



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE
AGUA DE REGADIO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Autores:

De la Cruz De la Cruz Diego Armando

Placencio Carrillo Christian Antonio

Tutor:

Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

Latacunga – Ecuador

Abril 2022 – agosto 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, De la Cruz De la Cruz Diego Armando y Placencio Carrillo Christian Antonio, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI. ”**, siendo el Ing. M.Sc, Byron Paúl Corrales Bastidas tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, Agosto 2022

De la Cruz De la Cruz Diego Armando

C.I. 050407111-9

Placencio Carrillo Christian Antonio

C.I. 050378199-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, por, **De la Cruz De la Cruz Diego Armando y Placencio Carrillo Christian Antonio**, de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-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, Agosto 2022



TUTOR

Ing. M.Sc, Byron Paúl Corrales Bastidas

C.I. 050234776-8

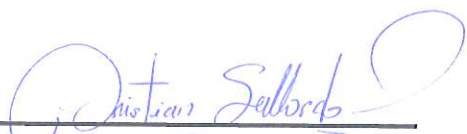


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad 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 postulante: De la Cruz De la Cruz Diego Armando y Placencio Carrillo Christian Antonio con el título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

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

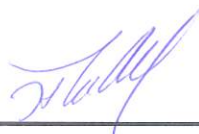
Latacunga, Agosto 2022



Lector 1 (Presidente)

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

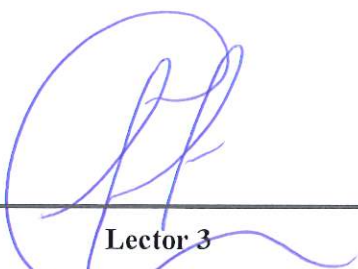
C.I. 050284769-2



Lector 2

Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso

C.I. 17836725-2



Lector 3

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena

C.I. 050307290-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Yo Yanchaguano Caisaluisa Gustavo, en calidad de presidente de la **Junta de Riego y/o Drenaje San Antonio de la Cruz**, manifiesto que los estudiantes De la Cruz De la Cruz Diego Armando con CI: 050407111-9 y Placencio Carrillo Christian Antonio con CI: 050378199-9 de la carrera de Ingeniería Electromecánica hacen la entrega del proyecto titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, considero que el sistema entregado cumple con los requerimientos de funcionamientos establecidos por la comunidad.

Presidente de la Junta de Riego de Agua Y/O Drenaje San Antonio de la Cruz

Yanchaguano Caisaluisa Gustavo

CI: 050214884-4



AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por bendecirme durante el transcurso de mi vida y otorgarme una maravillosa familia quienes me apoyaron moralmente para poder alcanzar una meta más en mi formación profesional.

Gracias infinitamente a mis padres por ser los promotores de mis sueños, gracias por depositar la confianza en mí, por enseñarme desde niño a ser una persona de bien y a luchar por conseguir las cosas que se anhela, agradecerles a mis hermanas, tíos y abuelitos por los consejos compartidos con el único fin de ser una persona responsable y comprometida a servir a la sociedad.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de estudiar y poder ser un excelente profesional, gracias a los docentes por los conocimientos compartidos durante el transcurso de la carrera universitaria.

Diego De la Cruz



DEDICATORIA

La presente Tesis la dedico con mucho cariño a mis queridos padres: Manuel De la Cruz y Bertha De la Cruz, quienes son los pilares fundamentales en mi vida, mediante su apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo han logrado darme la educación para ser una mejor persona, a mis hermanas Verónica De la Cruz y Jadira De la Cruz por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, a mis queridos sobrinos quienes son la alegría de mi querida familia.

Finalmente es para mí una satisfacción decirles a mis familiares y amigos gracias por formar parte de mi vida y por el apoyo incondicional que me han brindado.

Diego De la Cruz



AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme llegar con salud a uno de los momentos más importante de mi formación profesional y de mi vida.

Un agradecimiento a mis padres los cuales a pesar de las dificultades por las cuales hemos atravesado han sabido apoyarme y velar por mis estudios a lo largo de este proceso.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de formar mi vida profesional y junto a todo el personal de docentes por los conocimientos impartidos.

Christian Placencio



DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres ya que gracias a ellos he podido lograr culminar mi formación profesional, a mi abuelita y tía que se han convertido en un sustento para mi vida brindándome su apoyo incondicional durante mi vida. A mis familiares por la confianza y consejos fueron un pilar importante para culminar mi carrera profesional. También quiero dedicar a mis amigos, compañeros y a todas las personas que siempre me han brindado su apoyo en diversas situaciones durante mi formación académica.

Christian Placencio

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxi
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	2
1.2. EL PROBLEMA	3
1.2.1. Planteamiento del problema	3
1.2.2. Formulación del problema.....	4
1.3. BENEFICIARIOS	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. HIPÓTESIS	5
1.6. OBJETIVOS	6
1.6.1. General.....	6
1.6.2. Específicos.....	6
1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. MARCO REFERENCIAL.....	9
2.2.1. Sistemas de bombeo	9
2.2.2. Problemas de diseño y operación los sistemas de bombeo	10
2.2.3. Parámetros para el diseño del sistema de bombeo	10

2.2.3.1.	Flujo en tuberías	10
2.2.3.2.	Caudal o flujo volumétrico.....	11
2.2.3.3.	Velocidad de un fluido	11
2.2.3.4.	Presión que ejerce un fluido.....	11
2.2.3.5.	Número de Reynolds.....	11
2.2.3.6.	Pérdida de presión.....	12
2.2.3.7.	Pérdidas de carga.....	12
2.2.3.8.	Factor de fricción	12
2.2.3.9.	Rugosidad del material.....	13
2.2.3.10.	Flujo másico	13
2.2.3.11.	Rendimiento de la bomba.....	13
2.2.3.12.	Eficiencia de una máquina	14
2.2.3.13.	Velocidad específica	14
2.2.3.14.	Densidad del agua	14
2.2.3.15.	Carga de aspiración neta positiva (NPSH).....	14
2.2.3.16.	Pérdidas menores en tuberías	14
2.2.4.	Normativas hidráulicas.....	15
2.2.5.	Cavitación en los sistemas de bombeo	15
2.2.5.1.	Características de la cavitación en los sistemas de bombeo.....	16
2.2.6.	Tipos de bombas hidráulicas	17
2.2.6.1.	Bomba Centrífuga	17
2.2.6.2.	Curva de la motobomba	19
2.2.7.	Parámetros para el diseño del sistema eléctrico	20
2.2.7.1.	Intensidad en el devanado secundario del transformador	20
2.2.7.2.	Tensión en la red trifásica	21
2.2.7.3.	Potencia eléctrica.....	21
2.2.7.4.	Puesta a tierra	21
2.2.7.5.	Resistividad del terreno.....	22
2.2.8.	Normativas Eléctricas.....	22
2.2.9.	Tipos de arranques en bombas de agua	23
2.2.9.1.	Arranque a plena tensión o arranque directo	23
2.2.9.2.	Arranque estrella – triángulo ($Y - \Delta$)	24

2.2.9.3.	Variadores de Frecuencia	26
2.2.10.	Arrancadores Suaves	26
2.2.11.	Instrumentación para el sistema de bombeo.....	29
2.2.11.1.	Sensores.....	29
2.2.11.2.	Control lógico programable (PLC)	30
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	30
3.1.	METODOLOGÍA	30
3.1.1.	Variables Dependientes e Independientes.....	30
3.1.2.	Características del sistema eléctrico.....	31
3.1.3.	Componentes del Sistema Eléctrico.....	32
3.1.4.	Diagrama de conexiones	33
3.1.5.	Bomba Centrífuga	34
3.1.6.	Interruptor Termomagnético	35
3.1.7.	Fusibles tipo NH Media Tensión	36
3.1.8.	Fusibles Cilíndricos para Baja Tensión.....	37
3.1.9.	Controlador lógico programable (SIMATIC S7-1200).....	37
3.1.10.	Arrancador suave WEG SSW 05 plus.....	38
3.1.11.	Relé de nivel a pesas.....	39
3.1.12.	Sensor de nivel flotador.....	40
3.1.13.	Electrodo de puesta a Tierra	41
3.1.14.	Mejorador de suelo	42
3.1.15.	Conductores de tierra.....	42
3.1.16.	Conector para puesta a tierra	43
3.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRÁULICO	43
3.2.1.	Válvula de pie.....	44
3.2.2.	Selección de la tubería de succión.....	44
3.2.3.	Tubería de descarga (Galvanizado NPT) y (PVC).....	45
3.2.4.	Válvula de aire	46
3.2.5.	Válvula Check.....	46
3.2.6.	Manómetro	47
3.3.	ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO..	47
3.3.1.	Ecuación para la corriente del transformador	47

3.3.2. Ecuación para dimensionar el interruptor termomagnético	48
3.3.3. Ecuación para el dimensionamiento de fusibles	49
3.3.4. Ecuación para el dimensionamiento del arrancador suave.....	49
3.3.5. Ecuación para el dimensionamiento del conductor de potencia	50
3.3.6. Selección de Fusibles para alimentación monofásica del Arrancador Suave y el PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200.....	51
3.3.7. Ecuación para el tiempo de arranque en el arrancador suave	51
3.3.8. Ecuación para determinar la resistividad del terreno para la puesta a tierra	51
3.4. ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	52
3.4.1. Densidad del agua	52
3.4.2. Caudal o flujo Volumétrico.....	52
3.4.3. Velocidad de flujo	53
3.4.4. Presión en un fluido.....	53
3.4.5. Número de Reynolds.....	53
3.4.6. Factor de Fricción.....	54
3.4.7. Pérdidas menores en las tuberías.....	55
3.4.8. Resistencia de un fluido	55
3.4.9. Altura de diseño	56
3.4.10. Velocidad específica.....	56
3.4.11. Altura de la bomba	56
3.4.12. NPSH.....	57
3.4.13. Coeficiente de rugosidad	58
3.4.14. Rendimiento del sistema.....	58
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
3.5.1. Dimensionamiento eléctrico del sistema.....	59
3.5.1.1. Cálculo de la corriente en el transformador.....	60
3.5.1.2. Dimensionamiento del interruptor termomagnético.....	61
3.5.1.3. Dimensionamiento de fusibles.....	61
3.5.1.4. Selección del arrancador suave.....	62
3.5.1.5. Dimensionamiento del conductor	62
3.5.1.6. Medición de la corriente de alimentación del arrancador suave	63
3.5.1.7. Medición de la corriente de alimentación del PLC (S7-1200).....	64

3.5.1.8. Mediciones de la corriente y voltaje en cada fase a plena carga	64
3.5.1.9. Programación para el Controlador Lógico Programable (PLC S7-1200)	65
3.5.1.10. Cálculo de la resistividad del suelo para la puesta a tierra	67
3.5.1.11. Evaluación del sistema hidráulico	70
3.5.1.12. Rendimiento de la Bomba	74
3.5.1.13. Medición de la Presión en la descarga.....	75
3.6. PRESUPUESTO.....	76
4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	78
4.4. CONCLUSIONES	78
4.5. RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	a

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de Causa y Efecto de la falta de un sistema de control.	4
Figura 2.1: Riesgos de Cavitación en un sistema de bombeo [16].....	16
Figura 2.2: Clasificación de bombas centrífugas	18
Figura 2.3: Partes de una bomba centrífuga [19].....	19
Figura 2.4: Curva de la motobomba [20].	20
Figura 2.5: Desfase de tensiones entre líneas	21
Figura 2.6: Arranque a plena tensión o arranque directo.	24
Figura 2.7: Conexión Estrella - Triángulo (Delta)	25
Figura 2.8: Curva de arranque a plena tensión y arranque estrella – triángulo [24].	25
Figura 2.9: Componentes de un variador de frecuencia [27].	26
Figura 2.10: Diagrama de bloques del arrancador suave SSW-05 plus [37].....	27
Figura 2.11: Gráfica comparativa de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos trifásicos [28].....	28
Figura 3.1: Materiales para el sistema eléctrico.	33
Figura 3.2: Diagrama de conexión eléctrica.	34
Figura 3.3: Interruptor Termomagnético y simbología eléctrica [33].	36
Figura 3.4: Fusible tipo NH y porta fusible.....	36
Figura 3.5: PLC Siemens S7 - 1200	38
Figura 3.6: Arrancador suave WEG SSW 05 plus	39
Figura 3.7: Relé de nivel a pesas.	39
Figura 3.8: Conexión para el relé flotador.....	40
Figura 3.9: Electrodo de cobre para la puesta a tierra.	41
Figura 3.10: Mejorador de suelo.....	42
Figura 3.11: Conductor de cobre AWG calibre 2 a 7 hilos.	42
Figura 3.12: Conector AB SPAT para puesta a tierra.	43
Figura 3.13: Válvula de pie y simbología.	44
Figura 3.14: Tubería de Succión o Aspiración [35].	45
Figura 3.15: Tubería de galvanizado NPT y tubería PVC para descarga [35].	45
Figura 3.16: Válvula de aire.	46
Figura 3.17: Válvula Check o de retención y simbología de la válvula Check.....	47
Figura 3.18: Manómetro de presión.	47

