



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con  
Mención en Telecomunicaciones**

Sistema de control de flujo para presión constante de suministro  
de agua utilizando PLC en un edificio del Instituto de Ciencias y  
Humanidades

**PRESENTADO POR**

Díaz Rodas, Henri  
Trujillo Aramburú, Gerardo

**ASESOR**

Roman Gonzalez, Avid

**Los Olivos, 2018**

**SUSTENTADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO**

---

**JURADO 1**  
**LLULLUY NUÑEZ**  
**DAVID**  
**PRESIDENTE**

---

**JURADO 2**  
**TIRADO MENDOZA**  
**GABRIEL**  
**SECRETARIO**

---

**JURADO 3**  
**VILCHEZ SANDOVAL**  
**JESÚS**  
**VOCAL**

---

**ASESOR**  
**ROMAN GONZALEZ**  
**AVID**



## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecemos a Dios por otorgarnos la sabiduría y la fuerza para lograr este proyecto, a nuestros familiares por su apoyo incondicional a lo largo de esta carrera profesional y al Dr. Avid Román González por contribuir con su asesoramiento.

## Resumen

El local del Instituto de Ciencias y Humanidades que se ubica en la Av. Bolivia 537 del distrito de Breña, se ve en la necesidad de modernizar el sistema de distribución de agua, en la actualidad tiene un sistema de tanque elevado el cual presenta muchos inconvenientes en la distribución de agua y en el consumo de energía eléctrica entre otros aspectos. Con la creación de un Sistema de Presión Constante se obtendrá una distribución de agua mejorada, ahorro de energía, mayor durabilidad de los equipos; por consiguiente, mejorará el aspecto económico.

En el presente trabajo se desea cumplir con este objetivo, al ser implementado se automatizará el sistema de distribución de este líquido elemento. Para poder desarrollar este proyecto, se debe de estudiar todos los requerimientos del nuevo sistema de tal manera que podamos determinar las características, dimensionamiento de los materiales a utilizar y la inversión a realizarse en la adquisición de los equipos.

La implementación del sistema consta principalmente de un PLC LOGO, un variador de frecuencia ambos de la marca Siemens, un sensor de presión marca Danfoss y 3 motores de la marca WED de posición vertical.

**Palabras claves:** Sistema, control, presión, agua, edificio, Controlador Lógico Programable.

## **Abstract**

*The premises of the Instituto de Ciencias y Humanidades that is located in Av. Bolivia 537 of the district of Breña, is in need of modernizing the water distribution system, at present has a system of elevated tank which presents many disadvantages in the distribution of water and in the consumption of electric energy among other aspects. With the creation of a Constant Pressure System you will get an improved water distribution, energy saving, longer equipment life; thus, improving the economic aspect.*

*In the present work it is desired to comply with this objective, to be implemented will automate the distribution system of this liquid element. In order to develop this project, we must study all the requirements of the new system in such a way that we can determine the characteristics, sizing of the materials to be used and the investment to be made in the acquisition of the equipment.*

*The implementation of the system consists mainly of a LOGO PLC, a frequency inverter both of the Siemens brand, a Danfoss pressure sensor and 3 vertical WED brand motors.*

**Key words:** *System, control, pressure, water, building, Programmable Logic Controller.*

## Contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Lista de figuras.....	xi
Lista de tablas.....	xii
Introducción.....	13
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>14</b>
1.1. DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN.....	15
1.1.1 Datos de la Organización.....	15
1.1.2 Localización de la empresa.....	17
1.1.3 Diagnóstico estratégico.....	17
A. Misión .....	17
B. Visión .....	18
C. Objetivos.....	18
D. Principios .....	19
1.1.4 Cadena de valor.....	19
1.2. MOTIVACIÓN Y ESTADO DEL ARTE .....	21
1.2.1. Motivación.....	21
1.2.2. Estado del arte.....	21
1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.3.1. Planteamiento del problema .....	22
1.3.2. Formulación del problema general.....	23
1.3.3. Formulación de los problemas específicos .....	24
1.4. OBJETIVOS.....	24
1.4.1. Objetivo principal .....	24

1.4.2.	Objetivos específicos .....	24
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
1.5.1.	Justificación técnica .....	25
1.5.2.	Justificación económica .....	25
1.6.	ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
1.6.1.	Alcances .....	25
1.6.2.	Limitaciones .....	26
	CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	27
2.1.	ANTECEDENTES.....	28
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	28
2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	30
2.2.	MARCO TEÓRICO .....	31
2.2.1.	Sistemas de presión de agua constante .....	31
2.2.2.	Bombas de agua.....	32
2.2.3.	Motores de corriente alterna .....	34
2.2.4.	Variadores de velocidad.....	35
2.2.5.	Leyes de afinidad.....	38
2.2.6.	PLC ( <i>Programming Logic Controller</i> ) .....	40
2.2.7.	El golpe de ariete .....	41
2.2.8.	La presión .....	42
2.2.9.	La potencia .....	43
2.2.10.	Sensores de presión .....	43
2.3.	MARCO LEGAL.....	44
2.3.1.	Reglamentos y normas .....	44
A.	Norma IS.10.....	45



CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE .....	48
3.1. ESTADO ACTUAL Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS.....	49
3.1.1. Sistema de suministro de agua.....	49
3.1.2. Elementos constitutivos .....	50
A. La acometida .....	50
B. La montante.....	51
C. Las instalaciones colectivas.....	51
D. El sistema de bombeo .....	51
3.1.3. Características de los componentes .....	51
A. El motor eléctrico .....	51
B. El tablero eléctrico .....	52
C. El tanque elevado .....	54
D. La cisterna .....	55
3.1.4. Diagrama físico del sistema .....	56
3.1.5. Presión y consumo de agua.....	58
3.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	65
3.2.1. Motor trifásico WED de 7.5 HP de la línea W22.....	65
3.2.2. Bombas Salmson de alta presión de posición vertical .....	67
3.2.3. Tablero de mando eléctrico .....	67
A. PLC Logo Siemens de la serie N117 12/24 RC .....	67
B. Variador de frecuencia Siemens Micromaster 440 .....	69
C. Llave general de riel Siemens de 3X63A.....	69
D. Llaves de riel Siemens de 3X30 A .....	70
E. Contactos Siemens NA-NO .....	70
F. Contactores Siemens de la serie 3RT1 .....	70

G. Relay 3R U11 .....	71
3.2.4. Sensor de presión de agua Salmsom MBS 3000 4 – 20 mA .....	71
3.2.5. Software de programación .....	72
3.3. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA .....	72
3.3.1. Cálculo de la presión requerida para los motores a utilizar.....	72
3.3.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema .....	75
3.4. PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN .....	77
3.4.1. Diagrama de funcionamiento del sistema .....	77
3.4.2. Programación de funcionamiento del sistema .....	81
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO .....	85
4.1. ANÁLISIS DE COSTO .....	86
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIO .....	86
4.2.1. En el mantenimiento .....	87
4.2.2. En el confort.....	88
4.2.3. En el costo de energía eléctrica.....	89
Conclusiones.....	93
Recomendaciones .....	94
Referencias.....	95
Anexo A: Cotizaciones de equipos para el sistema a implementar. ....	97
Anexo B: Manual del Plc (Programmable Logic Controller) .....	101

## Lista de figuras

Figura 1. Localización de la razón social de trabajo.....	17
Figura 2. Cadena de valor del Sistema de Presión Constante .....	20
Figura 3. Sistema de Tanque elevado y un Sistema de Presión Constante... ..	23
Figura 4. Bomba centrífuga .....	33
Figura 5. Motor de corriente alterna marca WED de 30 HP .....	35
Figura 6. Variador de frecuencia Danfoss de 60 Hz .....	36
Figura 7. Relación de consumo de potencia con respecto al flujo entre varios sistemas de control. ....	37
Figura 8. Relación del flujo con la velocidad .....	38
Figura 9. Relación de la presión con la velocidad .....	39
Figura 10. Relación de la potencia consumida con la velocidad .....	39
Figura 11. Equipo PLC ( <i>Programming Logic Controller</i> ). marca Logo de Siemens de 12/24 Vcc. ....	40
Figura 12. Sensor de presión de agua marca Danfoss de 4- 20 mA.....	44
Figura 13. El motor eléctrico.....	52
Figura 14. el tablero eléctrico .....	54
Figura 15. Diagrama del sistema de tanque elevado .....	56
Figura 16. Diagrama de flujo del sistema de presión constante.....	75
Figura 17. Diagrama de funcionamiento del nuevo sistema.....	77
Figura 18. Programa del sistema de Presión constante.....	81
Figura 19. Curva de la relación entre potencia y velocidad.....	91

## Lista de tablas

Tabla 1.	Suministro de agua en locales educacionales y residencias estudiantiles .....	45
Tabla 2.	Velocidad máxima del agua para el cálculo de diámetro de las tuberías .....	46
Tabla 3.	Características técnicas del motor .....	52
Tabla 4.	Características técnicas del tablero eléctrico .....	55
Tabla 5.	Características técnicas de la cisterna .....	55
Tabla 6.	Consumo de agua según la actividad y horario .....	59
Tabla 7.	Valor de la constante K conforme a la dotación de lpd (litros por día) .....	61
Tabla 8.	Dotaciones de agua para locales educacionales y residenciales estudiantiles según el Reglamento Nacional para Edificaciones ....	61
Tabla 9.	Cantidad de personal residente y no residente en el local de la Av. Bolivia.....	61
Tabla 10.	Cantidad de personal existente en la institución y la dotación de lpd total requerida .....	62
Tabla 11.	Presión del agua en el sistema actual.....	64
Tabla 12.	Especificaciones técnicas del motor WED .....	66
Tabla 13.	Características técnicas del PLC Logo.....	68
Tabla 14.	Características técnicas del variador de frecuencia Siemens .....	69
Tabla 15.	Características técnicas de los contactores Siemens .....	70
Tabla 16.	Características técnicas del Relay 3R U11 .....	71
Tabla 17.	Características técnicas del sensor de presión de agua .....	71

Tabla 18. Características técnicas del software Logosoft .....	72
Tabla 19. Relación de la presión de entrada y la corriente de salida del sensor .....	78
Tabla 20. Relación de la corriente de entrada y señal digital de salida del PLC .....	78
Tabla 21. Relación entre la señal analógica, la señal digital y la frecuencia de trabajo de cada bomba.....	79
Tabla 22. Días de trabajo de cada bomba. ....	80
Tabla 23. Programación de valores en los comparadores y el sensor de presión. .....	83
Tabla 24. Costos generales del proyecto.....	86
Tabla 25. Comparación de la potencia consumida a determinada frecuencia	91

## Introducción

Una institución educativa al prestar servicios académicos debe de garantizar la seguridad y la necesidad de todos sus integrantes que forman dicha institución, uno de los diversos servicios primordiales es de garantizar el abastecimiento de agua potable, siendo de vital importancia para el desarrollo académico y la salubridad en general.

En la presente coyuntura el sistema de bombeo que abastece de agua al local del Instituto de Ciencias y Humanidades ubicado en la Av. Bolivia 537 en el distrito de Breña, es un sistema tradicional, denominado Sistema de tanque elevado, este sistema es obsoleto e inaplicable en estos días por las por las deficiencias que presenta.

Actualmente existe un sistema mejorado el cual permite cubrir esas deficiencias, este sistema lleva por nombre: Sistema de Presión Constante, su característica principal del sistema es que genera un caudal y presión constante de agua.

Este sistema se aplicaba solamente a la industria en el proceso de producción; pero hoy se puede aplicar en la vida cotidiana, en centros institucionales educativos, universidades etc.

Las acciones de este sistema, basa su funcionamiento en la automatización de los equipos electromecánicos teniendo una participación mínima de la fuerza física del hombre, actuando la inteligencia artificial. Con la ayuda de un PLC y de un variador de velocidad con sus elementos (transductor y sensor) se obtiene tiene muchas ventajas como son: ahorro económico en el consumo de energía, la conservación de los elementos mecánicos y los equipos de bombeo y el suministro suficiente de agua en la presión ideal requerida.

**CAPÍTULO I:**  
**ASPECTOS GENERALES**

## **1.1. DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN**

### **1.1.1 Datos de la Organización**

- Razón Social: Instituto de Ciencias y Humanidades (ICH)
- Nombre Comercial: Academia Cesar Vallejo - ADUNI
- Giro del Negocio: Educación superior.
- RUC :20125753869
- Teléfono: (511) 285 2414
- Ubicación: Av. Bolivia 537- Breña
- Fecha Inicio Actividades: Enero del 1961
- Reseña Histórica: El Instituto de Ciencias y Humanidades se formó en el año de 1961 por la necesidad falta de formación de los estudiantes en etapa escolar que tenían la intención de proseguir sus estudios en la Universidad Nacional de Ingeniería, es así que un grupo de estudiantes de diferentes facultades vieron la necesidad de formar un grupo de estudio sin fines de lucro denominada academia ADUNI, en su primer año funcionó dentro de las instalaciones, posteriormente viendo la gran demanda por parte de los estudiantes, tuvieron que conseguir un local más grande, esto conllevó a que tuvieran que salir fuera de y que empezara a funcionar en el local de la Av. Chancay 482 en la parte posterior de la Iglesia "Las Nazarenas". En la época de los 70 y con la apertura de otros locales tuvieron que fundar la Asociación ADUNI y posteriormente el cambio de nombre esta sería la Academia Cesar Vallejo, ya en los años 80 se crearía la academia ADUNI con la intención de ordenar en la formación de



los estudiantes, (la academia Cesar Vallejo para los alumnos de la Universidad Nacional de Ingeniería, y la academia ADUNI para los estudiantes que deseaban seguir estudios en la Universidad Mayor de San Marcos) siempre siguiendo un objetivo integral, en la formación de los estudiantes y con un sentido crítico y realista en la formación social.

En la década de los 90 se sumaron otras instituciones como el colegio Bertolf Brech y los institutos de San Marcos y CEVATEC, instituto de computación e informática con y ello genero el cambio de nombre a Instituto de Ciencias y Humanidades. Ya en esos años debido a la necesidad de los estudiantes tuvo que darse el paso a la creación de la universidad llegando así ampliar su ámbito de servicio a la comunidad. Con el propósito de ayudar en la búsqueda de soluciones a problemas de la sociedad.

### 1.1.2 Localización de la empresa.

La empresa se encuentra legalmente ubicada en la Avenida República de Chile número 295 Lima.



Figura 1. Localización de la razón social de trabajo

Fuente: Adaptado de Google Maps, 2014

### 1.1.3 Diagnóstico estratégico

El Instituto de Ciencias y Humanidades emerge con la finalidad de forjar una formación integral que abarque en el ámbito académico, el cultivo de las artes y la cultura, el conocimiento de nuestra realidad social y el compromiso con la comunidad.

#### A. Misión

“Formar profesionales capaces de contribuir al mejoramiento de la comprensión del mundo contemporáneo y de la calidad de vida de todos los pueblos; que demuestren ser personas creativas y capaces de desarrollar nuevas ideas y proyectos, de identificar y resolver problemas de su medio, es decir

profesionales comprometidos con el destino común de sus semejantes, para que en conjunto puedan construir, compartir, producir, complementar y enriquecer su experiencia formativa y calificación profesional, con talento y entusiasmo.”

## **B. Visión**

“La formación y posicionamiento de la institución como una entidad de educación superior innovadora de alto nivel académico. Forjada a partir de principios, que educa, investiga y promueve la cultura y el desarrollo, en aquellas áreas de conocimiento que requieren mayor énfasis de proyección y arraigo en la comunidad educativa existente en el país.”

## **C. Objetivos**

Instruir profesionales de alta calidad científica, humanística y tecnológica que aporten al desarrollo y bienestar del país.

Emprender y realizar investigación científica, humanística y tecnológica, teniendo en cuenta la problemática local, regional y nacional.

Extender su área de acción, sus servicios a la comunidad y promover su desarrollo integral.

Desarrollar una firme conciencia en la defensa, fortalecimiento y difusión del patrimonio cultural del país, de sus recursos naturales y de sus productos.

## **D. Principios**

- Búsqueda de la verdad, producción y difusión de nuevos conocimientos fomentando el estudio de la realidad.
- Libertad de pensamiento, de crítica, de expresión y de cátedra como manifestaciones del pluralismo intelectual.
- Participación democrática a todo nivel, orientada al cumplimiento de los fines institucionales en su proyección a la sociedad.
- Preocupación por la problemática universitaria y atención permanente a la realidad económica, política y social del país.
- Proyección social universitaria, entendida como la transmisión recíproca de los conocimientos, valores y producción cultural entre la Comunidad y la Universidad.
- Vinculación estrecha de la teoría y la práctica como base de la formación profesional y del proceso del conocimiento científico.

