



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“Propuesta de diseño de control eléctrico para un sistema de
abastecimiento de agua potable por bombas sumergibles
controladas por sistema horario”.**

Autores:

- Br. Arles Martin Vega López 2013-62163
- Br. Donald Martin Muños Carballo 98-12141-9

Tutor:

MSc.Ing. Ernesto Lira Rocha

Managua, agosto 2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

I.	Introducción	1
II.	Antecedente	2
III.	Justificación	3
IV.	Objetivos del Estudio	4
4.1	Objetivo General	4
4.2	Objetivo Específico	4
V.	Marco Teórico	5
5.1	Sistemas de automatización industrial	5
5.2	Sistemas de Control	5
5.3	Generalidades sobre el abastecimiento de agua potable.....	7
5.3.1	Red de distribución	7
5.4	Sistemas de bombeo	10
5.5	Componentes del sistema a presión constante	10
5.6	Motores.....	11
5.7	Cálculo de las bombas y motores	12
5.8	Bombas eléctricas	12
5.9	Tableros de control y potencia	14
5.10	Planos Eléctricos.....	15
5.11	Dispositivos de arranque para motores.....	17
5.12	Variadores de frecuencia	18
VI.	Metodología de Trabajo.....	19
VII.	Sistema hidroneumático y tipos de bomba.	21
VIII.	Selección de la Bomba para el sistema hidroneumático	25
IX.	Análisis y presentación de resultados.....	29
X.	Sistema de control propuesto.....	30
XI.	Conclusiones.....	34
XII.	Recomendaciones.....	34
XIII.	Bibliografía	35

Resumen

Esta investigación cuyo objetivo es diseñar un sistema de bombeo de agua sumergible con motores eléctricos en un colegio. La finalidad del proyecto de tesis es analizar los procesos para que el agua sea contaste en el colegio y atienda la demanda de estudiantes, Docentes y personal administrativos o de limpiezas en el colegio. Y a su vez, opere los servicios de la mejor manera, aplicando las mejores prácticas de las tecnologías en el sistema de bombeo implementado y incrementando la afluencia de alumnos en el colegio.

Dentro de la investigación se habla de los tipos de bombas, tipos de esquemas eléctricos uso de programa de simulación existente, tipos de motores para una eficiente demanda del vital liquido entre la comunidad estudiantil.

La investigación se realizó mediante análisis de contenido que nos permitió ver resultados de las herramientas a usar en el proyectos y materiales didácticos ya utilizados o proyectos similares ya implementado en campo para un análisis y diseño más moderno y económico que sea adecuado para el proyecto.

La investigación concluye con varias sugerencias, pues como sabemos los medios en la actualidad son los ´principales transmisores de ideas, conocimientos y cultura para la sociedad, y lo que buscamos para esta tesis es que tenga mejora continua a futuro.

I. Introducción

La propuesta se limita a mejorar la presión de agua en horas críticas, donde se determinará las horas de mayor uso del agua en el colegio, todo esto para proponer un sistema de agua potable consistente, en el sistema de bombeo eléctrico hacia las infraestructuras de reservorio (tanques) y de ahí así el sistema principal diseñado, y finalizando en las conexiones de la infraestructura.

Este sistema busca resolver la alimentación de tuberías de agua distribuidas en todo el colegio, donde se propondrá que trabaje la bomba sumergible con un interruptor horario para llenar un tanque de almacenamiento aéreo la cual quedara encendida 12 horas en el día , al pasar el tiempo de media hora se activan las dos bombas de distribución con el segundo interruptor horario para activación y desactivación de las bombas , las cuales tienen 2 tanques de almacenamiento que se llenan por gravedad desde el tanque aéreo y las mismas trabajaran de manera alternadas en tiempos determinados con temporizadores con retardo a la conexión para poder darle descanso a cada una ya que en el colegio se necesita constante presión de agua este sistema está diseñado para que trabaje de manera temporizada.

Esta propuesta de diseño minimizará los riesgos y el factor de error humano, agilizando y controlando la operación de los equipos para el buen funcionamiento de dichos procesos dentro de la estación de bombeo, se proyecta diseñar, programar e implementar un sistema de control, que permitirá automatizar el sistema de bombeo. Además de garantizar la presión constante del líquido, también garantizará menos desgastes en las bombas eléctricas y disminuirá los costos de la energía eléctrica, debido a la disminución de los continuos arranques y paros. Se busca obtener como resultado un sistema de bombeo automatizado, funcionando de manera eficiente, acorde a las necesidades del uso de aguas potables, logrando optimizar el uso de las mismas.

II. Antecedente

En la actualidad, la mayoría de los sistemas están basados en la utilización de controladores PLC con interfaces HMI, resultando la implementación de tales dispositivos bastante costosa. Se han logrado obtener grandes beneficios con tales implementaciones, pero existe la posibilidad de mejorar aún más en ciertos aspectos, tales como costo de mantenimiento y reparación, facilidad de implementación y disponibilidad de los materiales utilizados.

En el Centro de Documentación de la Facultad de Electrotecnia y Computación, no se encontraron temas sobre sistemas de presión de agua con bombas eléctricas, se encontraron los siguientes trabajos monográfico que tienen cierta relación:

En la siguiente tesis el profesor Ing. Juan González Mena de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua presento como tutor del trabajo monográfico ***Diseño de control del arranque eléctrico de un sistema hidroneumático para el abastecimiento de agua utilizando alternancia de bombas eléctricas***. En este trabajo se realizará el diseño eléctrico del sistema hidroneumático para abastecimiento de agua, con alternancia de las bombas eléctricas.

En la siguiente tesis el profesor Ing. Sandro Chavarría de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua presento como tutor del trabajo monográfico **Diseño automático de presión de agua para el control de varias bombas eléctricas utilizando el PLC 230RC**. El trabajo consiste en hacer de maniobrar un par de bombas con LOGO como esclavo para bus AS-i. El manejo y visualización en el puesto central lo realiza un SIMATIC S7-200 como Maestro de bus AS-i con un TD 200 conectado para mostrar mensajes por cada par de bombas.

III. Justificación

La Importancia de la investigación

En lo tecnológico: Proporcionar la automatización del abastecimiento de agua, que pueda usarse como base para mejorar procesos similares con tecnología de sistemas de bombeo para evitar riesgos de personal con el proceso manual.

En lo científico: Se propone una base que sirva para otros investigadores en el diseño de sistemas automatizados para abastecer agua de edificios, y pueda mejorarse y estandarizar un proceso automatizado tecnológico con el avance de la tecnología.

En lo social: Se propone generar un proceso más óptimo de un sistema automatizado donde los trabajadores y estudiantes tengan acceso al agua de manera eficiente para usos básicos de aseo e ingesta.

Con el fin de promover el legado de enseñanza y para contribuir a que el estudiantado posea las herramientas necesarias para una formación integral, una de las formas más eficientes en la consolidación del conocimiento es mediante la realización de un estudio teórico de la información con una posterior aplicación en la práctica de la misma.

Se benefician los estudiantes y profesores ya que el resultado del estudio una vez desarrollado, puede ser el punto de partida para un próximo trabajo de tesis.

IV. Objetivos del Estudio

4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de control eléctrico para un sistema de abastecimiento de agua potable por bombas sumergibles controladas por sistema horario.

4.2 Objetivo Específico

- Describir el funcionamiento y los elementos principales de un sistema bombeo, así como los tipos de bombas que pueden ser utilizados.
- Diseñar el esquema de mando y esquema de fuerza del sistema propuesto a ser implementado.
- Utilizar el software Cade-Simu extensión CAD para programar y simular el diseño propuesto para el control de presión de bombeo del agua.

V. Marco Teórico

5.1 Sistemas de automatización industrial

La Ingeniería de la Automatización Industrial ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos de hardware cada día más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industriales, permiten realizar excelentes sistemas de Automatización Industrial en tiempos mínimos.

5.2 Sistemas de Control

➤ Control en Lazo Abierto

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

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

➤ Control en Lazo Cerrado

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

➤ Controladores automáticos

Un controlador automático compara un valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control.