Figura 3.19: Medición de la corriente de consumo del arrancador suave.	63
Figura 3.20: Medición de la corriente de consumo del arrancador suave.	64
Figura 3.21: Mediciones de corriente (A) y voltaje (V).	65
Figura 3.22: Lenguaje de programación LADDER.	65
Figura 3.23: Lenguaje de Programación para el control manual y automático.	66
Figura 3.24: Curva característica para determinar la resistividad del suelo.	68
Figura 3.25: Curva de corte entre h(m) y k.	69
Figura 3.26: Gráfico de la curva de la bomba y la altura de carga.	73
Figura 3.27: Curva característica de la altura neta positiva de aspiración.	74
Figura 3.28: Medición de la presión en la descarga.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Cuadro de Actividades a Realizar	7
Tabla 1.1: Características para determinar el flujo en tuberías [9].....	11
Tabla 2.2: Valores de rugosidad equivalentes para tuberías [9].....	13
Tabla 2.2: Coeficiente de pérdida (KL) para accesorios de tuberías [9].	15
Tabla 2.4: Normas NEC de color de cables para instalaciones eléctricas.....	22
Tabla 3.1: Variables dependientes e independientes.....	30
Tabla 3.2: Características eléctricas de la bomba.....	35
Tabla 3.3: Especificaciones Técnicas de los fusibles tipo NH [34].	37
Tabla 3.4: Lógica del relé de nivel.	40
Tabla 3.5: Selección del arrancador suave Soft-Starter SSW-05 [37].	49
Tabla 3.6: Selección de conductor eléctrico.....	50
Tabla 3.7: Selección de Fusibles [37].....	51
Tabla 3.8: Densidad del agua	52
Tabla 3.9: Datos de la placa del motor.	59
Tabla 3.10: Datos de placa del transformador trifásico.....	60
Tabla 3.11: Resultado de la corriente del transformador.....	60
Tabla 3.12: Valor sugerido a usar en el interruptor termomagnético.....	61
Tabla 3.13: Cálculo de la corriente para el fusible.....	61
Tabla 3.14: Corriente para la selección del arrancador suave.	62
Tabla 3.15: Calibre del conductor	63
Tabla 3.17: Medicaciones realizadas con el Telurómetro.....	67
Tabla 3.18: Cálculo de k , $h(m)$ y $h(a)$, a la distancia de 1 metro.....	68
Tabla 3.19: Cálculo de k , $h(m)$ y $h(a)$, a la distancia de 4 metros.....	69
Tabla 3.20: Resultados para la puesta a tierra.	69
Tabla 3.21: Datos obtenidos de las mediciones para determinar el Caudal.	70
Tabla 3.22: Datos para evaluar el sistema hidráulico.....	71
Tabla 3.23: Datos obtenidos del sistema hidráulico.....	72
Tabla 3.24: Datos obtenidos del sistema hidráulico.....	72
Tabla 3.25: Datos obtenidos del sistema hidráulico.....	73
Tabla 3.26: Presupuesto.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Informe Urkund	a
Anexo B.....	b
Tema: Socialización con el presidente de la junta de agua de Regadío san Antonio de la Cruz. ...	b
Figura B.1: Entrega de la bomba por parte de la comunidad Cruz Loma.	b
Figura B.2: Reconocimiento del área de implementación.....	b
Anexo C.....	c
Tema: Gráficos de la selección de componentes en el sistema eléctrico	c
Figura C.1: Interruptor termomagnético Metasol a 100 A.	c
Figura C.2: Curva característica de los fusibles tipo NH.	c
Figura C.3: Curva característica de los fusibles cilíndricos.	d
Figura C.4: Datos del transformador trifásico.....	d
Figura C.5: Primeras mediciones entre líneas y neutro del transformador.	e
Figura C.6: Diseño del tablero de control en AutoCAD.	e
Figura C.7: Verificación del funcionamiento	f
Figura C.8: Elaboración del tablero de control.	f
Anexo D.....	g
Tema: Recopilación de datos para la implementación del sistema.	g
Figura D.1: Medición de la resistividad del suelo en la Comunidad Cruz loma.....	g
Figura D.2: Obtención de datos mediante el uso del Telurometro.....	g
Figura D.3: Prueba de aislamiento mediante el comprobador de aislamiento Fluke 1550C.....	h
Figura D.4: Medición de la temperatura del agua.	h
Figura D.5: Medición de la longitud entre el reservorio principal y el reservorio acumulador.	i
Figura D.6: Medición de las RPM por medio del tacómetro.	i
Anexo E.....	j
Tema: Implementación del sistema de control.	j
Figura E.1: Datos de placa de la bomba centrífuga.....	j
Figura E.2: Instalación de la bomba centrífuga.....	j
Figura E.3: Empotramiento del tablero de control.	k
Figura E.4: Instalación del manómetro y accesorios hidráulicos.	k
.....	l
Figura E.5: Preparación del mejorador de suelo.	l

Figura E.6: Instalación del sistema de puesta a tierra.....	l
Anexo F	m
Tema: Verificación de datos obtenidos en el sistema.....	m
Figura F.1: Verificación de Tensión entre línea y línea.	m
Figura F.2: Tablero de control Modo Manual.	m
Figura F.3: Medición del factor de potencia.....	n
Figura F.4: Medición de corriente en los componentes.....	o
Figura F.5: Visualización de la salida de agua en el reservorio principal	o



TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Autores:

De la Cruz De la Cruz Diego Armando
Placencio Carrillo Christian Antonio

RESUMEN

La propuesta tecnológica tuvo como objetivo implementar un sistema de control para el bombeo de agua de regadío para el abastecimiento a los habitantes de la comunidad Cruz Loma ubicada en el cantón Latacunga, se trata de una investigación de campo y experimental, tiene como finalidad determinar el impacto que ocasiona este tipo de problemas dentro de la sociedad y mediante el método experimental se realizó una serie de comparaciones para determinar si la hipótesis planteada es aceptada o rechazada, la variable de estudio es el sistema de control. La población estuvo constituida por los moradores que conforman la comunidad antes mencionada, la misma que consta de 125 socios que pertenecen a la Junta de agua de riego, los instrumentos empleados para el desarrollo e implementación del sistema fueron dispositivos tecnológicos de medida cuantitativa para la medición y obtención de datos, mediante la recopilación de estos datos se pudo realizar la evaluación del sistema de bombeo con el fin de verificar si el sistema será óptimo, los resultados obtenidos de la implementación fueron procesados mediante el uso de tablas y gráficos para visualizar el comportamiento del sistema eléctrico e hidráulico, como resultado se obtuvo un caudal de $16,51 \text{ m}^3/h$, la presión máxima que alcanza es de 70 Psi, en el sistema eléctrico se implementó un arrancador suave SSW-05 con una corriente de 60 A, el propósito es conseguir un arranque gradual para evitar sobrecorrientes, sobrecarga, distorsión armónica de la red y proteger tanto al transformador como a la bomba centrífuga. La corriente nominal máxima operando a plena carga es de 39,8 A y la tensión es de 208V, en el sistema de control mediante la programación en el PLC, con los sensores de nivel implementados se puede controlar el nivel del líquido de manera óptima, se establece que el sistema se encuentra operando en condiciones normales.

Palabras Clave: Control, bombeo, caudal, corriente, autómatas, presión, tensión, nivel, sensores.



TOPIC: “A CONTROL SYSTEM IMPLEMENTATION FOR THE IRRIGATION WATER PUMPING IN THE CRUZ LOMA COMMUNITY, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE”.

Authors:

De la Cruz De la Cruz Diego Armando

Placencio Carrillo Christian Antonio

ABSTRACT

The technological proposal had as aim to implement a control system for the irrigation water pumping to supply the inhabitants from Cruz Loma community, located in the Latacunga canton, it is a field and experimental research, it is to determine the impact that caused by this type of problem within the society and through the experimental method it was made a comparison series to determine if the proposed hypothesis is accepted or rejected the study variable is the control system. The population was constituted by the inhabitants, who make up the aforementioned community, the same one that consists of 125 partners, what belong to the Irrigation Water Board, the used instruments for the system development and implementation were quantitative measurement technological devices for the measurement and getting data, by collection these data, by it could perform the assessment of pumping system, in order to verify, if the system will be optimal, the got results from the implementation were processed, through the tables and graphs use to visualize the electrical and hydraulic system behavior, as a result, it was got a $16.51 \text{ m}^3/\text{h}$ flow, the reached maximum pressure is 70 Psi, in the electrical system, it was implemented an SSW-05 soft starter with a 60 A current, the purpose is to achieve a gradual start to avoid overcurrents, overloads, network harmonic distortion and protect both the transformer and or to the centrifugal pump. The maximum nominal current, operating at full load is 39.8 A and the voltage is 208V, in the control system, through programming in the PLC, with the implemented level sensors, it can be controlled the liquid level, optimally, it is established, what the system operating under normal conditions.

Keywords: Control, pumping, flow, current, automaton, pressure, voltage, level, sensors.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

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 al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **De la Cruz De la Cruz Diego Armando** y **Placencio Carrillo Christian Antonio**, estudiantes de la carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, 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 aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

Atentamente,


Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un sistema de control para el bombeo de agua de regadío en la comunidad Cruz Loma, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Tipo de Proyecto: Propuesta Tecnológica

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Septiembre 2022

Lugar de ejecución: Comunidad Cruz Loma, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, zona 3.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No aplica

Equipo de Trabajo:

Corrales Bastidas Byron Paúl (Tutor)

De la Cruz De la Cruz Diego Armando

Placencio Carrillo Christian Antonio

Área Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0732 Construcción de maquinaria, motores, artefactos eléctricos, electrónicos, computadoras, telecomunicaciones etc.

Estructura del Plan de Titulación

Línea de investigación:

Procesos Industriales.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

La presente propuesta tecnológica es una innovación enfocada al área de automatización de procesos industriales, mediante la cual se partirá con el fin de cumplir con la implementación de un sistema de control para el bombeo de agua de regadío en la comunidad de Cruz Loma y brindar más información a la comunidad científica.

Hoy en día para el transporte de agua a largas distancias existen varios métodos como el uso de la energía eléctrica para impulsar una bomba y así poder realizar el trasvase de agua, este método se puede decir que es el más usado en el Ecuador debido a que consta de montañas y superficies inclinadas las cuales dificultan el paso de agua por gravedad, debido a ello se usará una bomba centrífuga para el bombeo de agua de un reservorio principal hacia un reservorio acumulador.

Para la adecuada implementación de un sistema de control se dio uso a la placa de características de la bomba, con estos datos se procede a implementar un arrancador suave con el objetivo de ejecutar un arranque gradual evitando sobrecorrientes en el sistema y distorsión de la red trifásica.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La presente propuesta de titulación se enmarca en la implementación de un sistema de control para el bombeo de agua de regadío con la integración de procesos tecnológicos, con la finalidad de contribuir a la comunidad con el abastecimiento de agua, la cual será distribuida para los diferentes cultivos existentes, en donde el trasvase de agua es de un reservorio principal hacia otro de acumulación que está ubicado a 693 metros de distancia.

Para la protección del sistema eléctrico se opta por la implementación de un arrancador suave, con la finalidad que al momento del arranque la tensión se incremente de forma gradual, otra de las características es evitar sobrecorrientes, distorsión de la red eléctrica, y garantizar que el sistema sea eficiente.

Con la finalidad de realizar un control de nivel de agua, se procede a la adquisición de sensores digitales, mismos que serán implementados en el reservorio principal, con el objetivo de que el

sistema funcione de manera automática, y así evitar daños a la bomba debido a la cavitación existente por un nivel inferior de líquido.

1.2. EL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial las bombas tienen diversos usos tanto en la industria como en la agricultura, debido a ello se han regulado su uso específico con el fin de designar las bombas debido a las características y a la necesidad.

En el Ecuador las bombas más utilizadas son las de presión o también llamadas centrífugas, debido a que sus características son las indicadas para en transporte de caudal hacia alturas determinadas y facilitar el trasvase de agua para el regadío.

En la comunidad de Cruz Loma ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi tienen el problema de falta de agua para regadío, generado por la falta de un control que permita impulsar el líquido existente en un reservorio principal hacia un reservorio de acumulación.

Debido a la falta de una red trifásica los moradores de la comunidad de Cruz Loma se vieron en la necesidad de tener embodegada una bomba de 20 hp, la cual ha sido donada por organismos exteriores hace más de 15 años.

En la figura 1.1, se puede visualizar el diagrama causa – efecto diseñado para obtener la formulación del problema.

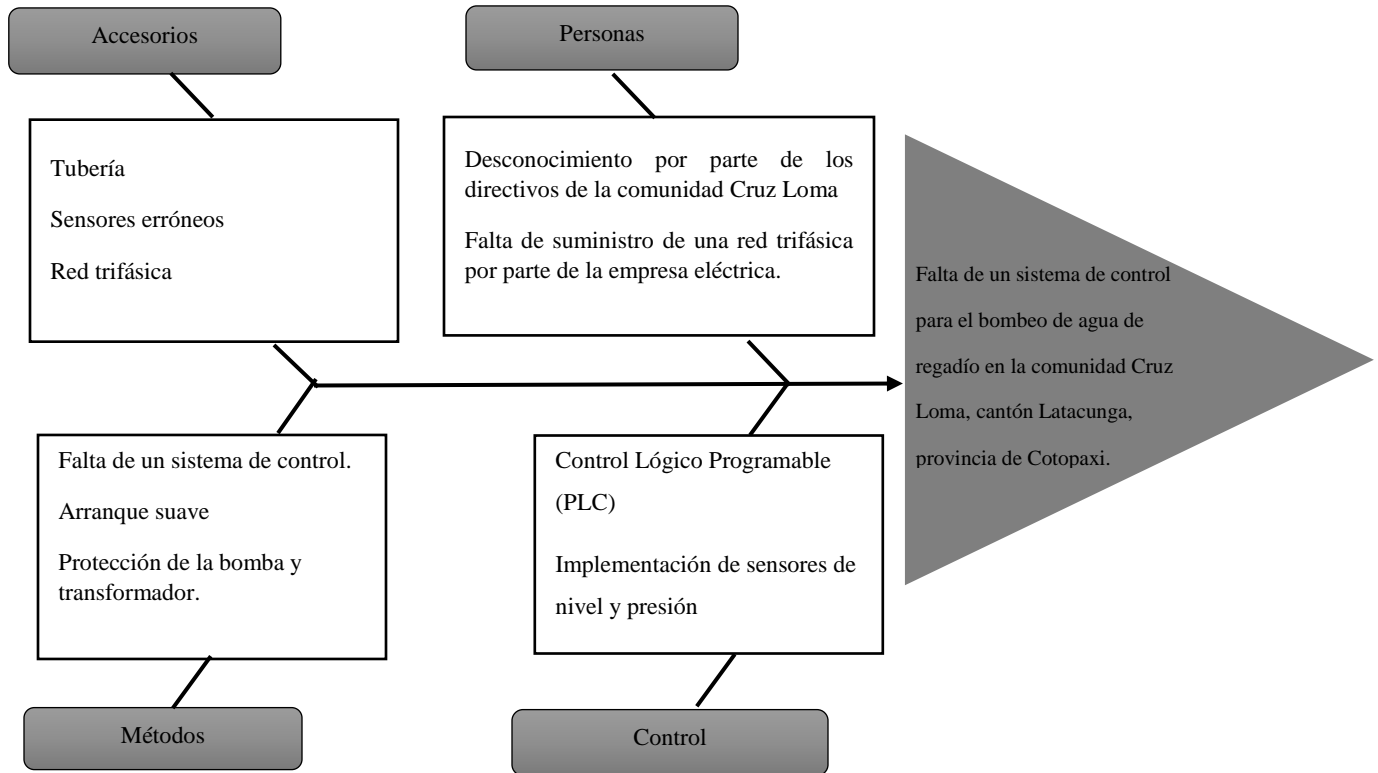


Figura 1.1: Diagrama de Causa y Efecto de la falta de un sistema de control.