### **1.1.4 Cadena de valor**

Un Sistema de Presión Constante es la mejor alternativa para las necesidades en instituciones y en hogares ya sea con pozos de agua privada o sistemas de agua municipal.

Este sistema es el único integrado con bomba, motor y variador de frecuencia, entre sus ventajas tenemos que es un sistema compacto, silencioso y fácil de instalar.

Además, un Sistema de Presión Constante también maximiza el

resultado y desempeño de otras aplicaciones donde utilizan agua, puede ser bombeando desde una cisterna o un tanque, alimentando un aspersor, utilizando sistemas de irrigación para céspedes o para presurizar un sistema de lavado. Este sistema también puede ser instalado en ambientes húmedos y cálidos; sin embargo, lo recomendable es que este se instale en ambientes relativamente templados.

Este diseño de sistema incrementara el valor toda institución, ya que se puede agregar más instalaciones sanitarias, duchas, baños, etc. Cualesquiera que sean las necesidades de agua, el sistema estará listo para cada tipo de tarea.

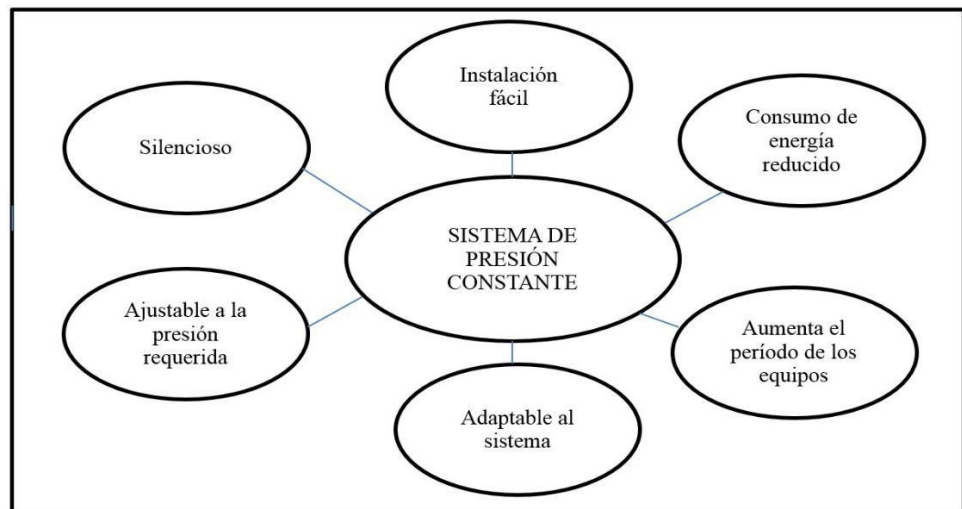


Figura 2. Cadena de valor del Sistema de Presión Constante

## **1.2. MOTIVACIÓN Y ESTADO DEL ARTE**

### **1.2.1. Motivación**

Actualmente el suministro de agua con el que cuenta el edificio del Instituto de Ciencias y Humanidades está basado en un Sistema de Tanque Elevado, el cual presenta deficiencias en todos sus niveles en el suministro de agua. Con el sistema a implementarse se logrará satisfacer las necesidades de consumo de agua cuando esta está en su máxima demanda.

El sistema a implementarse es robusto, eficiente de fácil mantenimiento donde nos permite el mantenimiento de los equipos en el sistema mecánico, eléctrico, electrónico y un ahorro de energía en el uso de ésta.

### **1.2.2. Estado del arte.**

El actual proyecto se realiza en base a las leyes de afinidad estas leyes explican la relación matemática que hay entre la velocidad, el caudal, de la bomba (rpm), la altura y su consumo de energía. Estas leyes indican que cuando hay una pequeña reducción del caudal se convierte en reducciones significantes de potencia y, por consiguiente, de consumo de energía. Las leyes de afinidad son muy importantes ya que de ello dependen ahorros energéticos. Es importante mencionar que sobre estas trabajan los variadores de velocidad.

Los elementos de un sistema de presión constante de agua, así

como el modo de la programación, operación y funcionamiento son temas que serán desarrollados en el presente trabajo.

Durante la construcción del edificio años 90 surgió la necesidad de implementar un sistema de bombeo de agua al cual se tomó como una solución al sistema de tanque elevado, por ser esta en aquella época una de las alternativas más destacadas para obtener presión constante de agua, pero a partir del año 2000 surge un nuevo sistema en el mercado el cual era más eficiente y ventajoso en su desempeño; es así que hoy en día se proyecta esa decisión de cambiar dicho sistema a otro más eficiente que asegure la distribución del líquido de manera uniforme y constante en cada uno de los pisos del edificio.

### **1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Planteamiento del problema**

Actualmente se comenta muy poco de un sistema de presión constante de agua, ya sea por desconocimiento o por ningún interés.

Un Sistema de agua potable estándar ya sea el de un hogar común (suministro directo) o un Sistema de Tanque Elevado entrega una presión determinada, la misma que no es suficiente ni uniforme para el abastecimiento de todo un edificio ante las grandes demandas de agua (ver figura 3).

El edificio de Ciencias y Humanidades de la Avenida Bolivia cuenta con un Sistema de Tanque Elevado lo cual experimenta los

problemas antes mencionados; por ello es necesario tener un sistema de bombas controladas para que logren mantener una presión constante de agua en toda la tubería.

Un sistema de distribución de agua dentro del edificio resulta ideal para lograr una presión uniforme en toda la instalación.

Adicionalmente el sistema ya instalado, tiene ciertas deficiencias en el consumo de energía pues acelera el tiempo de vida del motor y con ello genera pérdidas en su funcionamiento y su mantenimiento.

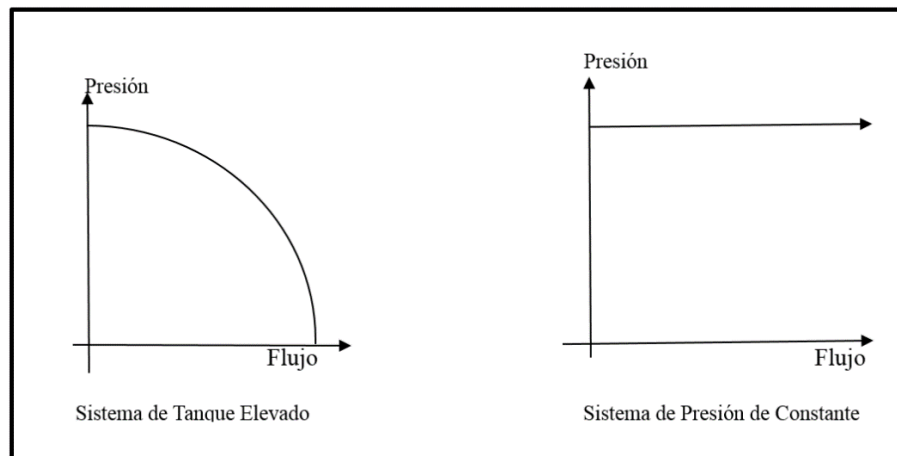


Figura 3. Sistema de Tanque elevado y un Sistema de Presión Constante.

### 1.3.2. Formulación del problema general

- ¿Cómo obtener presión constante de agua para satisfacer las necesidades en la institución educativa de Ciencias y Humanidades?



### **1.3.3. Formulación de los problemas específicos**

- ¿Cómo está integrado el nuevo sistema y cuál es la presión requerida para el funcionamiento del Sistema de presión constante?
- ¿Qué equipos y componentes son los adecuados a utilizar para el funcionamiento del nuevo sistema?
- ¿Cómo realizar la estructura y comprobar el funcionamiento del nuevo sistema diseñado?
- ¿Cuáles serán los costos y beneficios que tendrá el proyecto de ser implementado?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. 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 que sea la necesidad.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Estudiar el sistema actual para determinar la presión requerida en el nuevo sistema a implementar.
- Modelar el sistema y elegir los componentes
- Diseñar, esquematizar y simular el sistema a través de softwares existentes.
- Definir la viabilidad, costos y utilidad del proyecto.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Justificación técnica**

En un diseño de tanque elevado los motores se encienden y trabajan en su máxima potencia no importando cual es el consumo de agua, acelerando el periodo de mantenimiento y a la vez reduciendo su tiempo de vida. A diferencia de un sistema de presión constante donde los motores trabajan según el requerimiento o consumo de agua; esto prolongará el tiempo de mantenimiento, así como el tiempo de vida de los mismos.

### **1.5.2. Justificación económica**

El implementar un diseño de presión constante, los motores van a trabajar gradualmente eso traería consigo ahorro de energía y a la vez menos gastos en recibos por consumo es decir si un motor trabaja a un 80 % de su velocidad el consumo en potencia se reduce hasta un 40% (ver figura 7), a ello se adicionan los costos por mantenimiento ya que éstos se reducen en una vez cada 2 años debido al ritmo de trabajo con el que operan.

## **1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Alcances**

Este proyecto solo es un diseño y es exclusivamente para el Edificio de Ciencias y Humanidades ubicado en la Av. Bolivia del distrito de Breña, por lo cual su implementación en otros edificios

no es viable ya que requiere de estudios técnicos y económicos para su viabilidad en los mismos.

Debido a costos y/o presupuesto este proyecto solo es un diseño por lo cual su implementación dependerá de las personas que administran la institución.

### **1.6.2. Limitaciones**

En el desarrollo del proyecto de tesis investigación se presentaron las siguientes limitaciones.

La falta de equipos de medición de presión y caudal de agua dificultó tener con exactitud cuál era la presión existente, para ello solo se realizaron cálculos matemáticos.

El acceso restringido a las salas donde estaban instalados los motores, tableros eléctricos retrasó obtener las características de dichos elementos. Se recurrió a terceros para solicitar dicha información y así realizar una descripción cuantitativa de los mismos.

Los accesorios de fontanería con diferentes características de consumo dificultaron realizar los cálculos de manera global y rápida, para ello se realizó la medida del nivel del tanque y de la cisterna en los horarios de consumo de agua.

**CAPÍTULO II:**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

## 2.1. ANTECEDENTES

### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Saavedra, J. A. (2007). *Control de presión de agua mediante variador de frecuencia y motobomba* (Trabajo de titulación - Tesis) Universidad de Magallanes, Chile.

Analizó que la sobrepoblación en las zonas urbanas ha llevado a construir edificios públicos y privados que necesitan contar con sistemas de abastecimiento de agua, para ello se ha visto dificultades en los niveles más altos, de la misma manera los sectores más alejados de la ciudad como industrias, puertos y centros de esparcimientos requieren contar con sistemas que suministren agua a una determinada presión, según sea la necesidad. Estableció que para esto se requiere de un sistema que suministre una presión controlada y programada, que sea autónoma y ofrezca varias ventajas en cuanto al mantenimiento y ahorro de energía que es el sistema de presión constante. Su trabajo presentó una estrategia de control de presión para un hidrosistema, variando en una motobomba la velocidad de giro. Ésta cumplió los desafíos propuestos en cuanto a la respuesta dinámica del sistema, en todas las pruebas realizadas hubo un error en estado estacionario menor al 2.5 % de la referencia.

Falconí, E.L. & Rodas, A. V. (2014). *Diseño e implementación del sistema de control de presión constante para la Pasteurizadora Quito* (Paper) Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador.

Investigó que la Pasteurizadora Quito requiere implementar un sistema de presión constante para abastecer continuamente de agua a las nuevas máquinas de producción a ser instaladas. Estableció que la solución es un diseño e implementación del sistema de control de

presión constante, proyectaron un tablero de control compuesto por dos variadores de frecuencia, un PLC y un transmisor de presión. El sistema que desarrollaron presentó un nivel de presión constante durante la operación y una activación conveniente de la bomba auxiliar para suplir con el caudal requerido por las máquinas homogenizadora y de UHT instaladas en la Pasteurizadora Quito con ello fueron satisfactorios los resultados obtenidos.

Solano, C. A., Reyes, J.C., & Ortega, U. T. (2012). *Sistema de control de presión para el suministro de agua en la central de servicios del centro médico nacional la raza* (Tesis) Institución: Instituto Politécnico Nacional, México.

Estudiaron que el sistema de bombeo de la central de servicios del centro médico nacional la raza está constituido por bombas centrifugas, cinco de 40 HP y dos de 25 HP, que están conectadas en paralelo, el agua es tomada por 02 cisternas y distribuidas a cinco hospitales a una presión de 8 kg/cm<sup>2</sup>, si esta disminuye se activa una alarma, es ahí donde interviene personal que se encuentra permanentemente en el tablero de control, que a su criterio y conocimiento podrá activar las otras bombas de mayor potencia en forma manual y restablecer la presión requerida. Además, observaron que esta maniobra puede dañar la red hidráulica si se suministrara una presión mayor a lo permitido y causar resultados graves y costosos. Plantearon el desarrollo de un sistema de control de presión del sistema de agua de la Central de Servicios del Centro Médico Nacional La Raza implementando variadores de frecuencia, permitiendo optimizar el sistema de bombeo de agua. Los resultados que obtuvieron después de realizar las pruebas fueron muy importantes ya que comprobaron que hay menos consumo de energía, mayor ahorro de gastos, se recupera lo invertido en 620 días. Los resultados fueron satisfactorios.

## 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Paredes, J. D. (2013) *Estudio y diseño de la automatización del sistema de bombeo para el llenado de un tanque elevado de la municipalidad distrital de Pomalca* (Tesis) Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Se planteó cómo controlar el bombeo de los pozos tubulares hacia el reservorio de agua potable de los residentes de la Municipalidad Distrital de Pomalca. Para ello estableció que mediante el estudio y diseño de un sistema automatizado permitirá realizar el bombeo en forma correcta desde los pozos tubulares hacia el reservorio de agua potable de los residentes de la Municipalidad Distrital de Pomalca. Se determinó que el proyecto presentado es un proyecto fiable y de rápida recuperación de inversión, cumpliendo con el requerimiento pedido por la Municipalidad Distrital de Pomalca.

Olazábal, S. V., & Tejada, D. A. (2014) *Diseño de un sistema automático e instrumentación para la planta de almacenamiento y despacho de petróleo de la empresa Olympic Perú-Piura* (Tesis) Institución: Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

En la actualidad la manipulación del petróleo depende de diversos factores como son horas-hombre, disposición de transporte, riesgos de derrame y logística relacionada; además teniendo en cuenta los proyectos que existen en la empresa para aumentar la producción, los factores mencionados anteriormente incrementarán su costo de manera proporcional al aumento del volumen de producción. Entonces para ello decidieron implementar un sistema de control automático para el sistema de almacenamiento y despacho de hidrocarburos de la empresa Olympic Perú en el lote XIII-A, el cual mejorará la operación

de dicho sistema. De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo de costos del proyecto se concluye que el proyecto sería rentable en base a los datos obtenidos de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Rengifo, E. R., & Torres, J. D. (2014) *Diseño de control automático para mejorar la eficiencia en el proceso de trasiego del área de despacho de oxígeno líquido en la empresa Messer Gases del Perú S.A* (Tesis) Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo, Perú.