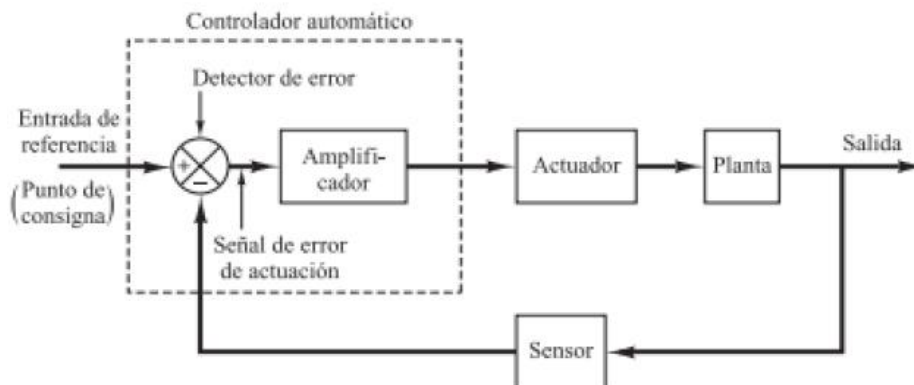


Figura 1: Diagrama de bloques de un sistema de control industrial

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error, que, por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico o un motor eléctrico. (El actuador es un dispositivo de potencia que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control, a fin de que la señal de salida se aproxime a la señal de entrada de referencia.

El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, como un desplazamiento, una presión o un voltaje, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o del elemento de medición.

5.3 Generalidades sobre el abastecimiento de agua potable

5.3.1 Red de distribución

La red de distribución es la parte del sistema que transporta el agua directamente hacia los puntos de consumo (edificios, industrias, bocas de riego e incendio, etc.). Está construida por todo un conjunto de tuberías, piezas especiales y elementos dispuestos y ordenados de forma conveniente para garantizar abastecimiento.

1. Componentes de una red de distribución

- **Tuberías:** Los conductos que conforman la red de distribución se pueden clasificar en varios tipos, de acuerdo a la función que desempeñan y al tamaño relativo al resto del abastecimiento:
- Tuberías principales o (tuberías de alimentación). Son las conducciones de mayor diámetro y responsables de la alimentación de los conductos secundarios. Su principal función es, pues, la conducción. Como regla general trata de evitarse la realización de tomas o conexiones sobre este tipo de conducciones.
 - Tuberías o conductos secundarios (arterias de conducción). Son conducciones de diámetro menor que las anteriores. Su papel es transportar el agua desde las arterias (tuberías de alimentación) a las tuberías de distribución. Se intenta evitar el realizar conexiones o tomas sobre dichas conducciones, aunque los consumidores principales del abastecimiento se encuentran conectados a este tipo de tuberías.
 - Tuberías de distribución. Son las conducciones encargadas de transportar el agua hasta las propias acometidas de los diferentes puntos de consumo. Son conducciones específicamente diseñadas para realizar numerosas tomas sobre las mismas. Por ello el material de dichas conducciones debe permitir la realización de tomas en carga, que permitan realizar nuevas conexiones en el sistema sin interrumpir el suministro.
 - Ramales o acometidas. Es el conjunto de tuberías y válvulas que enlazan la red pública con la instalación interior del edificio, junto al muro de la fachada. Habitualmente no se considera a estos ramales incluidos en las redes de distribución.
 - Tuberías de traida o aducciones. Son conductos que unen los puntos de producción de agua con la red de distribución y, por tanto, no forman parte de ésta.

➤ Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Así, existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, los cuales se usan en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere operar frecuentemente las válvulas. En redes de distribución son más usuales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales.

➤ Bombas

La gran mayoría de los sistemas de distribución y líneas de conducción incorporan bombas en sus instalaciones para trasladar el agua a través del sistema o mantener presiones requeridas. En abastecimiento de agua potable son usadas para extraer el agua del subsuelo y conducirla hasta plantas de tratamiento, almacenamientos, o directamente hasta la red de distribución. También permiten elevarla carga en zonas de presión ascendentes (booster), así como proveer de agua al cuerpo de bomberos durante el combate de incendios.

➤ Hidrantes

Los hidrantes son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendio. Los hidrantes públicos consisten de llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería que pueden usarse como llaves comunitarias pues pueden emplearlos varias familias dependiendo de su cercanía con el hidrante. Generalmente se ubican, cuando es posible, a distancias menores de 200 m, aunque pueden localizarse a distancias hasta de 500 m en lugares no muy densamente poblados.

Los hidrantes públicos pueden tener una sola llave (hidrantes simples) o varias (hidrantes múltiples), y algunos disponen incluso de un pequeño almacenamiento.

Es preferible que el hidrante simple no lo usen más de 70 personas, aunque un hidrante múltiple puede dar servicio a 250 o hasta 300 personas. [9].

Los hidrantes contra incendio son toma especial distribuida en las calles a distancias relativamente cortas, de fácil acceso con el fin de conectar mangueras para combatir incendios.

➤ **Tanques de distribución**

Los almacenamientos o tanques son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. Según su construcción pueden ser superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio

5.4 Sistemas de bombeo

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

5.4 Componentes del sistema a presión constante

El Sistema Hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

- Un tanque de presión, el cual consta entre otros de un orificio de entrada y otro de salida para el agua.
- Un numero de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares y dos o más para edificaciones mayores).
- Interruptor eléctrico para detener el funcionamiento del sistema, en caso de faltar el agua en el estanque bajo (Protección contra marcha en seco).
- Llaves de purga en las tuberías de drenaje.

-
- Válvula de retención en cada una de las tuberías de descarga de las bombas al tanque Hidroneumático.
 - Conexiones flexibles para absorber las vibraciones.
 - Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre este y el sistema de distribución.
 - Manómetro.
 - Válvula de seguridad.
 - Dispositivo para control automático de la relación aire/agua.
 - Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba en turno y control del compresor.
 - Indicador exterior de los niveles en el tanque de presión, par a la indicación visual de la relación aire-agua.
 - Tablero de potencia y control de los motores.
 - Dispositivo de drenaje del tanque hidroneumático, con su correspondiente llave de paso.
 - Compresor u otro mecanismo que reponga el aire perdido en el tanque hidroneumático.
 - Filtro para aire, en el compresor o equipo de inyección.

5.5 Motores

Los motores para bombas se clasifican en dos grupos principales: de combustión y eléctricos.

A. Motores eléctricos. -

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Los más empleados en abastecimiento de agua son los de velocidad constante. Es decir, se puede considerar únicamente los dos tipos siguientes:

a) Motor síncrono de velocidad rigurosamente constante, dependiente del número de polos y al ciclaje o frecuencia de la línea de alimentación. b) Motor de inducción, es decir, asíncrono con velocidad dependiente al valor de la carga.

5.6 Cálculo de las bombas y motores

La potencia de la bomba podrá calcularse por la formula siguiente:

$$HP = \frac{Q(lps) * H(metros)}{76 * n(\%)100}$$

Dónde:

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.

Q = Capacidad de la bomba.

H = Carga total de la bomba (ADT).

n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal según las fórmulas siguientes:

HP (motor) = 1,3 * HP (bomba) para motores trifásicos

HP (motor) = 1,5 * HP (bomba) para motores monofásicos

5.7 Bombas eléctricas

Siempre que tratemos temas como procesos químicos, y de cualquier circulación de fluidos estamos, de alguna manera entrando en el tema de bombas.

El funcionamiento en sí de la bomba será el de un convertidor de energía, o sea, transformará la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido.