1.2.2. Formulación del problema

Falta de un sistema de control para el bombeo de agua de regadío en la comunidad Cruz Loma, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

1.3. BENEFICIARIOS

- Los principales beneficiados del proyecto es la comunidad Cruz Loma.
- De manera indirecta se benefician la comunidad científica que a futuro requieran recopilar información sobre el tema establecido.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Por medio de la presente propuesta tecnológica se pretende proveer de un caudal de agua permanente para mejorar la producción de cultivos para los moradores de la comunidad de Cruz Loma mediante la implementación de un control para un sistema de bombeo el cual con la ayuda de sensores evitará las pérdidas de agua y protegerá la bomba de cavitaciones por falta de ella.

Los principales beneficiados serán los moradores de la comunidad de Cruz Loma debido a que dependen del transporte de agua para poder cuidar sus cultivos, de la misma manera se benefician los estudiantes a futuro ya que podrán recopilar información para futuras investigaciones y actualizaciones al sistema.

La finalidad del proyecto es implementar el sistema y resolver la necesidad de trasvase de agua en la comunidad de Cruz Loma, así como implementar un tablero de control con todas las medidas de seguridad y sus manuales de mantenimiento y operación. Finalmente se dará a conocer la importancia de asignaturas como Control Industrial e Instrumentación mismas que son indispensables en la formación académica de un Ingeniero Electromecánico, el estudio de estas disciplinas permite usar la tecnología para resolver los problemas que se presenten en situaciones reales.

1.5. HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un sistema de control para el bombeo de agua de regadío se podrá proveer de un caudal necesario para el riego de los cultivos de la comunidad de Cruz Loma.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. General

Implementar un sistema de control para el bombeo de agua de regadío en la comunidad Cruz Loma, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, mediante el uso de tecnología existente.

1.6.2. Específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas y datos técnicos de los diferentes dispositivos de potencia, control, bombas y accesorios hidráulicos que conformarán el sistema.
- Diseñar el diagrama de potencia y de control para la selección de los componentes.
- Implementar un tablero de control para analizar el funcionamiento de los dispositivos eléctricos e hidráulicos.
- Analizar los resultados obtenidos de la parte experimental y los cálculos efectuados del sistema.

1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.1: Cuadro de Actividades a Realizar

Objetivos Específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Objetivo 1	Recolección de datos sobre el control de bombas centrífugas. Determinar la función de un arrancador suave. Recopilación de información sobre tuberías y pérdidas que se generan por uniones y codos.	Características de un arrancador suave y su uso en la industria	Bibliografía técnica y científica
Objetivo 2	Diseño de un diagrama de potencia y de control con el dimensionamiento de los componentes a utilizar. Selección de componentes eléctricos y electrónicos en base al dimensionamiento.	Aplicación de ecuaciones matemáticas para el correcto dimensionamiento de los componentes.	Método para el diseño y selección de los componentes
Objetivo 3	Diseño de un tablero el cual permita el control y supervisión de del agua mediante el uso de sensores de nivel y de presión. Instalación del sistema hidráulico acorde a la distancia prevista de la bomba.	Uso de las normativas vigentes para la selección e instalación de componentes eléctricos e hidráulicos.	Normativas actualizadas vigentes
Objetivo 4	Ejecución de prácticas experimentales para asegurar la correcta instalación del sistema de control. Verificación de los datos mediante un cálculo matemático.	Los datos obtenidos mediante el cálculo deben ser similares a los experimentales.	Análisis de resultados, prácticas y cálculos matemáticos

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Con el transcurso del tiempo, la sociedad ha ido evolucionando considerablemente y junto a esta se ha generado nuevas necesidades, las cuales han creado nuevos problemas para solucionar, debido a ello se ha visto necesario la implementación de sistemas de bombeo, que se caracterizan por impulsar una gran cantidad de fluidos a determinadas distancias con varios fines de trabajo como en el área de agricultura para el regadío de los cultivos, los principales componentes que

constituyen este tipo de sistemas son las bombas centrífugas, accesorios hidráulicos, componentes eléctricos y electrónicos que actualmente son utilizados con frecuencia con el fin de generar un sistema eficiente [1].

La principal característica de un sistema de bombeo es la de convertir la energía mecánica a energía hidráulica la cual se forma mediante la presión del fluido, este tipo de sistemas son ampliamente utilizados en el Ecuador debido a que su geografía impide el trasvase de agua con facilidad [1].

Para la implementación de un sistema de bombeo está constituido por un reservorio principal situado en la fuente de agua junto al cuarto de máquinas, accesorios en la succión, bomba centrífuga incorporada a un motor eléctrico, tuberías de descarga, reservorio acumulador, para garantizar que la bomba funcione en óptimas condiciones se debe establecer las horas de operación durante el transcurso del día [2].

El objetivo principal de la implementación de un arrancador suave para los sistemas de bombeo es el suministro de voltaje de manera gradual ya sea en el momento del arranque o frenado dependiendo del caso, además este dispositivo proporciona protección al evitar sobrecorrientes bruscas, distorsión de la red eléctrica debido a los armónicos y así evitar desgaste sobre el motor, este dispositivo electrónico al evitar picos excesivos de corriente contribuye en disminuir los costos de la tarifa eléctrica, para el correcto funcionamiento es necesario ajustar el par inicial con el tiempo de rampa de arranque [3].

El motor trifásico es uno de los más usados para ser accionado mediante arrancadores suaves debido a sus características las cuales permiten que aumente la productividad, ahorro de energía y mantenimiento preventivo de dichos sistemas, además actúan como protección directamente vinculada con la carga, el arranque suave es uno de los métodos más utilizados en los sistemas de bombeo por su operación en condiciones nominales ya que no requiere mayor cantidad de torque, es por ello que el arranque directo o el arranque estrella- triángulo ($Y - \Delta$) no son la mejor opción para este tipo de sistemas [4].

Para implementar un adecuado sistema de control es necesario conocer las variables que intervienen dentro del proceso, así como el establecer pruebas, simulaciones en diferentes softwares de automatización con la finalidad de visualizar que las respectivas variables como nivel y presión sean correctamente controladas a través de un controlador lógico programable (PLC),

para la programación es necesario establecer una lógica acorde a los requerimientos las cuales permiten el encendido y apagado de la bomba dependiendo las condiciones de operación de la máquina [5].

Mediante la implementación de un sistema de control por medio de un PLC, se genera nuevos métodos para el control y automatización de una bomba centrífuga, a principal característica de este dispositivo es ejecutar un proceso de manera correcta y adicional establecer una comunicación sin interferencias con el software TIA PORTAL, gracias a su amplia composición de entradas y salidas (E/S) que permiten realizar la conexión de sensores analógicos y digitales, pasando a ser uno de los componentes electrónicos más usados en la parte de automatización industrial [6].

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. Sistemas de bombeo

El principal objetivo de los sistemas de bombeo es el transportar fluidos a diferentes puntos estratégicos, los elementos que conforman un sistema de bombeo son tuberías y tanques de almacenamiento de fluidos de manera que las principales características como caudal, nivel y presión sean optimas según la aplicación que se requiera implementar, estos sistemas son ampliamente utilizados en el área de la agricultura ya que requieren constantemente de un caudal para así mejorar la producción de los cultivos [7].

- Sistema de bombeo centrifugo
- Sistema de bombeo sumergible
- Sistema de bombeo solares
- Sistema de bombeo hidroneumático
- Sistema de bombeo con variador de frecuencia
- Sistemas de bombeo por gravedad

2.2.2. Problemas de diseño y operación los sistemas de bombeo

Para el diseño de un sistema de bombeo lo principal es el dimensionamiento y selección de la bomba a implementarse con sus respectivos accesorios que permitan cumplir con las normativas establecidas de tal manera que el sistema proporcione fiabilidad, seguridad además facilitar el acceso a su mantenimiento, en lo referente a la operación se debe tener en cuenta principalmente la regulación y control de la presión evitando así daños en la tubería y bomba debido a problemas ocasionados por la cavitación [7].

2.2.3. Parámetros para el diseño del sistema de bombeo

A través de los años la Ingeniería en mecánica de fluidos ha ido evolucionando paulatinamente con el objetivo de facilitar el estudio del comportamiento de los diferentes fluidos, para esto se ha visto en la necesidad de emplear las leyes de la termodinámica y la mecánica, es de ahí que surgen las diversas variables que se emplean para realizar el dimensionamiento de los sistemas hidráulicos [8].

2.2.3.1. Flujo en tuberías

Es la circulación de un líquido o fluido sin cambiar su viscosidad ni alterar sus propiedades físicas, el flujo se caracteriza por ser una sustancia donde las partículas se enlazan por una fuerza de cohesión y a su vez generan fuerzas de adherencia con respecto a las superficies que contienen el flujo, dentro del proyecto se determinara dos tipos de flujo [9]:

- Flujo Laminar
- Flujo transicional
- Flujo Turbulento

En la tabla 2.1 se visualiza los diferentes tipos de flujo que existen en las tuberías.

Tabla 1.1: Características para determinar el flujo en tuberías [9].

2300 ≤	Re ≤ 2300	Flujo laminar
	Re ≤ 4000	Flujo transicional
	Re ≥ 4000	Flujo turbulento

2.2.3.2. Caudal o flujo volumétrico

Es la cantidad de fluido que recorre a través de una tubería con respecto al tiempo, indispensablemente de características tales como la viscosidad o peso específico del líquido transportado [10].

2.2.3.3. Velocidad de un fluido

Se refiere a la rapidez con la que recorre un fluido a través de una tubería o conducto con respecto al tiempo.

2.2.3.4. Presión que ejerce un fluido

Es la fuerza normal que se emplea sobre la superficie cuando un fluido está en reposo, para poder aplicar presión en un fluido es necesario que una fuerza intervenga para impulsar el líquido [10].

2.2.3.5. Número de Reynolds

En la investigación realizada en el año 1880 por Osborne Reynolds estableció la ecuación de Reynolds la que permite determinar si un fluido se encuentra en estado laminar o turbulento, para

ello es importante conocer el diámetro de la tubería, la velocidad a la que circula el fluido, la densidad del fluido y su viscosidad [9].

2.2.3.6. Pérdida de presión

Las pérdidas de presión se provocan cuando un fluido en movimiento circula a través de un ducto y este a su vez cambia de viscosidad, las pérdidas se producen en mayor cantidad cuando el fluido es transportado a grandes distancias y existe una mayor cantidad de accesorios [11].

2.2.3.7. Pérdidas de carga

La pérdida de carga es producida cuando un fluido necesita ser impulsado a una determinada altura con la ayuda de una bomba con el único fin de superar pérdidas por fricción en el ducto, también es producida por la viscosidad del fluido y esta interactúa de manera directa con el esfuerzo de corte de la pared de la tubería [9].

2.2.3.8. Factor de fricción

El factor de fricción es un parámetro de suma importancia para el adecuado diseño con el fin de analizar las pérdidas de energía mecánica que se producen al momento del transporte de agua que circulan por las tuberías, adicional este factor permite evaluar la potencia requerida, o para seleccionar el diámetro adecuado de la tubería [12].

2.2.3.9. Rugosidad del material

La rugosidad del material (ϵ) es un dato que se debe obtener si es posible del fabricante, en la tabla 2.2 de puede observar los valores de rugosidad de distintos materiales.

Tabla 2.2: Valores de rugosidad equivalentes para tuberías [9].

Material	ft	Mm
Vidrio plástico	0 (liso)	
Concreto	0.003-0.03	0.9-9
Duela de madera	0.0016	0.5
Hule, alisado	0.000033	0.01
Tubería de cobre o latón	0.000005	0.0015
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro Galvanizado	0.0005	0.15
Hierro forjado	0.00015	0.046
Acero inoxidable	0.000007	0.002

2.2.3.10. Flujo másico

Al flujo másico se lo puede detallar como la cantidad de masa que fluye por una sección transversal de una tubería por unidad de tiempo [13].

2.2.3.11. Rendimiento de la bomba

Por su definición física se conoce como la potencia de salida que se obtiene en una máquina dividida entre la potencia de entrada en un intervalo de tiempo y para expresarlo en porcentaje (%) se debe multiplicar el valor obtenido por 100, cuando una máquina con poco trabajo obtiene buenos resultados quiere decir que el rendimiento está en óptimas condiciones.

2.2.3.12. Eficiencia de una máquina

Se refiere a la optimización de recursos físicos con el fin de generar un mejor resultado u obtención de los objetivos planteados anteriormente.

2.2.3.13. Velocidad específica

La velocidad específica se puede definir como la velocidad de rotación de una máquina o también conocida como la variación de la frecuencia de rotación en una máquina [14].

2.2.3.14. Densidad del agua

La densidad es una magnitud la cual expresa una correlación que se da entre la masa contenida por unidad y el volumen de un fluido.

2.2.3.15. Carga de aspiración neta positiva (NPSH)

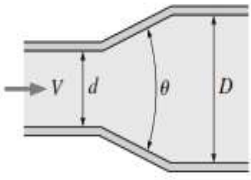
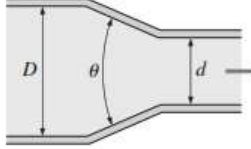
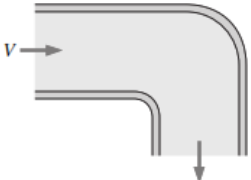
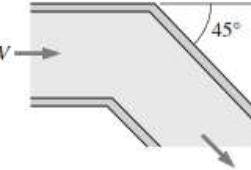
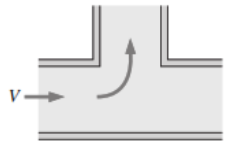
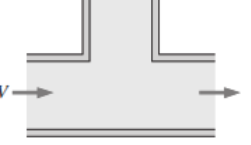
La carga de aspiración neta positiva es la diferencia que existe entre la presión de entrada y el nivel de presión de vapor más bajo de la bomba, este parámetro es muy importante para el diseño e implementación de un sistema de bombeo, con el propósito de evitar la cavitación en la bomba y tuberías para así garantizar la eficiencia del sistema [15].

