



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE
APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA EMPRESA
HORMIGONES ECUADOR.**

Autores:

Espinosa Berrazueta Lesly Eliana

Jami Toaquiza Adolfo Alexander

Tutor:

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis; Ph. D

Latacunga – Ecuador

JULIO 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Espinosa Berrazueta Lesly Eliana** y **Jami Toaquiza Adolfo Alexander** declaramos er autores del presente proyecto de investigación: “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA EMPRESA HORMIGONES ECUADOR.**” Siendo el Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Ph. D tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Sra: _____

Espinosa Berrazueta Lesly Eliana
C.I. 050314544-3

Sr: _____

Jami Toaquiza Adolfo Alexander
C.I:050333783-4



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA EMPRESA HORMIGONES ECUADOR.”, de **Espinosa Berrazueta Lesly Eliana** y **Jami Toaquiza Adolfo Alexander**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2019

El tutor

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Ph. D

C.I:175836725-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Espinosa Berrazueta Lesly Eliana con C.I: 0503145443 y Jami Toaquiza Adolfo Alexander con C.I: 0503337834 con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA EMPRESA HORMIGONES ECUADOR” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente).

Nombre: Ing. Arévalo Zabala Andrés
C.I.171032684-2

Lector 2

Nombre: Ing. Freire Martínez Luigi
C.I:050252958-9

Lector 3

Nombre: Ing. Porras Reyes Jefferson Alberto
C.I:070440044-9

HORMIGONES ECUADOR CIA. LTDA.



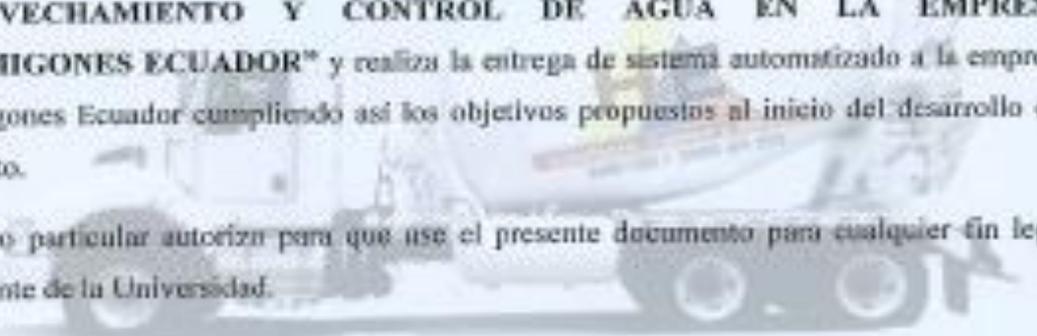
- VENTA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO
- CONSTRUCCIÓN DE PISOS INDUSTRIALES
- SERVICIO DE BOMBA Y TRANSPORTE

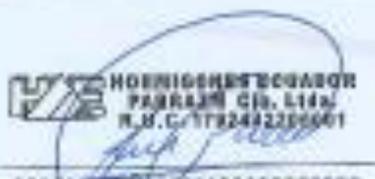
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 17 de Julio 2019

Con el presente documento, pongo en constancia que los estudiantes Espinosa Berrazueta Lesly Eliana con C.I: 0503145443 y Jami Toaquiza Adolfo Alexander con C.I: 0503337834, de la Universidad Técnica de Cotacachi, Carrera de Ingeniería Electromecánica, ha desarrollado la Propuesta Tecnológica: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA EMPRESA HORMIGONES ECUADOR" y realiza la entrega de sistema automatizado a la empresa Hormigones Ecuador cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autoriza para que use el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.




HORMIGONES ECUADOR
PARRAJA CIA. LTDA.
R.M.C. 1792492200001

Luis Jaime Parra Quito

Gerente General

DEDICATORIA

Este trabajo me lo dedico por ser una mujer que a pesar de tener algunos limitantes no me di por vencida y seguí hasta conseguir mi meta.

Mamita papito y mi Dios esto también es para ustedes pues jamás dejaron de sostener mi mano en este camino juntos lo hicimos.

Lesly E.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Adolfo J.

AGRADECIMIENTO

Estoy cumpliendo una meta importante en mi vida y sé que debo agradecer a quienes muchas veces dejaron sus sueños y ambiciones personales para que yo logre los míos.

Papito, mamita tuve diario su bendición, siempre confiaron en mi capacidad con esto me ayudaron a vencer muchos obstáculos supieron decir las palabras exactas cuando desvanecía y se del gran sacrificio que hicieron a pesar de desavenencias de la vida jamás me faltaron por ustedes estoy aquí culminando mi carrera.

A mi familia que de una u otra manera fueron mi motivación para ser un buen ser humano, me inspiraron con sus logros a ser constante, firme y no dejar que frenen mis capacidades.

También son parte de mi fortaleza aquellos seres que pasaron el límite de la existencia (José Luis, Abuelito Luis, Tío Gonzalito) y desde un lugar mejor están guiándome y cuidándome.

Pero sobre todo gracias Dios por la infinidad de bendiciones recibidas prueba de ello hoy estoy culminando mi gran sueño.

Lesly E.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación humildad y sacrificio enseñándome a valorar todo lo que tengo a todos ellos les dedico el presente trabajo porque han fomentado en mí el deseo de superación y triunfo en la vida lo que ha contribuido a la consecución de este logro.

Adolfo J.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
INDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	18
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	19
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	19
2.2 Tipo de alcance.....	19
2.3 Área del conocimiento.....	19
2.4 Sinopsis de la propuesta	19
2.5 Descripción del problema.....	20
2.5.1 Situación problemática.....	20
2.5.2 Problema	20
2.6 Objetivos.....	20
2.6.1 General	20
2.6.2 Específicos	21
2.6.3 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	22
2.7 Objeto de estudio y campo de acción	23
2.7.1 Objeto de estudio:	23
2.7.2 Campo de acción:.....	23
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1 Plantas de hormigón	24
3.1.1 Plantas Horizontales.....	24
3.1.2 Plantas torre.....	25
3.2 Instalaciones para el prefabricado.	25
3.2.1 Propiedades generales	26

3.3	Agua para dosificación de hormigón.....	27
3.3.1	Agua de mezclado.....	27
3.3.2	Dosificación de hormigones.....	27
3.4	Propiedades del fluido.....	29
3.4.1	Densidad.....	29
3.4.2	Viscosidad.....	30
3.5	Accesorios para redes de agua.....	30
3.5.1	Tuberías para redes de agua.....	30
3.5.2	Accesorios complementarios para redes de agua.....	31
3.6	Principios para el diseño de tuberías.....	32
3.7	Bomba centrífuga.....	33
3.7.1	Principios básicos de las bombas centrífugas.....	35
3.8	Sistemas de control.....	36
3.8.1	Sistema de control a lazo abierto:.....	37
3.8.2	Sistema de control a lazo cerrado (control realimentado):.....	37
3.9	Controlador lógico programable (PLC).....	38
3.10	Lenguajes de programación.....	39
3.10.1	Características y funciones básicas de los lenguajes de programación.....	40
3.10.2	Diagrama de bloques de función (FBD).....	40
3.10.3	Diagrama de tipo escalera (LAD).....	40
3.11	Sensores de nivel.....	41
3.11.1	Interruptores de flotado.....	42
3.11.2	Sensor de nivel Ultrasónico sin contacto.....	42
3.11.3	Sensor de nivel ultrasónico de contacto.....	43
3.11.4	Sensor de nivel capacitivo.....	43
3.12	Electroválvulas.....	43
3.12.1	Partes.....	44
3.12.2	Características generales.....	45
3.13	Hipótesis o formulación de la pregunta científica.....	46
4.	METODOLOGÍA.....	47
4.1	Características técnicas a considerar del sistema.....	47
4.2	Requisitos de diseño.....	47
4.4	Cálculo de caudal.....	48
4.5	Velocidad del fluido.....	49
4.6	Carga dinámica o altura manométrica total.....	49
4.7	Carga de succión.....	50

4.8	Carga neta de succión positiva (NPSH)	50
4.9	Carga de impulsión.....	50
4.10	Número de Reynolds	51
4.11	Diámetro óptimo de tubería.....	51
4.12	Diámetro interno de la tubería de succión.....	51
4.13	Pérdidas de carga en los accesorios	52
4.14	Rendimiento mecánico	53
4.15	Velocidad específica.....	53
4.16	Propiedades del agua	54
4.17	Softwares a utilizarse para el diseño del sistema.....	55
4.17.1	Plumber 3.0 – bombas.....	55
4.17.2	Matlab	55
4.18	Métodos de control de densidad y viscosidad	55
4.18.1	Método de Couette o Hatshek	55
4.18.2	Método de Stokes.....	56
4.19	Matriz de variables de estudio.....	57
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
5.1	Propiedades del agua	58
5.1.1.	Densidad.....	58
5.1.2.	Viscosidad	59
5.1.3.	Potencial de Hidrogeno	61
5.2	Selección de diámetro requerido de tubería	61
5.3	Selección de bomba.....	62
5.4	Modelamiento y pruebas de simulación del sistema	65
5.5	Características de equipos eléctricos y electrónico	67
6.	PRESUPUESTO9.....	68
6.1	Presupuesto.....	68
6.2	Análisis de impactos.....	69
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
7.1.	Conclusiones.....	71
7.2.	Recomendaciones	72
8.	REFERENCIAS.....	73
	Anexos	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Planta tipo Horizontal.....	24
Figura 3. 2. Plantas torre.....	25
Figura 3. 3. Accesorios PVC, serie mixta para encolar y enroscar.....	32
Figura 3. 4. Partes de una bomba centrífuga.....	34
Figura 3. 5. Elementos del sistema de control de lazo abierto.....	37
Figura 3. 6. Sistema de control de lazo cerrado.....	38
Figura 3. 8. Ejemplo de lenguaje FBD del step 7.....	40
Figura 3. 9. Extracto de programa realizado con lenguaje de tipo LAD.....	41
Figura 3. 10. Partes y terminología de la electroválvula.....	44
Figura 4. 1. Esquema lineal de la instalación.....	47
Figura 4. 2. tuberías en serie.....	48
Figura 5. 1. Curva de comportamiento de temperatura versus la densidad en las tres divisiones de la cisterna.....	59
Figura 5. 2. Curva de comportamiento de la viscosidad versus la temperatura en las tres divisiones de la cisterna.....	60
Figura 5. 3. Diámetro de tubería e diámetro interno.....	61
Figura 5. 4. Datos iniciales para el comportamiento de la bomba.....	62
Figura 5. 5. Comportamiento del caudal versus la altura y la potencia de la bomba.....	63
Figura 5. 6. Curva característica de caudal versus altura y versus eficiencia de la bomba.....	63
Figura 5. 7. Curva característica del caudal versus la altura de la bomba.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tareas a realizar por objetivos plantados.....	22
Tabla 3. 1. Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento.....	28
Tabla 3. 2. Resistencias mínimas compatibles con los requisitos de durabilidad.....	29
Tabla 3. 3. Relación de resistencia y cantidad de Agua para la producción de la empresa Hormigones Ecuador.	29
Tabla 3. 4. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.....	32
Tabla 3. 5. Velocidades de acuerdo al fluido	49
Tabla 4. 1. Correlación para el cálculo de pérdidas de carga a través de accesorios.	52
Tabla 4. 2. Factor de fricción para cálculo de pérdidas en accesorios.....	53
Tabla 4. 3. Matriz de variables establecidas a partir del estudio del sistema.....	57
Tabla 5. 1. Datos de pruebas de comportamiento de la densidad bajo sometimiento de temperaturas en las tres secciones de la cisterna.	58
Tabla 5. 2. Datos de comportamiento de la viscosidad con sometimiento a varias temperaturas en las tres divisiones de la cisterna.	60
Tabla 5. 3. Características de la bomba KB210	64

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TÍTULO: “Diseño e implementación de un sistema automatizado de aprovechamiento y control de agua en la empresa hormigones ecuador.”

Autores:

Espinosa Berrazueta Lesly Eliana

Jami Toaquiza Adolfo Alexander.

RESUMEN

La automatización de un sistema permite mejorar condiciones de trabajo además de reducir costos de producción para que estos sean más eficientes, por lo que se desarrolló una automatización en el control del tanque de almacenamiento, y en la dosificación del líquido en la empresa Hormigones Ecuador ubicada en la ciudad de Quito mediante el uso de un sensor ultrasónico que mide dos niveles uno máximo y mínimo, un flujometro que es el encargado de medir las cantidades de agua en el punto de descarga, el mismo que considera valores de acuerdo a la resistencia teniendo una relación de litros por metro cubico. El sistema de censado permite habilitar el funcionamiento de la bomba a través de los niveles de agua uno máximo y otro mínimo enviando un impulso de corriente que activa un relé y este pone en funcionamiento la bomba, esta se encarga de transportar el líquido siempre que la orden se ejecute considerando un sistema on-off, el mismo que proviene de una sistema de reutilización del lavado de mixers, esta agua pasa por un proceso de limpieza de manera que sea útil para una nueva producción tomando como propiedades del agua una densidad de 0.97g/ml, viscosidad de 0.001kg/m.s y un pH de 9 siendo estos valores estables para el producto final. Para el transporte de fluido se estableció un diámetro óptimo de 2 pulgadas, la tubería de material PVC y accesorios de PVC y hierro galvanizado. Por la forma del tanque se utilizó la ecuación característica de Bernoulli la mismas que permitió identificar los errores dados por el caudal de despacho teniendo como variables las alturas del tanque una presión atmosférica en los diferentes puntos y una resistencia dada por el flujo metro, se utilizó el programa Matlab que desarrollo la curva característica del sistema, terminando en el diseño HMI utilizando el programa Laview que ejecuta los procesos de automatización, mejorando los procesos de producción y reduciendo pérdidas del fluido, mano de obra.

Palabras claves: PLC, OPC, HMI, TWIDO SWIT, NIOPC SERVER, LAVIEW, Matlab,

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

Title: “TO DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED WATER USE AND CONTROL SYSTEM IN THE COMPANY HORMIGONES ECUADOR.”

Authors:

Espinosa Berrazueta Lesly Eliana

Jami Toaquiza Adolfo Alexander.

ABSTRACT

The automation of a system allows to improve working conditions in addition, to reduce production costs so that they are more efficient, so automation was developed in the control of the storage tank, and in the dosage of the liquid in the company Hormigones Ecuador located in Quito city through the use of an ultrasonic sensor that measures two levels one maximum and minimum, a flowmeter that is responsible for measuring the amounts of water at the discharge point, which considers values according to resistance having a relation of liters per cubic meter. The system of censorship allows to enable the operation of the pump through water levels one maximum and one minimum sending a pulse of current that activates a relay and this puts the pump into operation it is responsible for transporting the liquid whenever the order is executed considering an on-off system, the same that comes from a reuse system of the washing of mixers, this water goes through a cleaning process so that it is useful for a new production. Taking water properties from water density 0.97g / ml, viscosity of 0.001kg / ms and a pH of 9, these values being stable for the final product. To transport of fluid, an optimal diameter of 2 inches was established, the pipe of PVC material and accessories of PVC and galvanized iron. Due to the shape of the tank, Bernoulli's characteristic equation was used, which allowed to identify the errors given by the dispatch flow, having as variable the heights of the tank an atmospheric pressure at the different points and a resistance given by the flow meter, Matlab program was used develop the characteristic curve of the system, ending in the HMI design using the Review program that executes the automation processes, to improve production processes and reducing fluid losses, labor.

Keywords: PLC, OPC, HMI, TWIDO SWIT, NIOPC SERVER, LAVIEW, Matlab,



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de titulación al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, ESPINOSA BERRAZUETA LESLY ELIANA Y JAMI TOAQUIZA ADOLFO ALEXANDER**, cuyo título versa “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE AGUA EN LA EMPRESA HORMIGONES ECUADOR**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 23 de Julio del 2019

Atentamente,


Lcdo. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Espinosa Berrazueta Lesly Eliana

Jami Toaquiza Adolfo Alexander

TEMA APROBADO:

Diseño e implementación de un sistema automatizado de aprovechamiento y control de agua en la empresa Hormigones Ecuador.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis; Ph. D

EQUIPO DE TRABAJO:

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis; Ph. D

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina; Ms. C.

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Pichincha, Quito, Cristianias puertas del sol de los Arupos E9-86 y calle 9

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 6 meses

FECHA DE ENTREGA: Julio 2019

LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Innovación de un sistema convencional de control de agua para la empresa Hormigones Ecuador.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta tecnológica

- Diseño e implementación de un sistema automatizado de aprovechamiento y control de agua en la empresa Hormigones Ecuador.

2.2 Tipo de alcance

El tipo de alcance a elegir será de desarrollo el mismo que será descrito a continuación:

- a) Desarrollo:

Al innovar el sistema convencional de control de agua mediante la automatización, se mejorará el nivel de producción además de aprovechar los recursos existentes en la empresa hormigones Ecuador. El aprovechamiento de recursos se realizará a partir de un sistema de reutilización de agua redirigido a una nueva producción.

2.3 Área del conocimiento

Para facilitar el estudio del proyecto se especificarán las áreas de conocimiento que propone la UNESCO las mismas que serán descritas a continuación:

- Ingeniería, industria y construcción.
- 52 Ingeniería y profesiones a fines.
- Electricidad, electrónica, automatización, e ingeniería energética.

2.4 Sinopsis de la propuesta

Implementar un sistema automatizado de aprovechamiento y control de agua en el proceso de fabricación de hormigón en la empresa Hormigones Ecuador ubicada en la provincia de Pichincha Cantón Quito sector Carcelén industrial de los Arupos 9-86 y de los Aceitunos. Dentro del proceso de elaboración de hormigón se utiliza un tanque de almacenamiento el mismo que se abastece de manera convencional para enviar el suministro de las redes conformado por dos entradas, una entrada es una llave del sistema potable del sector y la otra es un sistema de reutilización de agua la cual se obtiene del lavado de los diferentes carros transportadores de hormigón, la misma que es cernida y posteriormente reutilizada para llenar el tanque de almacenamiento.