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: presión última, presión de proceso, velocidad de bombeo, tipo de fluidos a bombear (la eficiencia de cada bomba varía según el tipo de fluido).

a) clasificación de bombas

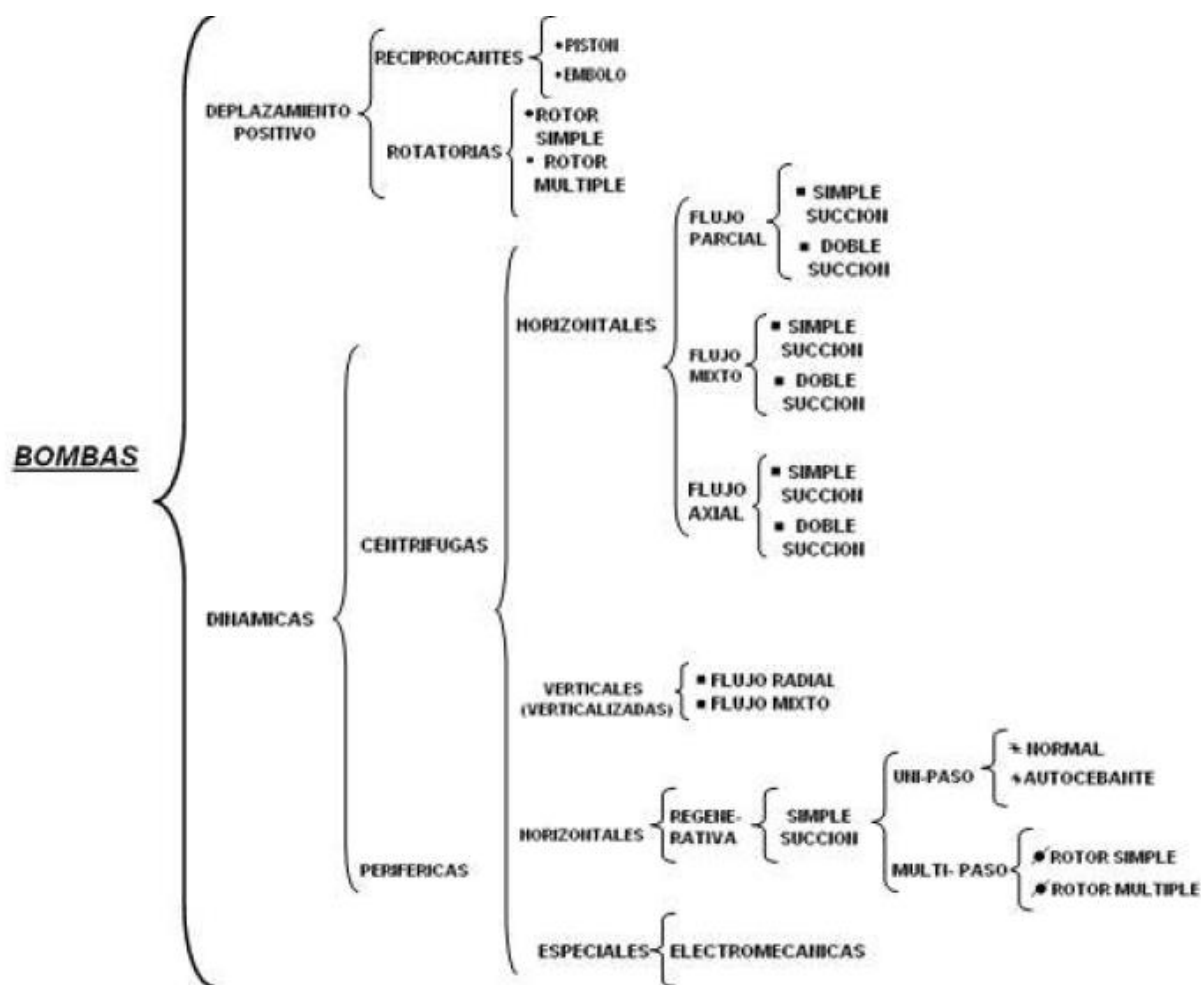


Figura 2: Clasificación de las Bombas

5.8 Tableros de control y potencia

Con la finalidad de controlar el sistema de bombeo, se implementan tableros de control y potencia, el cual tiene un conjunto de elementos (contactores, relés, térmicos, gabinetes entre otros) que van acorde a las normativas referentes a instalaciones eléctricas.

Estos tableros son instalados para que proporcionen el correcto funcionamiento del equipo, desde su encendido, apagado, detección de altas y bajas tensiones, caídas de fases entre otros parámetros que puedan interferir con el funcionamiento correcto del sistema de bombeo, automatizados con el uso de un PLC programable. [1]

1. Importancia de los elementos de protecciones

Las protecciones eléctricas son de vital importancia en los motores, generadores, transformadores, centros de control de motores, alimentadores de ramales Eléctricos, cables, y otros dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas de cualquier empresa, industria o comercio.

Los motores, los generadores y los transformadores son unos de los tantos equipos eléctricos que deben de ser protegidos contra eventos no deseados como sobre corrientes o cortocircuitos, es allí donde las protecciones les corresponden actuar para evitar daños catastróficos en los mismos.

Por tal razón una instalación bien diseñada posee un buen sistema de protecciones eléctricas.

La protección es un seguro de vida que se compra para el sistema de potencia a un costo extremadamente bajo. Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas como lo son:

- Lectura de corrientes y / o tensiones.
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema.
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible.

Se logran resaltar fallas en los sistemas eléctricos como cortocircuito, sobrecarga, insuficiente capacidad de generación y sobre tensiones.

2. Requisitos para una protección

A continuación, se definen conceptos importantes que se deben tener en cuenta al momento de dimensionar las protecciones eléctricas.

Confiabilidad: Ser capaz de actuar en cualquier momento que sea necesario, esto es, siempre que ocurra una falla o sobre corriente parasita en cualquier diseño.

La protección contra cortocircuito, por ejemplo debe discriminarse entre corrientes de sobrecargas y corriente de cortocircuito. Para obtener una buena confiabilidad, es fundamental realizar un adecuado mantenimiento preventivo, para ello, el aparato debe ser sencillo, facilitando de esta manera su revisión o cambio.

Rapidez: Actuar tan pronto como sea posible, un tiempo antes que las cantidades de fallas (voltajes o corrientes) hayan dañado o afectado el funcionamiento los aparatos a proteger en el circuito.

Selectividad: La protección de un sector debe actuar teniendo en cuenta que zona se quiere proteger, que porcentaje del circuito va estar censando y en caso de falla actué en el sector adecuado para facilitar el análisis de selectividad, esto se acostumbra para dividir el sistema en zonas.

5.9 Planos Eléctricos

La sistematización y clasificación de los planos eléctricos facilita el estudio y la diferenciación de los mismos.

Por principio, los planos, los diagramas y los esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo. Esto significa que se dibujan sin tensión aplicada o bien sin que circule la corriente y las piezas mecánicas sin accionar.

Tipos básicos de planos:

- Plano general.
- De funcionamiento.
- De circuitos.

Plano general

Esta es la presentación más simple, por lo general unipolar o unifilar.

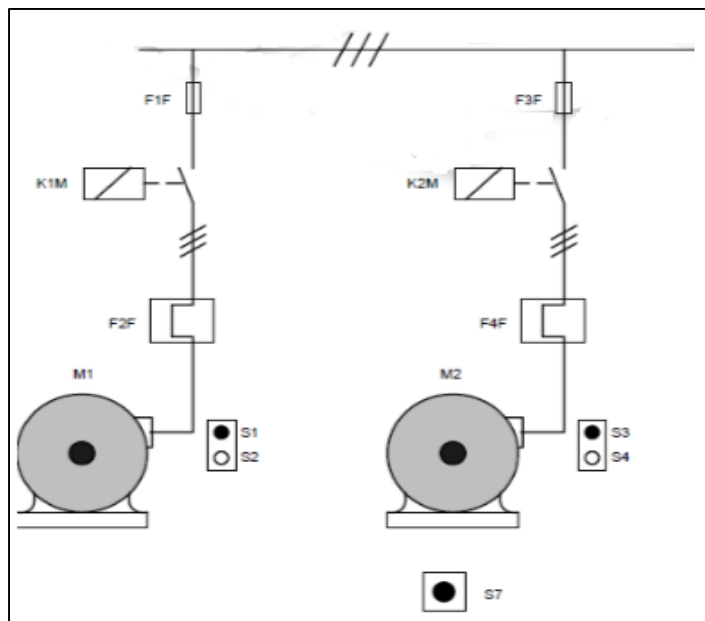


Figura 3: Plano general

Plano de funcionamiento

Este plano es la presentación detallada en un solo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica. Figura 4: Plano de funcionamiento