2.2.3.16. Pérdidas menores en tuberías

Estas pérdidas son producidas por los diferentes accesorios que intervienen dentro del sistema de bombeo como las válvulas Check, codos, uniones, reducciones o ampliaciones, conexiones en T y

la tubería, tal y como se puede visualizar en la tabla 2.3 las pérdidas de los diferentes accesorios usados en la implementación del sistema de bombeo.

Tabla 2.2: Coeficiente de pérdida (K_L) para accesorios de tuberías [9].

Coeficiente de pérdida (K_L) para accesorios de tuberías			
Expansión Gradual $K_L = 0.02$ para $\theta = 30^\circ$ $K_L = 0.04$ para $\theta = 45^\circ$ $K_L = 0.07$ para $\theta = 60^\circ$		Contracción Gradual $K_L = 0.02$ para $d/D = 0.2$ $K_L = 0.02$ para $d/D = 0.4$ $K_L = 0.02$ para $d/D = 0.6$ $K_L = 0.02$ para $d/D = 0.8$	
Codo suave de 90° Embridado: $K_L = 0.3$ Roscado: $K_L = 0.9$		Codo roscado de 45° : $K_L = 0.4$	
Conexión en T Embridado: $K_L = 1.0$ Roscado: $K_L = 2.0$	Flujo derivado 	Conexión en T Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 0.9$	Flujo lineal 

2.2.4. Normativas hidráulicas.

Para el caso de la instalación de un sistema de bombeo para la comunidad de Cruz Loma se realizará acorde a las normativas establecidas en el Ecuador para el uso eficiente de la energía en bombas centrífugas de agua potable de uso residencial. Requisitos. (Norma NTE INEN 2517: 2021).

2.2.5. Cavitación en los sistemas de bombeo

La cavitación es un fenómeno que se produce cuando el fluido que circula mediante un accesorio, tubería o bomba hidráulica, por el efecto de la velocidad tiende a originar burbujas de aire o

cavidades de vapor las cuales colisionan contra los accesorios y provocan problemas de fatiga disminuyendo la vida útil de los accesorios hidráulicos y de la bomba centrífuga [16].

2.2.5.1. Características de la cavitación en los sistemas de bombeo

Las principales características de cavitación que se dan en un sistema de bombeo son producidas cuando se generan ruidos, vibraciones en accesorios y el deterioro de los alabes de la máquina hidráulica, para poder evitar el efecto de cavitación se puede seguir las siguientes recomendaciones:

- Evitar el uso excesivo de codos
- Al momento de la instalación se debe alinear la bomba y la tubería
- La instalación de válvulas Check para mantener la succión llena de líquido
- Mantenimiento de la válvula de pie con el fin de retirar obstrucciones.
- El uso de los materiales adecuados para la instalación
- El diámetro de succión siempre debe ser mayor al diámetro de descarga [16].

En la figura 2.1 se pueden visualizar los riesgos que genera la cavitación en un sistema de bombeo.

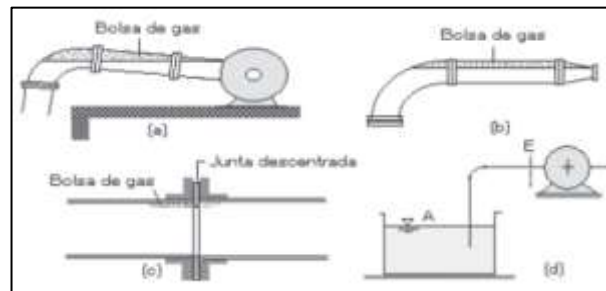


Figura 2.1: Riesgos de Cavitación en un sistema de bombeo [16].

2.2.6. Tipos de bombas hidráulicas

Una bomba hidráulica se utiliza para generar el transporte de agua a largas distancias elevando la presión que circula a través de las tuberías del sistema hidráulico, en esta ocasión se tratará las más usadas en sistemas de bombeo de agua para riego.

2.2.6.1. Bomba Centrífuga

La bomba centrífuga es una máquina hidráulica que se caracteriza por impulsar un fluido a grandes distancias, esta funciona a través de la absorción de la energía mecánica que transfiere energía al fluido convirtiéndose en presión y velocidad, estas bombas tienen diferentes estructuras, pero las mismas características dinámicas adicionales del mismo principio de funcionamiento [17].

a) Clasificación de las bombas centrífugas

Para la clasificación de las bombas centrífugas se pueden dividir según dos consideraciones, la primera es en base a las características del movimiento del fluido y la segunda es en función específica para la que se ha diseñado la bomba [18].

En la figura 2.2 se puede visualizar la clasificación de las bombas centrífugas.

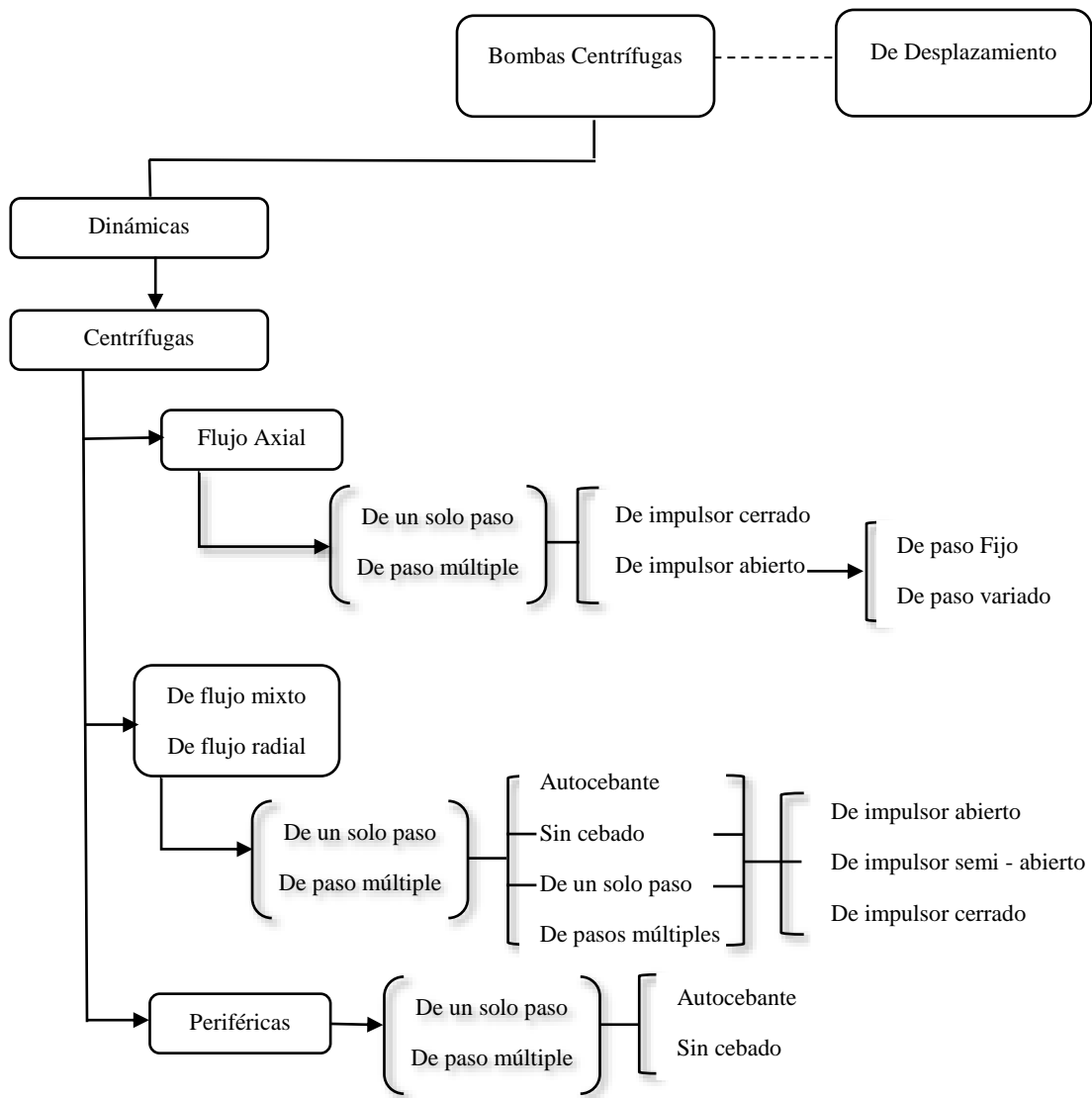


Figura 2.2: Clasificación de bombas centrífugas

b) Partes de una bomba centrífuga

Una bomba centrífuga está conformada por diferentes partes como las que se detallan a continuación en la figura 2.3:

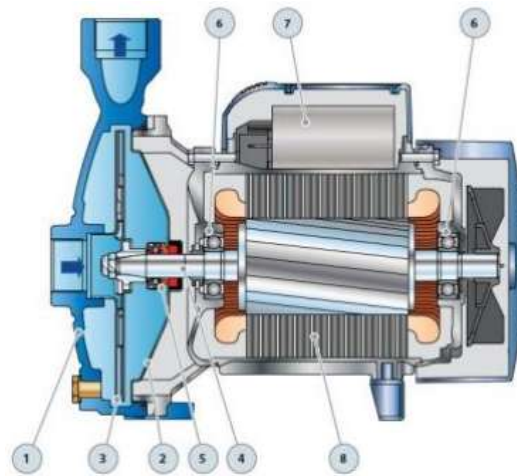


Figura 2.3: Partes de una bomba centrífuga [19].

Donde:

1. Carcasa
2. Cuerpo de la bomba
3. Impulsor
4. Eje del motor
5. Sello mecánico
6. Rodamientos
7. Capacitor
8. Motor Eléctrico

2.2.6.2. Curva de la motobomba

La motobomba es una máquina mecánica que se utiliza para diversos propósitos como el de transportar fluidos almacenados en un punto estratégico con un caudal constante, estas motobombas se caracterizan por ser alimentadas por gasolina o diésel, adicional se debe tener en cuenta distintos puntos que pueden afectar el transporte del fluido como son la altura de la distribución, la transmisión de agua y la altura de elevación [20].

En la figura 2.4 se puede observar la curva característica de una motobomba.

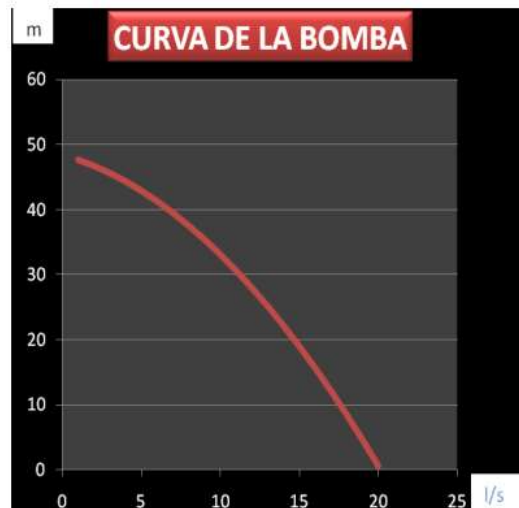


Figura 2.4: Curva de la motobomba [20].

2.2.7. Parámetros para el diseño del sistema eléctrico

Para el diseño del sistema eléctrico se opta por dimensionar los diferentes componentes, como protecciones, dispositivos electrónicos de control y maniobra, es de suma importancia garantizar que este tipo de sistemas eléctricos sean seguros para el correcto funcionamiento, ya que al ser sistemas trifásicos poseen altas corrientes las cuales pueden sobrecargar a los equipos eléctricos y electrónicos e incluso dañar la bomba centrífuga, para esto se hará uso de la tecnología para la automatización del sistema de bombeo, el cual permitirá generar el control de manera eficiente, debido a ello se debe tomar en cuenta una serie de variables las cuales se debe obtener a través de cálculos matemáticos, mediante el uso de diferentes ecuaciones.

2.2.7.1. Intensidad en el devanado secundario del transformador

La corriente en el transformador es la relación entre la potencia activa y la tensión entre líneas de la red trifásica [21].

2.2.7.2. Tensión en la red trifásica

Un sistema trifásico se encuentra conformado por tres fases y un neutro, las cuales se encuentran en desfase de 120° entre líneas respectivamente con igual amplitud y frecuencia, para poder determinar la tensión de fase se realiza la medición entre una fase y el neutro (120V), para la tensión entre líneas se miden las dos fases (220V), los ángulos de desfase se pueden observar en la figura 2.5.

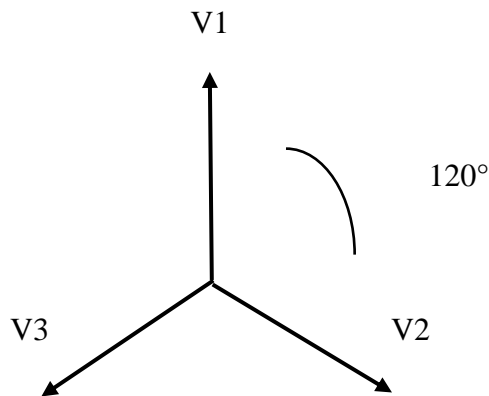


Figura 2.5: Desfase de tensiones entre líneas

2.2.7.3. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es un parámetro que se puede denominar como el trabajo generado o consumido en un periodo de tiempo, su unidad de medida es el Vatio [22].

2.2.7.4. Puesta a tierra

Es una conexión directa entre todos los segmentos metálicos de un sistema eléctrico sin ningún sistema de protección, la principal función de un sistema de puesta a tierra es la de forzar la derivación de tensión hacia un terreno con el fin de que no existan diferencia de potencial y a su vez proteger el sistema de disturbios atmosféricos como rayos [23].