El problema era la pérdida de producto durante el proceso de trasiego de la empresa Messer Gases del Perú S.A. para solucionar establecieron diseñar un sistema de control automático adecuado para el proceso de trasiego de la empresa Messer Gases del Perú S.A Se diseñó un sistema de control que cumple con los requerimientos del proceso. Los resultados obtenidos estuvieron dentro de lo establecido ya que el monto considerado en la propuesta económica está acorde al mercado, si bien es un costo elevado, tiene como beneficio la mejora de la operación de trasiego y a la vez evitar los riesgos a los que se exponían los operadores.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Sistemas de presión de agua 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



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 solucionan los sobre dimensionamientos de estas por diseño, que se toma en cuenta en todo proyectos. 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 aun 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)

### **2.2.2. Bombas de agua**

Es una máquina que gracias a la energía eléctrica y mecánica acciona energía hidráulica en un fluido. Para que su buen funcionamiento el líquido que transporta la bomba debe ser incompresible, es decir que la densidad debe de ser constante en todo el flujo. La función de la bomba es aumentar la presión de agua dentro de la tubería, conforme aumente la demanda o consumo. (Zabicaray, 2005)

Los impulsores que se encuentran sujetas a los ejes de cada motor suministran 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. Existen diferentes clasificaciones de bombas, entre las cuales tenemos las bombas de desplazamiento positivo las cuales se utilizan como en operaciones manuales, en succión de líquidos en pozos profundos pero cuando la capacidad de bombeo es mínima, y las bombas centrífugas las cuales se utilizan generalmente para bombear líquidos, estas bombas son del tipo hidráulicas que tienen la capacidad de transformar la energía mecánica en energía de presión o cinética de un flujo que sea incompresible. Esta energía es aprovechada para impulsar agua. (McNaughton, 1987)

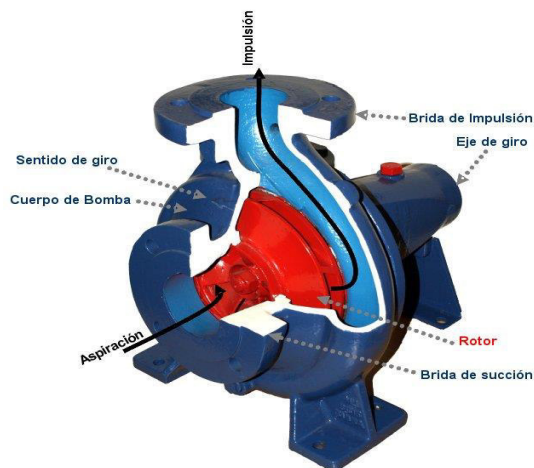


Figura 4. Bomba centrífuga

Fuente: Extraído de Wikipedia

([http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Bomba\\_centrifuga.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Bomba_centrifuga.jpg))

Según se aprecia la figura 4 el funcionamiento de la bomba centrífuga se da de la siguiente manera.

El agua ingresa por la parte lateral directamente a la sección de aspiración, una vez ahí es conducida al rotor que está formado por varias aletas que giran a alta velocidad impulsados por un motor eléctrico, debido a ello el agua obtiene aceleración y es expulsada por el expulsor o conducto generando presión. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

### **2.2.3. Motores de corriente alterna**

Los motores de corriente alternan son aquellos que se alimentan de una corriente alterna esta es conocida por que su magnitud y sentido cambian o varían cada ciclo.

Un motor en general es aquel que convierte una determinada forma de energía en una energía mecánica de par o rotación; por ejemplo, un motor eléctrico transforma energía eléctrica en capacidad de rotación por medio de la acción de conjunta de los campos magnéticos. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Existen diferentes tipos de motores como son los motores asíncronos, motores síncronos, motores de jaula de ardilla.

Debido a lo requerido en este proyecto el tipo de motor a utilizarse es los motores síncronos, debido a que se puede conseguir una velocidad constante. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

En un motor de la velocidad de giro se debe a dos características que son el número de polos y la frecuencia de entrada. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015).

La velocidad de giro de un motor está dada por la siguiente fórmula.

$$RPM = \frac{60 * f}{p}$$

Donde:

*RPM* = velocidad de giro del motor medido en revoluciones por minuto

*f* = frecuencia de entrada del motor

*p* = número de pares de polos del motor



Figura 5. Motor de corriente alterna marca WED de 30 HP

#### 2.2.4. Variadores de velocidad

Es un equipo electrónico que se emplea para controlar la velocidad de giro del motor que lo acciona con una velocidad variable. Estos dispositivos se observan por lo general en la industria, accionando a los motores eléctricos a velocidades variables o constantes, si este dispositivo es incorporado dentro de un sistema de presión constante, los motores operaran a velocidad regulable

dependiendo del consumo y la presión a la cual se gradué el sistema. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)



Figura 6. Variador de frecuencia Danfoss de 60 Hz

Según el uso que se otorgue a un variador de frecuencia, pueden ahorrar energía significadamente, por ejemplo en un sistema común de fajas transportadores de productos frágiles donde utiliza un motor de 1800 rpm y que se necesita que la velocidad de transporte sea muy baja se utiliza engranajes y embragues para reducir la velocidad; entonces al utilizar un variador de frecuencia combinado con sensores se evitaría el uso de engranajes y embragues además permitiría controlar la velocidad muy precisa de dicho sistema. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

El uso de variadores en sistemas de presión constante tiene muchos beneficios, ya que reduce el consumo de energía, alarga la vida de los motores, entre otros. En sistemas de presión de agua

anteriores el control del caudal o flujo era mediante el estrangulamiento es decir se hacía uso de válvulas, pero este modo causa muchas pérdidas y por consiguiente se traduce en gastos económicos. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Controlando el sistema de presión mediante variadores de frecuencia es posible ajustar los requerimientos en una bomba sin incrementar las pérdidas y la potencia deseada se reduce según la velocidad disminuya. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

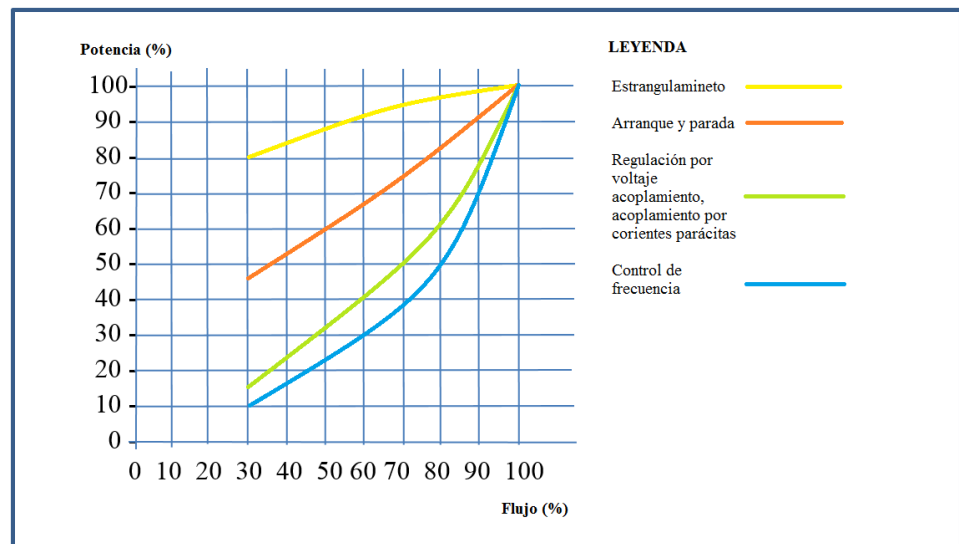


Figura 7. Relación de consumo de potencia con respecto al flujo entre varios sistemas de control.

En la figura 7 se puede apreciar el consumo de potencia de acuerdo a la velocidad que opere el sistema, así como la diferencia que hay entre un sistema controlado por estrangulamiento y por control de la frecuencia. En el sistema controlado por variadores de frecuencia se observa que ofrece una gran ventaja, por ejemplo, si reducimos el flujo a un 70 % el consumo de potencia se reduce a un 40 %

comparado con el sistema controlado por estrangulamiento donde la potencia se reduce sólo al 80 %

Para entender mejor este ahorro significativo es preciso revisar las leyes de afinidad. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

### 2.2.5. Leyes de afinidad.

Las leyes de afinidad son las que muestran la relación que hay entre la altura o presión estática, el flujo, el consumo de energía, y la velocidad. (Mott, 2006)

Están representadas por las siguientes fórmulas, dónde:

$Q$  = flujo

$H$  = altura o presión estática

$N$  = velocidad

$P$  = potencia absorbida por el motor

- El flujo se comporta de manera lineal con la velocidad.

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}$$

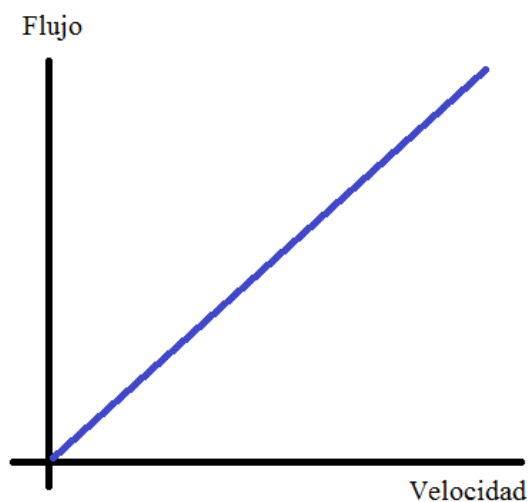


Figura 8. Relación del flujo con la velocidad

- La presión se comporta de manera cuadrática con la velocidad

$$\frac{H1}{H2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^2$$

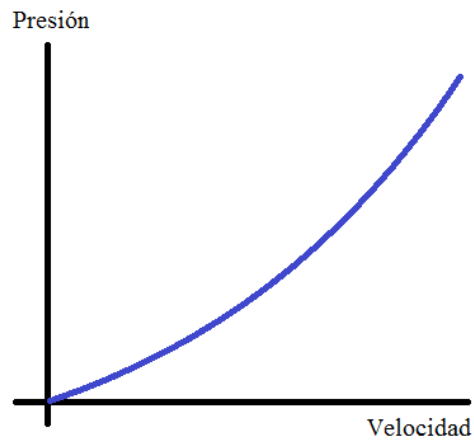


Figura 9. Relación de la presión con la velocidad

- La potencia de salida o de consumo se comporta de manera cúbica con la velocidad.

$$\frac{P1}{P2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3$$

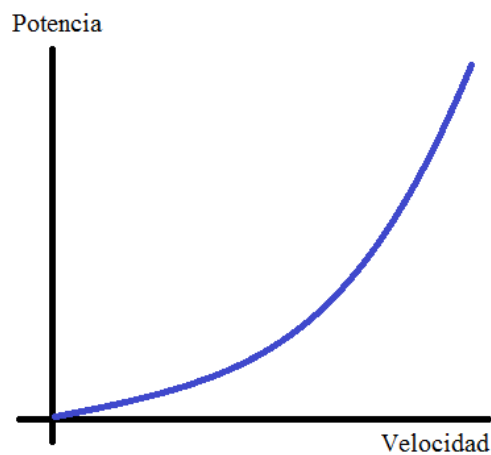


Figura 10. Relación de la potencia consumida con la velocidad



### 2.2.6. PLC (*Programming Logic Controller*)

Es un dispositivo electrónico capaz de ejecutar un programa de manera periódica, también se define como una computadora industrial en menor tamaño el cual tiene un hardware y software determinado, desarrollando funciones de control y tomando acciones determinantes sobre un evento programado. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Un PLC está formado básicamente por una memoria, un microprocesador y una interface de entradas y salidas; es en la memoria en donde se almacena la aplicación o programada diseñada por el usuario, en las entradas y salidas se pueden conectar dispositivos como sensores, swicths, contactores entre otros. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

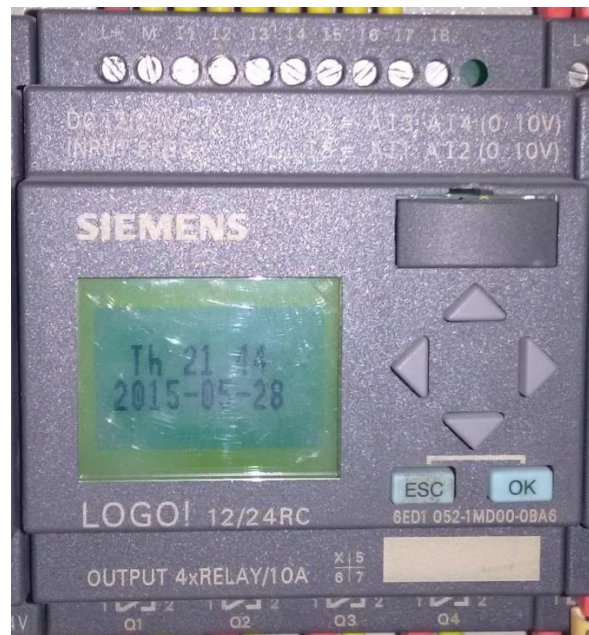


Figura 11. Equipo PLC (*Programming Logic Controller*). marca Logo de Siemens de 12/24 Vcc.

### **2.2.7. El golpe de ariete**

Esta anomalía del golpe de ariete, ocurre cuando se abre o cierra una válvula y al detener o dar inicio a una bomba hidráulica, por ejemplo. Cuando una válvula es cerrada completamente se produce una sobrepresión dentro de una tubería que se desplaza a una velocidad que puede ocasionar la compresión del fluido y/o puede dilatar una tubería. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Debido que el golpe de ariete consiste en el cambio de presiones y sobrepresiones por al desplazamiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, este valor de sobrepresión debe tomarse en cuenta en el momento de dimensionar las tuberías, para evitar dilataciones o roturas de tuberías. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

En general el golpe de ariete puede producirse debido a un apagado del motor de una bomba sin antes haberse cerrado la válvula que impulsa el agua hacia afuera (válvula de impulsión), como también si existe un corte intempestivo de energía cuando una bomba se encuentra funcionando. Por lo tanto, para reducir o disminuir el golpe de ariete es recomendable cerrar la válvula de impulsión lentamente antes del apagado del motor, el diámetro de la tubería de impulsión debe ser grande para que la velocidad de flujo sea lo más mínima posible, contar con válvulas especiales anti ariete, entre otros aspectos. (Martins, Tiago, & Laurent, 2003)

### 2.2.8. La presión

Se conoce como una magnitud física que ejerce una fuerza en proyección perpendicular hacia una determinada área, su unidad de medición según el Sistema Internacional de mediciones es el siguiente. (Aquino & Martínez, 2009)

Para la presión en pascales.

$$1\text{Pascal} = \frac{1\text{Newton}}{m^2}$$

En libras por pulgada cuadrada

$$1\text{PSI} = 6.894 * 10^3\text{pascales}$$

En bares

$$1\text{Bar} = 14.503\text{PSI}$$

Existen tres tipos de presión:

Presión atmosférica que es la presión que ejerce la columna de aire sobre un punto de la superficie terrestre, según experimentos la presión atmosférica es igual a la presión que ejerce 760mm de mercurio. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

La presión absoluta que es la presión real o total que se ejerce sobre un punto determinado, también lo podemos definir como la suma total de presiones que se tiene presente en el medio ambiente, (la suma de presión atmosférica más la presión manométrica).

La presión manométrica que es la diferencia de presión entre la presión absoluta y la atmosférica, es la presión medida por un

instrumento llamado manómetro, y se va a emplear cuando haya una presión mayor a la atmosférica. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

### **2.2.9. La potencia**

Potencia es la capacidad que se tiene para realizar una acción, o producir un determinado efecto, poder, fuerza, transformación en la naturaleza.

La potencia mecánica que es la rapidez con que se realiza un trabajo en un determinado tiempo, generalmente se define como el trabajo realizado en un determinado tiempo, su unidad de medida es en HP (*Horse Poder*) caballo fuerza. Potencia eléctrica es la capacidad que tiene la energía para poder realizar diversos trabajos como por ejemplo dar calor, luz, sonido etc. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Las unidades que se emplean son:

$$1watts = 1 \frac{Joule}{s}$$

Se relaciona ambas potencias porque tienen la capacidad de realizar un trabajo en un determinado tiempo.

Sus unidades de relación.

$$1HP = 746Watts$$

### **2.2.10. Sensores de presión**

Los sensores de presión o conocidos también como transductores de presión

son muy utilizados en procesos industriales. Su principal objetivo es convertir una magnitud física en una eléctrica, para este caso en particular convierten una fuerza por unidad de área en un voltaje o corriente igual a la presión ejercida. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)



Figura 12. Sensor de presión de agua marca Danfoss de 4- 20 mA

## **2.3. MARCO LEGAL**

### **2.3.1. Reglamentos y normas**

Todas las instalaciones que se van a realizar se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en las Normas Legales que rigen en nuestro país y que lo supervisa la Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento (SUNASS).

Las normas que regulan estas instalaciones son las siguientes:

## A. Norma IS.10

Esta norma prevé los requisitos mínimos para el diseño de las instalaciones sanitarias en edificaciones en general, algunas normas se describen a continuación.

- Para agua fría las instalaciones esta norma establece que el sistema de abastecimiento de agua de una edificación comprende las instalaciones interiores desde el medidor hasta cada uno de los puntos de consumo.
- Las dotaciones mínimas de agua diaria para uso en locales educacionales y residencias estudiantiles se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Suministro de agua en locales educacionales y residencias estudiantiles**

<b>TIPO DE LOCAL EDUCACIONAL</b>	<b>SUMINISTRO DIARIO</b>
Alumnos y personal no residente	50 L por persona
Alumnos y personal residente	200 L por persona

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

- Los diámetros de distribución de las tuberías se calcularán con el Método de Gastos Probables (Método Humter), en otros casos será por método de consumo por aparato sanitario, salvo los dispositivos o aparatos especiales se calcularán según las recomendaciones del fabricante.