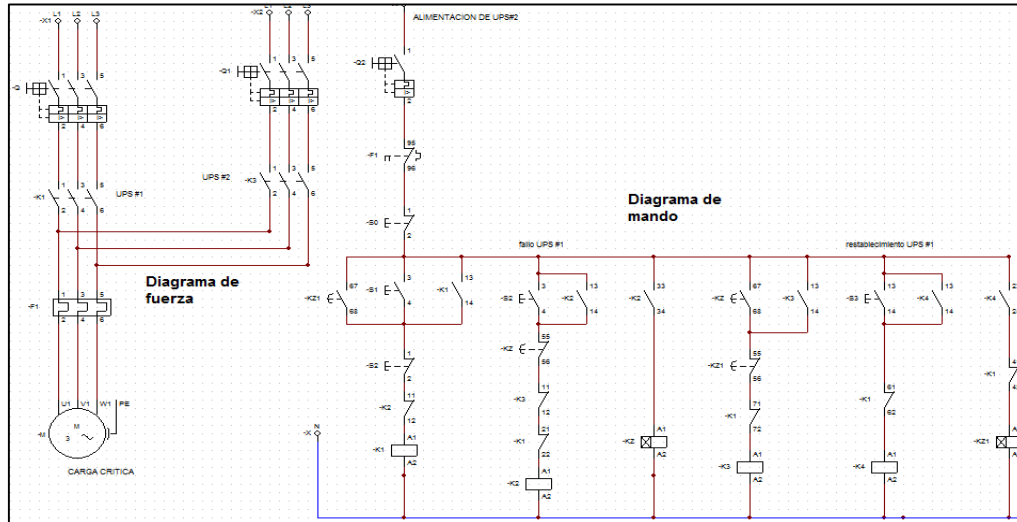


Figura 4: Plano de funcionamiento

5.10 Dispositivos de arranque para motores

Existen básicamente 3 tipos de arranques a la hora de accionar un motor eléctrico.

A. Arranque directo.

Consiste en alimentar directamente los bornes del motor a pleno voltaje, eso si a través de los dispositivos de protección y accionamientos antes mencionados.

Generalmente este tipo de arranques es usado en motores de baja potencia debido a que si se usa en motores de potencias grandes se generan corrientes de arranques elevadas de alrededor de 3 a 15 veces la corriente nominal que pueden dañar el equipo y la red.

B. Arranque estrella-triángulo.

El objetivo principal es reducir las corrientes de arranque al momento de encender el motor, teniendo conectadas sus bobinas inicialmente en la configuración de estrella. Generalmente esta corriente se reduce 3 veces respecto a la corriente de arranque directo debido al tipo de conexión mencionado siendo de 1 a 5 veces la corriente nominal al arranque.

Luego de cierto tiempo, y mediante una configuración de contactores y relevos, se conectan los arrollamientos del motor en triángulo para que trabaje en sus parámetros nominales.

C. Arranque suave

En un arranque suave un dispositivo (**soft starter**) reduce el exceso de corriente durante el encendido. Es un dispositivo de estado sólido de arranque encargado de regular la aceleración del motor partiendo de un voltaje reducido, haciendo aumento progresivo hasta llegar a la tensión de trabajo permitiendo un arranque suave reduciendo el pico de corriente.

5.11 Variadores de frecuencia

Se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de corriente continua (c.c.) (variación de la tensión), y de corriente alterna (a.c.) (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula inversores ver **Figura 5** variadores de velocidad.

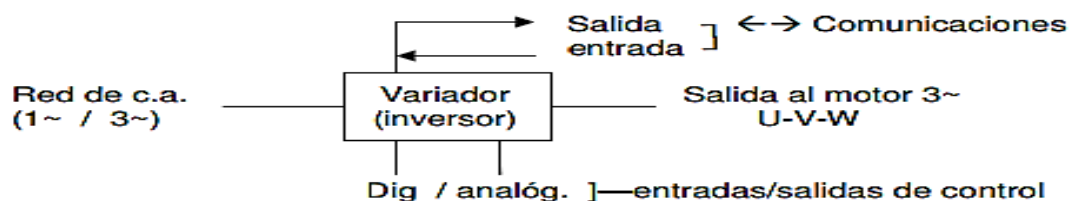


Figura 5: Variador de frecuencia.

Diagrama en bloques de un variador. -

El diagrama de bloques que aparece en la **Figura 6** se encuentra algunos elementos que son mencionados a continuación:

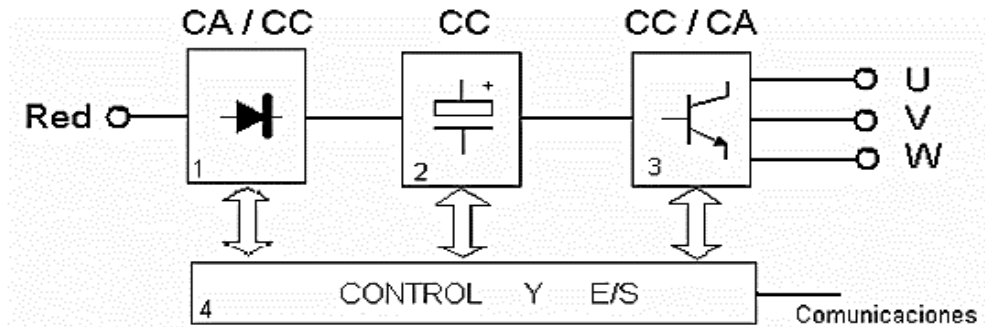


Figura 6: Elementos de un variador de frecuencia

VI. Metodología de Trabajo

El presente proyecto es una investigación de tipo aplicada, ya que admite analizar y resolver una realidad, necesidad o problema, se hace una propuesta del sistema de control para el funcionamiento de un sistema de presión de agua para el abastecimiento utilizando bombas eléctricas con accionamiento por sistema horario, así como las alternativas de solución para la implementación del nuevo sistema automatizado, criterios que se tienen que considerar para poder ser aplicados en cualquier sistemas ya sea por gravedad e hidrostático .

Modalidad de la investigación

De campo

La investigación de campo porque es necesario conocer el funcionamiento de un sistema similar y poder mejorarlo, por tanto, permite reunir información importante sobre los principales problemas e inconvenientes que presenta actualmente en la estación de bombeo de agua debido al ineficiente control del nivel de presión y cisterna.

Aplicada

Esta investigación asumió la característica de aplicada ya que se implementó y monitoreó el alcance del mismo, brindando así el control del sistema de bombeo de la estación de bombeo Miraflores.

Bibliográfica Se sustentó la base teórica de la investigación, mediante consultas a: fuentes bibliográficas, textos, catálogos de dispositivos, revistas tecnológicas, apuntes de operario, documentos varios, así como también fuentes informáticas válidas para nuestro propósito

Recopilación de la información y trabajo de campo

El objetivo es identificar los aspectos que permiten medir cada proceso, recopilar y clasificar los datos que afectan el buen funcionamiento de la circulación de agua constante en el abastecimiento.

Análisis de datos

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores del estudio, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, datos. Con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad para mejorar el proceso de circulación constante que ofrezca una mejor presión.

Análisis de problemas potenciales

Identificar cualquier problema potencial de abastecimiento constante que permita disminuir fallas y darle la solución más adecuada para evitar posibles paradas de las bombas eléctricas.

Búsqueda en el mercado local los equipos

De acuerdo a la teoría desarrollada y a las necesidades que presente la planta se necesita la búsqueda empresas distribuidoras de elementos de control y protección para la evaluación de las propuestas.

Elaborar el informe del estudio para la implementación del sistema

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones de la propuesta del nuevo sistema de control por sistema horario para el funcionamiento del sistema a presión de abastecimiento de agua utilizando varias bombas eléctricas, haciendo énfasis en las oportunidades de la mejora de los procesos e incluso ahorro de energía.

VII. Sistema hidroneumático y tipos de bomba.

¿CUÁLES SON LOS TIPOS DE BOMBAS DE AGUA?