Las fallas se presentan por utilización de la bomba que ejecuta la acción de abastecer el tanque de almacenamiento, esto se debe por una deficiente tubería, además que los sedimentos no son

bien tratados y provocan un sobreesfuerzo de la misma, por lo que se propone la adaptación de sensores que permitan establecer cuando es necesario utilizar el servicio potable y el sistema de reutilizada, esto a su vez contribuye a la optimización del funcionamiento de la planta hormigonera sin necesidad de personal extra.

2.5 Descripción del problema

2.5.1 Situación problemática

El problema se presenta en el desperdicio de recursos económicos, e hídrico el mismo que se visualiza por la deficiencia de instalación de los sistemas de suministros de agua, la causa que provoca estos problemas se refieren al sistema convencional que requiere de atención por periodos largos y al tener poco personal existe carga laboral además de que se presentan soluciones temporales poco eficientes siendo estas el tener personal extra o sobre utilizar la bomba.

Al proponer la automatización del sistema se promueve el aprovechamiento de los recursos antes mencionados, además de aumentar la eficiencia del sistema porque se propone el colocar sensores los mismos que den ordenes de apertura y cierre de electroválvulas en los dos suministros de agua cuando se requiera, además de calcular tubería para el transporte del fluido, en caso del sistema de reutilización de agua se propone la selección de accesorios capaces de evitar el sobreesfuerzo de la bomba la misma que será reutilizada a partir de un estudio de condiciones de trabajo para que esta funcione por orden de las señales en momentos pertinentes. La presente propuesta se entregará en un tiempo aproximado de 6 meses el mismo que inicia en el mes de febrero y culmina en el mes de julio del 2019 con la instalación del sistema y las pruebas pertinentes del mismo.

2.5.2 Problema

De qué manera el sistema automatizado de aprovechamiento y control de agua influye en el abastecimiento del tanque de almacenamiento para la producción de hormigón en la empresa hormigón Ecuador establecida en la ciudad de Quito.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

- Implementar un sistema automatizado para el aprovechamiento y control de agua del tanque para la producción de hormigón mediante un nuevo diseño del sistema además de

un análisis de la eficiencia en el aprovechamiento del agua de la empresa hormigones Ecuador.

2.6.2 Específicos

- Analizar el sistema actual implementado mediante la identificación de los problemas que ocurren en el proceso de abastecimiento del tanque de almacenamiento.
- Diseñar el nuevo sistema compuesto de la automatización y la vía más eficiente de transporte de fluido a partir del cálculo y selección de instrumentos que conforman el sistema.
- Construir el sistema propuesto a partir de la instalación de sensores, tuberías, bomba y automatización del mismo.

2.6.3 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2. 1. Tareas a realizar por objetivos plantados.

OBJETIVO	TAREAS
<p>Analizar el sistema actual implementado mediante la identificación de los problemas que ocurren en el proceso de abastecimiento del silo y la eficiencia de producción.</p>	<p>Visitas a la empresa e identificación del estado actual del sistema con el cual funciona la producción de hormigón.</p>
	<p>Comprobación mediante pruebas de funcionamiento e identificación los principales problemas del suministro de agua del tanque de almacenamiento.</p>
	<p>Dialogo con el personal de trabajo encargado de la producción del hormigón para determinación de las características del agua la producción máxima y mínima y el tiempo de entrega del mismo.</p>
<p>Diseñar el nuevo sistema compuesto de la automatización y la vía más eficiente de transporte de fluido a partir del cálculo y selección de instrumentos que conforman el sistema.</p>	<p>Identificación del sector y las características necesarias para la automatización del proceso de abastecimiento del tanque de almacenamiento.</p>
	<p>Calculo y selección de tubería bomba y accesorios del sistema nuevo.</p>
	<p>Diseño de planos del sistema a instalar.</p>
<p>Construir el sistema propuesto a partir de la instalación de sensores, tuberías, bomba y automatización del mismo.</p>	<p>Adquisición de los elementos a utilizar en el nuevo sistema.</p>
	<p>Instalación del sistema de acuerdo al diseño y realizar la programación del mismo mediante la ayuda de Twido Swit.</p>
	<p>Comprobación mediante pruebas de funcionamiento y obtención de resultados del nuevo sistema.</p>

2.7 Objeto de estudio y campo de acción

2.7.1 Objeto de estudio:

Sistema para el aprovechamiento y control de agua.

2.7.2 Campo de acción:

Automatización, electrónica e ingeniería energética.

3. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se va a describir parámetros y equipos que intervienen en la producción de hormigón para de esta manera identificar la importancia de desarrollar un sistema automático que mejore los procesos de dosificación del mismo.

3.1 Plantas de hormigón

Existen múltiples equipos para realizar esta tarea, desde plantas fijas, móviles, semi-automatizadas, y el equipo de transporte de hormigón.

Sea cual sea el procedimiento, es muy importante conseguir la dosificación óptima en las proporciones precisas de áridos de distintos tamaños, cemento, agua y, normalmente, aditivos. No hay una mezcla óptima que sirva para todos los casos. La dosificación adecuada debe tener en cuenta la resistencia mecánica, factores asociados a la fabricación y puesta en obra, así como el tipo de ambiente a que estará sometido.

Los materiales se mezclan en camiones llamados mixers los mismos que tienen como finalidad conseguir un hormigón homogéneo de todos los componentes. El árido debe quedar bien envuelto por la pasta de cemento. Posteriormente el producto se debe transportar al lugar de la obra de forma que no varíe la calidad del material.

Podemos clasificar las plantas de fabricación según su ubicación y el tipo de proceso que realiza las clasificaciones como menciona [1]:

3.1.1 Plantas Horizontales

Plantas horizontales diseñadas modularmente para transportarlas, montarlas y ponerlas en marcha de una forma sencilla. Flexible en cuanto al número de áridos y cemento que se determinan en función de las necesidades del cliente.

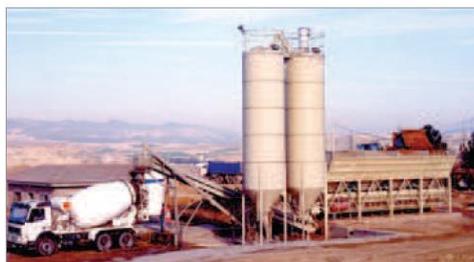


Figura 3. 1. Planta tipo horizontal.

Fuente: [2]

Disponibilidad para colocar los tanques de almacenamiento en alto con descarga directa del cemento sobre la hormigonera o realizando un transporte mediante una banda o tornillo sin fin , quedando una planta más fácil de transportar.

3.1.2 Plantas torre

Estas plantas, por el almacenamiento en vertical de los áridos, permiten un proceso rápido de pesado y alimentación de la mezcladora reduciendo los elementos móviles. Pueden disponer de una o dos mezcladoras trabajando simultanea o alternativamente con distintos tipos de hormigón, dándole una gran operatividad.



Figura 3. 2. Plantas tipo torre.

Fuente: [3]

3.2 Instalaciones para el prefabricado.

Las plantas para el prefabricado se diseñan, desarrollan y ejecutan en función de las necesidades de cada cliente, producto a fabricar, espacio físico, proceso de producción.

Se personalizan incorporando en cada caso los componentes específicos de la tecnología más avanzada, tanto mecánicos como electrónicos, para la elaboración de un hormigón de alta calidad. El correcto almacenaje de los distintos componentes, dosificación precisa de cada uno de ellos (áridos, cementos, todo tipo de aditivos, resinas, colorantes, fibras, etc.), control de la humedad de los áridos y de la consistencia del hormigón junto a un mezclado homogéneo y rápido de todo tipo de hormigones, la distribución del mismo hasta los distintos puntos de trabajo, si fuese necesario, y una correcta gestión informatizada del producto, son algunas de las

características que nos identifican. Mezcladoras para ciclos de mezclado desde 250 hasta 3.000 litros nos permiten abarcar toda la gama de productos y producciones.

3.2.1 Propiedades generales

El hormigón presenta dos estados fundamentales como se menciona en [2] desde los puntos de vista prácticos. El estado fresco o plástico en el que admite ser manipulado para su adaptación a los encofrados previstos y el estado endurecido en el que ha adquirido una rigidez tal que impide su manipulación sin producir fracturas visibles o no irreversibles. Estos estados son sinónimos de las fases de colocación en obra y de uso.

3.2.2 Propiedades del hormigón fresco

El hormigón fresco es el producto inmediato del amasado de sus componentes. Desde el primer momento se están produciendo en su masa reacciones químicas que condicionan sus características finales como material endurecido. Reacciones que se prolongan sustancialmente hasta un años después de su amasado. El hormigón fresco es una masa heterogénea de fases sólidas, líquidas y gaseosas que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado.

Las propiedades fundamentales de este estado del hormigón son las siguientes:

- Consistencia.
- Docilidad.
- Homogeneidad.
- Masa específica.

3.2.3 Propiedades del hormigón endurecido

El carácter de hormigón endurecido lo adquiere el hormigón a partir del final de fraguado. El hormigón endurecido se compone del árido, la pasta de cemento endurecido (que incluye el agua que ha reaccionado con los compuestos del cemento) y las redes de poros abiertos o cerrados resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido (natural o provocado por un aditivo). Las propiedades del hormigón endurecido son:

- La densidad
- Compacidad
- Permeabilidad
- Resistencia

- Dureza
- Retracción

3.3 Agua para dosificación de hormigón

Los distintos tipos de impurezas que pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del hormigón y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

3.3.1 Agua de mezclado

En [4] el agua de mezclado, está compuesta por el agua agregada al elaborar un pastón más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, siendo sus principales funciones:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación.
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la forma de trabajo sobre la mezcla fresca.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

La cantidad de agua necesaria para una adecuada la forma de trabajo del hormigón, siempre es mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento (22-25 %). Es muy importante el aspecto cuantitativo del agua de mezclado, pero en este capítulo solo se tratará el aspecto cualitativo: la calidad y cantidad de impurezas aceptables para la elaboración del hormigón.

La norma IRAM 1601 establece que la aptitud del agua depende de su origen. Pueden distinguirse las aguas aptas, pero sujetas a verificación por ensayo: agua potable, agua recuperada de procesos de la industria del hormigón, agua procedente de fuentes subterráneas, agua de lluvia, agua superficial natural, aguas residuales industriales, agua de mar y agua con reemplazo parcial (agua mezcla) y las aguas no aptas, excepto que sean tratadas como el agua residual.

3.3.2 Dosificación de hormigones

Como menciona el científico inglés en [5] Los métodos de dosificación de hormigones tienen por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar a los diferentes componentes de

los mismos para conseguir mezclas que posean determinadas características de consistencia, compacidad, resistencia, durabilidad.

El cálculo teórico de las proporciones en que hay que mezclar a los componentes no exime de la comprobación experimental para la puesta a punto de la composición a adoptar. Esto es debido a que ningún método de dosificación puede tener en cuenta la gran cantidad de factores que influyen en las propiedades del hormigón a conseguir.

No existe un método único de dosificación, sino que, dependiendo de las condiciones que deba reunir el hormigón, el proyectista podrá elegir uno entre varios de los muchos existentes y los resultados que se consigan con él serán buenos cuando éste se haya elegido convenientemente y se hayan realizado las correcciones oportunas mediante masas de prueba.

La cantidad mínima de cemento y la máxima relación agua/cemento serán las establecidas en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1. Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASES DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	Illa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima relación a/c	Masa	0,65	---	---	---	---	---	---	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Pretensada	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo contenido de cemento (kg/m ³)	Masa	200	200	---	---	---	---	---	275	300	325	275	300	275
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensada	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Fuente: [4].

- La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kg. En casos excepcionales, previa justificación experimental y autorización expresa de la Dirección de Obra, se podrá superar dicho límite.
- En el caso de utilización de adiciones, los contenidos de cemento no podrán ser inferiores a 200, 250 ó 275 kg/m³, según se trate de hormigón en masa, armado o pretensado, respectivamente.

- Las resistencias mínimas en función del tipo de ambiente al que va a estar expuesto el hormigón serán las mostradas en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2. Resistencias mínimas compatibles con los requisitos de durabilidad.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	Illa	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Resistencia mínima(N/mm ²)	Masa	20	---	---	---	----	---	---	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Fuente: [4].

2.8.3.1 Relación de la resistencia del hormigón y la cantidad de agua a utilizar.

Tabla 3. 3. Relación de resistencia y cantidad de Agua para la producción de la empresa Hormigones Ecuador.

Resistencia de hormigón	Cantidad de agua
140	195 litros por m^3
180	200 litros por m^3
210	209 litros por m^3
240	210 litros por m^3
280	213 litros por m^3
300	216 litros por m^3
350	217 litros por m^3

Fuente: [6]

3.4 Propiedades del fluido

3.4.1 Densidad

La densidad de una sustancia homogénea es una propiedad física que la caracteriza y está definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia que se trate. Esta propiedad depende de la temperatura, por lo que al medir la densidad de una sustancia se debe considerar

la temperatura a la cual se realiza la medición. En el caso de sustancias no homogéneas lo que obtenemos al dividir la masa y el volumen es la densidad promedio.

3.4.2 Viscosidad

La propiedad más importante del fluido hidráulico, es una medida de la fricción interna o de la resistencia del fluido. Una viscosidad baja significa un incremento en las pérdidas por escurrimiento y una alta viscosidad implica una operación lenta. En los sistemas hidráulicos, las viscosidades disponibles están limitadas por las características de operación de la bomba, motor y válvulas, tanto como las temperaturas del ambiente y de operación. La viscosidad de un líquido decrece con la temperatura.

La viscosidad se mide mediante la observación del tiempo requerido por un cierto volumen del líquido, en ciertas condiciones.

3.5 Accesorios para redes de agua

Para el diseño de redes de agua es necesario establecer accesorios indispensables de acuerdo a las necesidades a solucionar es por ello que se analizará los diferentes tipos de accesorios para una red de agua.

3.5.1 Tuberías para redes de agua

Las tuberías de alimentación de agua son imprescindibles para conducir el agua a cualquier punto que se necesite. Para la correcta instalación se necesitan los tubos adecuados, el diámetro, si la instalación es interior o exterior, si va a conducir agua fría, caliente o ambas, y si está previsto que quede oculta o a la vista son algunos de los aspectos que debes tener en cuenta en la elección. Es por ello que las especificaciones consideradas se mencionan [3].

Para llevar a cabo el diseño de las tuberías que componen las distintas líneas de proceso se dividirán éstas en tramos, cada uno de los cuales estará formado por la porción de línea comprendida entre dos equipos consecutivos. De esta forma los diferentes aspectos a calcular (diámetro óptimo de la conducción, pérdidas de carga, etc.) se evaluarán independientemente para cada uno de estos tramos. La definición y descripción de los diferentes tramos de tubería se realizará sobre el correspondiente diagrama de flujo, usándose para designar cada uno de ellos los nombres de los equipos que constituyen su principio y su final.

3.5.2 Accesorios complementarios para redes de agua

Los accesorios son un conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que se unen a las tuberías o equipos del proceso para asegurar la correcta unión y distribución. Los accesorios se clasifican en distintos grupos según la función que desempeñan en el circuito. Las características a tener en cuenta según [3] son: diámetro nominal, material de fabricación, resistencia, espesor y dimensión del accesorio. Los accesorios más utilizados en las plantas industriales son:

Te (T): Accesorio en forma de T que permite realizar una conexión a tres bandas. También llamada racor en T. Los diámetros de las distintas salidas pueden ser del mismo tamaño o distintos.

Codo (C): Accesorio de tubería que tiene una curva a X grados, empleada para desviar la dirección recta de la misma.

Filtros (F): accesorios de seguridad que permiten retener y controlar la contaminación de posibles partículas no deseadas. También contribuyen en la vida útil de los equipos de sistema.

Expansiones/Reducciones (E/R): accesorios de forma cónica que permiten aumentar o disminuir el diámetro de las tuberías según las necesidades de cada tramo. Hay 2 tipos de reducciones; las concéntricas y las excéntricas. En el primer caso el diámetro grande y el pequeño tal y como indica su nombre son concéntricos. En el segundo caso los diámetros son excéntricos. Este último tipo es muy utilizado para evitar las bolsas de agua en las bombas (con una reducción excéntrica ayudamos a que la bomba no pierda NPSH).



Figura 3. 3. Accesorios PVC, serie mixta para encolar y enroscar.

Fuente: [7]

3.6 Principios para el diseño de tuberías

Como menciona [8] para llevar a cabo el diseño de las tuberías que componen las distintas líneas de proceso se dividirá éstas en tramos, cada uno de los cuales estará formado por la porción de línea comprendida entre dos equipos consecutivos. De esta forma los diferentes aspectos a calcular (diámetro óptimo de la conducción, pérdidas de carga, etc.) se evaluarán independientemente para cada uno de estos tramos. La definición y descripción de los diferentes tramos de tubería se realizará sobre el correspondiente diagrama de flujo, usándose para designar cada uno de ellos los nombres de los equipos que constituyen su principio y su final.

Los valores aproximados que se usan en la práctica dependen del tipo de fluido que se trate, pero los más corrientes se recogen en la Tabla 3.4:

Tabla 3. 4. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.