- Para calcular el diámetro de las tuberías de distribución la velocidad será de 0,6 m/s como mínima y la velocidad máxima según el siguiente cuadro.

**Tabla 2. Velocidad máxima del agua para el cálculo de diámetro de las tuberías**

<b>DIÁMETRO en (mm)</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA en (m/s)</b>
15 (1/2")	1,90
20 (3/4")	2,20
25 (1")	2,48
32 (1¼")	2,85
40 y mayores (1½" y mayores)	3,00

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

- El almacenamiento debe ser en depósitos diseñados y construido de forma que garanticen y preserven la calidad del agua.
- Para la existencia de tanque elevado, la capacidad será igual al suministro diario como mínimo cuyo volumen no debe ser menor a los 1000 L.
- Los equipos de bombeo deben satisfacer los siguientes requisitos si es que se instalan en el interior de las edificaciones:
  - 1,60 m de altura mínima
  - Debe de haber un espacio libre alrededor para acciones como reparación, mantenimiento y fácil operación.

- Contar con la ventilación adecuada.

Los equipos instalados en el exterior de una edificación deben ser protegidos de manera adecuada contra la intemperie.

- La capacidad de cada uno de los equipos de bombeo debe de ser igual a la máxima demanda simultánea de la edificación y por ninguna razón ser menor a la necesaria para el llenado del tanque elevado en el tiempo de 2 horas.
- El equipo hidroneumático deberá contar con los dispositivos adecuados para que funcione correctamente siendo como mínimo los siguientes:
  - Cisterna.
  - Tanque de presión.
  - Electrobombas.
  - Interruptor de presión para arranque y parada a presión mínima y máxima.
  - Manómetro.
  - Válvulas de interrupción que permitan la operación y mantenimiento del equipo.
  - Válvula de seguridad
  - Dispositivo de drenaje del tanque con su respectiva válvula.
  - Compresor o un dispositivo automático cargador de aire de capacidad adecuada.



**CAPÍTULO III:**  
**DISEÑO DEL SISTEMA DE PRESIÓN**  
**CONSTANTE**

### **3.1. ESTADO ACTUAL Y DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS**

El sistema que actualmente está instalado es un sistema de Tanque Elevado que está integrado principalmente por 2 motores, 2 bombas, una cisterna y un tanque. Las instalaciones de bombeo de agua cuentan con la seguridad adecuada, está restringido el acceso a personas que no están autorizadas. Cuenta con un sistema de alarma contra inundaciones además tiene sumideros, como también un drenaje en caso suceda algún aniego o se rompa alguna tubería. Los motores, el tablero de mando y fuerzas eléctricos se encuentran a una altura considerable para evitar que se expongan a cualquier tipo de inundaciones, así mismo las tuberías de alimentación y de distribución se encuentran debidamente aseguradas y fijadas con abrazaderas preparadas para resistir el golpe de ariete y la sobrepresión que pueda ocasionarse durante el funcionamiento de la bomba, las tuberías están compuestas de material fierro negro; este material es una aleación de acero con fierro el cual resiste a corrosiones. Adicionalmente la sala de bombas está implementada con equipos de seguridad (guantes, extintores de CO<sub>2</sub>, cascos, linternas, etc.), para realizar mantenimiento y estar protegidos contra los accidentes.

#### **3.1.1. Sistema de suministro de agua**

Al desarrollar este tipo de sistema es necesario acogernos a las normas que establece el Ministerio de Vivienda para establecer los parámetros mínimos recomendables y exigibles por la misma, para la ejecución en el suministro de agua, con el fin de garantizar la calidad en el servicio.

### **3.1.2. Elementos constitutivos**

#### **A. La acometida**

Está conformado por la matriz principal de ingreso la cual va a alimentar la cisterna que tiene una capacidad de 800 m<sup>3</sup> ubicado entre el 1er piso y el sótano. Lo constituye una llave principal de ingreso accediéndole a este un contador domiciliario, la cual va a registrar el consumo del agua. Esta matriz es una tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro pesado. En la salida se tiene las tuberías de distribución la cual está constituido por tubos de metal negro un material de acero inoxidable que está constituido de una aleación de hierro con cromo, adicionalmente es galvanizado es decir se recubre el acero con otros materiales con estas características este material es resistente al oxido y a la corrosión, es importante que este tramo esté conformado por este material, el cual soporta presiones de hasta 150 PSI (*pounds-force per square inch*) que es la presión que se registra debido al golpe de ariete. El sistema cuenta también con válvulas de retención o anti-retorno conocido como válvulas Check que tienen la función de permitir el fluido solo en una dirección cerrándose automáticamente cuando hay un fluido en sentido contrario instalado antes del contador.

## **B. La montante.**

Es la columna ascendente la cual transporta el agua desde la cisterna hasta el tanque elevado, está conformado por tuberías de PVC resistente a la corrosión además están adosadas a la pared, con abrazaderas de 2 pulgadas.

## **C. Las instalaciones colectivas**

Son las líneas que recorren el predio. Para abastecer el consumo del agua, alimentando de esta manera los baños, duchas e inodoros. Las dimensiones de estas tuberías tienen un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada a  $\frac{1}{2}$  pulgada, de material de PVC, en las cuales se anexan los diversos componentes como duchas, caños e inodoros.

## **D. El sistema de bombeo**

En cuanto al equipo y al sistema de bombeo, la sala de máquinas actualmente cuenta con 2 bombas de marca WEB de 7.5 hp que trabaja de manera alternada, cuando el tanque elevado solicite el abastecimiento de agua y satisfaciendo la demanda diaria con un tiempo máximo de bombeo de 18 horas diarias.

### **3.1.3. Características de los componentes**

#### **A. El motor eléctrico**

El sistema actual consta de 02 motores trifásicos de marca WED que presentan las siguientes características:

**Tabla 3. Características técnicas del motor**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Potencia	7.5 HP
RPM	1770 RPM
Corriente nominal	28 Amperios
Tension nominal	220 o 440 voltios, trifasico
Pais de Fabricacion	Brasil
Peso	71 kg
Fecha de fabricación	SEPT. 2012
Consumo Energético	5.5 KW

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)



Figura 13. El motor eléctrico.

## **B. El tablero eléctrico**

El tablero eléctrico está integrado por 02 llaves termomagnéticas marca Snieder de 220 Voltios y 3.30 Amperios; tiene la función de llave general protegiendo las instalaciones eléctricas en caso que ocurriese una sobrecarga o un cortocircuito, este dispositivo es mucho más seguro porque tiene un sistema de protección constituida por una lámina bimetálica que al censar una sobrecarga o un cortocircuito el dispositivo se abre evitando de esta manera daños en el sistema eléctrico. Estas llaves sustituyen a los tradicionales y obsoletos fusibles. Además, el

tablero eléctrico contiene 02 contactores marca Mitsubishi S-N25 de 220 Voltios y 40 Amperios, que cumplen con la función de interrumpir o establecer la corriente eléctrica en un circuito de potencia, cada llave está integrada por una bobina la cual va a estar sujeta al circuito de mando, y podrá ser comandado a distancia. Teniendo dos posiciones, (abierto o cerrado); 02 relés de marca Mitsubishi serie TH-N20TAKP de 690 Voltios y 40 Amperios.

El relé es un dispositivo electromecánico que tiene la función de proteger exclusivamente al motor eléctrico, limita el consumo de la energía eléctrica que consume el motor y censa el calentamiento de ésta y de los conductores eléctricos que alimenta al motor. Adicionalmente cuenta con un 1 relé encapsulado de marca Sneider de 2 Amperios y 220 voltios. Cumple la función de controlar un determinado circuito mediante sus contactos abierto en un momento y cerrado en otro, está constituido por un electroimán la cual va a hacer parte del sistema de mando.

Selector de posición M-O-A de marca Brema de 12 Amperios. Este dispositivo es el que va a seleccionar en qué posición va a trabajar nuestro sistema.

Las posiciones son:

M= Mecánico (no censa la posición del electro nivel)

O= apagado

A=Automático (censa la posición del electro nivel)

Conmutador de marca BREMAS De Posición (B1-B2-0).  
Selecciona que motor va a estar activo en el momento que el sistema lo requiera. (Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

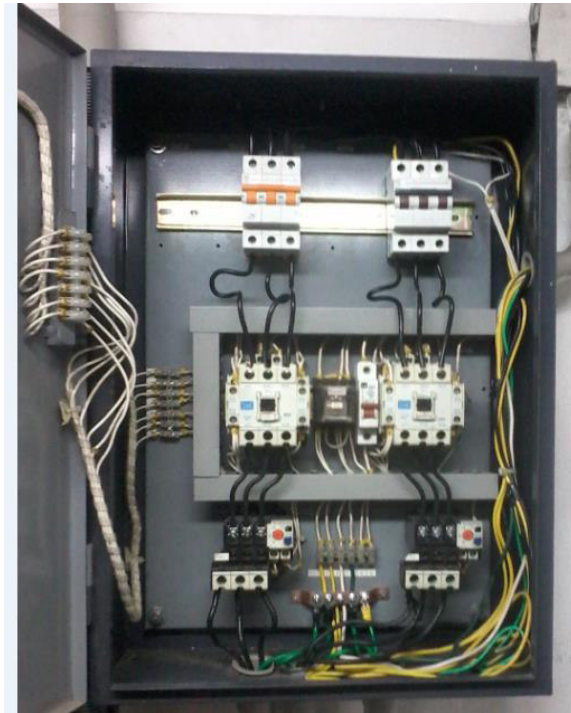


Figura 14. el tablero eléctrico

### **C. El tanque elevado**

Es donde se almacena el agua potable, que distribuye el líquido elemento a diversos puntos de consumo. Esta estructura se encuentra localizado en la parte más alta del local (9no piso) sus características son las siguientes:

**Tabla 4. Características técnicas del tablero eléctrico**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Ancho	5 metros
Largo	8 metros
Altura	1.70 metros
Capacidad	(5mx8mx1.7m) = 68 metros cúbicos

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

#### **D. La cisterna**

Es un depósito donde se almacena el agua que sirve de reserva, el cual hace el punto de toma de entrada de cada uno de los motores, desde donde se bombea el agua hacia la parte superior de un inmueble, su función es almacenar, recibir y conservar el agua, está construido de concreto armado resistente a la humedad y a la corrosión.

**Tabla 5. Características técnicas de la cisterna**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Ancho: 10 metros	10 metros
Largo:	10 metros
Altura	4.5 metros
capacidad	(10mx10mx4.5m) 450m. cúbicos

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)



### 3.1.4. Diagrama físico del sistema

El sistema está instalado como muestra la siguiente imagen.

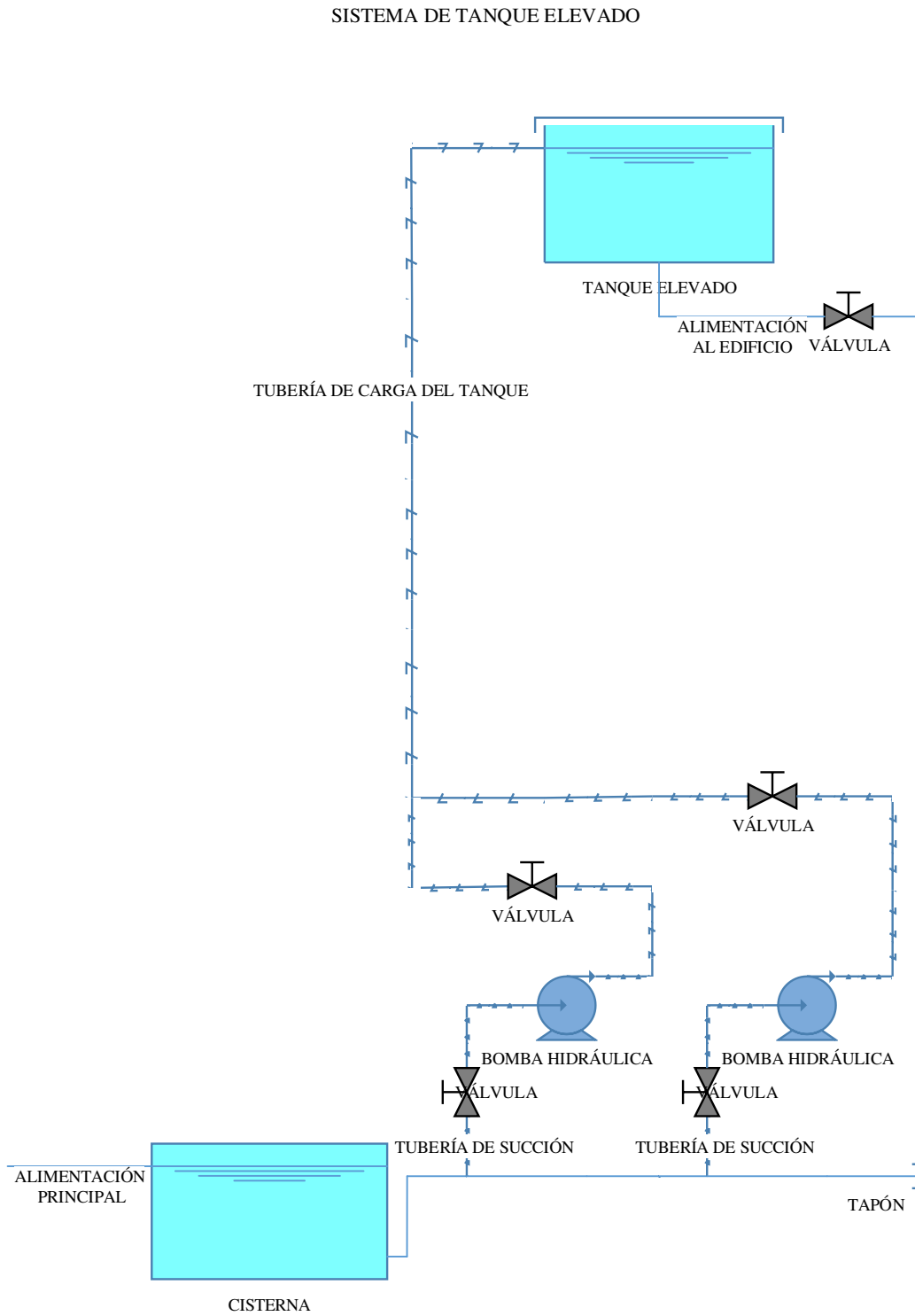


Figura 15. Diagrama del sistema de tanque elevado

Según muestra la figura 15 El sistema está conformado principalmente por una cisterna, dos bombas y un tanque.

En la cisterna se almacena el agua de la red pública, las bombas extraen el agua y lo bombean hacia el tanque según sea el consumo, este último es el que también almacena y a la vez distribuye el agua al edificio por medio de la gravedad a través de las ramificaciones de las tuberías.

Para el funcionamiento del sistema se debe de tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La cisterna ubicada en el sótano deberá estar dotado de agua por la red pública para que el electro nivel instalado cierre circuito, mandando esta señal al tablero de mando indicando que la cisterna contiene agua, y está disponible para el suministro de agua al tanque ubicado en la parte superior.
- El tanque ubicado en la parte superior tendrá 2 posiciones: nivel bajo y nivel alto o máximo.
- Según la programación del electronivel si el tanque se encuentra en un bajo nivel cerrará el circuito y enviará una señal al tablero de control haciendo que las bombas funcionen hasta el llenado del tanque.
- Una vez que el tanque se encuentre lleno o en un su nivel máximo hará que el electro nivel abra el circuito y a la ves envíe una señal la cual es interpretada en el tablero de control y este hará que las bombas se apaguen no suministrando más agua al tanque elevado.

- Este proceso se repite de forma que en el edificio siempre haya suministro de agua.

### **3.1.5. Presión y consumo de agua**

Para abastecer agua a una instalación se debe de cumplir con ciertos parámetros como: la presión, el caudal y un número de elementos necesarios para alimentar caños, duchas, inodoros etc. Actualmente la presión requerida en la red se realiza por un sistema de bombeo desde la cisterna hacia el tanque elevado, y la presión en cada piso es variable esto se debe a la diferencia de nivel en cada uno de los pisos del edificio.

En las siguientes tablas describiremos el consumo que existe en los diferentes horarios como también la presión que existe en cada nivel, para ello hay que considerar los elementos que hay por cada piso los cuales son.

- 08 caños
- 12 inodoros

Total de caños e inodoros dentro del local:

- 64 caños
- 96 inodoros.