Las bombas de agua ayudan a trasladar el agua de un lugar con altitud baja a otro lugar alto. Existe variedad de bombas de agua, para escoger una bomba dependerá de muchos factores, entre ellos: si es para sacar agua sucia de piscinas, sacar el agua de una inundación de sótano, regar los cultivos y los jardines, sacar agua de un pozo, etc. Dependiendo de estos factores, tendrás que elegir la más adecuada a tus necesidades.

Estos son las clases de bombas de agua que puedes adquirir e instalar en tu casa, terreno o propiedad:

- **Motobombas**

Las motobombas funcionan autónomamente, ya que el motor de la bomba funciona por medio de combustión y no de electricidad. Es de gran utilidad en lugares donde la energía eléctrica no llega y se necesita de potencia y presión, es ideal para trabajos agrícolas, también es de ayuda para la extracción de agua limpia o residual de pozos, arroyos, cisternas, entre otros.

- **Electrobombas para agua limpia**

Se utiliza para trabajos elementales, como el riego de jardines y plantas, también es conocida como bomba de uso doméstico, extrae el agua de arroyos, estanques, cisternas de lluvia o manantiales.

- **Electrobombas combinadas para agua limpia**

Cuando el sótano o lugares que pueden inundarse, este tipo de bomba es de gran utilidad para el vaciado de estos sitios, puede ser utilizado para aguas limpias como para aguas residuales con partículas sólidas.

- **Electrobombas para agua residual**

Son muy parecidas a las bombas anteriores, este se diferencia en que está diseñado especialmente para sacar agua sucia, también para succionar partículas dentro del agua que pueden alcanzar el tamaño de 40 milímetros.

- **Bombas para jardín**

Fueron creadas especialmente para el riego de jardines de los hogares, edificios u otras residencias. Es una bomba potente y el agua corre fluidamente, también puede ser utilizado para extraer agua de cisternas, manantiales y otras fuentes de agua.

- **Bombas sumergibles**

Estas electrobombas son utilizadas dentro de fuentes de agua profundas, como pozos, fuentes y cisternas de difícil extracción. Su diseño es especial ya que no se oxida y no presenta corrosión, puede llegar a utilizarse a más de 30 metros de profundidad, transportar agua a grandes distancias.

Funcionamiento del sistema hidroneumático

El sistema hidroneumático trabaja para que la distribución de agua sea constante a través de la presión del agua. Su uso es doméstico y comercial, se utiliza en edificios, casas oficinas, etc. Las personas instalan este sistema debido a la falta de presión del agua municipal, ya que esta fuerza no es la adecuada para las necesidades del lugar.

Funcionamiento y ventajas

Funciona sin importar la distancia a dónde se quiera enviar el agua, permite que el agua salga a presión y que el flujo sea el adecuado para que llegue a su destino. Presentan gran ventaja frente a otros métodos de presión ya que es más eficiente, se evita la construcción de tanques elevado. Ayuda al buen funcionamiento de las pilas, lavadoras, fregaderos, jacuzzis, piscinas, mangueras y regaderas.

Otra de las ventajas presentes en este sistema, es que gracias a la presión con la que va el agua la suciedad y algas no se acumula, son eliminadas por la fuerza del agua. Se diferencia de otras tuberías que funcionan con poca presión porque estas son más propensas a contraer hogos, algas y suciedad. No se utiliza exteriormente para que tu hogar no tenga un mal aspecto con su instalación.

El funcionamiento de sistema hidroneumático se basa en el principio de compresibilidad, lo que quiere decir es que el agua está sometida a presión.

El agua que llega suministrada por la municipalidad se retiene en el tanque de almacenamiento; con el sistema de bombeo se impulsa al aparato de presión y esta adecuada lo volumen del agua y aire. Después de que el recipiente este lleno, se comprime el aire y aumenta la presión, luego el tanque ya se encontrará en capacidad de hacer llegar agua a la red.

LOS TIPOS DE SISTEMAS DE HIDRONEUMÁTICOS EXISTENTES

Los sistemas de hidroneumáticos son de gran utilidad en los hogares o edificio con gran demanda de agua, funcionan para dar la presión necesaria al agua y con ello lograr abastecer los lugares donde se encuentra instalada, son varios los tipos de sistemas de hidroneumáticos, a continuación se presentamos los más conocidos.

- **Presurizador o Hidrocell**

Es un sistema de presurización en forma de paquete, esta es eficiente y brinda a los lugares el abastecimiento necesario de agua por medio de la presión constante a toda la red hidráulica. Su recorrido del agua es corto con este método y no utiliza más del agua necesaria, su instalación es sencilla, requiere de electricidad para su funcionamiento y consumo poca energía.

- **Hidroneumáticos simples**

Al igual que el anterior este sistema es completo y en forma de paquete, el agua llega a presión a la red hidráulica de los hogares. Este necesita de electricidad y requiere de la conexión de la succión de la bomba a la cisterna. Es de más durabilidad que el anterior, el consumo de energía es bajo, su instalación es fácil y no requiere de habitual mantenimiento.

- **Hidroneumáticos múltiples**

Es muy similar a los sistemas hidroneumáticos simple, su principal diferencia es que los Múltiples utilizan dos o más bombas para lograr la presión dentro del tanque, esto se debe a que tiene una estructura más grande y estas requieren de más presión para su funcionamiento. Este es más utilizado en el campo industrial, no es

complicado de instalar y al igual que los dos anteriores requiere de energía eléctrica. Cuando el sistema detecta si se requiere de más presión para el abastecimiento y utiliza las bombas necesarias para que la red hidráulica funcione normalmente.

La elección de uno de los diferentes sistemas de hidroneumáticos dependerá del uso que se le dará en los lugares donde se instalará. Debes elegir el más adecuado a tus necesidades y posibilidades.



Figura 7 Hidroneumáticos múltiples

VIII. Selección de la Bomba para el sistema hidroneumático

Una bomba centrífuga tiene una curva de funcionamiento para cierto diámetro y velocidad del impulsor. El punto de operación de la bomba sobre la curva, depende de las características del sistema en el cual opera la bomba.

A estas características del sistema se le da el nombre de “curva de carga del sistema”. Si trazamos la curva de carga del sistema sobre la curva de funcionamiento de la bomba podremos determinar:

- En qué punto está operando la bomba.
- Los cambios provocados al cambiar la curva de carga del sistema o al cambiar la carga de operación de la bomba.

Para ello la selección se basa en una Bomba centrífuga horizontal marca Fairbanks Morse modelo: 5553B-1 RPM=3460 con un gasto = 82.5 G.P.M. una altura estática de 1.75m

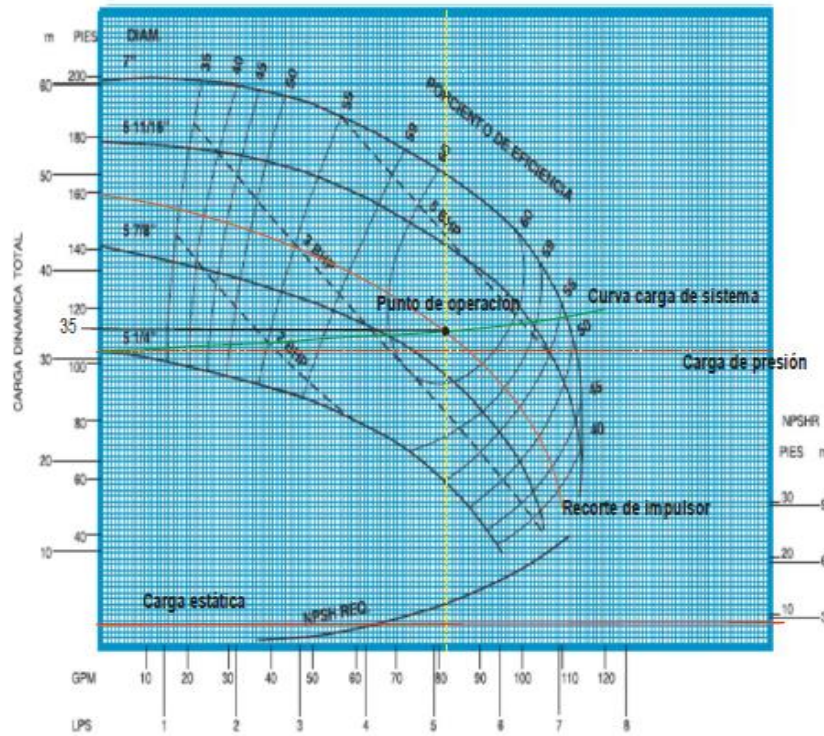


Figura 8 curva de presión máxima.