Fluido	Tipo de fluido	Velocidad	
		Ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0,5-1	0,15-0,30
	Entrada de bomba	1-3	0,3-0,9
	Salida de bomba	4-10	1.2-3
	Línea de conducción	4-8	1,2-2,4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0,2-0,5	0,06-0,15
	Salida de bomba	0,5-2	0,15-0,6
Vapor de agua		30-50	9-15
Aire o gas		30-100	9-30

Fuente: [7]

Así, para un caudal determinado del fluido al bombear, imponiendo la velocidad máxima del mismo, se determina de forma inmediata el diámetro mínimo de la conducción. Deberá escogerse, en cualquier caso, el diámetro normalizado inmediatamente superior a dicho valor mínimo. Dicho valor es lo que se conoce como el diámetro óptimo de la conducción, pues

representa el menor coste posible, cumpliendo las exigencias en cuanto a la velocidad de máxima de circulación del fluido por la misma.

Otros aspectos que deben tomarse en consideración en el diseño y cálculo de tubería de succión son los siguientes:

- En la extremidad de la tubería de succión debe ser instalada una rejilla, con un área libre de los orificios de la criba de 2 a 4 veces la sección de la tubería de succión.
- En el caso de que no se disponga de otro medio de cebar la bomba, deberá ser prevista la utilización de válvula de pie en la extremidad de la tubería de succión.
- Cuando el diámetro de la tubería de succión es mayor que el de admisión de la bomba, la conexión debe realizarse por medio de una reducción excéntrica con su parte superior horizontal a fin de evitar la formación de bolsas de aire.
- En tuberías de succión verticales, las reducciones serán concéntricas.
- La tubería de succión generalmente tiene un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de descarga.
- En una tubería de succión con presión positiva debe instalarse una válvula de compuerta.
- En una tubería de succión que no trabaje con presión positiva debe instalarse una válvula de retención en su extremo inferior para evitar el cebado.

3.7 Bomba centrífuga

La bomba de una instalación hidráulica de una empresa de hormigón que tiene la función de hacer circular el agua desde el equipo hasta el terminal de uso. Para ello la bomba debe suministrar un caudal de agua cuya presión sea suficiente para vencer las resistencias a lo largo del circuito de distribución. Se analizará el comportamiento de las bombas centrífugas, que son las más utilizadas en este tipo de aplicaciones.

Los fabricantes suministran gráficos con las características de las bombas, determinadas de forma experimental como se menciona en [9]

Elementos de una bomba centrífuga

Los elementos constructivos que la conforman consideradas en [10]:

- a) Una tubería de aspiración.

- b) El impulsor o rodete, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

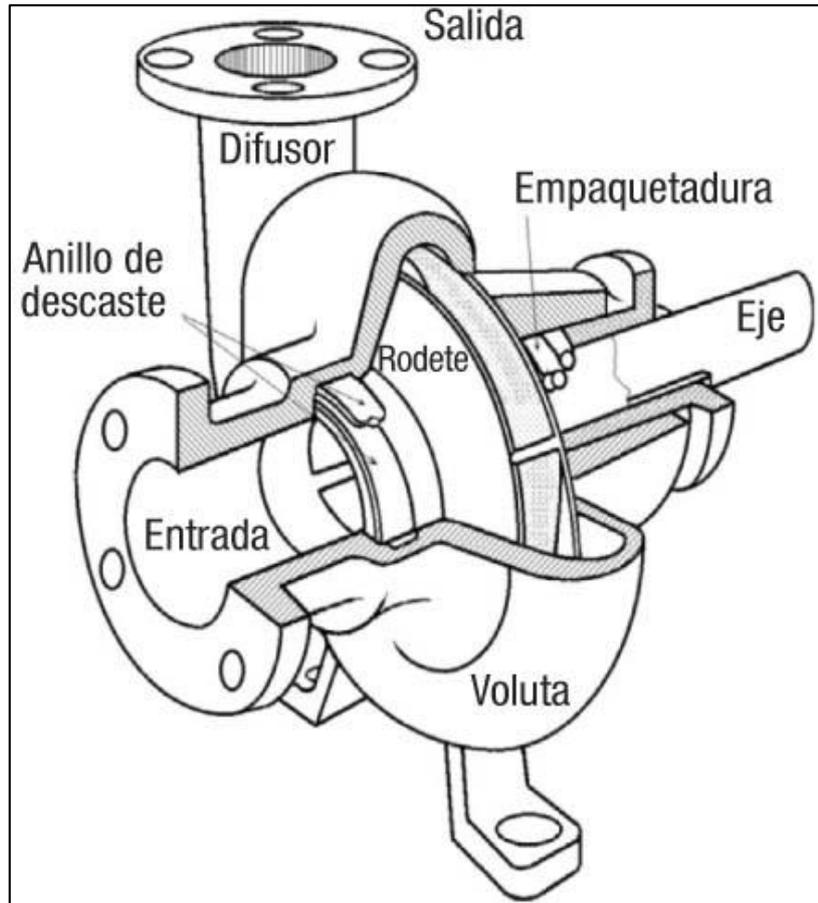


Figura 3. 4. Partes de una bomba centrífuga.

Fuente: [7]

- c) Difusor. - El difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba. El difusor está formado por unos álabes fijos divergentes, que, al incrementarse la sección de la carcasa, la velocidad del agua irá disminuyendo lo que contribuye a transformar la energía cinética en energía de presión, mejorando el rendimiento de la bomba.
- d) Eje. - Es una pieza en forma de barra de sección circular no uniforme que se fija rígidamente sobre el impulsor y le transmite la fuerza del elemento motor. Las bombas centrífugas para agua se clasifican atendiendo a la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical. Según el número de rodetes.

3.7.1 Principios básicos de las bombas centrífugas

Son dos los tipos de bombas que se utilizan en instalaciones de proceso, pero por el tipo de trabajo hemos optado por las bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas cuentan con una gran variedad de aplicaciones como menciona [11]. Están especialmente indicadas para el manejo de productos de baja viscosidad, no siendo aptas para líquidos fuertemente aireados. Este tipo de bomba es el que se debe utilizar siempre que la aplicación concreta lo permita, ya que es la más barata en cuanto a compra, operación y mantenimiento, y también la más adaptable a diferentes condiciones de operación. Se recurrirá a ella para el bombeo de todo tipo de líquidos de relativamente baja viscosidad y que no requieran un tratamiento particularmente suave.

Algunos conceptos importantes para el cálculo de bombas, son:

Altura total de aspiración: Representa la presión a la entrada de la bomba. Es la suma algebraica de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre del líquido al eje de la bomba), presión existente sobre el líquido y pérdidas de carga por rozamiento de la tubería de aspiración. Los dos primeros sumandos pueden ser positivos o negativos, pero el tercero es siempre negativo.

Altura total de impulsión: Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión pérdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción.

La diferencia entre las alturas totales de impulsión y de aspiración es la carga de la bomba, es decir, la energía que ha de ser conferida al fluido.

Elección del modelo de bomba adecuado.

Para seleccionar una bomba se considera parámetros que se menciona en [12] para la selección del modelo adecuado de bomba (una vez establecido el tipo de ésta) se recurrirá a las llamadas curvas características de la bomba, aportadas por el fabricante de las mismas. Se necesitan tres curvas diferentes:

- Las de caudal y carga de la bomba, llamadas curvas QH
- Las de potencia del motor necesario, kW
- Las de Carga Positiva Neta de Aspiración Requerida (NPSHr)

El modo de proceder, en el caso de las bombas centrífugas, para el empleo de estas curvas es el siguiente:

- a. Conocer el fluido a bombear, la temperatura de bombeo y las propiedades físicas del fluido (densidad y viscosidad) a dicha temperatura.
- b. Establecer el caudal volumétrico a desarrollar.
- c. Conocer la carga de la bomba, para lo que hay que determinar previamente las alturas totales de impulsión y aspiración.
- d. Con la carga y el caudal que se precisan se ha de acudir a la curva QH y, fijando estas dos magnitudes, determinar el diámetro del rodete, que en caso de no resultar un valor exacto nos llevaría a escoger el valor mayor más cercano.
- e. Finalmente, y en la curva de NPSHr se determina dicho valor, para el caudal desarrollado.

3.8 Sistemas de control

El control automático desempeña un papel importante en los procesos de manufactura como se menciona en [13], industriales, navales, aeroespaciales, robótica, biológicos, etc. Va ligado a prácticamente todas las ingenierías (eléctrica, electrónica, mecánica, sistemas, industrial, química, etc) conceptos básicos de sistemas de control

Planta: se designa como planta a cualquier objeto físico que ha de ser controlado En forma más general, la planta es la instalación de un sistema destinada a realizar un proceso determinado.

Proceso: es una operación progresivamente continua, caracterizada por una serie de cambios graduales con tendencia a producir un resultado final de un objetivo determinado. En adelante, se entenderá por proceso cualquier operación que se vaya a controlar.

Sistema: es el conjunto de elementos interconectados y organizados en iteración dinámica operando con un objetivo determinado.

Entrada: se entiende como entrada o estímulo una señal de excitación que se aplica a un sistema de control. Las hay de referencia y de perturbación.

- **La referencia** es aquella que se aplica a voluntad del usuario con el fin de encontrar una respuesta deseada.

- **La perturbación** es una señal de entrada no deseada y no previsible que afecta adversamente el valor de la salida del sistema, éstas pueden tener origen interno (generada por la misma planta) o externo.

Salida: se define como la respuesta de un sistema a un estímulo dado (variable controlada).

Control: desde el punto de vista de ingeniería se define como la regulación en forma predeterminada de la energía suministrada al sistema, buscando un comportamiento deseado del mismo.

Los tipos de sistemas de control más comunes son los sistemas de control a lazo abierto y los sistemas de control a lazo cerrado como menciona [14]

3.8.1 Sistema de control a lazo abierto:

Es aquel sistema de control en el que la salida no es afectada por la señal de entrada. La salida no se realimenta para compararla con la entrada.

Los elementos de un sistema a lazo abierto usualmente están divididos en dos partes, el controlador y el proceso controlado, véase la Figura 3.5:

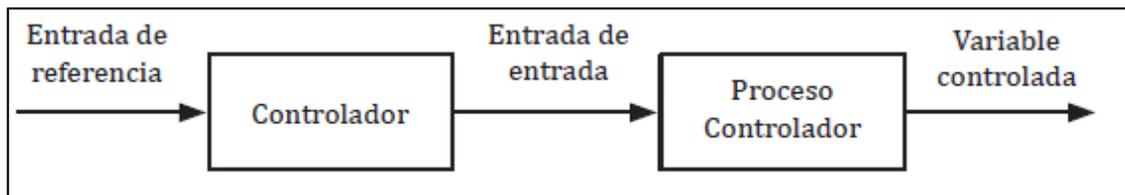


Figura 3. 5. Elementos del sistema de control de lazo abierto

Fuente: [14]

3.8.2 Sistema de control a lazo cerrado (control realimentado):

En el sistema de control a lazo cerrado, el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, como menciona en [15], es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. Véase la Figura 3.6:

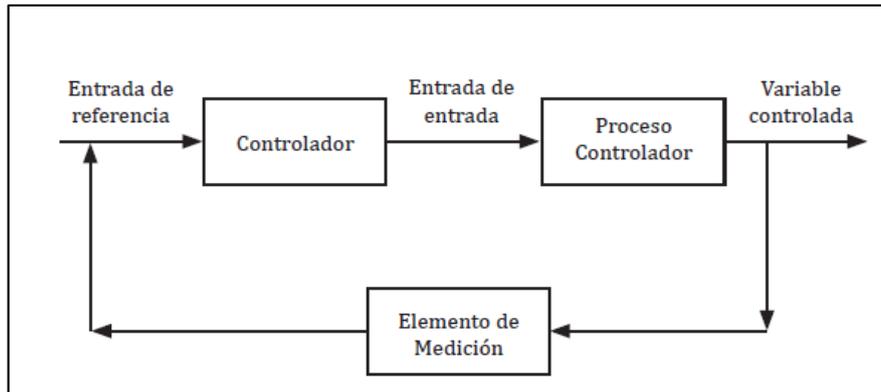


Figura 3. 6. Sistema de control de lazo cerrado

Fuente: [14]

Una de las ventajas importantes que presenta este tipo de sistema de control es que se hace insensible a las perturbaciones y mantiene su exactitud; de la comparación de la señal realimentada y la señal de entrada resulta la señal de error, la que es minimizada con la acción de control. Sus principios son aplicables a sistemas que presentan perturbaciones o variaciones imprevisibles en los componentes del sistema.

El sistema de lazo cerrado corregidos por los PID son importantes ya que controlan procesos rápidos y disminuye su cómo menciona [16] la estructura de un controlador PID es simple, aunque su simpleza es también su debilidad, dado que limita el rango de plantas donde pueden controlar en forma satisfactoria.

3.9 Controlador lógico programable (PLC)

Los controladores lógicos programables son elementos que nos permiten establecer una interfaz de comunicación entre sensores o elementos para mejorar los diferentes procesos automatizados.

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos define que un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos como menciona en [17].

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez.

3.10 Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como puede ser un ordenador. En el caso de los PLCs, los lenguajes de programación surgieron junto al mismo tiempo que la aparición del primer PLC, en 1968. Así se explica porque no se utilizaron para este fin. Los lenguajes de programación de alto nivel como Pascal y C y, en su lugar, se emplearon otros lenguajes más simples y fáciles de entender, como podremos ver a continuación.

Fue la tercera parte de la norma estándar IEC 61131, el que consideró estos lenguajes para la programación de los PLCs. Este estándar se ha designado como IEC 61131-3 aunque solía ser designado como IEC 1131, antes de que el sistema de numeración cambiase por la comisión internacional electrotécnica. De este modo se definieron los siguientes cinco lenguajes:

Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC) – un lenguaje de bloques de funciones secuenciales.

Diagrama de Bloques de Funciones (FBD) – un lenguaje de diagramas de bloques secuenciales.

Diagramas de Tipo Escalera (LAD) – un lenguaje de diagramas de relés (denominado de tipo escalera).

Texto Estructurado (ST) – un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal).

Lista de instrucciones (IL o STL) – lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

En resumen, los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales (SFC, FBD y LAD) admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Sin embargo, los escritos (ST e IL o STL) son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar. Los programadores de PLC poseen formación en múltiples disciplinas y esto determina que exista diversidad de lenguajes. Los programadores de aplicaciones familiarizados con controladores con el área industrial prefieren lenguajes visuales, por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática optan, inicialmente por los lenguajes escritos.

3.10.1 Características y funciones básicas de los lenguajes de programación

A continuación, se expondrán las características y funciones más básicas de este tipo de lenguajes, así como un extracto representativo de los lenguajes antes mencionados como manifiesta en [18]

3.10.2 Diagrama de bloques de función (FBD)

Este segundo lenguaje de programación es también de tipo gráfico y permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana. FBD proviene del campo del procesamiento de la señal y su utilización es conveniente cuando no hay ciclos, pero existen, sin embargo, varias ramas en el programa a crear. Se trata de un lenguaje de alto nivel que permite resumir funciones básicas en bloques de modo que el usuario solo se preocupa por una programación funcional de su rutina. De este modo, es ideal para usuarios que no tengan habilidades avanzadas en programación y para aquellos procesos de baja complejidad

Actualmente es un lenguaje muy popular y muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados.

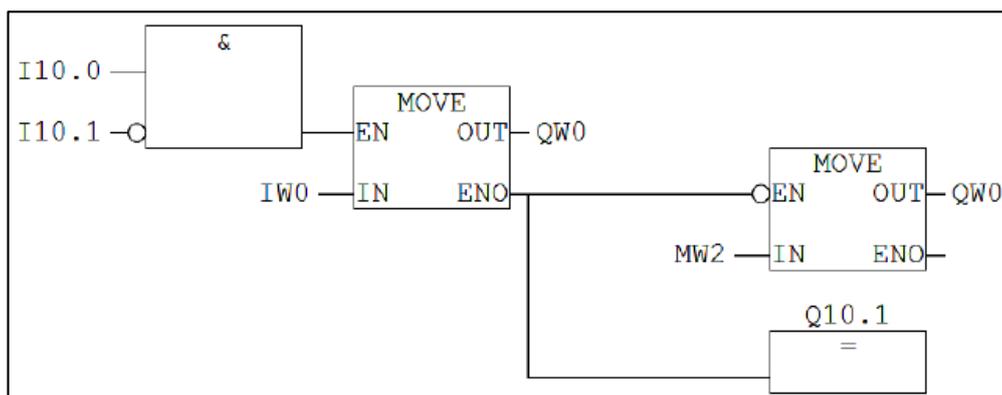


Figura 3. 7. Ejemplo de lenguaje FBD del step 7.

Fuente: [19].

3.10.3 Diagrama de tipo escalera (LAD)

Este tercer tipo de lenguaje es también un lenguaje gráfico, que pueden soportar casi todos los PLCs. Se trata de una conexión gráfica entre variables de tipo Booleano, comparable a los antiguos controladores de tipo relé, donde se representa el flujo de energía en diagramas de circuitos eléctricos. Así, este lenguaje de programación se utiliza para la mayoría de las señales Booleanas y prácticamente no se utiliza para trabajar con variables analógicas.

Dentro de sus características principales se encuentra el uso de barras de alimentación y elementos de enlace y estados (ej. flujo de energía); la posibilidad de utilizar contactos, bovinas y bloques funcionales; así como de evaluar las redes en orden, de arriba abajo o de izquierda a derecha. Se trata de uno de los lenguajes más utilizados en la industria debido a su simplicidad, soportado, disponibilidad y legado.

La estructura es simple, los denominados buses o relés rodean una red LD por la izquierda y por la derecha. Para el bus de la izquierda, suministrado con la señal lógica “1”, “la energía” llega a todos los elementos conectados. Dependiendo de su condición, los elementos dejan ir la energía hasta los siguientes elementos o interrumpen el flujo.