El cálculo del consumo de agua se determina de la siguiente manera:

- Número de veces que se enciende el motor = 6 veces
- Longitud del tanque: 5 metros
- Ancho del tanque: 8 metros
- Distancia cuando el tanque está lleno y vacío: 1 metro

Entonces el consumo aproximado diario es:

$$= (8\text{m} \times 5\text{m} \times 1\text{m}) \times 6 = 240 \text{ metros cúbicos,}$$

En litros se tiene. (1 metro cúbico = 1000 litros)

Consumo en litros= 240 mil litros.

El consumo de agua según el horario se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Consumo de agua según la actividad y horario**

<b>CONSUMO DE AGUA SEGÚN EL HORARIO (LUNES A SÁBADO)</b>				
	<b>INGRESO</b>	<b>RECESO</b>	<b>SALIDA</b>	<b>TIEMPO</b>
<b>MAÑANA</b>	7:30am – 8:00am	10:00am – 10:20am 10:40am- 11:00am	13:00pm – 13:30pm	1 hora y 40 minutos
<b>TARDE</b>	13:30pm – 14:10pm	16:00pm – 16:20pm 16:40pm – 17:00pm	19:00pm – 19:30pm	1 hora 50 minutos
<b>TIEMPO</b>	1 hora y 10 minutos	1 hora y 20 minutos	1 hora	Total: 3 horas y 30 minutos

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Se calcula que el consumo de agua es de 20% en el ingreso, 50% en el receso y 30% en la salida de los usuarios.

Obtenido el consumo total de agua diaria, ahora se puede determinar el caudal o flujo de agua es decir cuántos litros de agua se consume en una unidad de tiempo.

Según la tabla 6, se tiene que el tiempo estimado de consumo es 3 horas 30 minutos.

Entonces el caudal está determinado por:

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q = caudal

v = volumen del líquido en litros

t = tiempo en segundos

Entonces:

$$Q = \frac{24000 \text{ l}}{12600 \text{ s}}$$

(210 minutos = 12600 segundos)

$$Q = 19.047 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Otra forma de determinar el caudal total es en base al método de dotaciones, que consiste en la estimación aproximada de consumo de agua en una red durante las 24 horas.

La fórmula que se utiliza para obtener el caudal medio de consumo es la siguiente:

$$Qd = \frac{\text{Dotación} * K}{86400} = \text{lps}$$

Donde:

Dotación = Es la cantidad de consumo en litros por día

K = Es un factor que depende de las proyecciones de demanda de agua en redes tomándose este valor se obtiene el flujo máximo probable, lo cual es recomendable estimarse en un valor de 8 a 10 según sea la dotación.

**Tabla 7. Valor de la constante K conforme a la dotación de lpd (litros por día)**

<b>DOTACIÓN</b>	<b>VALOR DE K</b>
Menor a 50,000 lpd	10
Entre 50,001 y 100,000 lpd	9
Más de 100,000 lpd	8

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

La dotación estimada para planteles educativos según el Reglamento Nacional para Edificaciones anexado es la siguiente.

**Tabla 8. Dotaciones de agua para locales educacionales y residenciales estudiantiles según el Reglamento Nacional para Edificaciones**

<b>CONSUMIDOR</b>	<b>DOTACIÓN</b>
Alumnado y personal no residente	50 L por persona
Alumnado y personal residente	200 L por persona

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Con los datos mostrados en las tablas 4 y 5 se calcula la dotación, para ello es necesario conocer la cantidad de personas residentes en la institución.

**Tabla 9. Cantidad de personal residente y no residente en el local de la Av.**

**Bolivia**

<b>CONSUMIDORES</b>	<b>T. MAÑANA</b>	<b>T. TARDE</b>	<b>T. NOTCHE</b>	<b>TOTAL</b>
Alumnos	2600	1300	-	3900
Profesores	120	80	-	200
Administración	20	20	-	40
Seguridad	4	4	4	12
Mantenimiento	16	16	-	32
<b>Total</b>	<b>2760</b>	<b>1420</b>	<b>4</b>	<b>4184</b>

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Conociendo la cantidad de personal que existe en el local, se realiza el cálculo conforme a la dotación establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones (ver tabla 8), para encontrar la dotación total.

**Tabla 10. Cantidad de personal existente en la institución y la dotación de**

<b>lpd total requerida</b>		
<b>NÚMERO DE PERSONAL</b>	<b>DOTACIÓN DIARIA</b>	<b>DOTACIÓN TOTAL</b>
3900 alumnos	50 L	195000 L
200 profesores	50 L	10000 L
84 personal administrativos y otros	50 L	4200 L
	<b>TOTAL</b>	<b>209200 lpd</b>

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Entonces al reemplazar los valores obtenidos se tiene

$$Qd = \frac{209200 * 8}{86400} = 19.37 \text{ lps}$$

Para determinar la presión en cada nivel se tomó en cuenta la altura, la gravedad de la tierra, el peso específico del agua y se realizaron los siguientes cálculos.

La presión está determinada por:

$$P = h * g * \rho_e$$

Donde:

*P*: Presión del agua

*h*: Altura

*g*: Gravedad de la tierra

$\rho_e$ : Peso específico del agua

Para el cálculo se tiene como referencia lo siguiente

$P$ : valor variable

$h$ : Altura variable

$g$ : 9.81 m/s<sup>2</sup>

$\rho_e$ : 1000Kg/m<sup>3</sup>

1N = Kg $\bar{m}$ /s<sup>2</sup>

Entonces, la presión del agua en la azotea es:

$$P_{h_2o} = 3m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3} = 29.4 \frac{Kg * m^2}{s^2 L} = N \frac{m}{L}$$

$$P_{h_2o} = 3m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3} = 29400 \frac{N}{m^2}$$

$$P_{h_2o} = 29400 \frac{N}{m^2} = 29400 Pascal \left( \frac{145.04 * 10^{-6}}{1 Pascal} \right) = 4.264 \text{ psi}$$

De la misma manera la presión del agua en el Octavo piso:

$$P_{h_2o} = 5.5m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$
$$= 53900 Pascal \left( \frac{145.04 * 10^{-6}}{1 Pascal} \right) = 7.817 \text{ psi}$$

Y así determinamos también Presión del agua en el Séptimo piso:

$$P_{h_2o} = 8m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$
$$= 78400 Pascal \left( \frac{145.04 * 10^{-6}}{1 Pascal} \right) = 11.371 \text{ psi}$$

La presión del agua en el Sexto piso:

$$P_{h_2o} = 10.5m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$
$$= 102900 Pascal \left( \frac{145.04 * 10^{-6}}{1 Pascal} \right) = 14.924 \text{ psi}$$



La presión del agua en el Quinto piso:

$$P_{h_2o} = 13m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$

$$=127400Pascal \left( \frac{145.04*10^{-6}}{1Pascal} \right) = 18.478 \text{ psi}$$

Conforme el nivel de piso es menos la presión aumenta

Presión del agua en el Cuarto piso:

$$P_{h_2o} = 15.5m * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$

$$=151900Pascal \left( \frac{145.04*10^{-6}}{1Pascal} \right) = 22.031 \text{ psi}$$

Presión del agua en el Tercer piso:

$$P_{h_2o} = 18 * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$

$$=176400Pascal \left( \frac{145.04*10^{-6}}{1Pascal} \right) = 25.585 \text{ psi}$$

Presión del agua en el Segundo piso:

$$P_{h_2o} = 20.5 * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$

$$=200900Pascal \left( \frac{145.04*10^{-6}}{1Pascal} \right) = 29.138 \text{ psi}$$

Y finalmente tenemos la presión del agua en el Primer piso:

$$P_{h_2o} = 23 * 9.8 \frac{m}{s^2} * \frac{1000Kg}{m^3}$$

$$=225.4*10^3 Pascal \left( \frac{145.04*10^{-6}}{1Pascal} \right) = 32.692 \text{ psi}$$

Tabla 11. Presión del agua en el sistema actual

PRESIÓN DEL AGUA POR CADA NIVEL DEL EDIFICIO (EN PSI)								
1NIVEL	2NIVEL	3NIVEL	4NIVEL	5NIVEL	6NIVEL	7NIVEL	8NIVEL	AZOTEA
32.692	29.138	25.585	22.031	18.478	14.924	11.371	7.817	4.264

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

## **3.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES**

Para un mejor desempeño del sistema de bombeo es conveniente proveer 03 motores de posición vertical marca WED 03 bombas de marca SALMSON, un PIC LOGO marca Siemens, un variador de frecuencia de la misma marca un sensor de presión marca Danfoss, entre otros elementos o dispositivos.

### **3.2.1. Motor trifásico WED de 7.5 HP de la línea W22**

Los motores WED son de origen brasileño, que tienen una baja reducción de ruidos y vibraciones, son de fácil mantenimiento y es compatible con las aplicaciones y utilización de convertidores de frecuencia ofreciendo un bajo consumo de energía.

Su estructura es de hierro gris FC-200 que le da mayor protección y resistencia mecánica sus aletas de refrigeración están diseñadas para enfriar en caso presente algún recalentamiento y de evitar acumulaciones y polvo sobre el motor.

Estos motores pueden trabajar en ambas posiciones tanto vertical como horizontal, los terminales de punto a tierra se encuentran ubicados dentro de la caja de conexión y conectado a la carcasa, la cual cuenta con una bornera de conexión hecho a base de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio de acuerdo a la norma ICE 60034-8 permitiendo así un buen aislamiento a los alimentadores del motor, las tapas delanteras permiten la disipación térmica durante el funcionamiento de la maquina mejorando así la ventilación del motor y el incremento de flujo de aire entre cada

aleta. El grado de protección cuenta con la norma IEC 60034-5 que permite la protección del motor y de las personas que van a trabajar en ella.

Las tapas deflectoras están construidas a base de acero y hierro gris diseñado con un perfil Aero dinámico, contribuyendo a la reducción de ruidos y mejorando el sistema de ventilación del motor. De esta manera se incrementa el nivel de ventilación del motor. En cuanto al eje está construido de acero ASI 4140 con sus respectivos rodamientos para soportar cargas de altos niveles de esfuerzos radiales que puedan ocurrir.

**Tabla 12. Especificaciones técnicas del motor WED**

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>DETALLE</b>
Protección Térmica	Ninguno
Diámetro del Eje	7/8"
Rotación	En Sentido y en contra de las Manecillas del Reloj
Grupo de Eficiencia	Alta
Tipo de Motor	Fase 3
Rango de RPM	3001-3600
Voltaje	230/460
Amperaje de Carga Total	19.7-17.7/8.86
Carcasa: TCEV	Enfriamiento por Ventilación Totalmente Cerrado
HP	7-1/2
Eficiencia Nominal	88.5%
Frecuencia	60 Hz
Clase de Aislamiento	Dimensión F
Servicio	Continuo
RPM	3510
Temperatura Ambiente Máxima	40°C

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

### **3.2.2. Bombas Salmson de alta presión de posición vertical**

Está fabricado con un material que es resistente a la corrosión, acero inoxidable y está diseñado para la distribución de agua en zonas residenciales como viviendas y edificios sus características de trabajo es correcto para las aplicaciones en trabajo de sistemas de presión constantes y velocidad variable proporcionando una presión de hasta 370 PSI con una temperatura de trabajo de hasta 120 ° C.

### **3.2.3. Tablero de mando eléctrico**

Los componentes eléctricos como: contactores, relay, El PLC, los fusibles de protección, el variador de velocidad, y la llave general deben de ubicarse en un lugar apropiado, para ello se requiere de un tablero eléctrico de mando. Este tipo de componente se encuentra empotrada en la pared protegido de una pintura electrostática que los va a proteger de la corrosión y de descargas eléctricas en ambientes húmedos.

#### **A. PLC Logo Siemens de la serie N117 12/24 RC**

Es un dispositivo electrónico modular lógico universal integrado, que lleva determinadas características como: una unidad de control donde podemos visualizar unidad de mando que cuentan con retroiluminación adaptado a ello una fuente de alimentación que suministra el voltaje adecuado, en ello se puede apreciar el interfaz de ampliación de módulos y cable de programación para

PC, con determinadas entradas y salidas preparado para resolver operaciones de ámbito doméstico industrial e institucional. (Beltrán, Cadavid, Betancur, & Osorio, 2014)

Esta versión proporciona soluciones simples y complejos en el área de las instalaciones domesticas e industriales, permitiendo la automatización de procesos complejos, la ampliación en sus entradas y salidas permiten una interface de conexión que puede admitir hasta 24 entradas digitales y 16 salidas digitales, 8 entradas analógicas y dos salidas analógicas, asimismo en sus entradas se pueden conectar accesorios tales como sensores, pulsadores, interruptores, reguladores de luz, etc.

**Tabla 13. Características técnicas del PLC Logo**

<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz
240 V CA	10 ... 25 Ma
Respaldo del reloj a 25 C	Típ. 80 h
Cantidad de entradas digitales	8 alternativo entre conexión p y n
Separación galvánica	No
Tensión de entrada	L
Señal 0	< 5 v c.a
Señal 1	>12 v c.a.
Tiempo de retardo: *cambio de 0 a 1	Tip. 1,5 ms
*cambio de 1 a 0	Tip 1,5ms
Cantidad de salidas digitales	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé
Separación galvánica	Si
Mecánica (Frecuencia de conmutación)	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámpara	2Hz
Carga inductiva	0,5 Hz

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

## B. Variador de frecuencia Siemens Micromaster 440

Tiene la función de cambiar la velocidad de los motores de 120 Watts con entradas monofásicas y de 75 KW con entrada trifásica que es controlado por un microprocesador haciéndolo seguro y versátil en su empeño proporcionando un funcionamiento silencioso del motor, tiene múltiples aplicaciones y flexibilidad en su uso cotidiano adaptándose a la aplicación que se desea desempeñar.

Tabla 14. Características técnicas del variador de frecuencia Siemens

CARACTERÍSTICA	DETALLE
Rangos de tensión y potencia	200-240 V, $\pm 10\%$ , 1 AC, 0,12 kW-3 kW 200-240 V, $\pm 10\%$ , 3 AC, 0,12 kW-45 kW 380-480 V, $\pm 10\%$ , 3 AC, 0,37 kW-250 kW 500-600 V, $\pm 10\%$ , 3 AC, 0,75 kW-90 kW
Temperatura de empleo	0,12 kW a 75 kW (CT): -10 °C a +50 °C; 90 kW a 200 kW (CT): 0 °C hasta +40 °C
Regulación de procesos Tipos de regulación	Regulador PID interno (autotuning) Vector Control, FCC (regulación de flujo-corriente), característica multipunto (característica U/f parametrizable), característica U/f
Entradas	6 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 1 entrada PTC/KTY
Salidas	2 salidas analógicas, 3 salida por relé
Conexión al sistema de automatización	El partner ideal para sus tareas de automatización, tanto para la conexión a SIMATIC S7-200 como integrado en TIA con SIMATIC y SIMOTION

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

## C. Llave general de riel Siemens de 3X63A

Usados para proporcionar energía eléctrica al tablero de mando, hasta 63 amperios, que es la capacidad que está diseñado nuestra llave principal cumpliendo con la norma eléctrica

IEC/EN 60947-3. Garantizando las características de fabricación y las pruebas hechas en el interruptor automático

#### **D. Llaves de riel Siemens de 3X30 A**

Son las que van a suministrar directamente energía eléctrica a cada uno de los motores (M1-M2-M3), si en caso hubiese algún percance estas se encargaran de poner fuera de servicio a cada uno de los motores de manera independiente cuando se presenten algunos inconvenientes en su funcionamiento.

#### **E. Contactos Siemens NA-NO**

Usados para cambiar el funcionamiento de cada uno de los motores, y evitar la interferencia uno del otro siendo su utilidad de vital importancia en el circuito de mando.

#### **F. Contactores Siemens de la serie 3RT1**

Son las que van a maniobrar el funcionamiento del motor, soportando temperaturas máximas hasta 60 grados centígrados empleándose para mandos eléctricos y aparatos de control a distancia, son resistentes a condiciones climáticas extremas.

**Tabla 15. Características técnicas de los contactores Siemens**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Temperatura de operación de	60 grados centígrados
Maniobras eléctricas.	10 millones
maniobras mecánicas	30 millones
Corriente nominal	Hasta 630 A
Tensión y frecuencia de operación	Hasta 440 voltios, 60 Hertz

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

## G. Relay 3R U11

Es un dispositivo electromecánico que se encarga de proteger al motor frente a descargas eléctricas y sobrecalentamiento, sus características técnicas son.