2.2.7.5. Resistividad del terreno

Es la resistencia específica que se encuentra a cierta profundidad del suelo, su magnitud se expresa en ohm por metros ($\Omega \cdot m$), esta resistencia varía dependiendo a varios factores que se hallan dentro del suelo:
















- La composición del suelo
- Las sales solubles y su concentración
- El estado higrométrico
- La temperatura
- La granulometría
- La compacidad
- La estratigrafía

2.2.8. Normativas Eléctricas.

Para la instalación eléctrica, conexiones del tablero y la bomba se tomó en cuenta el código de practica ecuatoriano o también conocido como el código eléctrico nacional (Norma CPE INEN 19:2001).

En la selección del color de los cables se ha optado por seguir el código nacional eléctrico (NEC) el cual tiene colores específicos para una red trifásica, en la tabla 2.4 se puede visualizar

Tabla 2.4: Normas NEC de color de cables para instalaciones eléctricas.

Código de colores de cables para instalaciones eléctricas (NEC)				
Fases	1 fase (120,208,140V)		3 fases (120, 208,240 V)	
L1	L1			
L2				
L3	N			
N				
PG	PG			

2.2.9. Tipos de arranques en bombas de agua

A lo largo de la carrera se ha tenido la oportunidad de realizar distintas prácticas en la que se involucra varios tipos de arranques a motores, así como los motores monofásicos y trifásicos, de igual manera existen distintos tipos de arranques cada uno con su propia característica la cual permite cubrir distintas necesidades al momento de la instalación de un sistema de bombeo.

2.2.9.1. Arranque a plena tensión o arranque directo

Se entiende por arranque a plena tensión cuando el motor eléctrico trifásico (MTE) está conectado directamente al sistema eléctrico mediante dispositivos de protección, funciones o circuitos de control. Se aprecia el uso de interruptores automáticos de protección de motores y contactares para la maniobra, adicional existen otras posibilidades para generar un arranque a plena tensión [24].

El arranque a plena tensión tiene varias ventajas:

- La Simplicidad al momento de la conexión.
- Un alto par de arranque
- El Arranque es rápido
- Bajo costo de instalación

A pesar de sus ventajas, sólo se puede utilizar el arranque a plena tensión en los siguientes casos:

- La capacidad de la red es mayor en comparación a la potencia de un motor, con el fin de reducir la interferencia que se genera debido a la corriente actual.
- Para accionar el motor no es necesario usar un arranque gradual de la velocidad.
- Un par de arranque alto en todas las ocasiones [25].

En la figura 2.6 se visualiza el diagrama de conexión para un arranque directo o a plena tensión.

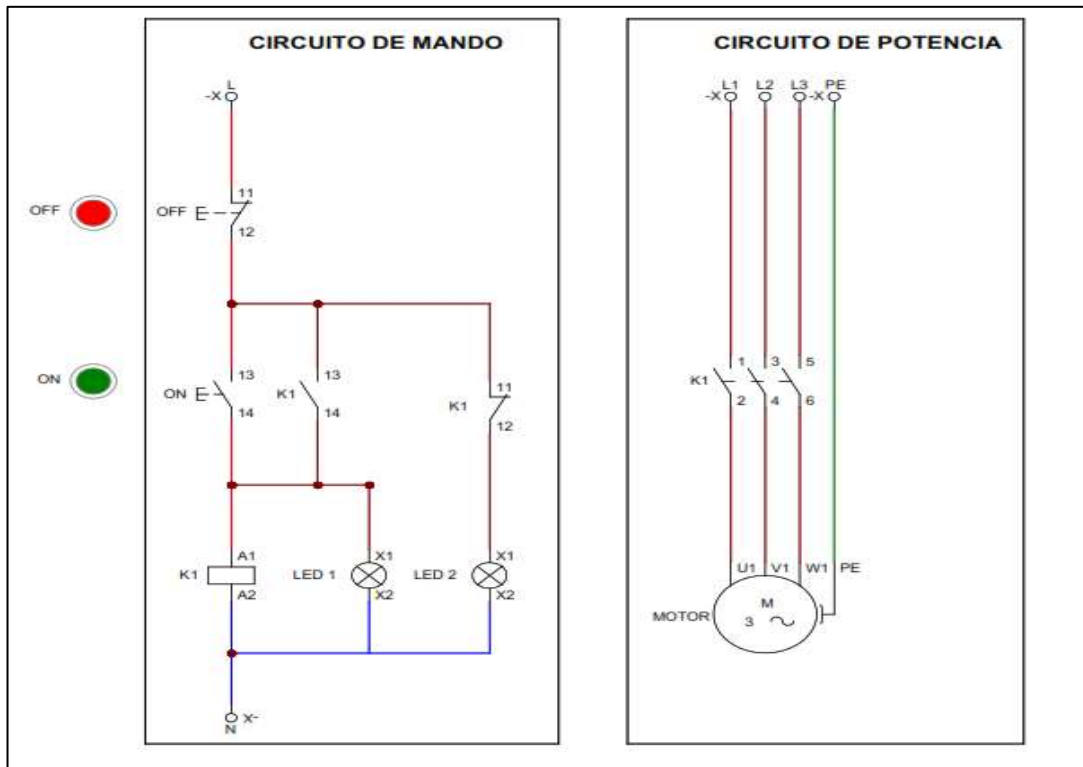


Figura 2.6: Arranque a plena tensión o arranque directo.

2.2.9.2. Arranque estrella – triángulo ($Y - \Delta$)

Este tipo de conexión ($Y - \Delta$) es el más empleado en la industria debido a que su principio de operación consiste en generar un arranque en estrella con la tercera parte de la tensión producida nominal para que con el curso del tiempo se establezca la conexión delta reduciendo la corriente de arranque del motor, debido a que el par del motor se reduce a la mitad se puede generar un descenso en la carga del motor tal y como se puede observar en diagrama 2.7 de un arranque [26].

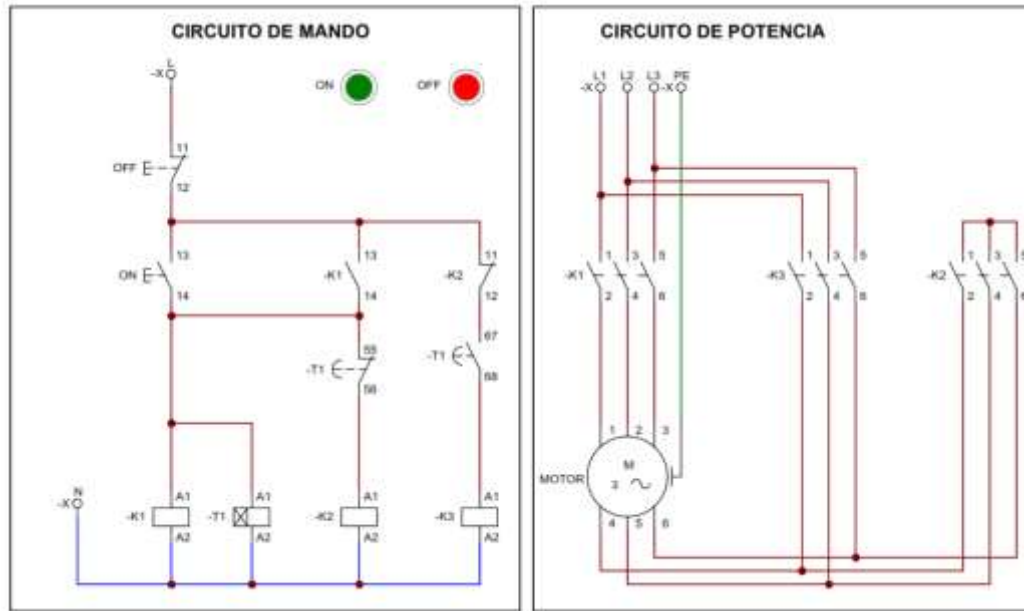


Figura 2.7: Conexión Estrella - Triángulo (Delta)

Un beneficio de este tipo de arranque es que el devanado no sufre el pico de intensidad, comparado al arranque directo, conservando la eficiencia del motor a largo plazo, en la figura 2.7 se puede visualizar la diferencia entre un arranque directo y un arranque (Y – Δ) a través de las curvas de arranque, en la figura 2.8 se pueden observar la diferencia entre un arranque directo y el arranque (Y – Δ).

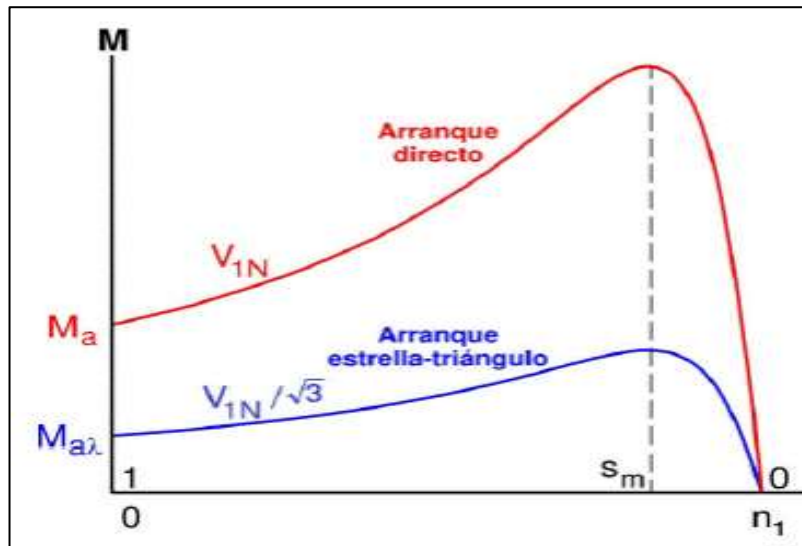


Figura 2.8: Curva de arranque a plena tensión y arranque estrella – triángulo [24].

2.2.9.3. Variadores de Frecuencia

Se trata de un procedimiento el cual combina la fuente de energía con el motor eléctrico trifásico, es utilizado con el fin de regular la velocidad de rotación por medio del control de la frecuencia la cual es suministrada al motor [27].

Un punto muy importante a tener en cuenta es que siempre existe un manual de instrucciones para la instalación y configuración del equipo a utilizar, este documento contiene la información necesaria para la instalación, programación e incluso una lista de posibles códigos de error y cómo solucionarlos.

A continuación, en la figura 2.9 se puede observar los elementos que conforman un variador o convertidor de frecuencia.

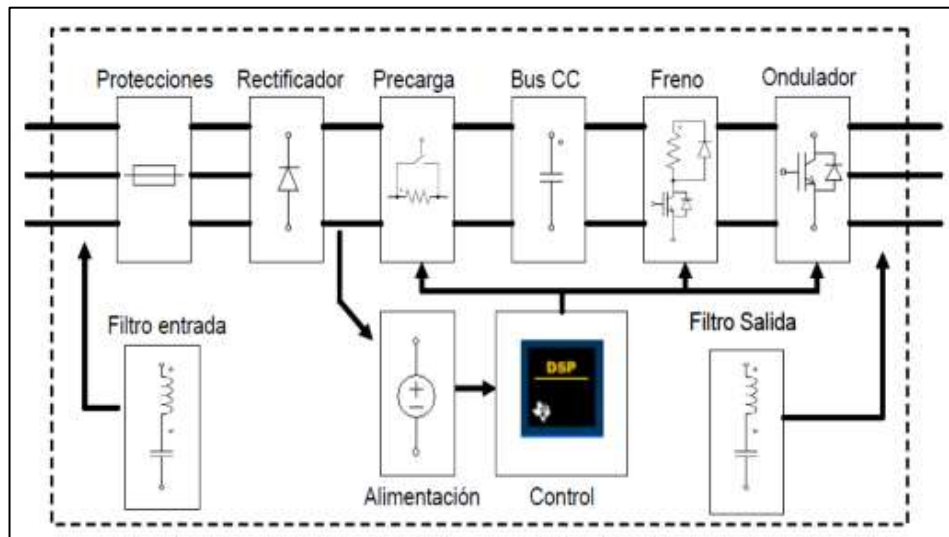


Figura 2.9: Componentes de un variador de frecuencia [27].

2.2.10. Arrancadores Suaves

Un arranque electrónico es la mejor opción gracias a la posibilidad que se puede generar un arranque suave y así alargar la vida útil de las máquinas, por otro lado el beneficio que se logra en

la industria gracias a las características del arranque y parada hace que sea de los más usados en la industria actualmente sustituyendo así las conexiones directa y estrella- delta ($Y - \Delta$).

El arrancador suave es un dispositivo proyectado para el accionamiento de los motores eléctricos trifásicos, cuyo objetivo es generar un arranque de manera gradual hasta alcanzar su tensión nominal, estos dispositivos son utilizados con la finalidad de mantener un sistema estable evitando sobrecorrientes, falta de fase, secuencia de fase, rotor trabado, entre otras características que afectan al sistema de manera directa [28].

En la figura 2.10 se muestra el diagrama de conexiones internas de un arrancador suave.

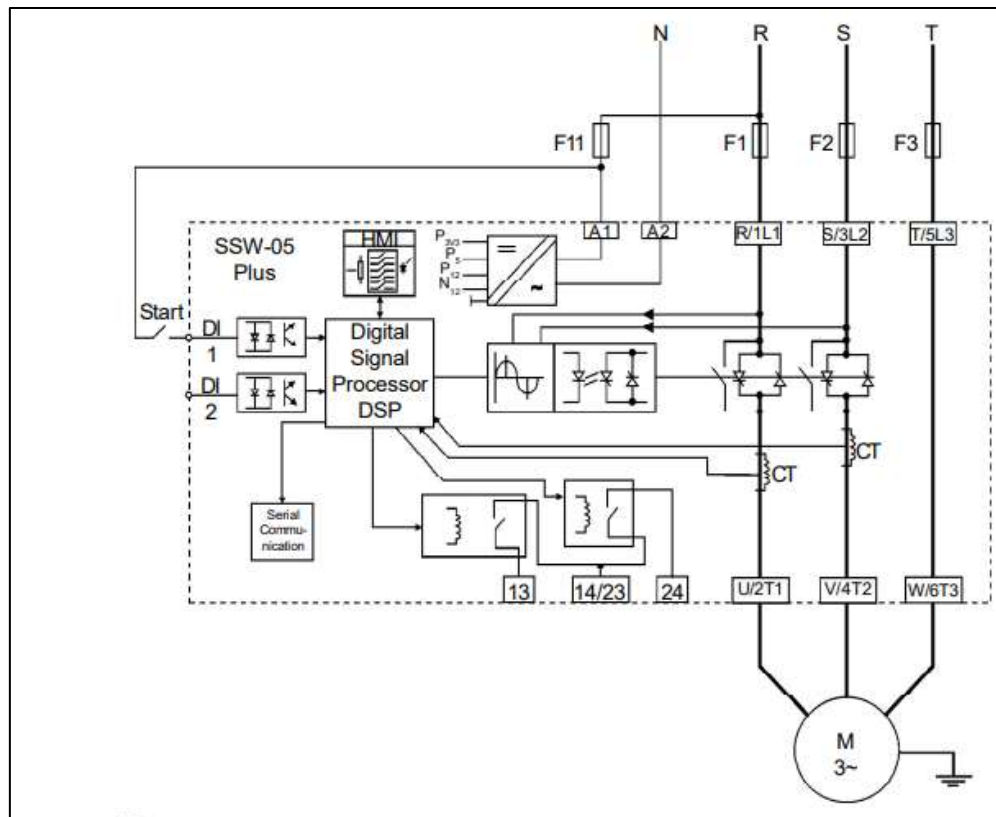


Figura 2.10: Diagrama de bloques del arrancador suave SSW-05 plus [37]

Los arrancadores suaves controlan tres pares de SCR en paralelo los cuales permiten arrancar o detener un motor por medio del control de la tensión de la corriente alterna (CA), creando un tiempo al momento de arrancar o parar el MET, en la figura 2.11 se visualiza la comparación de arranques en motores trifásicos.