Interpretación de la curva

Si la carga del sistema es mayor que la carga total de la bomba, la bomba no entregara fluido, como se presenta en la curva de presión máxima.

El punto de operación queda entre el impulsor 5 7/8" y 6 11/16" para dar el gasto requerido se recortaría el impulsor por leyes de afinidad para obtener el punto exacto de operación.

Se podría operar sin recortar el impulsor como se muestra en la siguiente figura

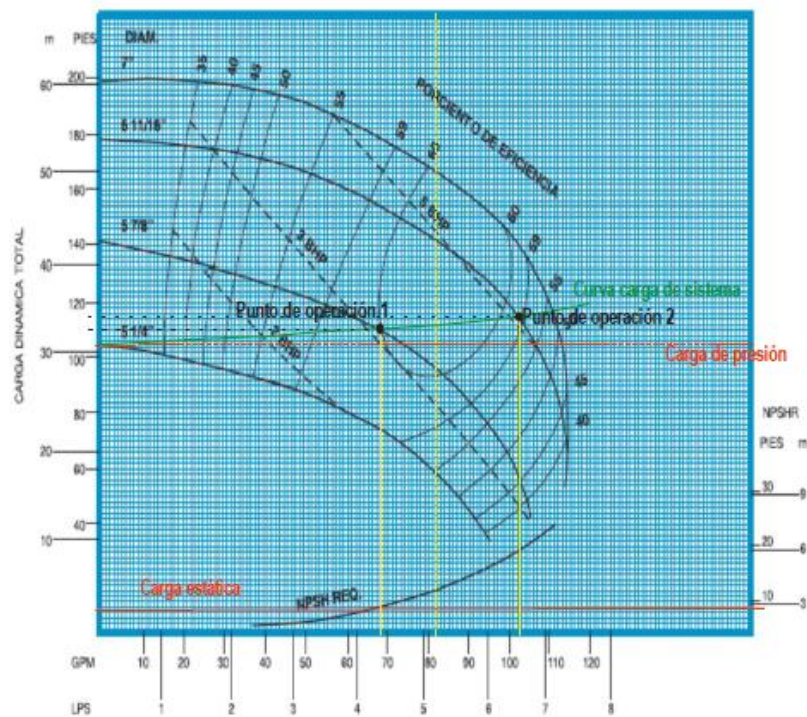


Figura 9 Interpretación de la curva

En el recorte de impulsor 5 7/8" el punto de operación la bomba arroja un menor caudal que el requerido 68 GPM contra 82 GPM que necesita el sistema. Si se escogiera este recorte de impulsor perjudicaría en el sistema, debido a que como el cliente requirió un bajo consumo eléctrico, la bomba prendería mucho más tiempo que el estimado para un tiempo de bombeo de 3 horas.

Ahora bien, si el recorte es 6 11/16" el punto de operación de la bomba arroja un mayor caudal que el requerido 104 GPM contra 82 del requerido por el sistema. Este punto de operación sería el óptimo, si se desea en un tiempo dado construir más departamentos o no se desea recortar el impulsor.

Selección del Hidroneumático

Cálculo y determinación del motor eléctrico para la bomba

Figura 10

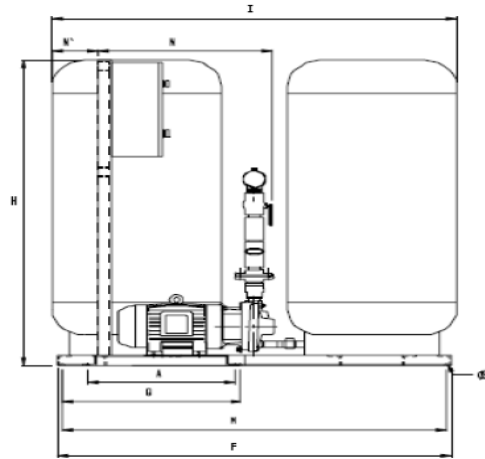


Figura 11

(30-50) PSI	EQHT2002T	4HME200	2	430	114	2	114	406	344	237	180	151
	EQHT0200A2T	4HME0200A	2	430	114	2	114	406	344	237	180	151
	EQHT3003T	6HME300	3	640	169	3	169	676	604	402	313	268
	EQHT0300A3T	6HME0300A	3	800	211	3	211	845	755	503	391	335
	EQHT05003T	08X15ME500V	5	1140	301	3	301	1254	1204	836	669	579
	EQHT07504T	08X15ME0750V	7.5	1380	364	4	364	1519	1458	1012	810	701
(40-65) PSI	EQHT07504T	08X15ME0750V	7.5	1200	317	4	317	1321	1268	880	704	609
	EQHT10004T	08X15ME1000V	10	1560	412	4	412	1717	1648	1144	916	792
	EQHT15004T	08X15ME1500V	15	1980	523	4	523	2179	2092	1453	1162	1006
(50-80) PSI	EQHT10004T	08X15ME1000V	10	1344	355	4	355	1479	1420	986	789	683
	EQHT15004T	08X15ME1500V	15	1920	507	4	507	2113	2028	1409	1127	975
	EQHT20005T	08X15ME2000V	20	2076	548	5	548	2284	2193	1523	1218	1054
Presion Arranque Paro	Codigo Equipo	Bombas	Potencia HP	Caudal Promedio LPM GPM ₃		Tanques Sugeridos 450 lts ₀	NUMERO DE SALIDAS					
							Simultaneas	Oficinas	Deptos.	Hotel	Hospital	Colegios
(20-40) PSI	EQHT1001T	3HME100	1	286	76	1	76	270	229	157	120	101
	EQHT0100A1T	3HME0100A	1	286	76	1	76	270	229	157	120	101
	EQHT1502T	4HME150	1.5	430	114	2	114	406	344	237	180	151
	EQHT0150A2T	4HME0150A	1.5	430	114	2	114	406	344	237	180	151
	EQHT2002T	4HME200	2	520	137	2	137	490	416	286	218	183
	EQHT0200A2T	4HME0200A	2	520	137	2	137	490	416	286	218	183
	EQHT3003T	6HME300	3	880	232	3	232	930	830	553	430	369
	EQHT0300A3T	6HME0300A	3	920	243	3	243	972	868	579	450	386
(30-45) PSI	EQHT05003T	08X15ME500V	5	1320	349	3	349	1453	1394	968	775	670
	EQHT1502T	4HME150	1.5	382	101	2	101	360	306	210	160	135
	EQHT0150A2T	4HME0150A	1.5	382	101	2	101	360	306	210	160	135
	EQHT2002T	4HME200	2	480	127	2	127	453	384	264	201	169
	EQHT0200A2T	4HME0200A	2	480	127	2	127	453	384	264	201	169
	EQHT3003T	6HME300	3	700	185	3	185	739	660	440	342	293
	EQHT0300A3T	6HME0300A	3	820	217	3	217	866	773	516	401	344
	EQHT05003T	08X15ME500V	5	1224	323	3	323	1347	1293	898	718	622
	EQHT07504T	08X15ME0750V	7.5	1440	380	4	380	1585	1521	1056	845	731

IX. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

Esta sección tiene como finalidad establecer la máxima eficiencia energética de la moto-bomba seleccionada, a efecto de ahorrar energía para contribuir y proteger al consumidor de un consumo excesivo de energía y que se verá reflejada económicamente, esto se logrará seleccionando adecuadamente el motor, tomando en cuenta el rendimiento, una buena colocación y evitando fricciones.