**Tabla 16. Características técnicas del Relay 3R U11**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DETALLE</b>
Contactos auxiliares	1 NA + 1NC
Rearmwe	Manual y automático
Función de testeo	Si
Tecla Stop	Si
Clase de disparo	10
Potencia de motor	Hasta 11 KW
Rango de corriente	17 A – 22 A

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

### 3.2.4. Sensor de presión de agua Salsom MBS 3000 4 – 20 mA

Este modelo de sensores de presión es resistentes y compactos en su fabricación, se utiliza en equipos hidráulicos invulnerables a los golpes de ariete tolerando altos valores de presión, proporcionando una medida de presión confiable, es de estructura robusta y alta protección que hacen que sensor cumpla con los estándares industriales e hidráulicos más estricto.

**Tabla 17. Características técnicas del sensor de presión de agua**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DETALLE</b>
Señal de salida	de 4 a 20 mA
Rango de medición	0 a 600 bares
Temperatura de operación	de -40 a 85c

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)



### 3.2.5. Software de programación

Para programar nuestro módulo de PLC, se necesita contar con un lenguaje de programación que nos presenta el fabricante, para realizar el programa se va a utilizar el software Logosoft de Siemens, que presenta las siguientes aplicaciones:

Tabla 18. Características técnicas del software Logosoft

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Simulación	La simulación de un circuito en la computadora.
Seguridad	Protección de los datos del programa en el disco duro
Transferencia	La transferencia del programa de: Logo a PC, y de PC a Logo con facilidad
Impresión	La creación e impresión del esquema general de circuito.
Funcionamiento	Fácil funcionamiento en el modo individual y configuración increíblemente simple en modo de red.
Configuración	Configuración automática de la comunicación y la pantalla
Visualización	Se pueden visualizar hasta tres programas al mismo tiempo.

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

## 3.3. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

### 3.3.1. Cálculo de la presión requerida para los motores a utilizar

La presión requerida de salida que se necesita se calcula a partir del caudal de consumo que existe en el establecimiento como así también de la altura del edificio, para ello se toma como referencia el siguiente cuadro como también los datos obtenidos a partir de cálculos hechos.

Teóricamente la potencia de salida de un motor está dada por:

$$P = \frac{Q * H}{75 * \eta}$$

Donde:

*P*: Potencia de salida de un motor en (HP)

*Q*: Caudal de agua en (l/s)

*H*: Altura dinámica total (metros)

$\eta$  : Eficiencia del motor

Tenemos:

*Q* = 19.047l/s

*H* = 20 m

$\eta$  = 70 %

Reemplazando se tiene:

$$P = \frac{19.047l/s * 27m}{75 * 0.7}$$

$$P = 9.7956 HP$$

Adicionalmente para el cálculo de la potencia de un motor que acciona una bomba se tiene como recomendación según las normas vigentes una potencia normalizada con las siguientes fórmulas.

En motores trifásicos:

$$HP(motor) = 1.3 * HP(bomba)$$

En motores monofásicos:

$$HP(motor) = 1.5 * HP(bomba)$$

Entonces la potencia requerida para un motor trifásico es:

$$P = (1.3) * 9.7856HP$$

$$P = 12.7342HP$$

### 3.3.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema

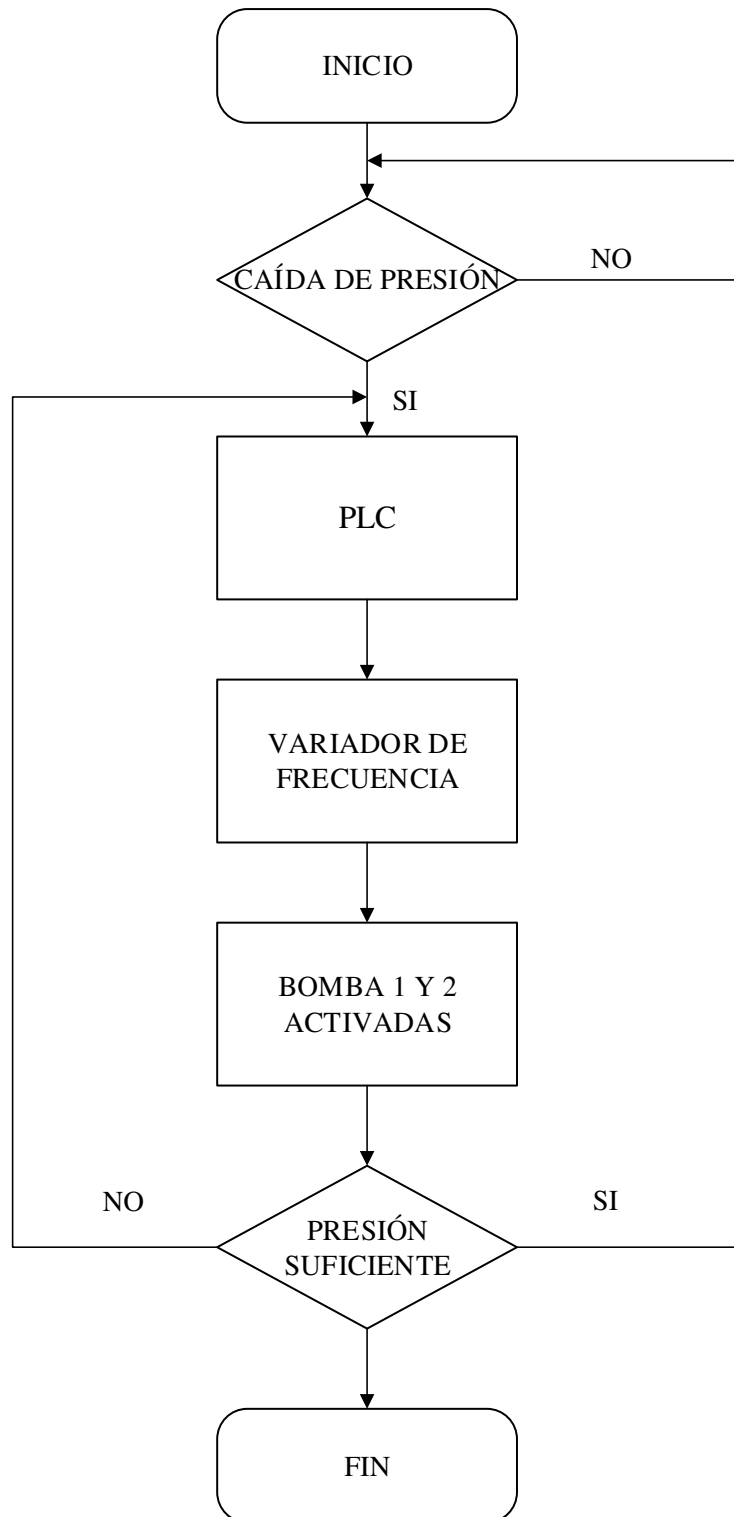


Figura 16. Diagrama de flujo del sistema de presión constante.

Según se muestra en la figura 16, el funcionamiento del nuevo sistema se da de la siguiente manera.

Cuando se inicia el sistema, inmediatamente la presión es leída por el sensor, si existe una caída de presión el sensor envía una señal al PLC quien es el encargado de interpretar dicha señal procesarla y convertirla en una señal digital y enviarla al variador de frecuencia.

Conforme se haya programado en el variador éste es quien va a activar y aumentar la velocidad de cada uno de los motores de las dos bombas hasta alcanzar la presión deseada.

Es el sensor quien en todo momento envía una señal al PLC, conforme vaya aumentando la presión la velocidad de las bombas ira disminuyendo gradualmente.

Si al momento que se inicia el sistema no hay caída de presión el sensor no envía ninguna información al PLC, por lo que las bombas estarán detenidas y en modo de espera.

El modo de inicio de cada bomba es de 25 HZ siendo el trabajo en conjunto de las dos bombas programadas según el día en que se encuentren, su velocidad de giro será dependiendo el consumo de agua que haya en ese instante de tiempo.

### 3.4. PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

#### 3.4.1. Diagrama de funcionamiento del sistema

El funcionamiento del nuevo sistema se detalla en la siguiente imagen.

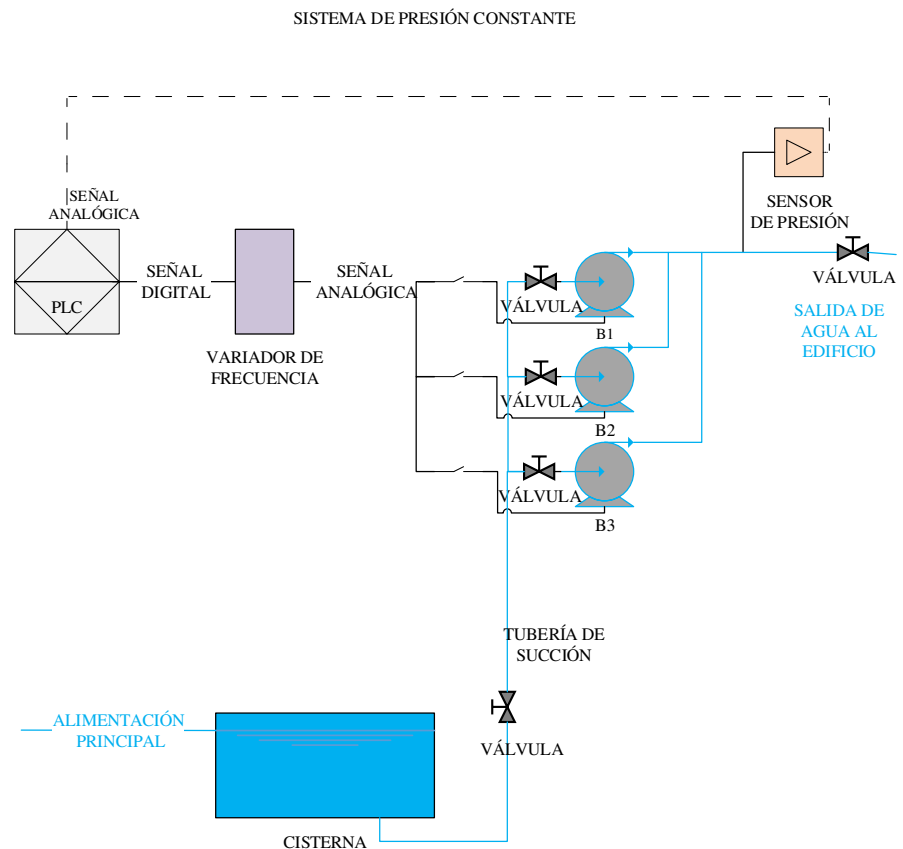


Figura 17. Diagrama de funcionamiento del nuevo sistema.

La figura 17 muestra el diagrama físico de funcionamiento del sistema de presión constante.

El sistema básicamente está compuesto por un PLC, un variador de frecuencia, un sensor de presión, tres bombas de agua y una cisterna.

El sensor es el encargado de censar la presión que existe en el

sistema, dependiendo de ello envía las señales al PLC en un rango de 4 a 20 miliamperios, la relación que existe entre la presión y la corriente se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 19. Relación de la presión de entrada y la corriente de salida del sensor**

<b>CAR</b>	<b>VALORES</b>																
PSI	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
mA	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Entonces se observa en la tabla 19 que cuando exista una presión máxima (60 PSI) el sensor enviará una señal analógica al PLC de 19 miliamperios, si existe una presión de agua de 12 PSI el sensor enviará una señal analógica de 8 miliamperios.

Es el PLC el encargado de interpretar cada señal que recibe del sensor además tiene que procesarla y enviarla al variador de frecuencia en formato digital, para entender mejor es necesario ver la relación entre las señales analógicas que recibe el PLC y las salidas digitales que enviará al variador de frecuencia, las señales digitales de salida para la variar la velocidad son 8.

**Tabla 20. Relación de la corriente de entrada y señal digital de salida del PLC**

<b>CARAC</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>
mA	4	6	8	10	12	14	16	18	19	20	
SD	000	100	110	111	011	001	101	010	OFF	OFF	

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

En la tabla 20 se muestra la relación que hay para las señales analógicas que va a procesar el PLC y las 8 señales digitales que enviará al variador de velocidad, es decir si el PLC recibe una señal de 4 mA, lo procesa y enviará una señal digital 0 0 0 permitiendo que el variador trabaje a 60 Hz y así sucesivamente con las demás señales.

Entonces es el variador quién tiene que interpretar dichas señales y nuevamente convertirlo en señales analógicas y conforme a lo programado en su memoria va a aumentar o disminuir la frecuencia de cada motor.

La relación de la frecuencia de con respecto a la señal analógica y digital es la siguiente.

**Tabla 21. Relación entre la señal analógica, la señal digital y la frecuencia de trabajo de cada bomba.**

<b>CARAC.</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>
mA	4	6	8	10	12	14	16	18	19	20
SD	000	100	110	111	011	001	101	010	OFF	OFF
Frecuencia	60	54	48	42	36	30	24	20	OFF	OFF

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

La tabla 21 muestra de manera clara y sencilla la frecuencia con la que operará cada una de las bombas según la señal que envíe el PLC. Así para una señal de 4 mA o una señal digital 0 0 0 la bomba trabajará a su máxima velocidad es decir a 60 Hz y así sucesivamente según la señal que recibe el variador de frecuencia las bombas irán variando su velocidad.

En resumen, en la cisterna se almacena agua y según el



requerimiento o consumo es extraída por las bombas y distribuida al edificio de manera constante, el sensor es el encargado de medir la presión y enviar una señal analógica al PLC y este es el encargado de enviar una orden tanto de que bombas deben de trabajar y a qué velocidad para obtener la presión deseada o establecida de 60 PSI, son dos bombas que van a trabajar diariamente para satisfacer la necesidad de agua requerida.

El tiempo de trabajo de cada bomba será desde las 00:00 horas hasta las 23:59, los días de operación de cada bomba se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 22. Días de trabajo de cada bomba.**

<b>BOMBAS</b>	<b>LUN.</b>	<b>MAR.</b>	<b>MIÉ.</b>	<b>JUE.</b>	<b>VIER.</b>	<b>SÁB.</b>	<b>DOM.</b>
B. 1	✓	✓			✓	✓	✓
B. 2	✓	✓	✓	✓			✓
B. 3			✓	✓	✓	✓	

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

La tabla 21 describe los días de operación de cada bomba para que se pueda obtener una presión de agua estable y además se pueda tener un desgaste uniforme de cada una de ellas.

### 3.4.2. Programación de funcionamiento del sistema

La estructura del funcionamiento del sistema se muestra a continuación.

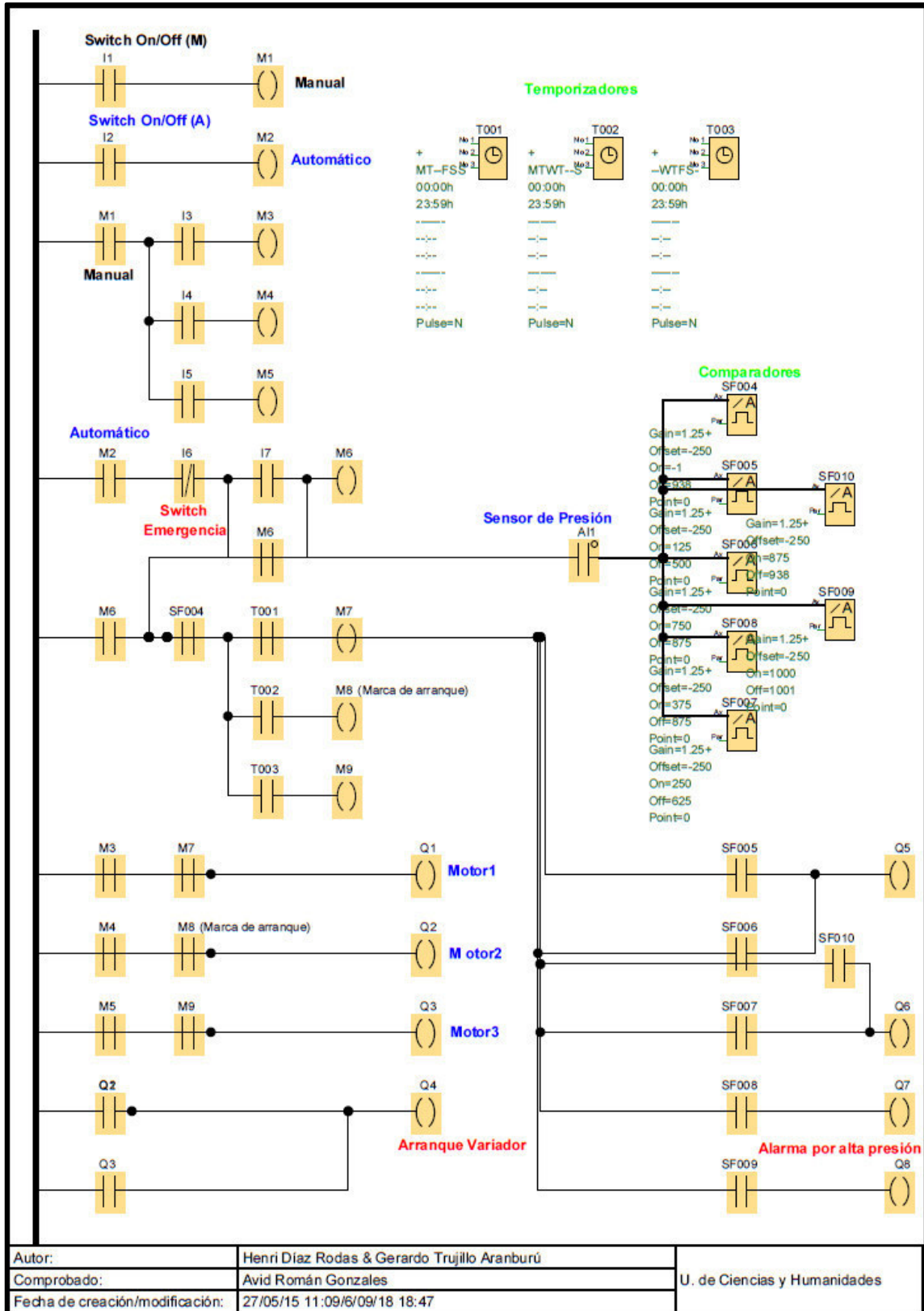


Figura 18. Programa del sistema de Presión constante.