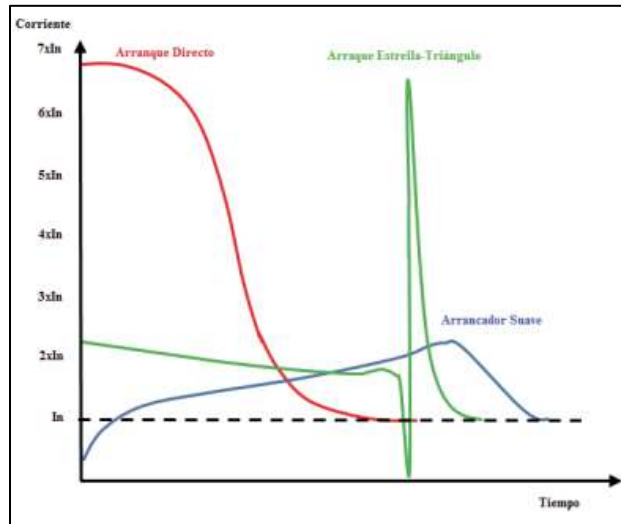


Figura 2.11: Gráfica comparativa de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos trifásicos [28].

Estos Arrancadores suaves brindan una enorme cantidad de ventajas las cuales son:

- Eliminación de golpes mecánicos.
- Evita el “Golpe de Ariete” en bombas.
- Instalación eléctrica sencilla.
- Protección electrónica integral del motor.
- Aumento de la vida útil del motor y de los sistemas mecánicos accionados.
- Facilidad de operación, ajuste y mantenimiento.
- Operación en ambientes hasta 55°C.
- Relé térmico electrónico incorporado.
- Limita las caídas de tensión en el arranque.
- Alta reducción de los esfuerzos mecánicos sobre los acoples y dispositivos de transmisión durante el arranque [29].

2.2.11. Instrumentación para el sistema de bombeo

Para poder realizar un sistema de control de bombeo es necesario adquirir un PLC que cubra todos los requerimientos que se va a controlar, debido a ello se ha optado por la adquisición de dos tipos de sensores de nivel los cuales permiten poder activar o desactivar el uso del sistema de bombeo mandando señales digitales al PLC.

Adicional se investigará los elementos de control y protección que se usará para la implementación del sistema de control para el bombeo de agua en la comunidad de Cruz Loma.

2.2.11.1. Sensores

Se define a los sensores como un dispositivo el cual permite obtener información en tiempo real acerca de un objeto o fenómeno, dichos sensores pueden captar señales espectrales y características especiales de los objetos y materiales dentro del rango observable del sensor [30].

Debido a que la cantidad de sensores que existen son muy extensos se procede a clasificar de acuerdo a su funcionamiento y naturaleza de los mismos.

a) Según su funcionamiento

- **Activos:** ocupan una fuente de alimentación para el funcionamiento.
- **Pasivos:** no ocupan una fuente de alimentación estos ocupan condiciones ambientales para el funcionamiento.

b) Según las señales de entrada

- **Analógicas:** obtienen información por medio de una señal analógica es decir toma datos de manera infinita entre mínimo y máximo.
- **Digitales:** obtienen información de una señal digital la cual puede ser “0” o “1” lógicos.

c) Según las características de funcionamiento

- **Posición:** estos detectan las variaciones que sufre en cada momento desde su posición de partida.

- **Presión:** detectan las variaciones de presión a las cuales son sometidos.
- **Movimiento:** detectan las variaciones de acuerdo al movimiento a los cuales se son sometidos.

2.2.11.2. Control lógico programable (PLC)

Los controladores lógicos programables (PLC), son conocidos como el CPU de la industria, es un dispositivo que realiza una lógica de control discreta o continua en entornos de plantas de proceso como fábricas industriales. Los PLC se utilizan en aplicaciones de automatización industrial y han hecho popularidad desde su creación en una amplia variedad de operaciones como el control de bombas hidráulicas para la automatización en procesos de regadío.

a) Tipos de señales utilizadas en un PLC

- **Señales Binarias:** estas señales abren o cierran el contacto dependiendo el valor detectado, esta señal es un bit con dos valores posibles “0” como mínimo o “1” como máximo.
- **Señales digitales:** son una secuencia de señales binarias las cuales se denominan bit.
- **Señales analógicas:** son una secuencia de datos infinitos, estos datos pasan por una conversión entre la magnitud física encontrada y una magnitud eléctrica en la cual el PLC pueda trabajar.

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Variables Dependientes e Independientes

Tabla 3.1: Variables dependientes e independientes.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Sistema de control Sistema hidráulico	Bombeo de agua de regadío Nivel (m) Presión (psi)

La metodología utilizada para la ejecución del proyecto se basa en una investigación de campo o de laboratorio, la finalidad es realizar un análisis profundo sobre el tema y comprender el impacto o problema que produciría dentro de la sociedad, mediante este método, el investigador principalmente se caracteriza por ejecutar el proyecto en presencia de las personas y con ayuda de fuentes bibliográficas consultadas. Otro método de investigación aplicado es el experimental tiene como fin realizar una serie de comparaciones en la que se pueda comprobar la hipótesis o a su vez rechazarla [31].

El sistema está conformado por la parte eléctrica e hidráulica, mediante la implementación del sistema se pretende realizar la impulsión de agua hasta un reservorio de almacenamiento para que de esta manera el riego sea por gravedad, mediante el empleo de sensores digitales y analógicos se controlara el nivel del reservorio , así como también la presión en la descarga, con el fin de evitar posibles daños de la bomba por falta del fluido, otra de las principales características del sistema eléctrico es la implementación de un arrancador suave para que al momento del arranque se efectúe de forma gradual la tensión requerida por la máquina otra de las causas es evitar sobrecorrientes y distorsión armónica de la red eléctrica.

3.1.2. Características del sistema eléctrico

El sistema eléctrico se caracteriza por estar conformado por el circuito de fuerza o potencia y por el circuito de control.

1. El principal elemento del sistema es el motor eléctrico con una potencia de 20hp (15kW), a una tensión de 220V en conexión (Δ), y una corriente de 49.8 A.
2. Para el montaje del sistema eléctrico se implementará un gabinete metálico de 60 · 80 cm.
3. En el circuito de potencia se empleará conductor de cobre calibre 6AWG, interruptor automático tripolar (100A), Fusibles tipo NH -70 A.
4. Mediante la implementación de un arrancador suave se realizará un arranque gradual evitando una elevación brusca de tensión y picos excesivos de corriente, para lo cual se utilizará un arrancador marca WEG (Soft-Starter SSW-05), la corriente de operación es de 60 A.

5. En el circuito de control está conformado por conductor calibre (14-16 AWG), borneras para la distribución de 110V AC, y la implementación de una fuente de voltaje de 24V DC.
6. Con la ayuda de un autómata programable PLC S7-1200 se pretende controlar el motor de manera automática o manual.
7. Por último, se realiza la selección de dispositivos para el accionamiento, indicadores y medición.
 - pulsadores
 - selector
 - luces pilotos
 - voltímetros
 - amperímetros

3.1.3. Componentes del Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico cuenta de los siguientes componentes físicos:

- Bomba centrífuga de 20hp (15kW), 220V y 49.8 A
- Gabinete metálico de 60 · 80 *cm*
- Conductor eléctrico de cobre calibre 6(AWG)
- Conductor eléctrico de cobre calibre 14-16(AWG)
- Interruptor Automático Tripolar (100 A)
- Fusibles tipo NH-70 A
- Arrancador Suave Soft-Starter SSW-05 (60 A)
- Canaleta para Gabinete
- Borneras de distribución
- Fuente DR-75-24 de 24V DC -3.1 A
- PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200
- Pulsadores NA- Verde, NC Rojo, NA Tomate y NC Rojo (PE)
- Selector de 3 posiciones (Manual-Off- Automático)
- Luces indicadoras

- Voltímetros (V)
- Amperímetros (A)

En la figura 3.1 se pueden visualizar los componentes eléctricos a implementar en el sistema de control.



Figura 3.1: Materiales para el sistema eléctrico.

3.1.4. Diagrama de conexiones

Con la ayuda del diagrama eléctrico diseñado en el software CADe-Simu, se procede a realizar las respectivas conexiones las cuales constan de un circuito de control (mando) y un circuito de potencia (fuerza), en el circuito de control consta de un PLC el cual permite programar accionamientos como son los pulsadores y sensores, el sistema está conformado por la parte manual y la parte automática, las salidas digitales están conectadas a los actuadores como indicadores y la bomba.

En el circuito de potencia consta de un arrancador suave con el fin de realizar un arranque de forma gradual y así proteger al sistema de sobrecorriente, pérdida de fase y sobrecarga, como se puede visualizar en la figura 3.2 diagrama eléctrico para el sistema de bombeo.

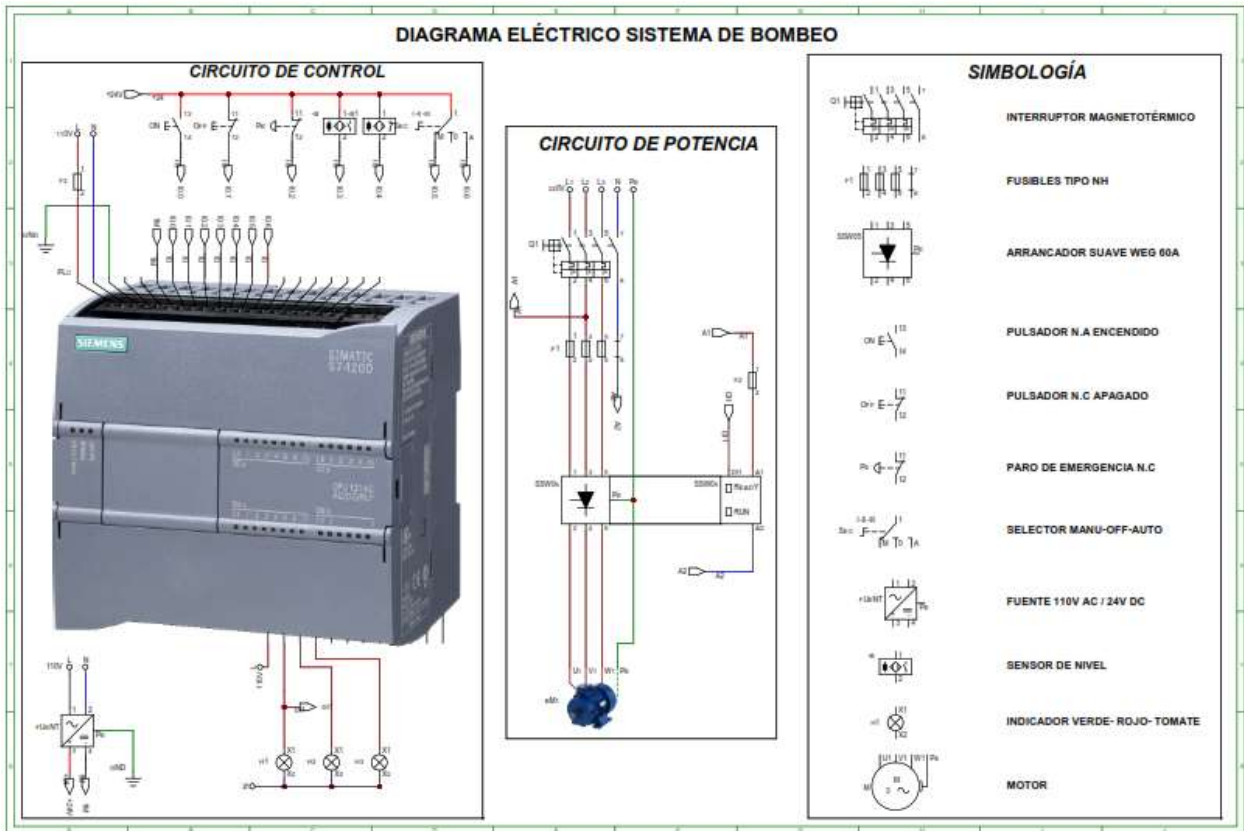



Figura 3.2: Diagrama de conexión eléctrica.

3.1.5. Bomba Centrífuga

La Bomba Centrífuga es una máquina hidráulica que se caracteriza por impulsar fluidos a grandes distancias, está conformada por la parte de succión y la descarga, para el desarrollo de la propuesta tecnológica se dispone de una bomba centrífuga constituida de las siguientes características eléctricas e hidráulicas, como se observa en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Características eléctricas de la bomba.