Para garantizar que la evaluación de la moto-bomba sea adecuada y que las medidas de ahorro de energía sean aplicables, es necesario obtener información general de la bomba y de su operación además de las normas bajo las cuales se rigieron para su diseño, en este caso el equipo se estableció bajo normas como la NOM-074-SCFI-1994 (para motores estándar o de alta eficiencia de acuerdo a la marca en cuestión o tomando la de un motor de referencia) además de que el diseño nos permitirá tener ciertas mejoras continuas como:

- Mejorar la tensión de alimentación.
- Reemplazo por otros de mayor eficiencia.
- Optimización en el sistema de bombeo.

$$Q = 104 \text{ GPM} = 0.00065 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 998 \text{ kg/ m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 34.90 \text{ m}$$

$$\eta T = 60\%$$

$$Pa = \frac{Q\rho gH}{\eta T}$$

$$Pa = \frac{(0.00065)(998)(9.81)(34.90)}{0.60} = 3.701 \text{ kw} = 4.963 \text{ hp}$$

$$Pa = 4.963 \text{ hp} = 3701.579 \text{ w}$$

$$Hp = 4.963 \rightarrow 5$$

$$V = 220 \text{ volts}$$

X. Sistema de control propuesto

Este sistema lo utilizamos para alimentación de tuberías de agua distribuidas en todo el colegio, trabajara la bomba sumergible con un interruptor horario para llenar un tanque de almacenamiento aéreo la cual quedara encendida 12 horas en el día , al pasar el tiempo de media hora se activan las dos bombas de distribución con el segundo interruptor horario para activación y desactivación de las bombas , las cuales tienen 2 tanques de almacenamiento que se llenan por gravedad desde el tanque aéreo y las mismas trabajaran de manera alternadas en tiempos determinados con temporizadores con retardo a la conexión para poder darle descanso a cada una ya que en el colegio se necesita constante presión de agua este sistema está diseñado para que trabaje de manera temporizada.



Figura 12 Ejemplo de sistema hidroneumático

Diagrama de fuerza

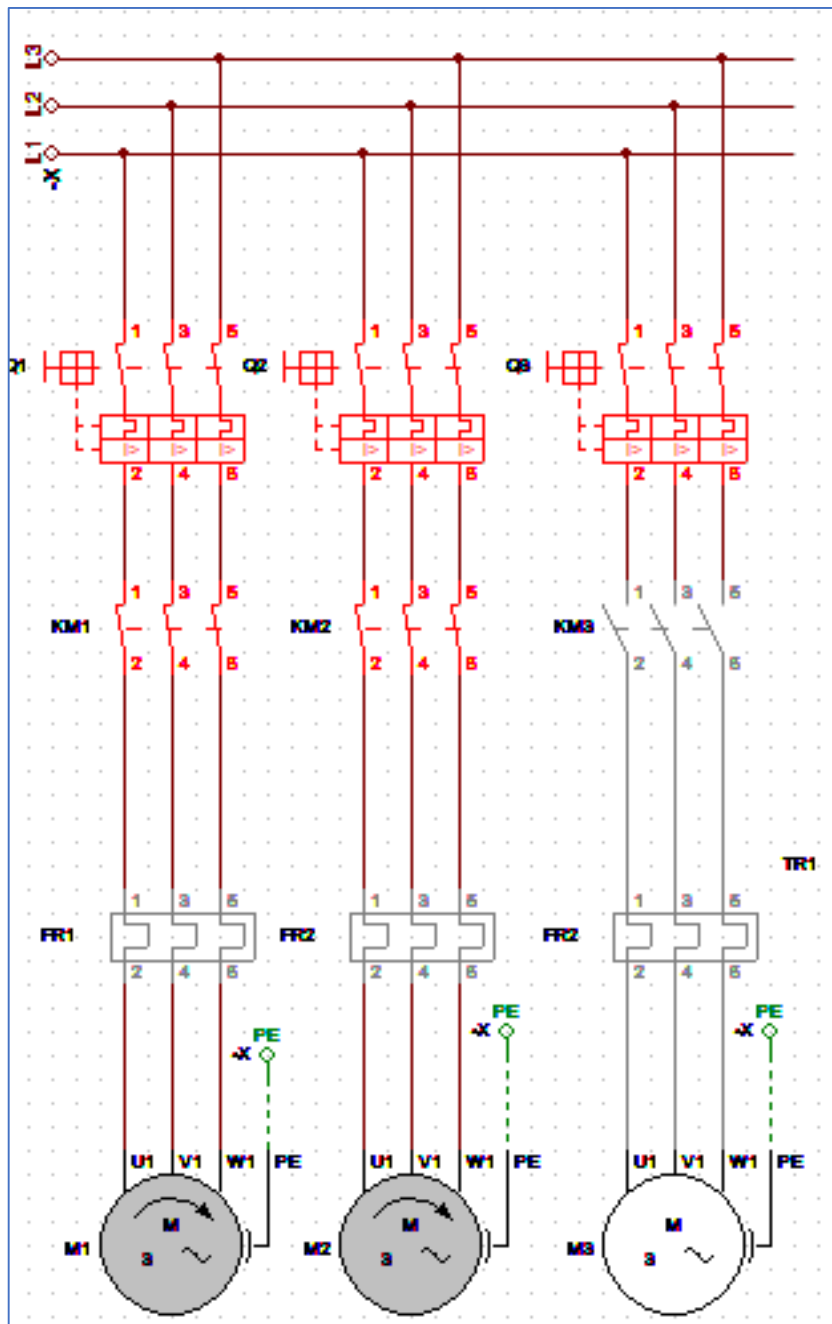


Figura 13 Diagrama de fuerza de las 3 bombas: 1 sumergible y 2 bombas para distribución