Para STEP 7, este lenguaje se conoce como LAD (Ladder Logic). Además, la siguiente figura muestra un ejemplo de un programa de este tipo:

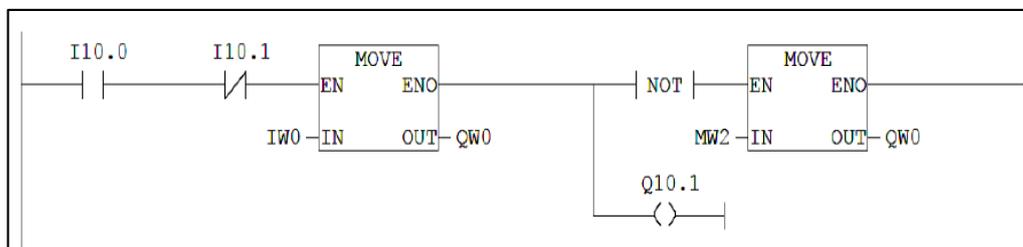


Figura 3. 8. Extracto de programa realizado con lenguaje de tipo LAD.

Fuente: [19]

3.11 Sensores de nivel

El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente. Para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

Se realiza la clasificación de sensores de nivel según las propiedades eléctricas como se refiere [20] del producto a medir en tres tipos definidos a continuación.

3.11.1 Interruptores de flotado

En estos sensores de nivel de punto, un flotador magnético se mueve en la superficie del líquido, accionando un sellado herméticamente "reed switch, interruptor de láminas" en el tallo. El simple mantenimiento hace que se instale fácilmente, minimiza el impacto, la vibración y la presión, y trabaja con una gran variedad de medios de comunicación. El interruptor de láminas puede ser unipolar, (SPST) de un solo polo, o de doble tiro (SPDT). Son los más Sensor de nivel de agua más utilizados.

3.11.2 Sensor de nivel Ultrasónico sin contacto

Los niveles de ultrasonidos emiten una onda que llega hasta la superficie del líquido y rebota hasta volver a llegar al sensor de nivel. El tiempo que tarda la onda en ir y venir determinará la distancia entre sensor y altura, que, restando de la altura total, ofrecerá la altura del líquido, generalmente trabajan a 20 o 40 kHz. Ofrecen la ventaja de que no hay partes inmersas en el líquido y su colocación es muy sencilla. Pueden presentar problemas cuando los líquidos forman espumas o la geometría del depósito genera ecos que perturban la señal de la lámina de líquido.

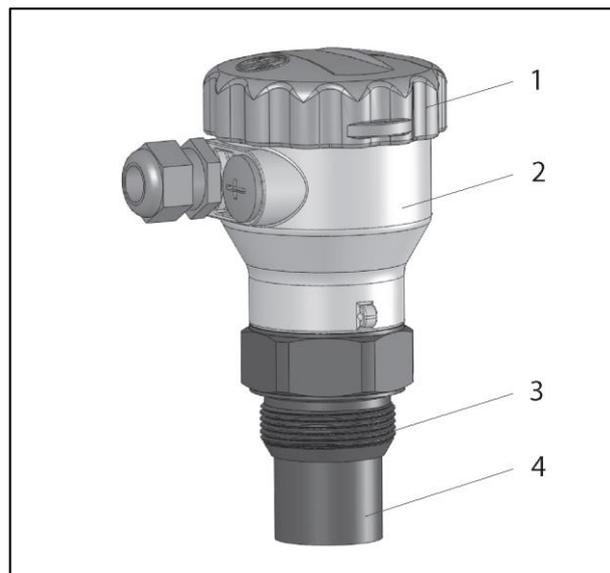


Figura 3. 9. Sensor Ultrasónico

Fuente: [21]

Donde:

1. Tapa de la carcasa

2. Cabezal de conexión
3. Conexión al proceso
4. Carcasa del sensor

3.11.3 Sensor de nivel ultrasónico de contacto

Funciona en líquidos conductores de la electricidad y detectan el cierre de un circuito eléctrico. Se suelen emplear como medidores discretos por puntos. Se colocan dos electrodos a la altura que se desea controlar. Un electrodo está conectado al negativo de una pila y otro al positivo. Cuando el líquido baña ambos electrodos, se cierra el circuito eléctrico, detectándose, de esta manera, que el líquido ha alcanzado este nivel. Son muy sencillos y económicos. El principal inconveniente es que no todos los líquidos conducen la electricidad, lo que restringe el ámbito de aplicación de esta tecnología.

3.11.4 Sensor de nivel capacitivo

Funcionan midiendo las variaciones de la capacitancia de una sonda introducida en el líquido del cual se quiere medir el nivel. La constante dieléctrica del líquido es diferente de la del aire; midiendo la cantidad de carga eléctrica en la sonda se establece la altura del líquido. Los medidores de nivel capacitivos ofrecen la ventaja de no tener partes móviles.

3.12 Electroválvulas

Una electroválvula está compuesta por dos partes:

1. Una cabeza magnética constituida principalmente por una bobina, tubo, culata, anillo de desfasado, resorte(s).
2. Un cuerpo, con orificios de racordaje, obturados por clapet, membrana, pistón, etc. según el tipo de tecnología empleada.

La apertura y el cierre de la electroválvula está unida a la posición del núcleo móvil que se desplaza bajo el efecto del campo magnético provocado por la puesta con tensión de la bobina.

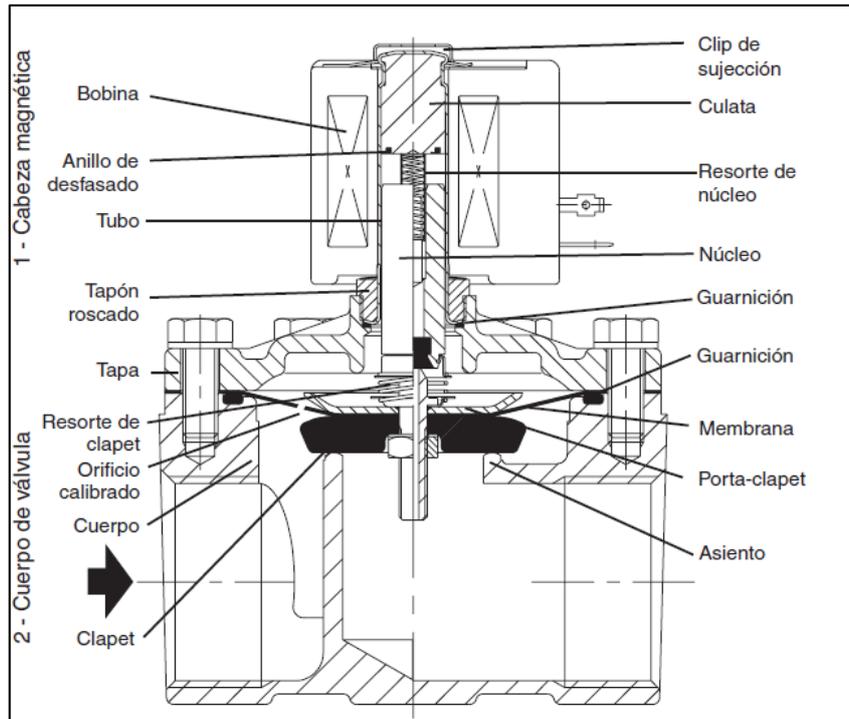


Figura 3. 10. Partes y terminología de la electroválvula.

Fuente: [22].

3.12.1 Partes

A continuación, se establecerá conceptos básicos de las partes de una electroválvula como se menciona en [23]

Anillo de desfasado. - Anillo situado en la parte inferior de la culata por encima del núcleo móvil y que sirve en corriente alterna para limitar las vibraciones. Los más frecuentes son de cobre, pero existen también en plata. Las versiones en corriente continua pueden no llevar anillo de desfasado.

Bobina. - Parte eléctrica, destinada a crear un campo magnético, compuesta por un cilindro de hilos de cobre enrollado y aislado. La bobina se mantiene en posición en el tubo mediante un clip.

Clapet. - Provisto de una guarnición de estanquidad, su función es cerrar el orificio principal.

Tapón roscado. - Pieza intermedia generalmente atornillada que contiene la cabeza magnética y permite la adaptación directa en una tapa o en un cuerpo de válvula.

Tapa. - Gualdera fijada con tornillos en ciertos cuerpos de válvula para recibir el conjunto cabeza magnética y sujeta las piezas internas.

Culata. - Peso metálico situado en el extremo del tubo que tiene como función mejorar el campo magnético durante el funcionamiento.

Núcleo. - Cilindro, de bajo magnetismo residual, desplazado por la fuerza electromagnética.

Orificio calibrado. - Asegura el cierre de la electroválvula mediante presencia permanente de la presión de entrada o entrada por encima de la membrana o del pistón.

Orificio piloto. -Situado en el centro de la membrana, se cierra por la guarnición de estanquidad montada en el núcleo.

Porta-clapet. -Parte accionada por el núcleo móvil y que contiene el clapet.

Resorte de clapet. -Se monta sobre el núcleo y asegura un cierre positivo del clapet.

Resorte de núcleo. Resorte de mantenimiento de la posición del núcleo móvil en ausencia de alimentación de la bobina.

Asiento. -Parte del cuerpo de válvula en la que la guarnición del clapet asegura la estanquidad.

Tubo. - Sirve de guía al núcleo móvil que se desplaza por la fuerza electromagnética generada por la bobina (de latón o acero inox.).

3.12.2 Características generales

Las electroválvulas a ser dispositivos electrónicos necesitan de consideraciones específicas para su selección además de ello poder desarrollar un interfaz entre elementos es por ello que a continuación se van a describir características fundamentales para consideración de una electroválvula.

Caudal

El caudal está indicado por el coeficiente de circulación Kv representando la cantidad de agua, expresada en m^3/h que pasa por la electroválvula con una pérdida de carga de 1 bar y una temperatura comprendida entre 5°C y 30°C (Normas EN 60730-2-8).

Tiempo de respuesta

El tiempo que pasa entre la excitación (o la no excitación) de una electroválvula y su cambio de estado total, de cerrado a abierto y viceversa, varía en función de diferentes parámetros. Particularmente el tipo de señal eléctrica aplicada, las características del fluido, la presión, las dimensiones de la válvula y partes móviles y el tipo de accionamiento son todos factores que

influyen en el tiempo de respuesta. En lo relativo a las electroválvulas de la serie “L”, el tiempo de respuesta puede ser evaluado en algunas decenas de milisegundos para las versiones de mando directo y en centenas (en algunos casos en millares) de milisegundos para los modelos de mando asistida

3.13 Hipótesis o formulación de la pregunta científica

El sistema automatizado de aprovechamiento transporte y control de agua del tanque de almacenamiento incrementara la eficiencia y el tiempo de producción de la empresa Hormigones Ecuador.

4. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se va a fundamentar la selección y operación de las variables principales de estudio, además identificar los métodos para el diseño de bombeo de agua para una Hormigonera y los parámetros de la automatización del mismo sistema con la finalidad de aprovechar y controlar el consumo de agua bajo un régimen de trabajo ideal en la empresa Hormigones Ecuador.

4.1 Características técnicas a considerar del sistema

Para el diseño de red se consideró varios tramos los mismos que toman en cuenta características de instalación además del comportamiento del fluido para ello es importante características como diámetro, temperatura, densidad, etc.

Para las velocidades del fluido en cada tramo, se tomará en cuenta el caudal de la bomba y el diámetro de todos los tramos como en la figura 4.1 se muestra el esquema de diseño de la red.

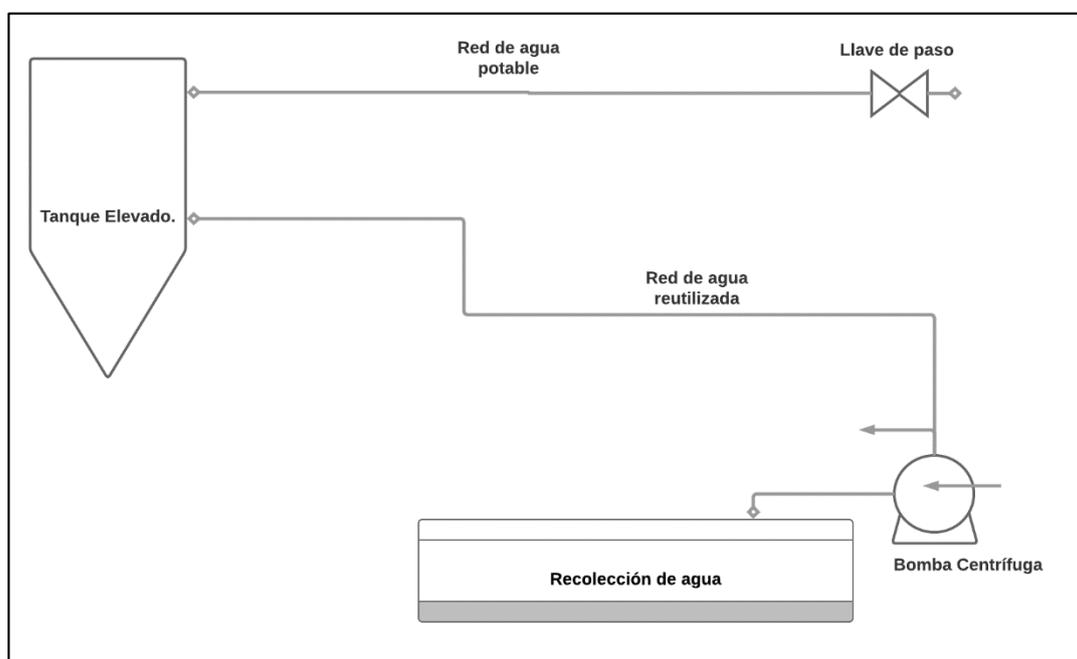


Figura 4. 1. Esquema lineal de la instalación.

Fuente: [10]

4.2 Requisitos de diseño.

- Fuente de abastecimiento de agua: (cisterna de agua), (red de distribución).
- Lugar a donde se impulsará el agua: silo de almacenamiento
- Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Población beneficiada por el proyecto: empresa Hormigones Ecuador.

- Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo.
- Nivel de conocimiento de la población que operara el sistema.

Además, la curva de un sistema de tuberías representa la energía por unidad de peso (carga) que es necesario suministrarle al sistema, para que circulen a través del mismo los caudales que se deseen. Cada punto de la curva representa la carga necesaria H_{nec} , para que circule el caudal Q , que le corresponda.

Para efectuar el cálculo de las tuberías ramificadas, es necesario dividir las en varias simples, luego se hace el cálculo de cada una de éstas y se construyen las curvas de $H_{nec}=f(Q)$.

4.3 Cálculo de tuberías de conexión en serie

Están formadas por varias tuberías una a continuación de la otra.

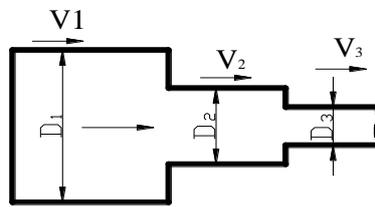


Figura 4. 2. tuberías en serie.

En el caso de tuberías en serie se aplican las fórmulas siguientes:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (4. 1)$$

Donde:

Q = Caudal del sistema en serie.

En efecto:

El caudal que circula por los tramos 1, 2, 3, n de diámetros D_1, D_2, D_3, D_n es el mismo.

La pérdida total es igual a la suma de las pérdidas parciales.

4.4 Cálculo de caudal

Como se menciona en [24], cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo.

$$Q_b = Q_{max.d} \frac{24}{N} \quad (4. 2)$$

Dónde:

Q_b = Caudal de bombeo.(m³/s)

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo diario. (m³/s)

N = Número de horas de bombeo.

4.5 Velocidad del fluido

Para determinar la velocidad del fluido, se emplea la siguiente ecuación.

$$v = \frac{4.Q}{\pi.D^2} \quad (4.3)$$

En la que:

Q = caudal o gasto del fluido (m³/S),

D = diámetro de la tubería (m).

Tabla 3. 5. Velocidades de acuerdo al fluido

Fluido	Tipo de flujo	Velocidades	
		<i>ft/s</i>	<i>m/s</i>
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad.	0.5-1	0.15-0.30
	Entrada de bomba.	1-3	0.3-0.9
	Salida de bomba.	4-10	1.2-3
	Línea de conducción.	4-8	1.2-2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2-0.5	0.06-0.15
	Salida de bomba	0.5-2	0.15-0.6

Fuente: [7]

4.6 Carga dinámica o altura manométrica total

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión:

$$H_b = H_s + H_i \quad (4.4)$$

Dónde:

H_b = Altura dinámica o altura de bombeo. (m)

H_s = Carga de succión.(m)

H_i = Carga de impulsión. (m)

4.7 Carga de succión

Viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo el agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión.

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (4.5)$$

Dónde:

H_s = Altura de succión, esto es, altura de eje de la bomba sobre el nivel inferior de agua. (m)

Δh_s = Perdidas de carga en la succión. (m)

Además, debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.

4.8 Carga neta de succión positiva (NPSH)

Cuando el agua fluye a través de la bomba, la presión en la entrada y en la tubería de succión tiende a disminuir debido a las altas velocidades del flujo. Si la reducción va más allá de la presión de vapor del agua, se producirá la vaporización y se formarán burbujas de vapor en el seno del líquido.

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + h_s + \Delta h_s) \quad (4.6)$$

Dónde:

$NPSH_{disponible}$ = Carga neta de succión positiva disponible. (m)

H_{atm} = Presión atmosférica. (atm)

H_{vap} = Presión de vapor. (atm)

h_s = Altura estática de succión. (m)

Δh_s = Perdida de carga por fricción de accesorio y tubería. (m)

4.9 Carga de impulsión

Está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de las bombas más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión:

$$H_i = h_i + \Delta h_i \quad (4.7)$$

h_i = Altura de impulsión, o sea, la altura de nivel superior en relación de eje de la bomba. (m)

Δh_i = Perdida de carga en la tubería de impulsión. (m)

4.10 Número de Reynolds

El número de Reynolds es el número adimensional

$$R = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} \quad (4.8)$$

Dónde:

D = Diámetro del tubo.(mm)

ρ = Densidad del fluido.(g/ml)

μ = Viscosidad. $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{s}\right)$

v = Velocidad.(m/s)

4.11 Diámetro óptimo de tubería

$$D = 4.263 \sqrt{\frac{Q}{8.9899 \cdot C \cdot \left(\frac{H}{L}\right)^2}} \quad (4.9)$$

Donde:

D = diámetro óptimo de la tubería (mm)

H = altura geométrica (m)

Q = volumen bombeado por segundo (m^3/s)

L = longitud de la tubería (m)

C = "Coeficiente que depende del material y las condiciones de la tubería; se asume" [$C = 135$]

4.12 Diámetro interno de la tubería de succión

$$d = 1,1284 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (4.10)$$

Dónde:

d = Diámetro interno de la tubería de succión (m).