Bomba Centrífuga	Características
	Bomba Trifásica 3~
	Potencia 15kW (20HP)
	Tensión 220/380/440 V
	Corriente 49.8/28.8/24.9 A
	RPM 3530
	IP 55
	ΔT 80 °K
	Altura 1000 m.s.n.m
	Categoría N
	Peso 100 kg
Factor de Potencia 0.87	
Rendimiento η (%) 0.908	
Temperatura Ambiente 40 °C	

3.1.6. Interruptor Termomagnético

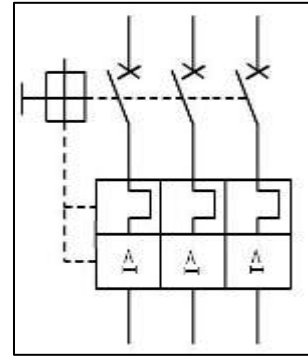
El Interruptor Termomagnético es un dispositivo electromecánico, que tiene la capacidad de interrumpir la corriente que circula por el circuito cuando esta se incrementa bruscamente de los valores permitidos de operación.

Para la selección adecuada de un interruptor termomagnético se debe conocer cuál es la principal característica de operación con la finalidad de proporcionar una protección adecuada al motor, al seleccionar el interruptor termomagnético se debe verificar que la capacidad de corte sea mayor a la corriente máxima de cortocircuito. [32]

En la figura 3.3 se visualiza la simbología de un interruptor termomagnético.



a) Interrupor Termomagnético



b) Simbología del Interrupor Termomagnético

Figura 3.3: Interrupor Termomagnético y simbología eléctrica [33].

3.1.7. Fusibles tipo NH Media Tensión

Los fusibles tipo NH o también denominados ocasionalmente de tipo cuchilla, son utilizados en plantas industriales y en redes de distribución para proteger líneas eléctricas, conductores y maquinarias de daños ocasionados por la corriente. Estos fusibles tipo NH tienen su tipo de protección dependiendo de las características a usar en la implementación, pueden ser de dos tipos:

En la figura 3.4 se puede observar un fusible tipo NH de 70 A.



Figura 3.4: Fusible tipo NH y porta fusible.

- **gL – gG:** Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en líneas y redes de uso generalizado.
- **aM:** Protección de motores contra sobrecarga, cortocircuitos, en combinación con otros dispositivos de protección.

Tabla 3.3: Especificaciones Técnicas de los fusibles tipo NH [34].

Especificaciones técnicas	
Tensión nominal	500V. 690 V.
Corriente nominal	2 – 1250 A
Capacidad de ruptura	120 kA – 500V.
	80 kA – 690V.
Características de función	gL – gL – gG , aM.
Aislamiento	C-VDE 0110
Normas	IEC 269-1, IEC 296-2-1
	NFC 63.210, 63.211.
	VDE 0636/21/22.

3.1.8. Fusibles Cilíndricos para Baja Tensión

Los fusibles cilíndricos clase gG para protección de uso general tanto ante sobrecargas como cortocircuitos, indicados como protección de líneas o equipos.

Estos fusibles son construidos a partir de un tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio, también es muy usado el fusible sólido o seccionador de neutro, cuya principal aplicación ya fue explicada para el tipo NH. La capacidad de interrupción es del mismo orden que el tipo anterior, 50 a 80 kA [34].

3.1.9. Controlador lógico programable (SIMATIC S7-1200)

Para la parte del control lógico programable se ha optado por la opción más viable para cubrir el uso de las entradas y salidas propuestas con la que permita a futuro tener más opciones de automatización, el PLC a utilizar el Siemens S7- 1200 con el fin de automatizar el sistema de

regadío mediante la implementación de sensores que controlen el encendido y apagado de la bomba centrífuga.

En la figura 3.5 se puede observar un modelo de PLC siemens.



Figura 3.5: PLC Siemens S7 - 1200

3.1.10. Arrancador suave WEG SSW 05 plus

Para poder realizar el arranque suave se ha escogido el modelo WEG SSW 05 Plus, el cual es acorde para 60 A, este dispositivo nos permite que la tensión suba gradualmente y por ende no dañe los equipos debido una sobre corriente, protegiendo el sistema eléctrico e hidráulico y alargando la vida útil de la bomba centrífuga.

En la figura 3.6 se visualiza el modelo de arrancador WEG SSW-05 plus.



Figura 3.6: Arrancador suave WEG SSW 05 plus

3.1.11. Relé de nivel a pesas

El interruptor o relé de nivel a pesas es un dispositivo que permite encender y apagar las bombas eléctricas u otros dispositivos en función del nivel de agua que se encuentra el reservorio.

En la figura 3.7 se puede visualizar el relé de nivel a pesas.



Figura 3.7: Relé de nivel a pesas.

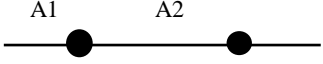
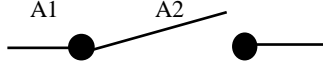
Las principales características de este relé de nivel a pesas son:

- Su alimentación: 110V-220V / 50-60 Hz.
- La Temperatura ambiente: 0 – 80°C.

- Temperatura máxima del fluido: 60°C.
- Potencia máxima conexión: 1,5 kW.
- Posición de reposo intercambiable.

A continuación, en la tabla 3.4 se puede observar las conexiones para el nivel superior e inferior.

Tabla 3.4: Lógica del relé de nivel.

Opciones de conexión	
	Terminales
Tanque vacío	
Tanque lleno	

3.1.12. Sensor de nivel flotador

Los Flotadores eléctricos, también conocidos como sensores de boya o relé flotador. Es un dispositivo que permite encender o apagar la carga eléctrica dependiendo el nivel del agua, lo que permite automatizar el funcionamiento de la bomba hidráulica y protegerla de operaciones incorrectas al llenar o vaciar el reservorio.

En la figura 3.8 se observa la conexión para el relé flotador.

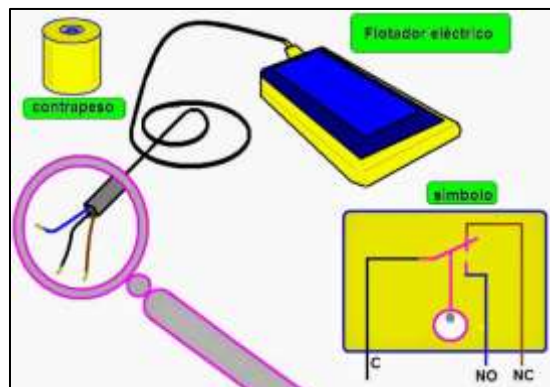


Figura 3.8: Conexión para el relé flotador

Las principales características que se pueden destacar del relé flotador son:

- Voltaje de operación: 0-100 V
- Corriente de operación: 0.5 A
- Potencia máxima: 10W
- Resistencia de contacto: 100 MΩ
- Temperatura de funcionamiento: -10°C a 60 °C
- Posición en que se usa es vertical

3.1.13. Electrodo de puesta a Tierra

Se trata de una varilla de cobre la cual va conectada de forma directa a tierra con el fin de evitar accidentes al ser humano o a los equipos debido a variaciones ambientales, en la figura 3.9 se puede visualizar la conexión de puesta a tierra.

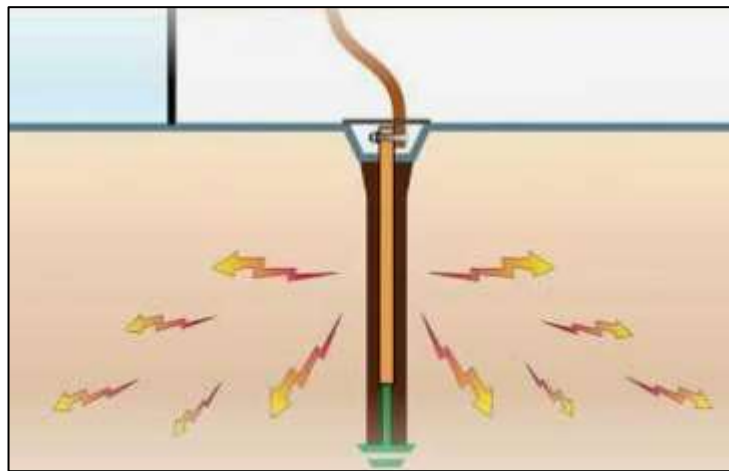


Figura 3.9: Electrodo de cobre para la puesta a tierra.

3.1.14. Mejorador de suelo

Se ocupa un tratamiento natural específico para la alta resistividad del suelo el cual produce una mejora a la conductividad eléctrica del terreno, además minimiza la corrosión galvánica del suelo y potencia la efectividad del paso de la corriente.



Figura 3.10: Mejorador de suelo

3.1.15. Conductores de tierra

Estos conductores son realizados en materiales de alta conductividad y se encargan de unir los dispositivos eléctricos y electrónicos con el electrodo de puesta a tierra.

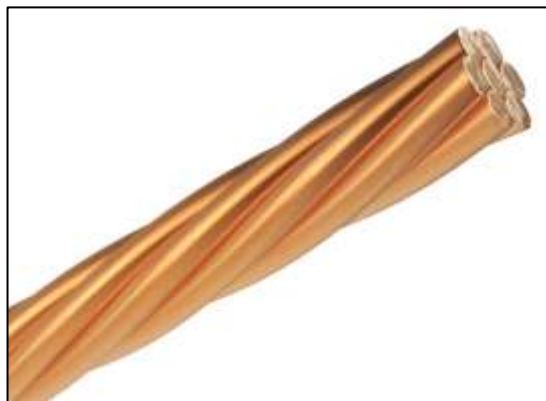


Figura 3.11: Conductor de cobre AWG calibre 2 a 7 hilos.

3.1.16. Conector para puesta a tierra

Son usados para unir el conductor y el electrodo de puesta a tierra el cual ira colocado a dentro del pozo a tierra, este conector permite una conexión de baja resistencia dentro del sistema.



Figura 3.12: Conector AB SPAT para puesta a tierra.

3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico está constituido por la parte de succión y descarga consta de los siguientes componentes:

- Válvula de pie de 3"
- Tubería de goma corrugada de 3" con abrazaderas
- Acople NPT 3"
- Tubo galvanizado NPT 2"
- Codo de 90° galvanizado NPT 2"
- Acople rápido de 2" a 2" roscado macho NPT
- Acople rápido de 2" a 3" roscado hembra NPT
- Tubo galvanizado NPT 3" roscado macho
- Válvula Check de 3" NPT roscado hembra

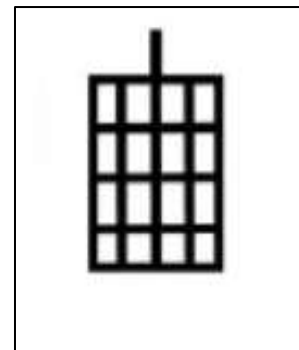
- Codo de 90° galvanizado NPT 3"
- Tubería PVC de presión de 3"
- Codos de 90° y 45° PVC
- Válvulas de aire
- Llaves de paso.

3.2.1. Válvula de pie

Este tipo de válvulas también son denominadas anti-retorno, ya que son encargadas de evitar el flujo inverso en la tubería de succión, se encuentran conformadas por una rejilla filtrante, como se observa en la figura 3.13.



a) Válvula de Pie



b) Simbología

Figura 3.13: Válvula de pie y simbología.

3.2.2. Selección de la tubería de succión

Para la selección de la tubería de succión es muy importante tener en cuenta diversos factores que faciliten el transporte adecuado del fluido, con la finalidad de evitar cavitación en la tubería y accesorios hidráulicos, con el propósito de evitar este tipo de inconvenientes y asegurar que el

sistema a implementarse sea optimo se deben analizar los factores como la presión, temperatura, corrosión y por lo general el costo de la tubería [35].

En la figura 3.14 se observa la tubería de succión.



Figura 3.14: Tubería de Succión o Aspiración [35].

3.2.3. Tubería de descarga (Galvanizado NPT) y (PVC)

Para la descarga del fluido se encuentra seleccionada tubería de Galvanizado de roscado NPT, con el objetivo que mediante la implementación se evite que al inicio de la descarga del fluido se produzca explosión de la tubería, por el incremento de presión, dentro del sistema de descarga se dispone de acoples, codos de 90°, ampliaciones a 3" y la tubería PVC, estos accesorios son aquellos que originan pérdidas en el sistema.

En la figura 3.15 se visualiza los diferentes tipos de tuberías.



a) Tubería de galvanizado NPT



b) Tubería de PVC

Figura 3.15: Tubería de galvanizado NPT y tubería PVC para descarga [35].

3.2.4. Válvula de aire

Mediante la implementación de una válvula de aire o también conocida como de admisión lo principal es controlar los transitorios hidráulicos que se producen al momento de la conducción del fluido, es decir cuando la presión se incrementa el aire admitido será expulsado de tal manera que se recupere la continuidad de circulación de la columna líquida, estas válvulas por lo general son instaladas en las partes más altas del sistema hidráulico, ya que son las zonas donde se quedan atrapadas las burbujas de aire, el principal objetivo de estos accesorios es evitar que el aire se quede atrapado en el interior al momento de llenado y vaciado del fluido origine depresiones en la tubería [36].

En la figura 3.16 se observa las válvulas de aire.



Figura 3.16: Válvula de aire.

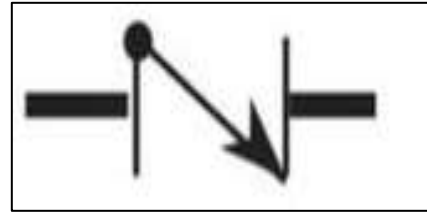
3.2.5. Válvula Check

La principal función de este accesorio es la retención del fluido, permitiendo de esta manera el líquido circule en una sola dirección y en la dirección contraria esta la bloquea, para ubicarla dentro del sistema para la descarga se determina el diámetro de la tubería, y se lo multiplica por 40 veces el diámetro para determinar la distancia donde se debe colocarla y así conseguir un sistema óptimo.

En la figura 3.17 se visualiza la simbología para la válvula check.



a) Válvula Check o de retención



b) Simbología de la válvula Check

Figura 3.17: Válvula Check o de retención y simbología de la válvula Check.

3.2.6. Manómetro

El manómetro de presión es un indicador analógico el cual permite medir la presión que transcurre por una tubería, esta presión se mide en Psi o Bar, como se puede visualizar en la figura 3.18.



Figura 3.18: Manómetro de presión.