La programación del sistema de presión constante fue desarrollada en el software Logosoft de Siemens.

Según la figura 17 el sistema está compuesto por 8 entradas y 8 salidas, donde:

- I1 = Switch On/Off sistema manual
- I2 = Switch On/Off sistema automático
- I3 = Activador manual bomba 1
- I4 = Activador manual bomba 2
- I5 = Activador manual bomba 3
- I6 = Activador de emergencia
- I7 = Inicio o parada del sistema en automático
- Q1 = Salida 1 (bomba 1)
- Q2 = Salida 2 (bomba 2)
- Q3 = Salida 3 (bomba 3)
- Q4 = Salida 4 (variador de frecuencia)
- Q5 = Salida 5 (señal digital)
- Q6 = Salida 6 (señal digital)
- Q7 = Salida 7 (señal digital)
- Q8 = Salida 8 (alarma de sobrepresión)
- T001 = Temporizador semanal 1
- T002 = Temporizador semanal 2
- T003 = Temporizador semanal 3
- AI1 = Sensor de presión
- SF04 – SF010 = Comparadores

El sistema funciona de dos formas: En forma manual como en automático; para que el sistema funcione en manual se tiene que activar la entrada 1 (I1), dependiendo de qué bomba se desee encender se debe activar cualquiera de las 3 entradas (I3, I4 e I5).

El modo manual es necesario y útil cuando se necesita dar mantenimiento a los equipos del sistema.

Para que el modo automático esté funcionando se tiene que activar la entrada 2 (I2) entonces el sistema empezará a funcionar.

Las salidas Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8 y Q9 funcionarán dependiendo de la señal que envíe el sensor de presión (AI1), los temporizadores (T001, T002, T003) y los comparadores ya que en éstos está programado el día que se activarán las salidas Q1, Q2 y Q3.

Las salidas Q4 Q5, Q6, Q7 y Q8 dependen de los comparadores SF04 a SF010 los cuales van a representar una salida digital, estos comparadores dependen del sensor (AI1).

El sensor (AI1) tiene un rango de valores de 0 1000 y está programado para que cada valor represente un amperaje, esta programación se muestra en la siguiente tabla.

El sistema cuenta con un switch de emergencia, el cual detendrá la marcha cortando la energía de manera segura. Adicionalmente cuenta con una alarma que se activará cuando haya una sobrepresión, con estas medidas de seguridad el sistema es mucho más seguro y confiable.

**Tabla 23. Programación de valores en los comparadores y el sensor de presión.**

<b>CARACT.</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>	<b>VAL</b>
Valor 0-1000	0	125	250	375	500	625	750	875	938	1000
Amperaje mA	4	6	8	10	12	14	16	18	19	20
Frecuencia	60	54	48	42	36	30	24	20	OFF	OFF

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

La tabla 23 se puede interpretar de la siguiente manera, si el sensor envía una señal de 14 miliamperios los temporizadores lo interpretarán con un valor numérico de 625 y dependiendo como estén programados activarán las salidas Q5, Q6 Y Q7 que representan salidas digitales y estas serán enviadas al variador para obtener una frecuencia de 30 Hz y así con cada uno de los valores se puede obtener una frecuencia deseada.

En los temporizadores se programa el día y hora de activación de las salidas Q1, Q2 y Q3 que representan las bombas.

El programa está diseñado para que todo funcione correctamente y de manera ininterrumpida.

**CAPÍTULO IV:**  
**ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO**

#### 4.1. ANÁLISIS DE COSTO

En análisis de costo se resume toda la inversión que va a requerirse de ser implementado el sistema. La inversión estimada es la siguiente.

Tabla 24. Costos generales del proyecto

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	PRECIO	TOTAL
1	PLC 12/24RC MODULO EXPANSIÓN	SIEMENS	S/. 550.00	S/. 550.00
1	12/24/RC	SIEMENS	S/. 377.00	S/. 377.00
1	INTERRUPTOR 3*63 VARIADOR DE FRECUENCIA	SIEMENS	S/. 36.50	S/. 136.50
1	PANEL OPERADOR BASIC.	SIEMENS	S/. 2,800.00	S/. 2,800.00
1	CABLE USB LOGO	SIEMENS	S/. 113.00	S/. 113.00
1	ELECTROBOMBAS	SIEMENS	S/. 351.00	S/. 351.00
3	MOTORES 7.5 HP	SALMSOM	S/. 6,182.00	S/. 18,546.00
3	TABLERO ELÉCTRICO	WEG	S/. 850.00	S/. 2,550.00
1	MANO DE OBRA		S/. 300.00	S/. 300.00
1	OTROS		S/. 5,000.00	S/. 5,000.00
			S/. 2500.00	S/. 2500.00
			Total	S/. 33,223.50

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

#### 4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIO

Los beneficios que ofrece el sistema de ser implementado son:

En la instalación que no toma mucho tiempo y es poca la inversión, el mantenimiento de dicho sistema, el confort que brinda, en el consumo de energía entre otros aspectos.

Estos aspectos se resumen tanto en ahorros como en ganancias que se puede obtener.

A continuación, se detalla cada aspecto.

#### 4.2.1. En el mantenimiento

En lo económico se ve las diferentes etapas, el mantenimiento del sistema normalmente se realiza 1 vez cada 8 meses, con el nuevo sistema se realizará una reducción ya que se realizará solo una vez cada 12 meses esto conllevará un ahorro significativo, es decir que cada 2 años se ahorrará 1 mantenimiento en dinero estará representado por lo siguiente:

- Tiempo requerido para mantenimiento con el sistema antiguo: 8 meses

- Costo por mantenimiento: \$ 750.00 dólares

- Número de mantenimientos en 24 meses:

$$= \frac{24 \text{ meses}}{8 \text{ meses}}$$

$$= 3 \text{ mantenimientos}$$

- Costo por mantenimiento en 24 meses:

$$= 750.00 * 3$$

$$= \$2,250.00$$

- Tiempo requerido para mantenimiento con el nuevo sistema: 12 meses

- Costo por mantenimiento: \$ 750.00 dólares

- Número de mantenimientos en 24 meses:

$$= \frac{24 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

$$= 2 \text{ mantenimientos}$$



- Costo por mantenimiento en 24 meses:

$$= 750.00 * 2$$

$$= \$1,500.00$$

- Gasto por mantenimiento en el sistema antiguo en 24 meses:

\$2,250.00 (Dos mil doscientos cincuenta dólares). Gasto por

mantenimiento en el nuevo sistema en 24 meses: \$1,500.00

(Un mil quinientos dólares).

- Ahorro por mantenimiento en 24 meses:

$$= 2,250 - 1500$$

$$= \$ 750.00 \text{ (setecientos cincuenta dólares)}$$

- Ahorro por mantenimiento en 48 meses:

$$= 750 * 2 \text{ (años)}$$

$$= \$ 1,500.00 \text{ (Un mil quinientos dólares)}$$

#### **4.2.2. En el confort**

Este aspecto se ve reflejado en cuanto a la no restricción de la demanda del flujo de agua en horas de mayor afluencia permitiendo tener una comodidad. Se puede usar los aspersores, lavaderos, caños, etc. en el momento de máxima demanda sin presentar algún inconveniente, con ello se atraería nuevo personal y alumnado porque estos beneficios es donde el público aprecia para su comodidad y estado saludable.

El presente proyecto implementado tiene una inversión aproximada de S/. 33,223.50 nuevos soles, ahora teniendo en cuenta la

cantidad de alumnos nuevos matriculados, tenemos los siguientes resultados.

- Costo por alumno mensual: S/. 250.00
- Tiempo de permanencia: 10 meses
- Costo anual por cada alumno:

$$= 250 * 10 \text{ meses}$$

$$= S/. 2500.00$$

En conclusión, si se tiene un aumento de 10 alumnos en un año se tiene:

$$= 2,500.00 * 10 \text{ alumnos}$$

$$= S/. 25,000.00$$

Si este margen se mantiene en 2 años se tendrá.

$$= 25,000 * 2 \text{ años}$$

$$= S/. 50,000.00$$

Entonces el dinero generado por el aumento de 10 alumnos cada año tendrá un ingreso bruto de S/. 50,000.00 (cincuenta mil nuevos soles).

#### **4.2.3. En el costo de energía eléctrica.**

El costo se ve reflejado en el encendido y trabajo de cada bomba, normalmente cada bomba se enciende a un 100 % de su frecuencia nominal esto quiere decir que su consumo va a ser 100 % de la potencia requerida donde en cada inicio tendrá un consumo de 5595 Watts; sin embargo el nuevo sistema con el variador de

velocidad que está integrado las bombas van a encenderse en un 25 % de su frecuencia nominal (velocidad mínima) donde la potencia de consumo se va a reducir significativamente, ya que según las leyes de afinidad el consumo tiene un comportamiento cúbico con respecto a la velocidad, entonces según los datos del motor tenemos:

La potencia de consumo del motor es de 7.5 HP correspondiente a 5595 Watts, y tiene una velocidad de 3600 RPM (Revoluciones por minuto).

Para determinar el consumo a la velocidad de 25 % (900 RPM) aplicamos una ley de afinidad, la relación que existe entre el consumo de potencia y la velocidad se obtiene:

Si

$$\frac{P1}{P2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3$$

$$P1 = 5595 \text{ Watts}$$

$$N1 = 3600 \text{ Rpm}$$

$$N2 = 900 \text{ Rpm}$$

$$P2 = \frac{P1}{\left(\frac{N1}{N2}\right)^3}$$

$$P2 = \frac{5595}{\left(\frac{3600}{900}\right)^3}$$

$$P2 = 87.421875 \text{ Watts}$$

Se observa que el consumo de potencia a esta velocidad es relativamente bajo, lo que permite un gran ahorro de energía.

Tabla 25. Comparación de la potencia consumida a determinada frecuencia

FRECUENCIA (HZ)	PORCENTAJE	VELOCIDAD (RPM)	POTENCIA (W)
0	0	0	0
3	5	180	0.699375
6	10	360	5.595
9	15	540	18.883125
12	20	720	44.76
15	25	900	87.421875
18	30	1080	151.065
21	35	1260	239.885625
24	40	1440	358.08
27	45	1620	509.844375
30	50	1800	699.375
33	55	1980	930.868125
36	60	2160	1208.52
39	65	2340	1536.526875
42	70	2520	1919.085
45	75	2700	2360.390625
48	80	2880	2864.64
51	85	3060	3436.029375
54	90	3240	4078.755
57	95	3420	4797.013125
60	100	3600	5595

(Díaz, Trujillo, & Román-Gonzalez, 2015)

Gráficamente.

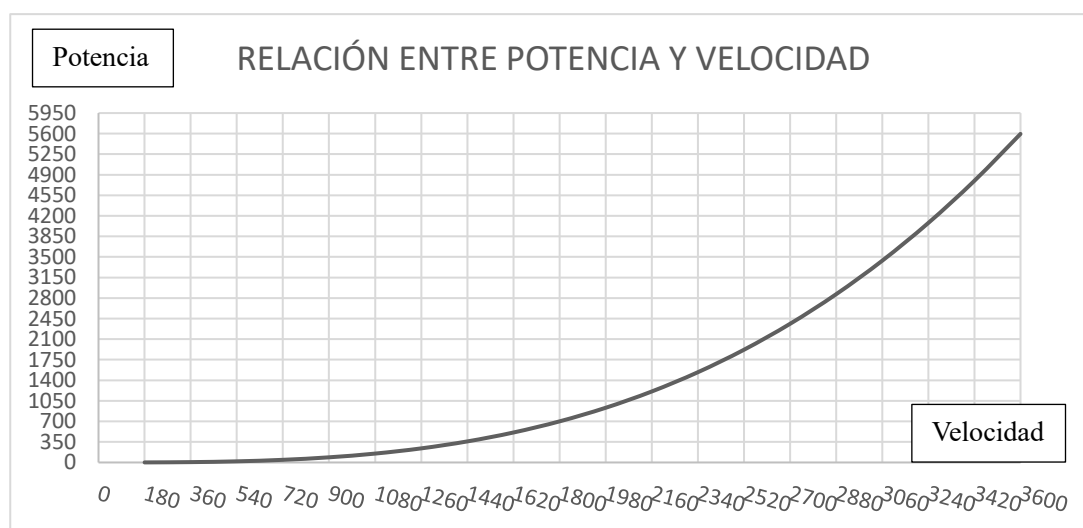


Figura 19. Curva de la relación entre potencia y velocidad.

Según la tabla 24 y la figura 18 se muestra que en una operación de trabajo de 80 % que es donde normalmente operan las bombas el consumo es de 8864 watts, esto demuestra que el sistema es muy beneficioso tanto en lo económico como en lo ambiental

## Conclusiones

- El sistema de presión constante podrá suministrar una adecuada presión y agua a cada uno de los niveles la institución.
- El uso de claves de seguridad en el PLC como en el variador hace que el sistema sea confiable y no sea vulnerable frente a personas que no tengan autorización para la manipulación de parámetros en el sistema, solo podrá ser modificado por personal calificado.
- Se mejorará la calidad del servicio en cuanto al abastecimiento del agua, evitando que haya restricciones durante la hora de máxima demanda, el usuario podrá continuar con sus actividades
- Con este tipo de sistema permitirá la utilización de dispositivos más confiable y adecuados como los fluxómetros que son mecanismos para la descarga de agua en inodoros, urinarios y lavamanos. Por contar con la presión adecuada (mayores a 40 psi)

## Recomendaciones

- Se recomienda que, al instalar los sensores de presión, que son los encargados de llevar la lectura al PLC, no sean cercanas a la bomba, estos podrían marcar una lectura errónea producto de la turbulencia en el momento que se produce la impulsión del agua al sistema.
- Las tuberías, uniones, llaves, válvulas y accesorios cercanas a la bomba sean de metal, debido a la presión transmitida por el sistema y a la reacción generada por la válvula check (golpe de ariete).
- Se recomienda verificar el sentido de giro del motor, ya que esta no se ajusta a lo tradicional (sentido de giro horario) si no ala recomendaciones y diseño de fabricante.
- Es importante el anclado y la fijación de los motores y las tuberías sobre bases sólidas, con el fin de contrarrestar las vibraciones y golpe de ariete durante la carga al sistema.
- El material con que está hecho las tuberías en esta parte de la instalación tiene que ser de fierro negro o galvanizadas ambos materiales son resistentes al oxido, a la corrosión y a la presión suministrada por el sistema.