Q = Caudal de bombeo (m^3/s).

V = Velocidad media de succión (m/s).

4.13 Pérdidas de carga en los accesorios

Otro punto dentro del cálculo de las pérdidas de carga son los valores que se obtienen con las conexiones, válvulas, contracciones y demás accesorios que forman parte de las tuberías que forman la línea de agua.

$$h_a = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.11)$$

Dónde:

K = Coeficiente de resistencia de los accesorios.

v = Velocidad del fluido (m/s)

g = Gravedad (m^2/s)

Tabla 4. 1. Correlación para el cálculo de pérdidas de carga a través de accesorios.

Tipo de accesorio	Condición	Formula	
Estrechamiento brusco y gradual	$\theta < 45^\circ$	$K = \frac{0.8 \cdot (\sin \theta/2)(1 - \beta^2)}{\tau^4}$	$\tau = \frac{d_1}{d_2}$
	$45^\circ < \theta < 90^\circ$	$K = \frac{0.5 \cdot \sqrt{(\sin \theta/2)}(1 - \beta^2)}{\tau^4}$	
Ensanchamiento brusco y gradual	$\theta < 45^\circ$	$K = \frac{2.6 \cdot (\sin \theta/2)(1 - \beta^2)^2}{\tau^4}$	
	$45^\circ < \theta < 90^\circ$	$K = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\tau^4}$	
Codo 90°		$K = 30 \cdot fr$	
Codo 45°		$K = 16 \cdot fr$	

Tabla 4. 2. Factor de fricción para cálculo de pérdidas en accesorios.

Accesorios	Diámetro nominal en pulgadas				
	1	1"1/2	2	2" 1/2	
	Valores de K				
Válvula De compuerta abierta	0,18	0,15	0,15	0,14	
Válvula de globo abierta	7,8	7,1	6,5	6,1	
Válvula De retención horizontal (check)	2,3	2,1	1,9	1,8	
Válvula de retención horizontal oscilatoria (check.)	1,2	1,1	1	0,9	
Válvula de pie de disco (de Huso) con colador	9,7	8,8	8	7,6	
codos estándar	90°	0,66	0,63	0,57	0,54
	45°	0,35	0,34	0,3	0,29
	90° radio largo	0,35	0,34	0,3	0,29

Fuente: [7]

4.14 Rendimiento mecánico

Se debe al rozamiento mecánico de los cojinetes y las empaquetaduras del árbol y al rozamiento hidráulico de las superficies externas de la rueda

$$n_{mec} = \frac{N_{int}}{N} \quad (4. 12)$$

Donde:

N : es la potencia suministrada por el árbol de la máquina.

4.15 Velocidad específica

La velocidad específica, n_s es la frecuencia de rotación de la máquina, geoméricamente semejante a la máquina dada, pero con un caudal $Q=1 \text{ m}^3/\text{s}$ y una altura $H=0,102 \text{ m}$ con máximo rendimiento.

$$n_s = 3.65 \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \quad (4. 13)$$

Donde:

n_s = Velocidad específica (m/s)

n = rendimiento

Q = Caudal (m^3/s)

H = Altura (m)

4.16 Propiedades del agua

Densidad del agua:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.14)$$

Donde:

ρ = Densidad del agua (g/ml)

m = Masa del agua (g)

V = Volumen del agua (ml)

Viscosidad del agua

$$\eta = \left[\frac{2(\rho_s - \rho_l)ga^2}{9v} \right] \quad (4.15)$$

Donde:

η = viscosidad del fluido

ρ_s = densidad de la esfera [$\frac{g}{ml}$]

ρ_l = densidad del liquido [$\frac{g}{ml}$]

g = gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

a = radio de la esfera (m)

v = velocidad de la esfera ($\frac{m}{s}$)

Determinación de pH del agua a partir de tiras reactivas

Las tiras de papel indicadoras de pH funcionan de la siguiente manera:

- La tira de papel indicadora se sumerge en alguna disolución química para su examinación
- Al paso de 10 o 15 segundos se podrá comparar el color que obtuvo con la de la escala de colores que mide el pH, de esta manera se sabe el nivel de acidez o alcalinidad de una solución

4.17 Softwares a utilizarse para el diseño del sistema

Los diferentes programas existentes en el medio de la automatización nos ayudan a aplicar los valores de los datos obtenidos de tal manera que se nos facilite demostrar la veracidad de los mismos e indicar la versatilidad de cada uno por lo que se ha considerado dos programas el uno para identificar la curva de la ecuación de transferencia y el otro para obtener las curvas características del comportamiento de la red de agua.

4.17.1 Plumber 3.0 – bombas

Esta plataforma permite tener almacenado en su base de datos infinidad de modelos con las respectivas curvas características de las bombas centrífugas asociadas. Así se podrá simplemente seleccionar la que mejor se adapte al proyecto actual, pues estos modelos en la base de datos, estarán disponibles para todos los proyectos que crees con este software.

La creación de las curvas características de los modelos en la base de datos del programa no se limita a que tengas que introducir uno por uno los valores de altura, eficiencia, NPSH requerido y Potencia manualmente. BOMBAS te ofrece tres métodos para que puedas generar curvas “teóricas” que te permitirán realizar tus análisis hidráulicos sin depender de datos específicos de bombas existentes. Podrás así obtener la curva característica “ideal” que satisface los requerimientos del sistema de bombeo, sin depender de marcas o modelos comerciales.

4.17.2 Matlab

La plataforma de MATLAB está optimizada para resolver problemas científicos y de ingeniería. El lenguaje de MATLAB, basado en matrices, es la forma más natural del mundo para expresar las matemáticas computacionales. Las gráficas integradas facilitan la visualización de los datos y la obtención de información a partir de ellos. Una vasta biblioteca de herramientas integradas le permite empezar a trabajar inmediatamente con algoritmos esenciales para su dominio.

4.18 Métodos de control de densidad y viscosidad

4.18.1 Método de Couette o Hatshek

Consiste en un cilindro suspendido por un filamento elástico, al cual va unido un espejo para determinar el ángulo de torsión en un modelo, o un dinamómetro provisto de una escala en otros modelos. Este cilindro está colocado coaxialmente en un recipiente cilíndrico, donde se encuentra el líquido cuya viscosidad ha de determinarse.

El cilindro exterior gira a velocidad constante y su movimiento es transferido al líquido que a su vez pone en movimiento el cilindro interior en torno de su eje hasta que la fuerza de torsión es equilibrada por la fuerza de fricción. Como el ángulo de torsión es proporcional a la viscosidad, se puede determinar la viscosidad de un líquido, si se conoce la del otro líquido por comparación de los dos ángulos de torsión.

4.18.2 Método de Stokes

El método de STOKES para la obtención de la viscosidad. Es la ley que rige la caída de sólidos esféricos en el seno de un fluido denominada con su nombre.

El método clásico consiste en la medida del intervalo de tiempo de paso de un fluido a través de un tubo capilar. Las pipetas de cristal pueden llegar a tener una reproducibilidad de un 0,1% bajo condiciones ideales, lo que significa que puede sumergirse en un baño no diseñado inicialmente para la medida de la viscosidad, con altos contenidos de sólidos, o muy viscosos. Se muestran dos recipientes conectados por un tubo largo de diámetro pequeño, conocido como tubo capilar el fluido fluye a través del tubo con una velocidad constante, y el sistema pierde energía ocasionando una caída de presión que puede ser medida utilizando un manómetro.

4.19 Matriz de variables de estudio

Tabla 4. 3. Matriz de variables establecidas a partir del estudio del sistema.

Nombre del proceso	Ingresos	Operadores de cambio	Salidas	Análisis de variables		Contexto			
				Entrada	Operadores	Salida	Factores desfavorables		
Transporte del fluido de un punto bajo de succión a un punto de descarga elevado.	Agua de succión	Bomba	Agua en la descarga	Caudal	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia nominal y efectiva de la bomba • Trabajo de la bomba • Presión de succión y descarga de la bomba 	Caudal de salida	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con medidor de caudal. • Mal dimensionamiento de tuberías. • Tanque de almacenamiento sin datos de capacidad máxima. 		
				Flujo másico		Flujo másico de salida			
				Carga estática de succión		Carga estática de descarga			
				Velocidad		Velocidad de salida			
				Temperatura		Temperatura de salida			
				Presión de succión		Presión de descarga			
				Tiempo de entrada		Tiempo de salida			
		Tiempo de vaciado		Tiempo de llenado					
						Caudal		<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de circuito: serie - Trabajo perdido. - Tipo de material. - Longitud. - Diámetro -Número de accesorios - Rugosidad 	Caudal

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo contiene los resultados obtenidos a través de pruebas, cálculos y métodos realizados, los mismos que nos servirán para observar el comportamiento de varias variables a través del análisis de valores obtenidos.

5.1 Propiedades del agua

El estudio del agua se realizó a través de 3 muestras de cada sección tomadas en la zona de la cisterna recicladora la misma que tiene un sistema de limpieza de 3 secciones donde se realizan procesos de separación de partículas que contiene el agua para ser reciclada y transportada al tanque de almacenamiento.

5.1.1. Densidad

La densidad es la propiedad del agua que nos permite visualizar la relación entre la masa y el volumen del líquido.

Tabla 5. 1. Datos de pruebas de comportamiento de la densidad bajo sometimiento de temperaturas en las tres secciones de la cisterna.

TEMPERATURA (°c)	Densidad 1 (g/ml)	Densidad 2 (g/ml)	Densidad 3 (g/ml)
10	0,99	0,98	0,97
25	0,97	0,96	0,95
40	0,96	0,95	0,94

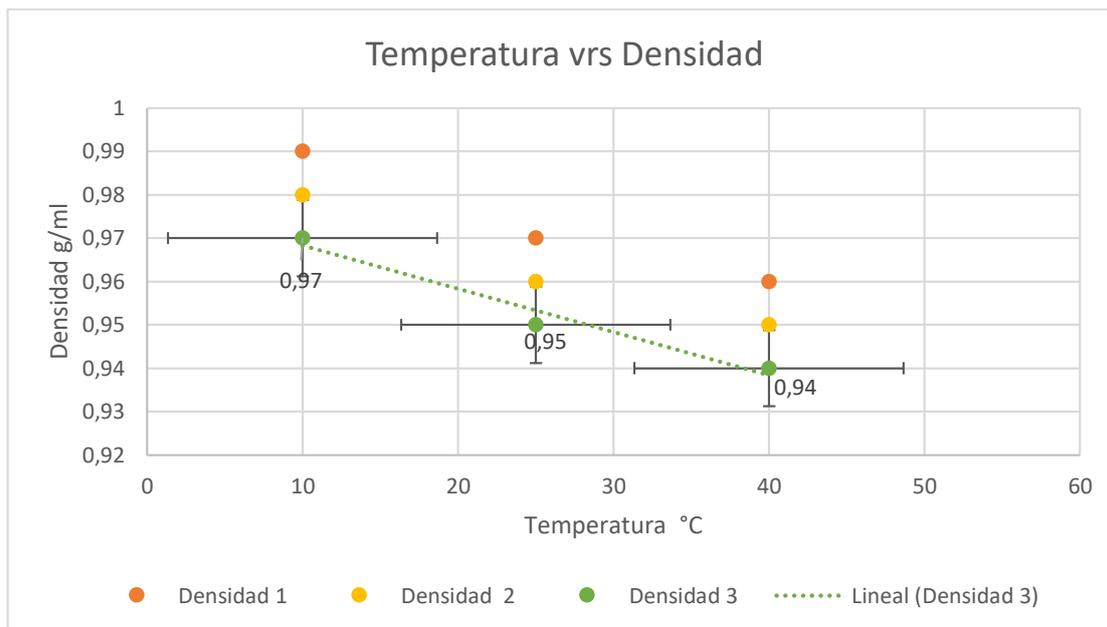


Figura 5. 1. Curva de comportamiento de temperatura versus la densidad en las tres divisiones de la cisterna.

El comportamiento de la densidad del agua en contacto con partículas es estable a los valores de densidad del agua esto nos permite ver que las partículas son despreciables y no afectan en nada a la propiedad del agua, sin embargo, al someterse a pruebas de temperatura la densidad varia ya que es un factor externo el que está actuando sobre el agua.

La densidad del agua tiene un comportamiento estable y la presencia de partículas es menos de esta manera se logra estandarizar los valores normales del agua con relación a la presencia de partículas.

En este punto el agua es estable para el funcionamiento de la bomba y ser transportada con eficiencia desde la cisterna hasta el tanque reciclador, el agua se comporta con el valor de tablas del agua normal.

5.1.2. Viscosidad

La viscosidad se presenta en fluidos en movimiento teniendo la tendencia de oposición hacia un flujo, por en que este parámetro es indispensable para el cálculo del tipo de flujo de la red que es un flujo laminar debido a que va en una dirección constante de transporta donde presenta poca cavitación valuado por el mismo diseño de la red de transporte.

Tabla 5. 2. Datos de comportamiento de la viscosidad con sometimiento a varias temperaturas en las tres divisiones de la cisterna.

Temperatura (°c)	Viscosidad 1 (kg/m.s)	Viscosidad 2 (kg/m.s)	Viscosidad 3 (kg/m.s)
10	0,0014	0,0013	0,001
25	0,00099	0,00092	0,00084
40	0,00079	0,00068	0,00063

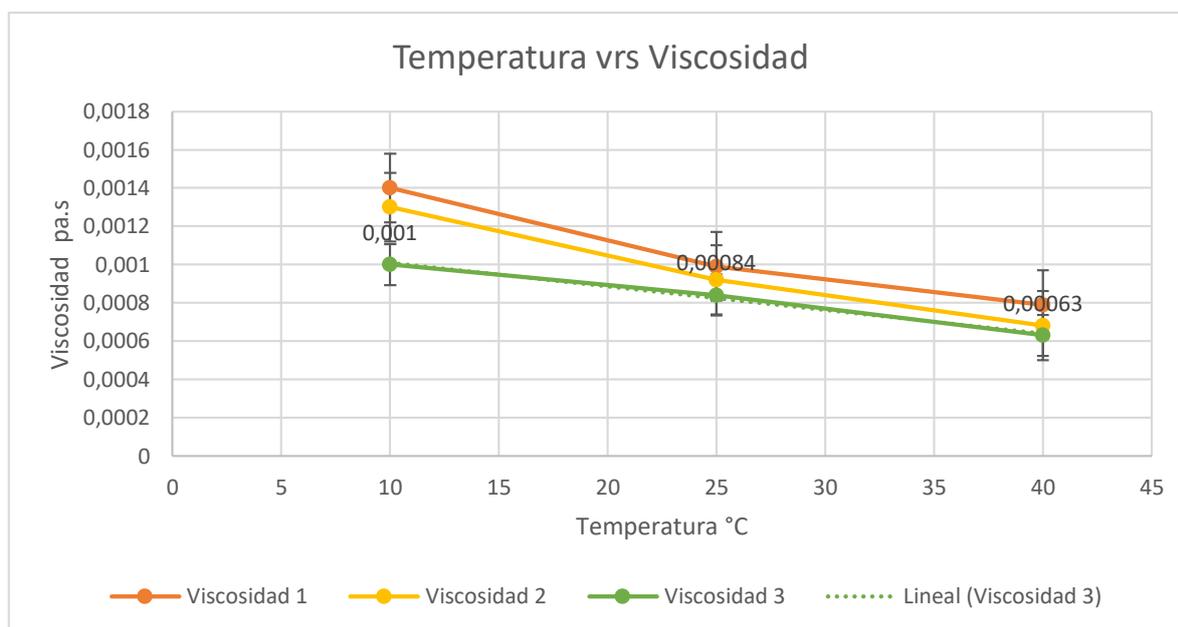


Figura 5. 2. Curva de comportamiento de la viscosidad versus la temperatura en las tres divisiones de la cisterna.

La viscosidad es analizada bajo 3 temperaturas, estas son analizadas en la cisterna o piscina de almacenamiento la misma que esta al aire libre, además se puede observar que la viscosidad sufre cambios de acuerdo a la elevación de temperatura más que a las partículas que contiene por lo está tiene valores del agua normal.

La viscosidad del agua interactúa de forma normal lo que se puede decir es que las partículas son las que presentan oposición o fuerza en contra del fluido esto debido a que es una piscina que se ella y la oposición que se presenta es al momento del vaciado y de pasar por los diferentes procesos de limpieza, al estar ubicada en el segundo filtro se puede considerar que la viscosidad tiene relación con el comportamiento del agua.

La viscosidad en el punto de succión interactúa con los valores estándares del agua. Esto debido a que pasa por proceso de limpieza y la conducta de tener fuerza frente a otras capas es mínima.

El primer punto con una viscosidad de 0.084 es el valor más aproximado de comportamiento ya que es la temperatura ambiente con la que el fluido trabaja normalmente.

