf>

Pirela, L., Rodríguez, M., Terán, M. (2014). *Control automatizado del sistema para el despacho de combustible para unidades*

lacustres. [Trabajo especial de grado, Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín]. Repositorio Institucional.

<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0098801/intro.pdf>

Quintero, O. (2011). *Protocolo técnico para mantenimiento de transmisores de presión, nivel, temperatura, y válvulas tipo mariposa y globo con marca específica, en el Ingenio Risaralda*. [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio UTP.

<https://repositorio.utp.edu.co/items/11aedfd1-c09e-4c2e-9605-2110deea6d9f>

Sistemas Hidroneumáticos C.A (1990). *Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo*. Venezuela.

https://issuu.com/richard_t/docs/manual_para_el_calculo_y_seleccion

Valero, D. (2014). *Sistema electrónico de control para la optimización de consumo de energía eléctrica en sistemas de bombeo ,usados para mejorar la presión en el abastecimiento y distribución de agua potable en edificaciones, condominios, centros vacacionales y residencias*. [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio institucional UNIMINUTO.

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/4775>

WWAP/ONU-Agua (2018). *Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos/ONU-Agua.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>

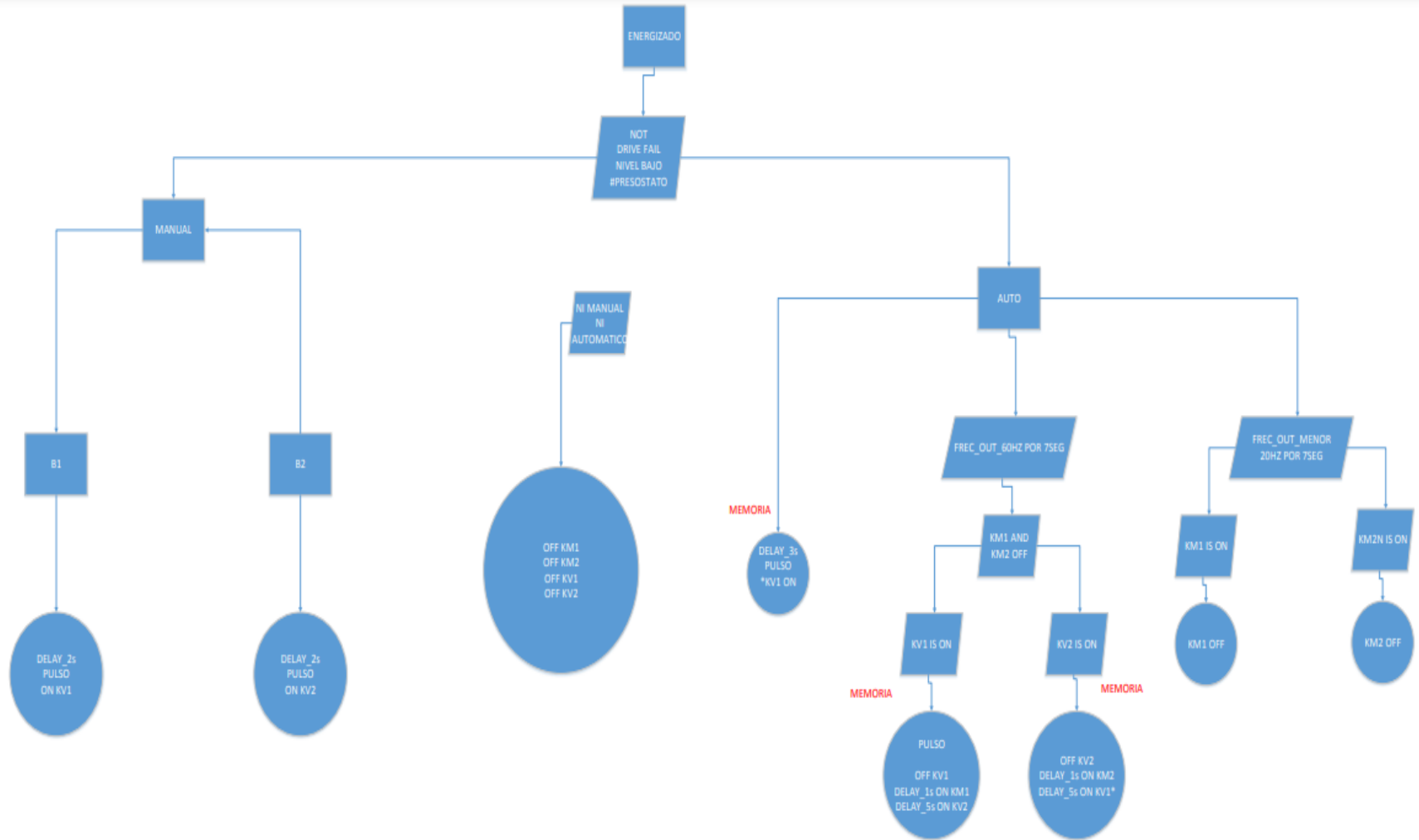
ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Diseño automático con PLC para suministro de agua a presión constante para mejorar unidades de cuidados intensivos en la Clínica Providencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿De qué manera se mejorará el suministro de agua en la unidad de cuidados intensivos para optimizar el suministro hacia equipos médicos en la Clínica Providencia?	Determinar un diseño automático con PLC y variador de frecuencia para la implementación de un sistema a presión constante que logre optimizar el suministro de agua para los equipos médicos en las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia.	Elaboración de un sistema de automatización con PLC y variador de frecuencia para suministro de agua a presión constante.	Y = Modelo de diseño.	Sistema de automatización de presión constante.	Ficha u hoja de planeamiento generada por el área de ingeniería	Usos de PLC.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
<p>¿De qué manera el tipo de tecnología de automatización podrá mejorar el suministro de agua a las unidades de cuidados intensivos de la Clínica Providencia?</p> <p>¿De qué manera se podrá optimizar el suministro de agua a presión constante del personal de mantenimiento de la Clínica Providencia ?</p>	<p>Determinar de qué manera el tipo de tecnología de los PLC usado para el diseño de suministro de agua a presión constante, puede mejorar el sistema de agua convencional para las unidades de cuidados intensivos.</p> <p>Modelar el sistema y elegir los componentes para su buen funcionamiento.</p>	<p>Establecer el proceso de diseño del automático de suministro de agua a presión constante para las unidades de cuidados intensivos.</p> <p>Realizar modelo para la implementación del automático, tipo de tecnología y software de aplicación.</p>	X ₁ = Implementación del sistema automático.	<p>Herramientas de diseño.</p> <p>Requerimientos de ingeniería.</p>	Valores técnicos específicos para mantener el proceso en funcionamiento.	Software G – SOFT 5.4.

ANEXO 2: Diagrama de flujo



ANEXO 3: Diagrama eléctrico del proceso