## Referencias

- Aquino, R., y Martínez, S. (2009). *Selección de una bomba de pozo profundo para una población de 8 500 habitantes* (Tesis de grado). Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/2581>
- Beltrán, F., Cadavid, M., Betancur, M., y Osorio, M. (2014). Funciones lógicas en el Relé LOGO! de Siemens. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 3-14. Recuperado de [http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infoPLC\\_net\\_Datos\\_adjuntos\\_sin\\_t%C3%ADtulo\\_00048.pdf](http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_Datos_adjuntos_sin_t%C3%ADtulo_00048.pdf)
- Díaz, H., Trujillo, G., y Román-Gonzalez, A. (agosto, 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. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01189002/document>
- Falconi, E. L. y Rodas, A. V. (2014). Diseño e implementación del sistema de control de presión constante para la Pasteurizadora Quito. Trabajo presentado en el XXV Jornadas en Ingeniería eléctrica y electrónica, 25, 145-149. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17136>
- Martins, A., Tiago, G., y Laurent, R. (2003). Bond Graphs versus Mediciones de Laboratorio y el Método de las Características en la Simulación del Golpe de Ariete. *PCH Noticias y SHP News*, 19(5), 20-21.
- McNaughton, K. J. (1987). *Bombas: selección, uso y mantenimiento*. México: McGraw-Hill.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos* (6ª ed.). México: Pearson Educación.
- Olazábal, S. V., y Tejada, D. A. (2014). *Diseño de un sistema automático e instrumentación para la planta de almacenamiento y despacho de petróleo de la empresa Olympic Perú-Piura* (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/647>
- Paredes, J. D. (2013). *Estudio y diseño de la automatización del sistema de bombeo para el llenado de un tanque elevado de la Municipalidad Distrital de Pomalca*. (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1131>
- Rengifo, E. R., y Torres, J. D. (2014). *Diseño de control automático para mejorar la eficiencia en el proceso de trasiego del área de despacho de oxígeno*



*liquido en la empresa Messer Gases del PERÚ S.A.* (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/650>

Saavedra, J. A. (2007). *Control de presión de agua mediante variador de frecuencia y Motobomba.* (Tesis de grado). Recuperado de [http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/saavedra\\_vidal\\_2007](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/saavedra_vidal_2007)

Solano, C. A., Reyes, J. C., y Ortega, U. T. (2012). *Sistema de control de presión para el suministro de agua en la central de servicios del Centro Médico Nacional La Raza.* (Tesis de grado). Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/11487>

Zubicaray, M. V. (2005). *Bombas: teoría, diseño y aplicaciones.* México: Limusa.

**Anexo A:**

**Cotizaciones de equipos para el sistema a implementar.**

**ELECTRO ARTEAGA S.R.L.**  
 AV. FRANKLIN ROOSEVELT No. 389 CERCADO DE LIMA  
 Telf.: 427-5422 Telefax: 428-4614 Nextel: 830\*4072  
 electroarteaga@hotmail.com

**Materiales Electricos en General**  
 Distribuidor de Ceper - Indeco - Celsa - General Electric - Bticino - Siemens  
 Tableros con Interruptores Thermicos G.E. - Tuberias y Accesorios Conduit y PVC  
 Sistemas completos para puestas a tierra - Thorgel - Bentonita - Varillas y PLatinas de Cobre

COTIZACIÓN	
0001	01524

Nombre **INSTITUTO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

**23/05/2015**

Dirección **AV. REPUBLICA DE CHILE 295 INT.503 - LIMA - LIMA**

R.U.C. **20125753869**

Teléfono

Atención

Código	Cant.	Descripción	Marca	Med	Precio	Total
128234	1.00	MODULO LOGICO MODULAR 12/24RC 6ED1052-1MD00-08SIEMENS	SIEMENS	UNI	377.00	377.00
62406	1.00	CONTACTOR 65A/AC3 220V TRIFASICO S3 3RT1044-1ANSIEMENS	SIEMENS	UNI	363.00	363.00
100184336	1.00	INTERRUP. RIEL 3X63 AMP 5SL6363-7	SIEMENS	UNI	136.50	136.50
5026766	1.00	VARIADOR ELECTRONICO 7.4HP 6SE6420-2UD25-5CA1	SIEMENS	UNI	2,587.00	2,587.00
5065645	1.00	PANEL OPERAD. BASICO BOP PARA MM420/440 6SE6400SIEMENS	SIEMENS	UNI	113.00	113.00
100049341	1.00	CABLE USB.LOGO! SOFT COMFORT V7 6ED1057-1AA01-SIEMENS	SIEMENS	UNI	351.00	351.00
<p><i>efa - cfe - BCP</i></p> <p><i>S/. 191-2232965000</i></p>						
Son: Tres Mil Novecientos Veintisiete con 50/100 Nuevos Soles						
<b>TOTAL:</b>					<b>S/.</b>	<b>3,927.50</b>

- \* Precio Sujeto a Variación Sin Previo aviso
- \* Precio Incluido I.G.V. 18%
- \* Condiciones de Pago al Contado

P. ELECTRO ARTEAGA S.R.L.

ACEPTADO



Oferta No. MGM-00845-15

Lima, 22 de mayo de 2015

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**  
Presente.-

Atención :

Referencia :

Estimados señores:

Atendiendo su solicitud de cotización de la referencia y de acuerdo a los datos proporcionados por ustedes, nos es grato cotizarles como sigue:

#### ÍTEM 01: DESCRIPCIÓN GENERAL

Bomba centrífuga multietápica marca **SALMSON**, con las principales partes hidráulicas en acero inoxidable resistente a la corrosión, fabricada en Francia bajo certificación ISO 9001. El sistema de sellado es mediante sello mecánico.

#### PRECIOS

Ítem	Cant.	Descripción	Valor venta unitario	Dcto %	Valor venta total
1	1	ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA MULTI-V 1803-OGE-T/2/6	6,986.00	25	5,239.50
			<b>VALOR VENTA NETO</b>	<b>S/.</b>	<b>5,239.50</b>
			<b>I.G.V. 18%</b>	<b>S/.</b>	<b>943.11</b>
			<b>PRECIO VENTA TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>6,182.61</b>

Precios: En S/. Nuevos soles.

#### CONDICIONES DE VENTA

**Condición N° 1:** Al recibir su orden de compra, por ser productos sujetos a especificaciones técnicas para poder cumplir con la calidad ofrecida, es necesario aclarar todos los detalles antes de iniciar la fabricación y/o el despacho.

**Condición N° 2:** De haberse además convenido un pago inicial es necesario que este se haya realizado. Luego de cumplido con ello emitiremos nuestro acuse y confirmación de pedido y/o factura.

**Forma de pago:** CONTADO

**BOMBA IMPORTADA  
TABLA TECNICA**

<b>MARCA</b>	<b>SALMSON</b>	<b>TIPO / BOMBA</b>	<b>MULTIETÁPICA VERTICAL</b>
<b>MODELO DE EQUIPO</b>	<b>ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA MULTI-V 1803-OG-E-T/2/6</b>		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Líquido a bombear:	Agua limpia	Caudal:	6
Viscosidad:	1	A.D.T.:	50.0
Temperatura fluido (°C):	18	Eficiencia (%):	65.0
Gravedad específica:	1	Potencia absorbida (hp):	6.2
Porcentaje de sólidos (%):	0	Potencia Abs. Máx. (hp):	6.2
Nivel de pH:	7	Velocidad de Oper. (rpm):	3500
Temperatura ambiente (°C):	25	NPSH requerido (m):	3.0
Altitud (msnm):	154	Consumo de aire (scfm):	-
Caudal:	-	Presión de aire (psi):	-
A.D.T.:	-	Stroke por minuto (spm):	-
NPSH disponible (m):	9.7		

DATOS BOMBA		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
Procedencia:	Francia	Carcasa:	Acero inoxidable AISI 304
Montaje:	Vertical	Impulsor:	Acero inoxidable AISI 304
Configuración de la bomba:	Monobloc	Eje de bomba:	Acero inoxidable 316L
Diámetro de succión:	DN50	Bocina:	Carburo de tungsteno
Diámetro de descarga:	DN50	Estator:	-
Tipo de conexión:	Brida ovalada	Rotor:	-
Velocidad (rpm):	3,500	Cámara de bombeo:	Fierro fundido GJL-250
		Diafragma(s):	-
		Cabezal:	-
		Engranajes:	-
		Rodillos:	-
		Mangueras:	-
		Asientos:	-
		Válvulas:	-

ACCIONAMIENTO		SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
Tipo:	Motor eléctrico	Tipo:	-
Marca:	WEG	Marca:	-
Modelo:	Eficiencia estándar	Modelo:	-
Potencia nominal (hp):	7.5		
Velocidad nominal (rpm):	3,485		
Tipo de montaje:	Vertical		
Aislamiento:	F		
Frame:	112 M		
Voltaje:	220 / 380 / 440 V		
Fases:	3		
Frecuencia (Hz):	60		

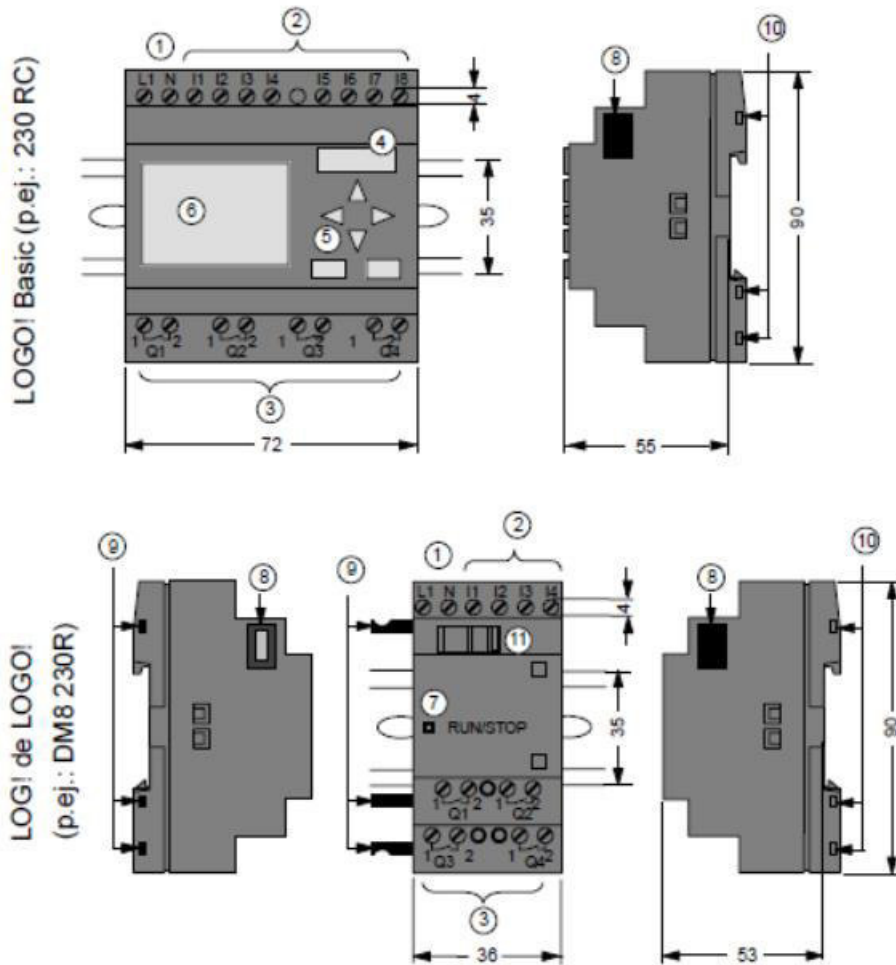
OBSERVACIONES	
Embalaje caja de madera	<input type="checkbox"/> <b>NO</b>
<b>Nota importante.- Incluye kit contrabrida</b>	

**Anexo B:**  
**Manual del Plc (*Programmable Logic Controller*)**



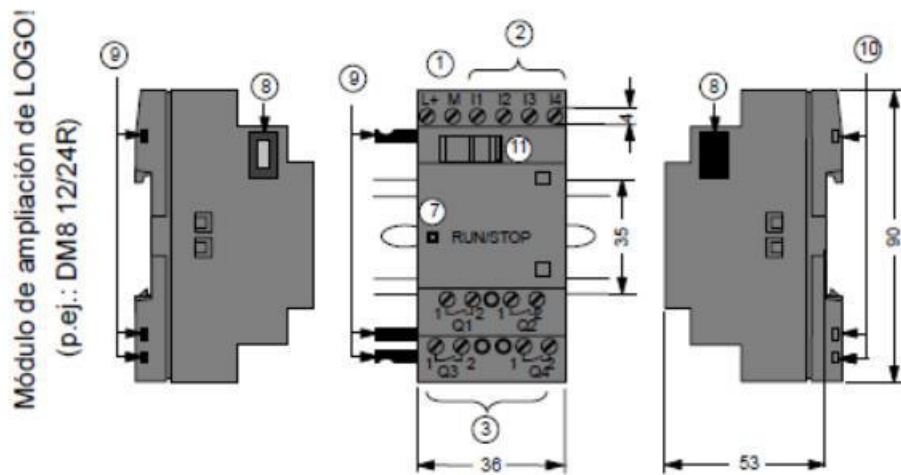
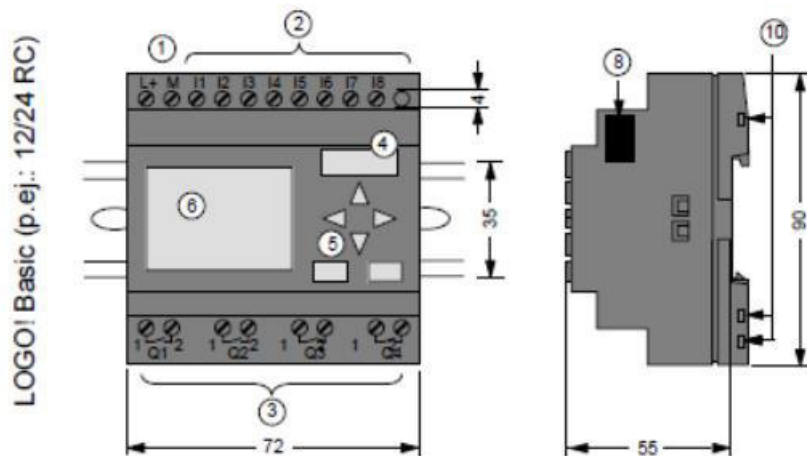
# LOGO!

## Estructura de LOGO!



- |                                    |                                |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| ① Alimentación de tensión          | ⑤ Panel de mando (no en RCo)   | ⑧ Interfaz de ampliación             |
| ② Entradas                         | ⑥ Pantalla LCD (no en RCo)     | ⑨ Codificación mecánica – clavija    |
| ③ Salidas                          | ⑦ Indicador de estado RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica – hembrillas |
| ④ Receptáculo para módulo con tapa |                                | ⑪ Guía deslizante                    |





- |  |                                     |   |
|--|-------------------------------------|---|
| ① Alimentación de tensión                    | ⑤ Panel de manejo<br>(no en RCo)    | ⑧ Interfaz de ampliación                |
| ② Entradas                                   | ⑥ Pantalla LCD<br>(no en RCo)       | ⑨ Codificación mecánica<br>– pernos     |
| ③ Salidas                                    | ⑦ Indicación del estado<br>RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica<br>– conectores |
| ④ Receptáculo de módulo<br>con revestimiento |                                     | ⑪ Guía deslizante                       |

## Así se distingue el tipo de LOGO!

El código de LOGO! proporciona información sobre sus características:

- 12: versión de 12 V
- 24: versión de 24 V
- 230: versión de 115...240 V
- R: salidas de relé (sin R: salidas de transistor)
- C: temporizador semanal integrado
- o: variante sin pantalla ("LOGO! Pure")
- DM: módulo digital
- AM: módulo analógico
- CM: módulo de comunicación (p.ej. AS-Interface)

## Símbolos



Variante con pantalla, dispone de 8 entradas y 4 salidas.

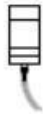
Variante sin pantalla, dispone de 8 entradas y 4 salidas.



Módulo digital, dispone de 4 entradas digitales y 4 salidas digitales.



Módulo analógico, dispone de 2 entradas analógicas.



Módulo de comunicación (CM) con 4 entradas virtuales y 4 salidas virtuales (p.ej. AS-Interface)

## Variantes disponibles

Existen las siguientes variantes de LOGO!:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC <sup>(3)</sup>	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC <sup>(2)</sup>	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo <sup>(3)</sup>	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo <sup>(2)</sup>	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

- (1): De ellos pueden utilizarse alternativamente:  
2 entradas analógicas (0 ... 10V) y 2 entradas rápidas.
- (2): Variantes de 230 V: entradas en dos grupos de 4.  
Dentro del grupo sólo puede haber una misma fase,  
entre grupos puede haber fases distintas.
- (3): Las entradas digitales pueden utilizarse alternativamente  
con conexión P o conexión N.