5.1.3. Potencial de Hidrogeno

El potencial de hidrogeno del agua es el nivel de acides que esta tiene, en el primer punto se puede considerar alteraciones porque el agua es mezclada con otras sustancias donde el valor es de 12 pH mediante el análisis de bandas las mismas que demuestran que el potencial de hidrogeno decae lo que significa que los procesos de limpieza funcionan hasta dejarle con pH de 9 que relativamente es el mismo que el agua normal, sin embargo debemos considerar que los estándares van a alterar porque el agua ya fue contaminada y no está pasando por un proceso de potabilización sino solo de saneamiento el mismo que no afecta en la producción del hormigón.

5.2 Selección de diámetro requerido de tubería

El diámetro de la tubería es fundamental en el desarrollo debido a que es el principal instrumento para el transporte del fluido independientemente las características del mismo. En una red de agua industrializada se debe considerar valores como la velocidad del fluido el caudal y el lugar de transporte por lo que a continuación se realiza el cálculo del diámetro óptimo de tubería.

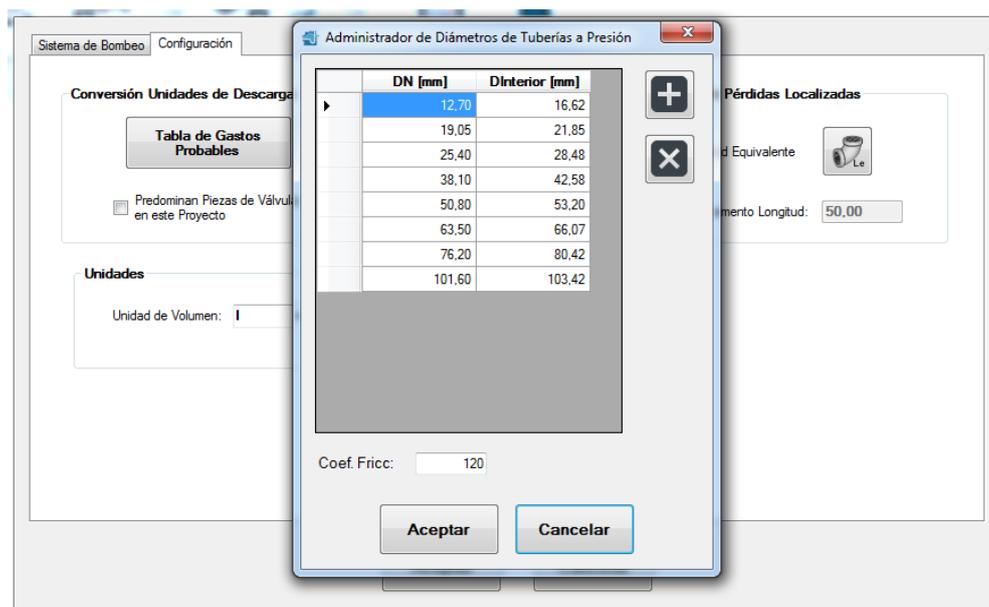


Figura 5. 3. Diámetro de tubería e diámetro interno

El diámetro optimo establecido es de 2 pulgadas, pero a su vez este tiene equivalencia en los diversos sistemas de medición, además se debe considerar que el transporte de fluido es

constante el mismo que no presenta valores altos de turbulencia en el sistema, optando por una tubería PVC con accesorios en hierro galvanizado por petición de la empresa.

5.3 Selección de bomba

La adecuada selección de la bomba es indispensable por ser el equipo encargado de trabajar e impulsar el agua hacia el tanque de almacenamiento de acuerdo a los parámetros establecidos, por lo que se debe analizar el comportamiento de la misma a través de curvas características y de esta manera seleccionar la adecuada para el funcionamiento del sistema.

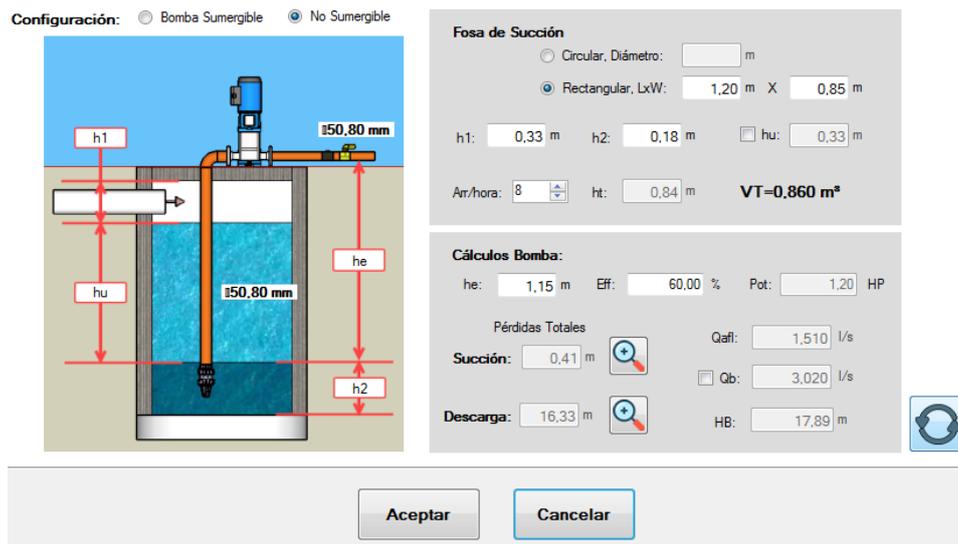


Figura 5. 4. Datos iniciales para el comportamiento de la bomba.

Los parámetros ingresados son los datos obtenidos a través de cálculos con características de la red presentado en los anexos, donde a partir de la posición el conteo de accesorios y a su vez perdida se logra establecer para obtener las curvas de funcionamiento de la bomba, donde su comportamiento es a partir de una altura de succión con sus pérdidas en accesorios y una altura de impulsión con la red de fluido desde el lugar donde está la bomba junto a la cisterna hacia el tanque de almacenamiento que es de la planta de hormigón tipo torre.

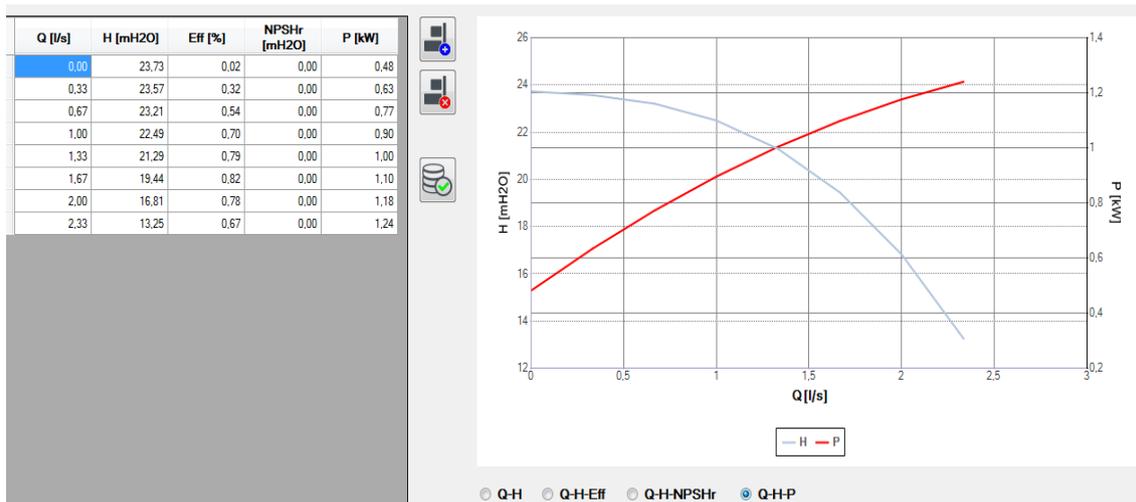


Figura 5. 5. Comportamiento del caudal versus la altura y la potencia de la bomba.

La potencia de la bomba seleccionada es de 2 a 2.6 HP, donde a través de los cálculos podemos observar que la bomba trabaja utilizando una potencia de 1 (Kw) donde se puede afirmar que trabaja sin problemas utilizando su potencia de referencia, además ese trabajo es a una altura de 21.29 (mH2O) y con un caudal de 1.33 (l/s) estableciendo que los parámetros de trabajo son constantes y por periodos, donde la potencia consumida es de 1.18 (Kw). Esta potencia es alta debido a las características ya establecidas del sistema y la altura total de impulsión del líquido además que ya se considera el trayecto total y las pérdidas de accesorios que generan en el trabajo de transporte del fluido.

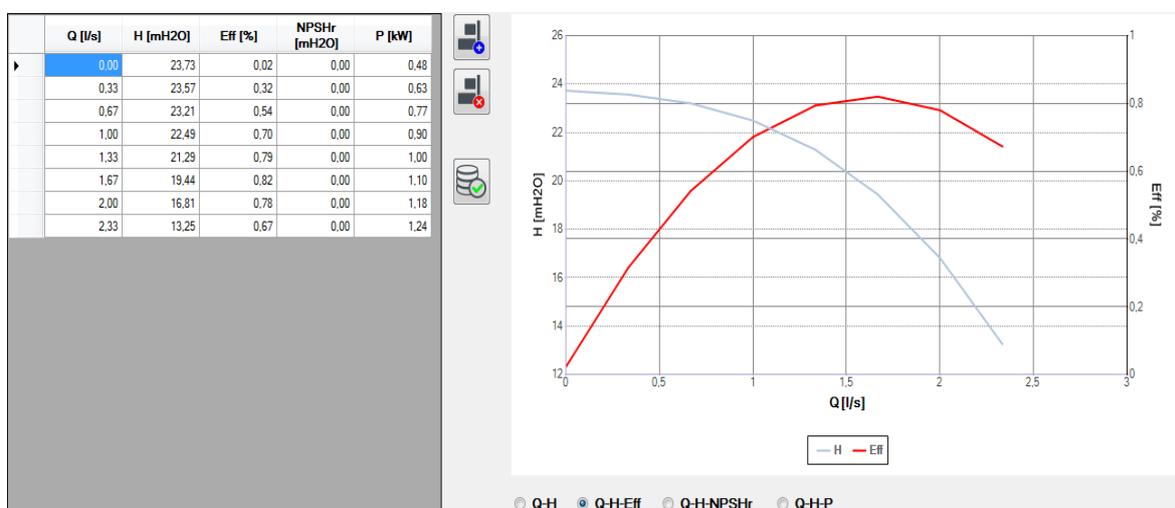


Figura 5. 6. Curva característica de caudal versus altura y versus eficiencia de la bomba

La altura es una constante que no varía con el tiempo sin embargo la eficiencia de la bomba depende del caudal y el comportamiento de la red que transporta el fluido, la altura total de

impulsión es de 16.81 (mH2O) donde su eficiencia va a ser de 0.78 (%) debido al trabajo que realiza tomando en cuenta la altura de impulsión y el valor de la red total la eficiencia va a ser la antes mencionada. Su caudal de 2 (l/s) datos de trabajo que están por los límites del fabricante. La altura de impulsión donde se intersecan las curvas es de 21.29(mH2O) con una eficiencia de 0.79(%) y un caudal de 1.33 (l/s) considerando esta como el trabajo máximo de la bomba y está en los estándares para que exista protección de la misma.

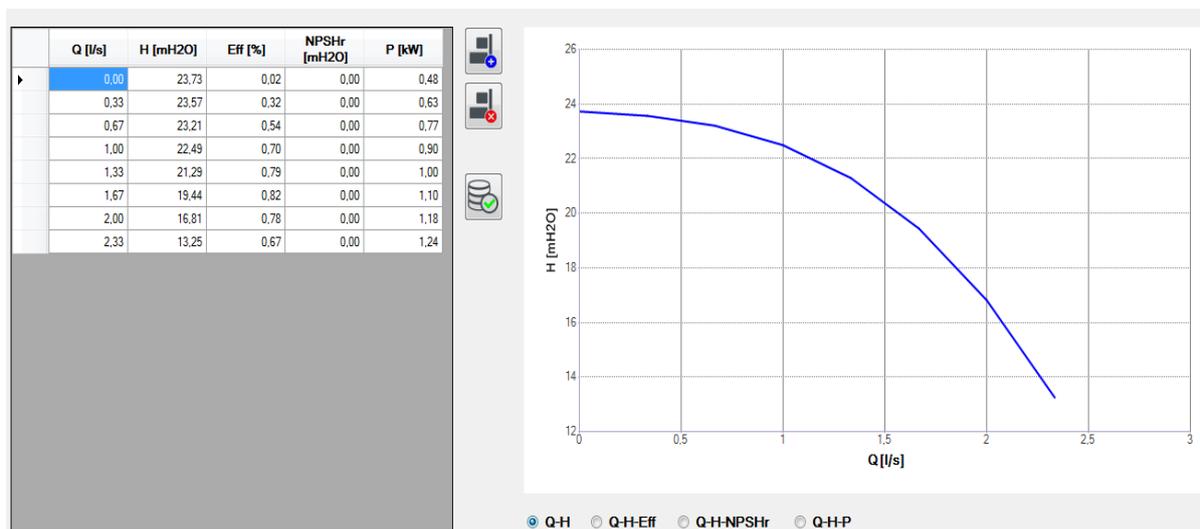


Figura 5. 7. Curva característica del caudal versus la altura de la bomba

La altura de impulsión es un parámetro estandarizado donde se determina la distancia entre la bomba y el punto de descarga, en el cálculo final del sistema se puede observar una altura de 16.81(mH2O) y el caudal optimo de funcionamiento de 2 (l/s), el comportamiento entre estas dos variables es inversamente proporcional es decir que mientras el caudal aumenta la altura decrece, en este caso estamos utilizando una red de abastecimiento desde una cisterna y llevando a una planta tipo torre donde necesita ser transportada a una altura considerable por lo que el trabajo de bomba se evalúa con los datos antes mencionado.

Características de fabricante de la bomba centrífuga a emplearse.

Tabla 5. 3. Características de la bomba KB210

Bomba centrífuga monofásica KB210			
Q(l/min)	P(HP)	A	V
20-140	2-2.6	11.5	220

5.4 Modelamiento y pruebas de simulación del sistema

Usando Bernoulli se considera un tanque abierto en S tenemos la presión atmosférica y en P (salida del agua) tenemos la presión de la columna total de agua; además considerando que el agua siempre es igual por ende el peso específico es constante $[\delta]$

$$\frac{P_1}{\delta} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\delta} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 \quad (5.1)$$

Donde:

P_1 = Presión en el punto uno(atm)

P_2 = Presión en el punto dos(atm)

δ = Peso específico (kg/m³)

V_1 = volumen en el punto uno (m³)

h_1 = altura en el punto uno(m)

h_2 = altura en el punto dos (m)

$$P_1 = P_2 = P \text{ atmosférica} \quad (5.2)$$

Por tanto, la altura total del tanque viene dado por:

$$H = h_1 - h_2 \quad (5.3)$$

Se considera el diámetro del tanque y el diámetro de descarga mediante:

$$\beta = \frac{\phi_2}{\phi_1} \quad (5.4)$$

Considerando la ley de la conservación de la materia y la ley de la continuidad tenemos:

$$V_1 \cdot S_1 = V_2 \cdot S_2 = Q \quad (5.5)$$

Donde S es igual a la sección de un círculo y viene dado por:

$$S = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad (5.6)$$

Remplazando 5.4, 5.5 y 5.6 obtenemos:

$$V_1 = V_2 \cdot \beta \quad (5.7)$$

Remplazamos 5.7 en el teorema de Bernoulli 1 y obtenemos:

$$V_2^2 \cdot (1 - \beta^4) = 2g \cdot H \quad (5.8)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g}{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{H} \quad (5.9)$$

Los caudales son:

$$Q = C_D * S_2 * V_2 = C_D * S_1 * \sqrt{\frac{2g}{1-\beta}} * H \quad (5.10)$$

Donde:

C_D = Coeficiente de descarga

$$Q = K * \sqrt{H} \quad (5.11)$$

Si tenemos la relación del caudal y el nivel en el punto de la tangencia la diferencial es:

$$dQ = q = \left[\frac{dQ}{dh} \right] \int Q_1 H * dh = k * h \quad (5.12)$$

Con las condiciones iniciales

$$q_0 = \frac{h}{R} \quad (5.13)$$

$$Q = V * S \quad (5.14)$$

Donde:

H = Valor fijo de la altura total(m)

h = valor de altura variable (m)

La variación del volumen es igual a:

$$dv = S_1 * dh = [Q + q_1 - (Q + q_0)] * dt \quad (5.15)$$

Si consideramos en la superficie del tanque la sección S_1 es igual a

$$S_1 * \frac{dh}{dt} = q_e - q_0 \quad (5.16)$$

Donde

$h_{(s)}$ = Altura en el dominio de la frecuencia (m)

$q_{(s)}$ = Caudal de pendiente de la sección de entrada o salida del agua (m³)

Obteniendo la función de transferencia salida versus entrada:

$$\frac{h_s}{q_s} = \frac{R}{R * S_1 (S)^2 + 1 + K/R} = \frac{R}{(RS_1)S^2 + 15 + K/R} \quad (5.17)$$

5.5 Características de equipos eléctricos y electrónico

Se consideró para la instalación un sensor ultrasónico, un plc Panasonic, una pantalla monocromática, equipos de protección, cable eléctrico de control, tubería y accesorios para el cableado del sistema los mismos que son descritos en anexos y muestran sus características contractivas de la casa fabricante.