Diagrama de control

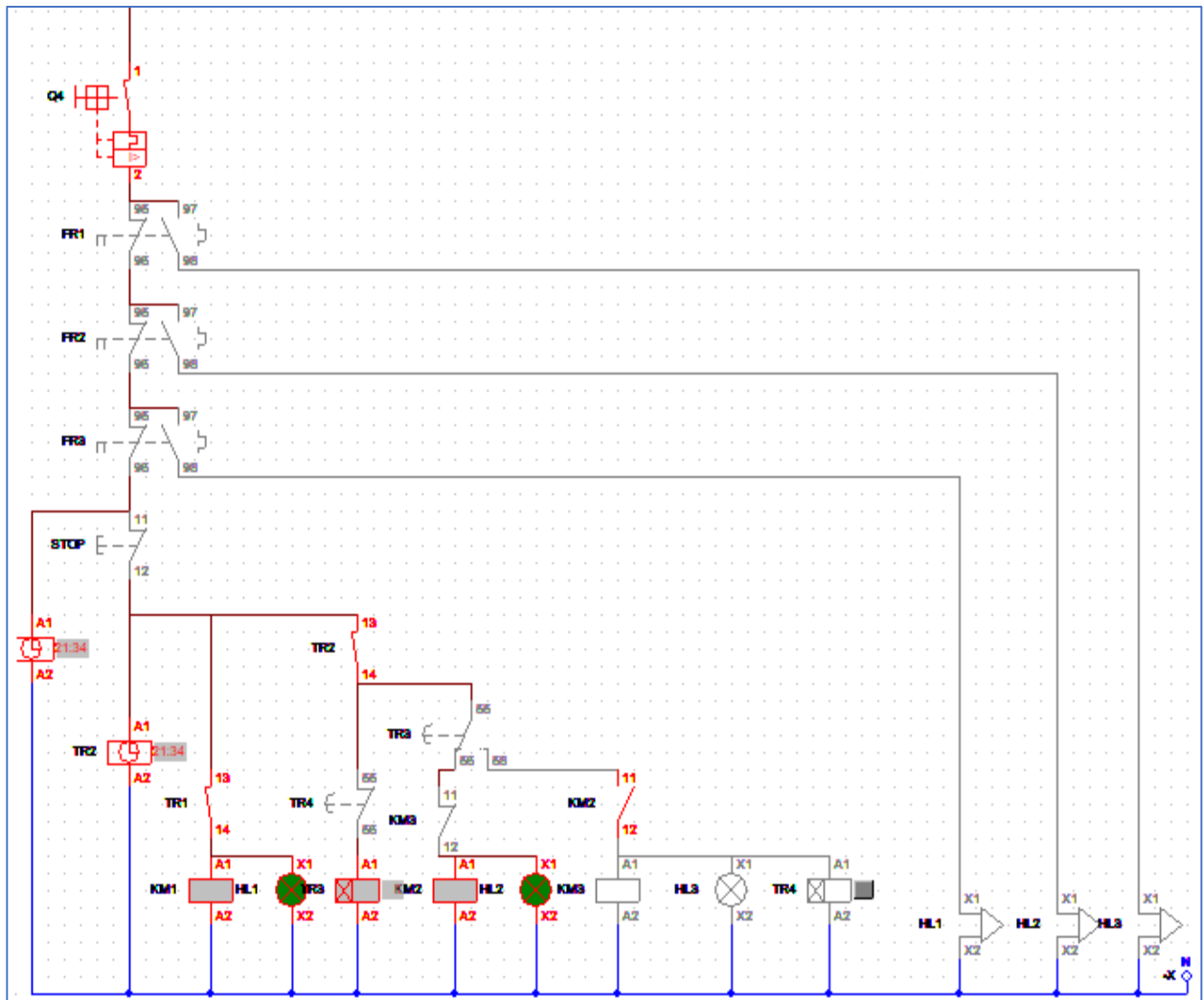


Figura 14 Diagrama de Accionamiento del control mediante sistema horario

Diagrama de control

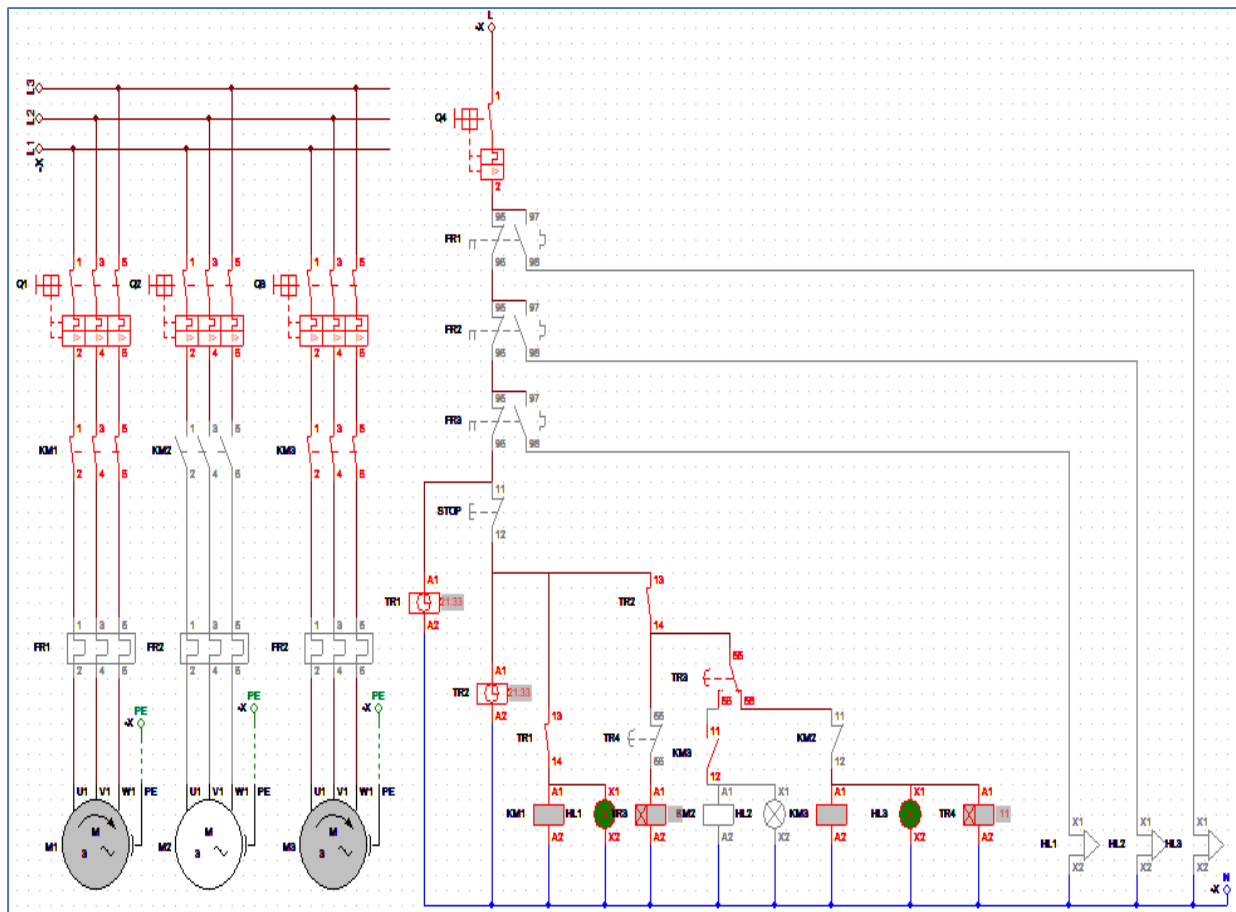


Figura 15 Diagrama de funcionamiento de fuerza y mando

XI. Conclusiones

Se estudió las diferentes estrategias de control, con el cual nos permitió poder realizar la elección de la más adecuada para nuestro problema, claro está que existen más métodos, pero se buscó un método más económico.

Con la propuesta se mejora el sistema de abastecimiento de agua constante en las horas con más demanda como es la hora del recreo en el colegio.

Se logró Describir el funcionamiento y los elementos principales de un sistema bombeo, así como los tipos de bombas que pueden ser utilizados.

Se realizó el Diseño el esquema de mando y esquema de fuerza del sistema propuesto a ser implementado.

Se Utilizó el software Cade-Simu extensión CAD para programar y simular el diseño propuesto para el control de presión de bombeo del agua.

XII. RECOMENDACIONES

Dentro de un proyecto tan ambicioso como lo fue este, siempre se desea que haya mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda a los lectores que tengan interés en el proyecto, la complementación del sistema con más distribuciones y mejoras continuas en el sistema de bombas y diseño, aun mas recomendable seria la implementación de energías limpias para el ahorro de energía en el proceso de optimización para hacer comparaciones por los resultados arrojados por estas.

XIII. Bibliografía

1. Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGraw-Hill. 2005.
2. Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson Educación S.A.
3. KARASSIK Igor; CARTER, Roy. Bombas Centrifugas, selección, operación y mantenimiento. México: Continental, 1967. 560 p.
4. MENAUGHTON, Kenneth. Bombas: Selección y Mantenimiento. 1ra. Ed. México: McGraw – Hill, 1990. 710 p.
5. ROLDÁN VILORIA José. Motores Eléctricos Automatismos de Control. Editorial Paraninfo. Madrid. 1989.
6. Gomáriz, S., Biel, D., Matas, J., & Reyes, M. (1998). Teoría de control. Diseño electrónico. Barcelona: Edición UPC.. Primera edición. 1998
7. Palacios Ruiz, A. (2008). Acueductos, cloacas y drenajes: criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
8. Piedrafita Moreno, R. (2004). *Ingeniería de la automatización industrial*. Madrid: RA-MA.
9. A. Reus, INSTRUMENTACION INDUSTRIAL, México: Alfaomega Grupo. Editor, 2010.
10. Funcionamiento del sistema hidroneumático. Recuperado <https://aquasistemas.com.gt/bombas-de-agua/asi-es-como-funciona-un-sistema-hidroneumatico>

LISTA DE ABREVIACIONES Y UNIDADES DE MEDIDA

11.

12.RPM	Revoluciones por minuto.
13.V	Voltio
14.VCA	Voltaje de corriente alterna
15.Pot	Potencia
16.AMPS	Amperios
17.HP	Caballos de Fuerza
18.H	Carga bruta del sistema
19.P	Presión
20.m/s	Metros por segundo
21.H	Carga bruta del sistema
22.Hb	Carga de la bomba
23.Q	Caudal volumétrico
24.C	Coeficiente de descarga
25.n	Eficiencia
26.psi	Libras por pulgada cuadrada
27.W	<i>Watts</i>
28.Hz	frecuencia
29.Ns	velocidad síncrona rpm
30.	