6. PRESUPUESTO9

6.1 Presupuesto

Ítem	Descripción	Unidad	Cat.	Precio Unitario \$	Valor Total \$
1	PLC PANASONIC, alimentación 120Vac	U	1	350	350
2	Pantalla mono cromática 5.1" protocolo modbus, interfase RS485	U	1	300	300
3	Sensor ultrasónico, 3 hilos, más cable para conexión más transductor A CORRIENTE	U	1	290	290
4	Sensor de flujo, salida de pulsos 12 Vdc, frida de 2" agua limpia	U	1	710,5	710,5
5	Breaker para protección de 6 a 2 A	U	2	19,1	38,2
6	Fuente de poder entrada: 110/220VAC salida 24VDC 2.5A	U	1	85	85
7	Gabinete pesado para armado y conexionado pintura electrostática	U	1	68	68
8	Tubería EMT 1"	U	17	18,5	314,5
9	Accesorios para tubería EMT 1"	U	32	1,9	60,8
10	Condulet tipo L y T para tubería EMT 1"	U	15	5,15	77,25
11	luces piloto tipo led	U	4	5,8	23,2
12	pulsadores para control de proceso	U	5	7,2	36
13	Relé de estado sólido 40 A 220 Vac	U	1	40,15	40,15
14	Relés auxiliares para control con base	U	4	18,7	74,8
15	accesorios: canaletas, amarras, cables, riel din., terminales.	U	1	57	57
16	Cable de control 7*16 awg	U	87	5,2	452,4
17	Mano de obra de armado de tablero y programación de PLC	GLB	1	500	500
18	Electro válvulas	U	3	45	135
19	Codos en hierro galvanizado	U	7	3,5	24,5
20	Codos en tubería PVC	U	2	1,9	3,8
21	Uniones en hierro galvanizado	U	4	3,1	12,4
22	uniones en tubería PVC	U	1	1,5	1,5
23	Señalética de seguridad	U	7	3,2	22,4
24	Selladores	U	5	3,5	17,5
25	Unión de expansión	U	1	2,5	2,5
26	Viáticos	U	8	20	160
				TOTAL	3857,4

6.2 Análisis de impactos

La industria hormigonera y su crecimiento constante en el ámbito de la construcción hace necesario que el servicio prestado sea eficiente, el mismo que depende del tipo de planta además del nivel de abastecimiento que la misma tiene y brinda es por ello que a partir del análisis de la Hormigonera Ecuador ubicada en la provincia de Pichincha cantón Quito sector Carcelén Industrial.

- **Impacto práctico:**

El sistema automatizado de control de agua permite controlar la utilización de agua necesaria en cuanto al despacho de hormigón, además de contemplar un aprovechamiento de agua en sus dos líneas de abastecimiento, evitando pérdidas innecesarias a la empresa, también se maneja cantidades exactas de litros por metro cúbico en la preparación de hormigón y la resistencia deseada.

Al utilizar un método de censado en el tanque de recolección se evita pérdidas del líquido tanto de la línea de agua potable como la de reutilización este sistema evita un consumo excesivo de agua además que por medio de este se pueden detectar alertas en las líneas de abastecimiento, con la automatización del sistema de dosificación de agua aprovechamiento, almacenamiento de la misma identificamos aprovechamiento de tiempo de dosificación de agua control de niveles para que esta nunca falte y censado para mantener niveles aceptables en días de bastante producción.

- **Impacto simbólico:**

La industria hormigonera ha ido incrementando su productividad por la eficiencia que maneja al nivel de construcción, sin embargo este crecimiento aplica que el tiempo de despacho y llegada al sitio deseado sea eficiente, lo que en hormigoneras que necesitan de personal de dosificación implica un tiempo extra de despacho sin embargo si consideramos la automatización disminuimos tiempo ya que manejamos cantidades exactas en cuanto a su constitución propia del hormigón y esto hace que el producto final sea más consistente y se aproveche el agua de producción total.

- **Impacto económico.**

La industria del hormigón es cotizada debido a su eficiencia al momento de realizar obras de construcción después de un análisis de presupuesto la automatización es un beneficio para la

empresa, realizando un estudio de flujo de 10 meses se obtiene un rendimiento de 24.14% y en el mercado una tasa de retorno de 3.56% considerando meses de ingresos normales y realizando este proyecto en meses de mayor producción el rendimiento aumentaría ya que los flujos serien mayor y se recuperaría en menos tiempo la inversión inicial.

- Impacto tecnológico:

Al mencionar el control de agua en la dosificación hablamos del aprovechamiento neto del agua ya que se mencionaba el uso del líquido en lavado de carros transportadores de hormigón el mismo que se dirige a una piscina pasa un proceso de zarandeado de material pétreo para después ser impulsado por una línea de transporte al tanque de almacenamiento hay consideramos que estamos reutilizando agua en días de demanda de producción se considera la línea base agua potable del sector y la línea de reutilización que serán controladas por sensores que permitan su flujo solo cuando sean necesarios para almacenar agua en el tanque, también se coloca sensores dentro del tanque para establecer un nivel máximo y un nivel mínimo de agua para que estas señales de corrientes activen ya sea el sistema convencional o el sistema de recolección, al automatizar este ámbito.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La industria Hormigones Ecuador presentan pérdidas en materia prima debido a que se necesita de personal que controle cada área de dosificación, lo que a su vez implica inversión en mano de obra, al automatizar el sistema de control de agua eliminamos pérdidas económicas como el gasto excesivo de agua y personal extra, mejorando el sistema de dosificación.

Las instalaciones de la empresa Hormigones Ecuador eran inapropiadas ya que tenían una red de distribución de una pulgada y un excedente de accesorios, por lo que mediante cálculo se estableció una nueva red de transporte de diámetro 2 pulgadas en material PVC considerando una red total de 47.78 m con accesorios en material PVC y hierro galvanizado por petición de la empresa, la red disminuyo accesorios y considero un uso de red de agua potable industrial.

Las redes de abastecimiento del tanque eran controladas por el personal de dosificación o personas que se encuentren cerca del proceso por lo que el tiempo de producción podía variar por la cantidad de agua almacenada, donde se evidenciaban pérdidas por no controlar niveles máximos y al mismo tiempo pérdidas por falta de agua y no considerar un nivel mínimo, con la instalación de sensores y su debida programación se mantiene niveles de agua estables que permiten que el trabajo se ejecute con normalidad durante el tiempo intervalo de carga que se aproxima a 20 minutos y a su vez la relación de litros por metro cubico de acuerdo a la resistencia consumidos por cada carro de hormigón transportados.

La ecuación fundamental del sistema de control es la establecida por el principio de Bernoulli que describe el comportamiento de un líquido con una misma presión en 2 puntos diferentes, almacenándose a lo largo de una forma geométrica que es establecida por el tanque de almacenamiento, por lo que el control se realiza con los niveles del agua y relacionando una altura máxima de 6.m y esta se maneje constante en una línea de tiempo de producción considerando los valores de caudal de descarga que mantienen una relación de litros por metros cúbicos los mismos que varían con respecto a la resistencia y cantidad de transporte.

El sistema HMI nos permite realizar el control de la automatización a través de señales establecida por los sensores, estas señales dan la apertura de succión, carga y descarga. La succión es ejecutada por la bomba y la cisterna de almacenamiento que transporta por la red diseñada hacia el tanque y ejecuta una carga de nivel de agua máxima cuando el sensor emitala señal, mientras que el punto de descarga es dirigido hacia los carros de transporte de hormigón y

controlados por el flujo metro que indica valores relacionados a la resistencia presentados en la tabla 3.3.

Se realizó pruebas de laboratorio de comportamiento del agua para mejorar el sistema e identificar si los residuos de aditivos que se transportan hacia la cisterna de reutilización afectan en el producto, además de ser indispensables para determinar el tipo de flujo que transporta la bomba siendo este un flujo laminar teniendo una densidad de 0.97g/ml, una viscosidad de 0.001 Kg/m.s y un pH de 9 siendo estos valores estables para propiedades del agua.

7.2. Recomendaciones

Se debe considerar equipos capaces de abastecer el sistema además de que puedan ser utilizados para próximas implementaciones ya que el sistema de control mantiene niveles de agua estándares con relación a la capacidad del tanque de almacenamiento y la producción de hormigón que se realice.

Es pertinente realizar constante pruebas de comportamiento del agua reutilizada porque puede haber comportamiento en valores de densidad, viscosidad y pH, debido al proceso de limpieza y los diversos componentes del hormigón que interactúan con ella ante de los procesos mencionados.

La tubería de la red de agua reutilizada debe tener constante mantenimiento por tener comportamiento variado del agua con respecto a la exposición de las temperaturas y las partículas que la misma transporta hasta el punto de descarga.

8. REFERENCIAS

- [1] Baryval, *PLantas docificadoras*, Madrid, 2015.
- [2] i. zapata, «Escuela de Ingeniería Técnica Civil,» 2, madrid, 2012.
- [3] A. Pena, «Universidad Autonoma de barcelona,» Enero 2015. [En línea]. Available: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf.
- [4] I. Carrasco, «TECNOLOGIA DEL HORMIGON,» 1, CHILE, 2010.
- [5] J. I. Msc, «compuestos de hormigon,» 1, inglaterra, 2005.
- [6] L. Parra, Interviewee, *Características principales de Hormigon de la empresa Hormigones Ecuador*. [Entrevista]. 11 abril 2018.
- [7] Anónimo, «Ingenierí Hidráulica, tuberías,» Mayo 2012. [En línea]. Available: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%205.Tuberias/page_06.htm.
- [8] M. G. Hill, «Operaciones Unitarias en Ingeniería Química,» 4ª Ed., madrid, 1991.
- [9] M. Mendez, «Bombas centrifugas,» de *Manual para el diseño de una red Hidraulica*, 2013, pp. 137-175.
- [10] A. Institute, «Fundamentals of water system Design-,» Atlanta, 2011.
- [11] R. Darby, « Chemical engineering fluids mechanics,» Dekker, New York, 2001.
- [12] B. Heinemann, «Introduction to practical fluid flow,» 1 edicion, inglaterra, Oxford 2002.
- [13] K. Ogata, *Sistemas de Control*, Mexico: Copyring, 2016.
- [14] J. Carillo, *Sistemas Automaticos de Control*, Venezuela: UNERMB, 2011.
- [15] M. Fernando, *El controlador PID*, Madrir: ETSI de Informática, 2017.
- [16] V. Mazone, «Controladores PID,» Bogota, 2014.

- [17] M. Moreno, «Automatización micromecánica,» Buenos Aires, 2012.
- [18] Anónimo, «Controladores industriales inteligentes,» UNED, 2015.
- [19] M. Degree, *Industrial Systems Engineering*, 2014.
- [20] E. d. Coltech, «Coltech,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.coltech.es/informacion/45-medidores-de-nivel/65-medidores-de-nivel-tipos-y-caracteristicas.html>.
- [21] Divatec, *Sensor de nivel Ultrasonico*, Barcelona: hoja técnica nº: 394620 , 2015.
- [22] ASCO, *Tecnología Electrovalvulas y Valvulas*.
- [23] Potermic, *Selección de electrovalvula*, España, 2016.
- [24] UNATSABAR, «Guía de diseño de estacionamiento de agua de bombeo.,» Lima, 2005.
- [25] I. 1373, *Tuberías de PVC, tubos y accesorios rígidos*, Quito-Ecuador: Cuarta edición, 2017.

Anexos

Anexos I: Planta Industrial Hormigones Ecuador



Figura I. 1. Cisterna de almacenamiento de agua

Es el punto donde el agua del lavado de mixer es reutilizada a través de un proceso de limpieza de la misma donde mediante mallas se van reteniendo sedimentos y aditivos para posterior a ello ser reutilizada.

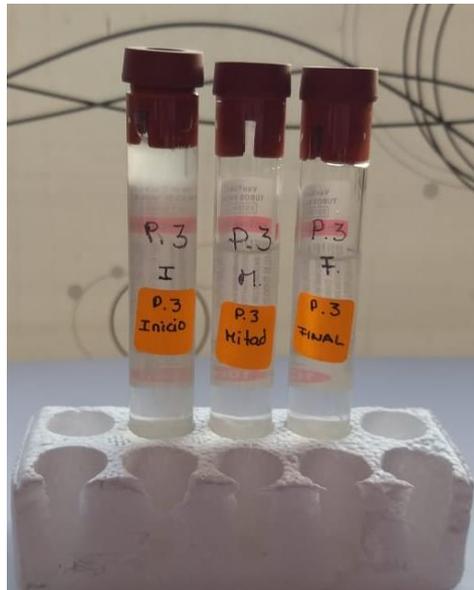


Figura I. 2. Muestras de agua de la cisterna tomadas en las tres zonas que la misma tiene.

Estas pruebas fueron indispensables para desarrollar pruebas de propiedades del agua para así poder determinar el comportamiento y si afecta o no al hormigón.



Figura I. 3. Vista frontal de tanque de almacenamiento y punto de descarga de agua.



Figura I. 4. Vista frontal de tanque de almacenamiento.

El tanque tiene una altura total de 7m entre sus dos componentes el cilindro 4.8 m y el cono 2.2m, además se puede observar las dos redes de suministro que abastecen teniendo una capacidad total de 200m³.



Figura I. 5. Punto de descarga y producción de hormigón

A partir del estudio realizado se identificó problemas de ruido excesivo por lo que se procedió a desarrollar una cabina la misma que elimina ruidos de producción de hormigón además de ello se puede observar el tanque de almacenamiento de agua y el punto de descarga para la producción de hormigón.

Anexos II: Sistema electrico



Figura II.1. Condulet tipo T de 1 pulgada



Figura II.2. Condulet tipo L DE 1 pulgada.



Figura II. 3. Sensor de nivel ultrasónico.



Figura II. 4. Interruptor simple.



Figura II. 5. Interruptor doble



Figura II.6. Relé de 24 Volt.



Figura II. 7. Luz piloto



Figura II.8. Pulsador

Los equipos eléctricos son de protección además que nos permitieron desarrollar el sistema de potencia que controla el motor de la bomba, además de establecer la comunicación entre los sensores y el PLC de acuerdo a las necesidades del consumidor.

El funcionamiento de los sensores es enviar señales a través de un pulso de corriente el mismo que indica el accionar de elementos como el encendido y apagado de la bomba, y la descarga de líquido que se ejecuta mediante el flujo metro y valores considerados para la producción.

Anexo III: Ecuación de transferencia y sistema de control

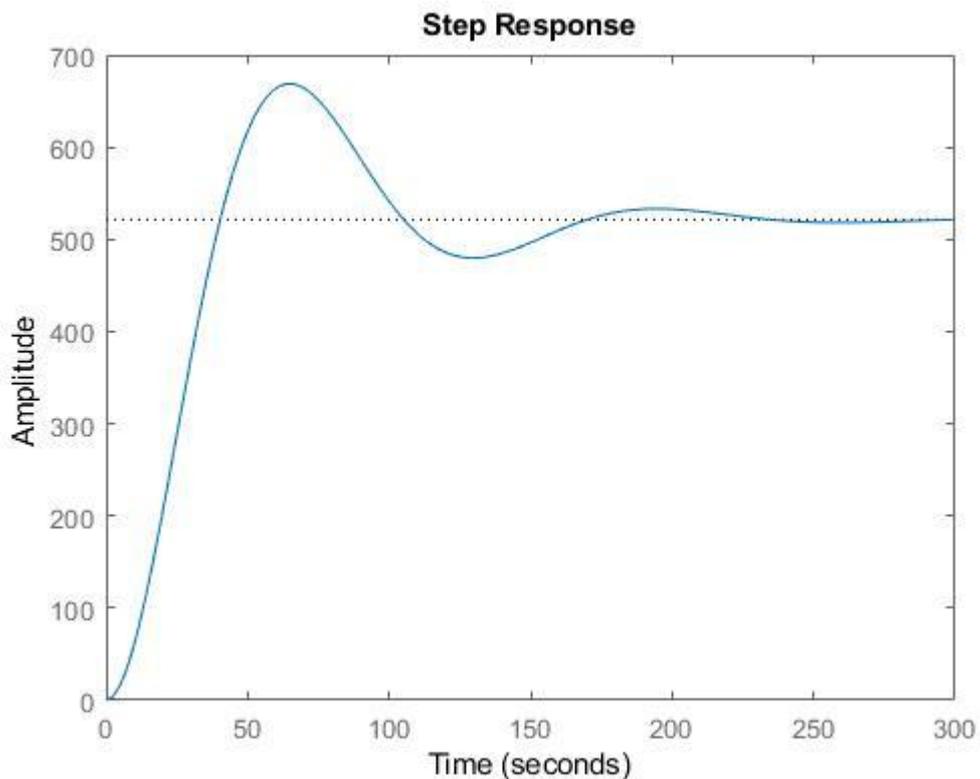
```
>>n=[36.5]
n = 36.5000
>>d=[25.67 1 .07]
d = 25.6700 1.0000 0.0700
>>ft=tf(n,d)
```

```
ft =
    36.5
```

25.67 s² + s + 0.07

Continuous-time transfer function.

```
>> step(ft)
```



% Sistema encontrado

n=[36.5] %numerador de la función de transferencia

d=[25.67 1 .07] % Denominador de la función de transferencia

FunT=tf(n,d) %se contruye la función de transferencia

subplot(2,3,1)

step(FunT) % Respuesta del sistema a un Impulso en lazo abierto

subplot(2,3,2)

```
rlocus(FunT) %lugar Geometrico de las raices Polos en lazo abierto
```

```
% ----- Lazo cerrado -----
```

```
%Solo proporcional
```

```
kp=0.0164; %Ganancia proporcional
```

```
SpLC=feedback(kp*FunT,1) % Sistema en lazo cerrado
```

```
subplot(2,3,3)
```

```
step(SpLC) % Respuesta del sistema a un Impulso en lazo cerrado
```

```
% ----- Lazo cerrado -----
```

```
%Proporcional Integrativo
```

```
ki= 0.69 % ganancia integral
```

```
SpiLC=feedback(tf([ki kp],1)*FunT,1)
```

```
subplot(2,3,4)
```

```
step(SpiLC) % Respuesta del sistema a un Impulso en lazo cerrado
```

```
% ----- Lazo cerrado -----
```

```
%Proporcional Integral Derivativo
```

```
ki= 0.69 % ganancia integral
```

```
kd=0.012 % ganancia derivativa
```

```
PIDLC=tf([kd kp ki],[1 0])
```

```
SpidLC=feedback(PIDLC*FunT,1)
```

```
subplot(2,3,5)
```

```
step(SpidLC) % Respuesta del sistema a un Impulso en lazo cerrado
```

```
%Grafica de los dos controles para comparar
```

```
figure (2)
```

```
step(SpLC, SpiLC)
```

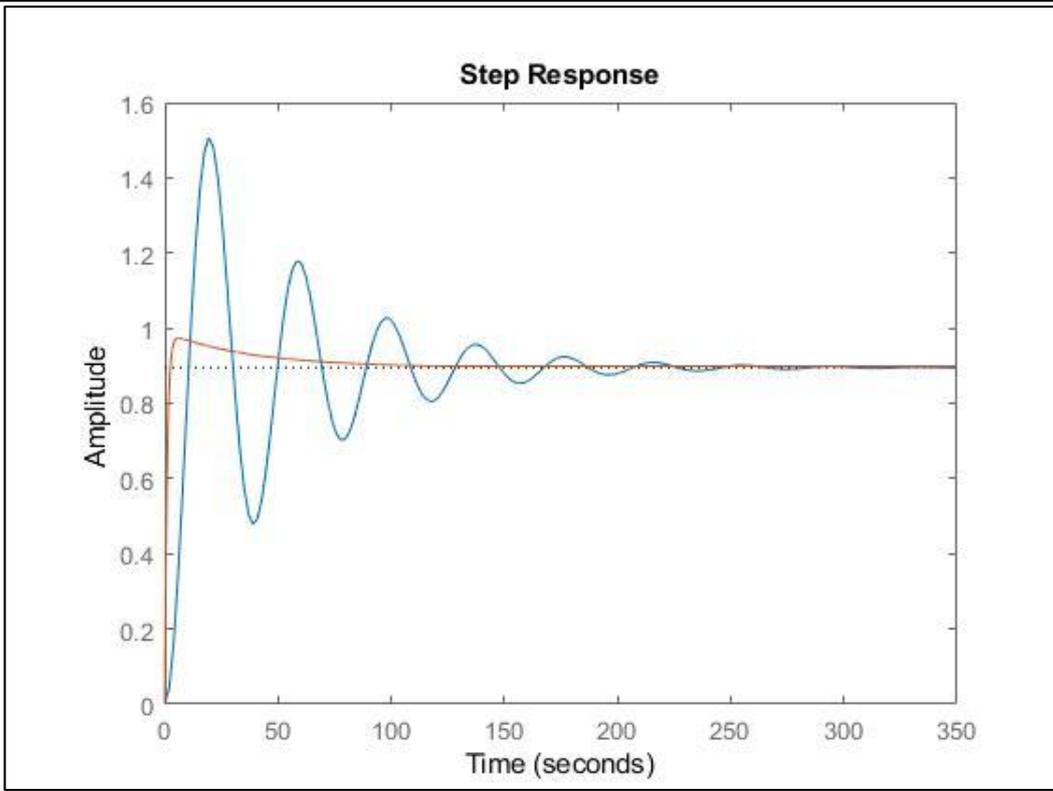
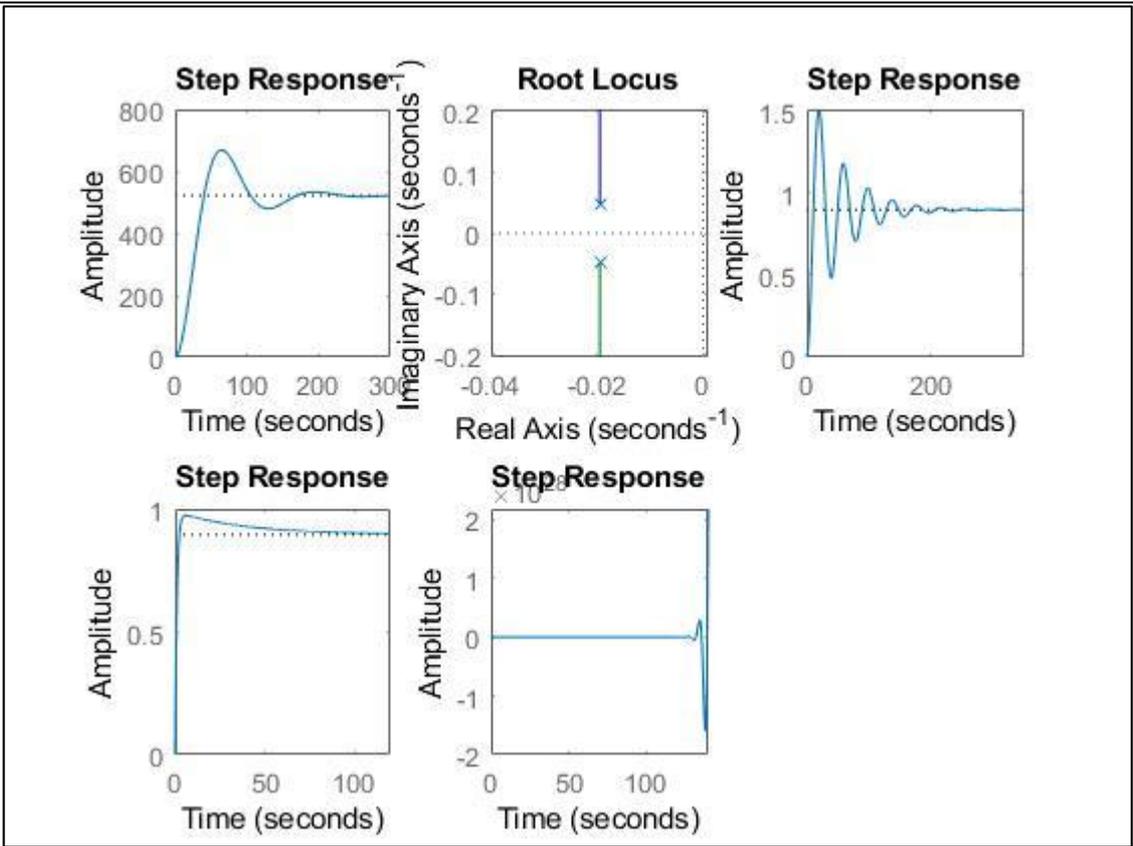


Figura III. 6. Simulación en el programa Matlab de la ecuación de transferencia y sistema de control PI.

Anexo IV: Calculo de VAN y TIR

Nombre del proyecto:	HORMIGONERA	ECUADOR
TNA de inversión alternativa	4%	
Cantidad de Meses	8	
TEA de inversión alternativa	3,557%	
Interés Mensual	0,292%	
Meses	FLUJO DE FONDOS	
1/12/2018	-\$ 3.857,40	
1/1/2019	\$ 800,00	
1/2/2019	\$ 900,00	
1/3/2019	\$ 900,00	
1/4/2019	\$ 1.200,00	
1/5/2019	\$ 1.500,00	
1/6/2019	\$ 1.600,00	
1/7/2019	\$ 2.000,00	
	Hormigonera	
TIR Anual	24,14%	
VAN	\$4.923,56	
<i>Decisión de realizar los proyectos versus no hacerlos - comparación de TIR vs TNA de mercado</i>		
Me conviene invertir en Hormigonera dado que me da un rendimiento de 24,14% y el mercado de 3,56%		

Figura IV. 7. Datos de cálculo de la empresa Hormigones Ecuador. Van- TIR

Anexo V: Sistema HMI

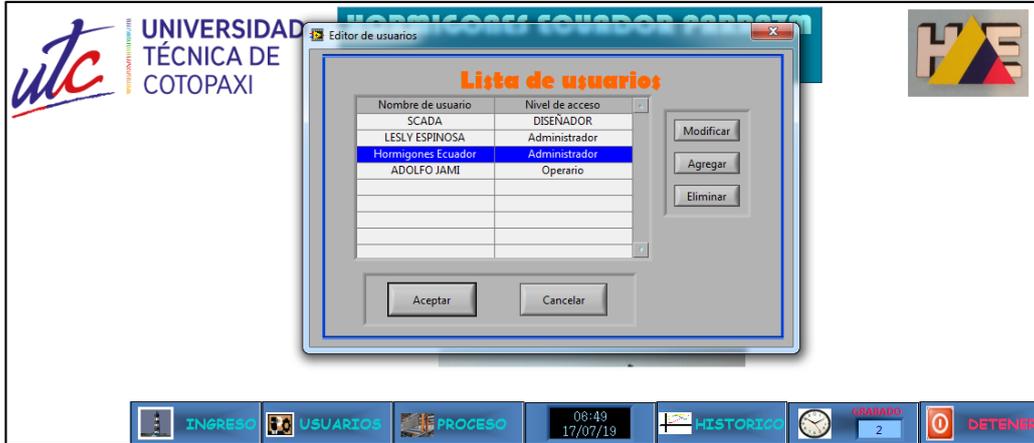
MANUAL DE USO



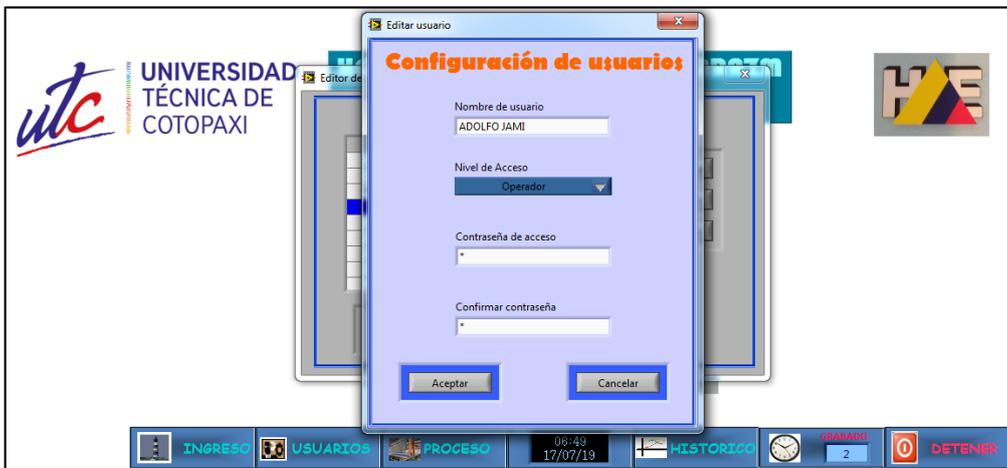
a. Inicio ejecutable del programa HMI.



b. Inicio de usuario y clave.



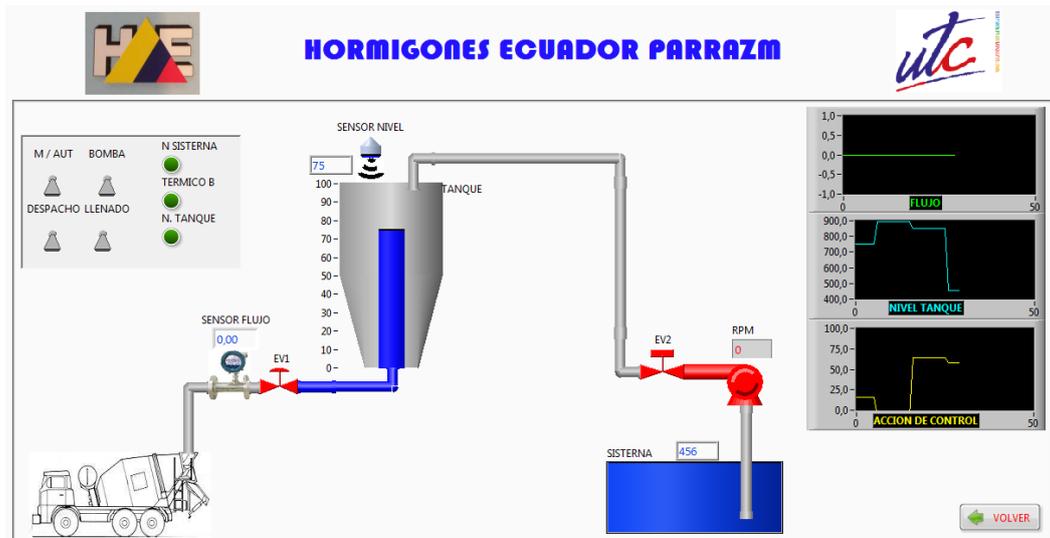
c. Configuración de usuarios por jerarquías.



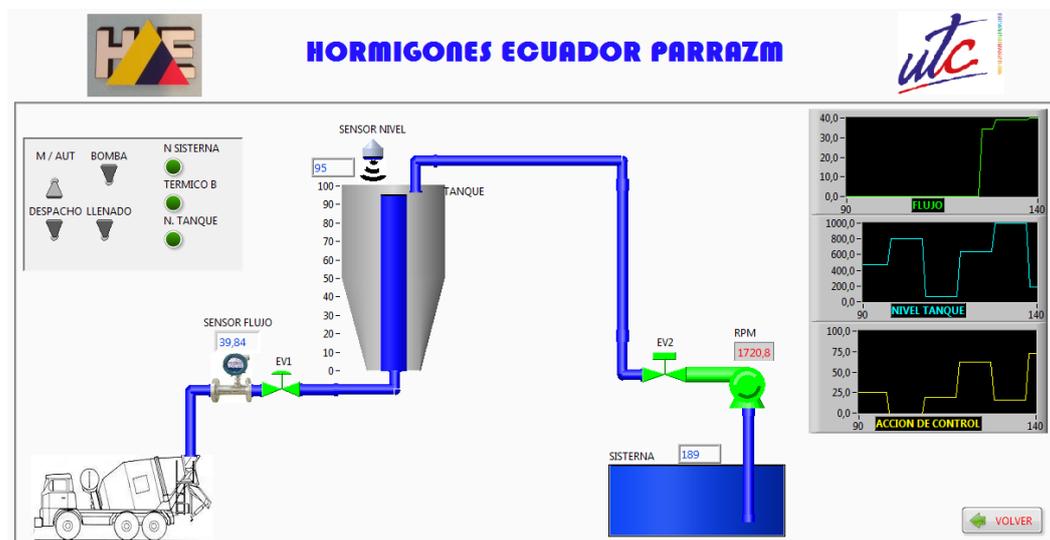
d. Ingreso de usuarios y contraseñas



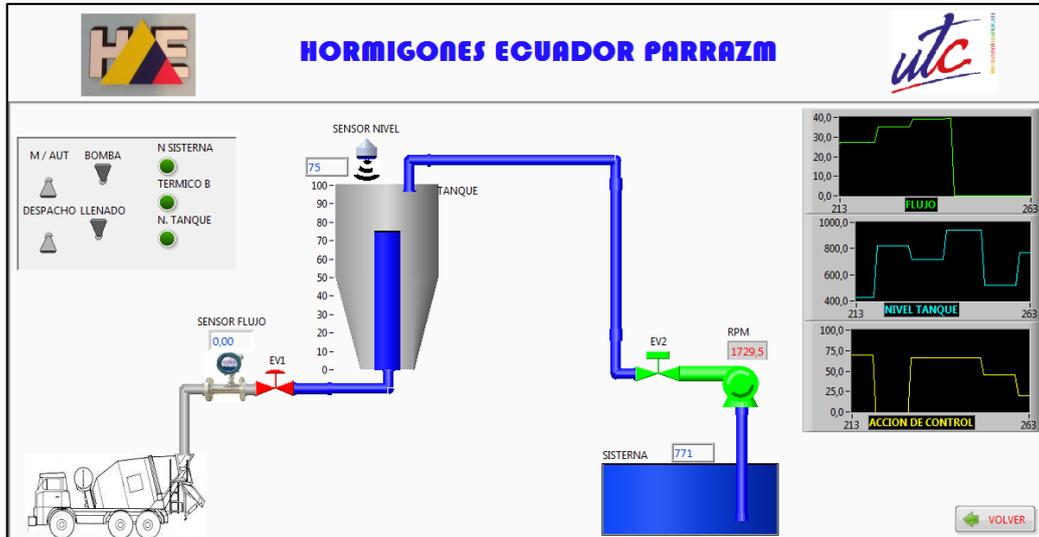
e. Bloqueo de usuario para controlar el proceso.



f. Visualización del proceso con los equipos apagados.



g. Accionamiento de electroválvulas para almacenamiento y despacho de agua y control de bomba



h. Bloqueo de electroválvula de despacho



i. Visualización de históricos.




HORMIGONES EGUADOR PARRAZM
Cia. Ltda.

HISTORICOS

TABLA

	NIVEL	FLUJO	SP NIVEL	SP FLUJO
2019/07/17 09:30	0,00	0,00	0,00	0,00
2019/07/17 09:32	67,00	59,00	-35,94	378,00
2019/07/17 09:34	63,00	25,00	13,73	750,00
2019/07/17 09:36	55,00	-3,00	-32,11	639,00
2019/07/17 09:38	79,00	41,00	-34,42	277,00
2019/07/17 09:40	67,00	-5,00	39,13	77,00
2019/07/17 09:42	59,00	27,00	32,18	930,00
2019/07/17 09:44	83,00	64,00	39,74	901,00
2019/07/17 09:46	43,00	17,00	39,02	298,00
2019/07/17 09:48	67,00	65,00	37,89	111,00
2019/07/17 09:50	59,00	51,00	39,73	305,00
2019/07/17 09:52	87,00	30,00	38,94	4,00

NIVEL

FLUJO

SP NIVEL

SP FLUJO

FECHA INICIAL
17/07/2019

FECHA FINAL
17/07/2019

TABLA

ACTUALIZAR

IMPRIMIR

REGESAR

j. Visualización de tabla de datos de nivel de tanque, despacho y reciclaje de agua.

FECHA INICIAL

17/07/2019

FECHA FINAL

17/07/2019

TABLA

ACTUALIZAR

IMPRIMIR

REGESAR

k. Barra de herramientas de históricos