3.3. ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

3.3.1. Ecuación para la corriente del transformador

Para conocer la corriente en el devanado secundario del transformador es necesario ocupar la ecuación (3.1), como se muestra a continuación:

$$I_{T(3\phi)} = \frac{P}{U_L \cdot \sqrt{3}} \quad (3.1)$$

Donde:

$I_{T(3\phi)}$ = Corriente en el Transformador (A)

P = Potencia Activa (kVA)

U_L = Tensión en la línea (V)

$\sqrt{3}$ = Red Trifásica

3.3.2. Ecuación para dimensionar el interruptor termomagnético

Para dimensionar el interruptor termomagnético se usa la siguiente ecuación (3.2)

$$I_N = \frac{P_C}{U_C \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3}} \quad (3.2)$$

Donde:

I_N = Corriente Nominal (A)

P_C = Potencia de la carga (W)

U_C = Tensión en la carga (V)

$\cos\varphi$ = Factor de potencia de la carga (adimensional)

η = Rendimiento (%)

$\sqrt{3}$ = Sistema Trifásico

Una vez obtenido el resultado este será sobredimensionado por un 125 % de la corriente nominal

3.3.3. Ecuación para el dimensionamiento de fusibles

Para el dimensionamiento de los fusibles es necesario dimensionar un 135% de la corriente nominal como se muestra en la ecuación (3.3)

$$I_F = I_N \cdot 1.35 \quad (3.3)$$

3.3.4. Ecuación para el dimensionamiento del arrancador suave

Para el dimensionamiento del arrancador suave es necesario conocer la corriente de operación del motor, adicional del factor de servicio tal como se observa en la ecuación (3.4).

$$I_{SSW-05} > I_{Motor} \cdot F_S \quad (3.4)$$

Donde:

I_{SSW-05} = Intensidad del arrancador suave. (A)

I_{Motor} = Intensidad del motor (A)

F_S = Factor de servicio (adimensional)

En la tabla 3.5 se puede visualizar los modelos de arrancadores suaves y su capacidad de tensión.

Tabla 3.5: Selección del arrancador suave Soft-Starter SSW-05 [37].

Modelo	Corriente Out A	IEC - 50 Hz		IEC - 60 Hz		NEMA - 60 Hz	
		220 V 230 V	380 V 415 V	220 V 230 V	440 V 460 V	230 V	460V
		kW	kW	HP	HP	HP	HP
SSW050003T2246	3	0.55	1.1	1	1.5	0.5	1.5
SSW050010T2246	10	22	4	3	7.5	3	5
SSW050016T2246	16	4	7.5	5	10	5	10
SSW050023T2246	23	5.5	11	7.5	15	7.5	15
SSW050030T2246	30	7.5	15	10	20	10	20
SSW050045T2246	45	11	22	15	30	15	30
SSW050060T2246	60	15	30	20	40	20	40
SSW050085T2246	85	22	45	30	60	30	60

3.3.5. Ecuación para el dimensionamiento del conductor de potencia

Esta ecuación es muy importante para la selección del conductor y evitar el sobrecalentamiento debido al efecto Joule para ello se emplea la ecuación (3.5).

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot In}{\Delta U} \quad (3.5)$$

Donde:

S = Sección del conductor (mm^2)

ρ = Resistividad del conductor ($\Omega \cdot m$)

L = Longitud de línea (m)

In = Corriente Nominal (A)

ΔU = Caída de Tensión (%)

Tabla 3.6: Selección de conductor eléctrico.

Calibre AWG	Diámetro mm	Sección (mm) ²	Intensidad en Amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	Desnudo	TW	Asbesto
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.28	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16

De igual manera se debe sobredimensionar al valor más cercano teniendo en cuenta los datos del fabricante, en la tabla 3.6 se observan los calibres de conductor y su corriente.

3.3.6. Selección de Fusibles para alimentación monofásica del Arrancador Suave y el PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200.

Para selección del fusible procedemos a buscar el manual de instalación del arrancador suave Soft-Starter SSW-05, en la tabla 3.3 se observa que es factible implementar un fusible tipo D 6A.

En la tabla 3.7 se puede visualizar los tipos de fusibles a utilizar dependiendo de la corriente existente.

Tabla 3.7: Selección de Fusibles [37]

Corriente del SSW - 05 plus	Contacto K1	Fusible (F1, F2, F3)	Fusible (F11, F12, F13)
3 A	CWM09	Tipo D 10 A	Tipo D 6A
10 A	CWM12	Tipo D 16 A	
16 A	CWM18	Tipo D 25 A	
23 A	CWM25	Tipo D 35 A	
30 A	CWM32	Tipo D 50 A	
45 A	CWM50	Tipo D 63 A	
60 A	CWM65	Tipo NH 100 A	
85 A	CWM96	Tipo NH 125 A	

3.3.7. Ecuación para el tiempo de arranque en el arrancador suave

Para la obtención del tiempo a ser ajustado en el arranque de un motor se usa la ecuación (3.6):

$$Ajuste\ de\ la\ corriente\ del\ motor = \frac{I_{motor}}{I_{arrancador\ SSW-05\ plus}} \quad (3.6)$$

3.3.8. Ecuación para determinar la resistividad del terreno para la puesta a tierra

Para determinar la resistividad del terreno se aplica la siguiente ecuación (3.7):

$$\rho_2 = \rho_1 \left(\frac{1+K}{1-K} \right) \quad (3.7)$$

3.4. ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

3.4.1. Densidad del agua

Para obtener la densidad del agua se debe conocer el dato de la temperatura del fluido y la presión atmosférica para la cual se usa la siguiente tabla 3.8.

Tabla 3.8: Densidad del agua

Temperatura °C	Densidad (Kg/m^3)
6	999.99
7	999.96
8	999.91
9	999.85
10	999.77
11	999.68
12	999.58
13	999.46
14	999.33
15	999.19

3.4.2. Caudal o flujo Volumétrico

Para la medición del caudal de descarga de la bomba se usa la ecuación (3.8):

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3.8)$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

v = Velocidad (m/s)

T = Tiempo (s)

3.4.3. Velocidad de flujo

Para el obtener la velocidad que transcurre en la tubería se ocupa la siguiente ecuación (3.9).

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (3.9)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

Q = Caudal (m^3/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

3.4.4. Presión en un fluido

Para determinar la presión de un fluido se utiliza la ecuación (3.10):

$$p = \rho gh \quad (3.10)$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3)

g = Gravedad (m/s^2)

h = Profundidad del fluido (m)

3.4.5. Número de Reynolds

La ecuación para obtener el número de Reynolds es la siguiente:

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (3.11)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds (adimensional)

v = Velocidad de flujo (m/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

ρ = Densidad (Kg/m^3)

μ = Viscosidad dinámica ($N \cdot s/m^3$)

3.4.6. Factor de Fricción

Para el factor de fricción se debe conocer si el flujo que se maneja es laminar o turbulento.

Para obtener el factor de fricción cuando el fluido se encuentra en el régimen laminar se utiliza la ecuación (3.12):

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (3.12)$$

Para determinar el factor de fricción cuando el fluido se encuentra en el régimen turbulento se emplea la siguiente ecuación (3.13):

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.75}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (3.13)$$

Donde:

λ = Factor de fricción (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

Re = Número de Reynolds (adimensional)

μ = Viscosidad dinámica ($N \cdot s/m^3$)

ϵ = Rugosidad de la tubería (m)

3.4.7. Pérdidas menores en las tuberías

Las pérdidas menores en la tubería son producidas debido que el flujo cambia de dirección por motivo de accesorios hidráulicos (Codo, Tee, Válvulas, Check, entre otros). Para calcular las pérdidas menores en las tuberías se hará uso de la tabla 2.3 en donde se detalla el coeficiente de pérdidas que generan los accesorios hidráulicos.

3.4.8. Resistencia de un fluido

En mecánica de fluidos la fricción o resistencia de un fluido es aquella que se produce entre un objeto sólido y el fluido cuando entran en contacto, la ecuación (3.14) se usa para determinar la resistencia de un fluido.

$$R = (\sum \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D}) \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \quad (3.14)$$

Donde:

R = Resistencia de un fluido (S^2/m^5)

λ = Factor de fricción (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

ξ = Coeficiente de resistencia (adimensional)

g = Gravedad (m/s^2)

L = Longitud (m)

3.4.9. Altura de diseño

Para encontrar la altura de diseño en un sistema de bombeo se da uso a la ecuación (3.15):

$$DH = \Delta z + R \cdot Q^2 \quad (3.15)$$

Donde:

H_D = Altura de diseño (m)

R = Resistencia de un fluido (S^2/m^5)

Q = Caudal (m^3/s)

Δz = Variación de altura (m)

3.4.10. Velocidad especifica

Para encontrar la velocidad especifica en un sistema de bombeo se utiliza la ecuación (3.16).

$$\eta_s = 3.65 \frac{\eta \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (3.16)$$

3.4.11. Altura de la bomba

Para la obtención de la altura de la bomba se utiliza la siguiente ecuación (3.17):

$$H_B = a + b \cdot Q - c \cdot Q^2 \quad (3.17)$$

Adicional se agregan las ecuaciones para la obtención de a, b y c respectivamente.

$$a = 0.875 \cdot H_D + 0.002396 \cdot H_D \cdot \eta_s \quad (3.18)$$

$$b = 0.748 \cdot \frac{N_D}{Q_D} + 0.00315 \cdot \frac{N_D}{Q_D} \cdot \eta_s \quad (3.19)$$

$$c = 0.2878 \cdot \frac{N_D}{Q_D^2} \quad (3.20)$$

$$N_D = Q_D \cdot H_D \cdot \rho \cdot g \quad (3.21)$$

Donde:

η_s = velocidad específica (rev/min)

Q_D = Caudal de diseño (m^3/h)

H_D = Altura de diseño (m)

N_D = Potencia de diseño de la bomba (kW)

g = Gravedad (m/s^2)

3.4.12. NPSH

La ecuación (3.22) que se usa para la carga de aspiración neta positiva.

$$NPSH = H_{atm} \pm H_s - R_s \cdot Q^2 - H_v \quad (3.22)$$

Donde:

NPSH = Carga de aspiración neta positiva

H_{atm} = Altura atmosférica (m)

H_s = Altura de succión (m)

R = Resistencia de un fluido (S^2/m^5)

Q = Caudal (m^3/s)

H_v = Altura columna de agua (mca)

3.4.13. Coeficiente de rugosidad

Para encontrar el coeficiente de rugosidad se ocupa la tabla 2.2 de acuerdo al material a usar en el sistema de bombeo.

3.4.14. Rendimiento del sistema

Para determinar el rendimiento de un sistema hidráulico se procede a dividir la potencia hidráulica sobre la potencia absorbida, la cual se expresa en porcentaje y siempre es menor a la unidad.

Para obtener el rendimiento hidráulico del sistema se usa la ecuación (3.23).

$$\eta_B = \frac{N_s}{N_e} \quad (3.23)$$

Donde:

η = Eficiencia del sistema (%)

N_s = Potencia de salida (kW)

N_e = Potencia de entrada (kW)

a) La ecuación (3.24) se usa para la potencia de salida

$$N_s = Q \cdot P \quad (3.24)$$

b) La ecuación (3.25) se usa para la potencia de entrada

$$N_e = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \quad (3.25)$$

3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la selección y acondicionamiento de los materiales previamente observados se hará uso de las fórmulas las cuales se compararán de acuerdo a los datos obtenidos mediante los instrumentos de medición.

3.5.1. Dimensionamiento eléctrico del sistema.

Para el dimensionamiento del sistema eléctrico es necesario conocer de ante mano los datos del fabricante de la bomba centrífuga los cuales son dados por la placa del fabricante como se observa en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Datos de la placa del motor.

Datos del Motor	
Corriente Nominal (A)	49.8
Voltaje (V)	220
Potencia (W)	15000
Factor de Seguridad	1.15
Rendimiento (%)	0.908
Factor de Potencia (F.P)	0.87
Velocidad (RPM)	3530
Altura (m.s.n.m)	1000
Δ . Temperatura (K)	80
Frecuencia (Hz)	60
Ambiente (°C)	40
Fases 3~	1.73205081

Adicional es necesario conocer los datos del transformador trifásico los cuales son proporcionados por la empresa eléctrica y se pueden visualizar en la tabla 3.10, debido a que los datos de placa se encuentran fuera del ángulo de visibilidad.

Tabla 3.10: Datos de placa del transformador trifásico.

Datos del Transformador	
Número de Serie	131839
Capacidad (VA)	50000
Voltaje primario (KV)	13.8
Voltaje secundario (V)	220
Impedancia (%)	3
Fases 3~	1.73205081

Una vez conocidos estos datos se procede a calcular y comparar los datos obtenidos con las mediciones realizadas en el sistema implementado en la comunidad Cruz Loma.

3.5.1.1. Cálculo de la corriente en el transformador

Para determinar el valor de la corriente en el devanado secundario se aplica la ecuación 3.1.

Tabla 3.11: Resultado de la corriente del transformador.

Secundario del Transformador	
Corriente (A)	131.22

El resultado de 131,22 (A) es la corriente que emite el transformador en el devanado secundario, el mismo que está ubicado en la comunidad Cruz Loma y mediante el cálculo obtenido se procede a comparar con la información proporcionada por la Empresa Eléctrica de Cotopaxi, cuyo dato es similar al obtenido mediante cálculo matemático, en el anexo B.4, se observa los datos técnicos del transformador.

3.5.1.2. Dimensionamiento del interruptor termomagnético

El dimensionamiento del interruptor termomagnético es uno de los más importantes debido a la protección que este brinda al sistema, así que para obtener la corriente del interruptor se usa la ecuación (3.2), este resultado se sobredimensiona para un 125 % como se muestra en la tabla 3.12.

Tabla 3.12: Valor sugerido a usar en el interruptor termomagnético.

Interruptor Termomagnético	
Corriente Nominal (A)	49.83
Porcentaje	1.25
Resultado	62.29

Debido a que no existe en el mercado interruptores con un valor de 62.29 A, se debe seleccionar un valor existente en el mercado, la comunidad disponía de componentes eléctricos que previamente fueron entregados por organismos externos se cuenta con un interruptor termomagnético de 100 A el cual se utilizó en la implementación del sistema, en el Anexo B1 se observa la curva característica del componente.

3.5.1.3. Dimensionamiento de fusibles.

Para la selección de los fusibles se utiliza la ecuación (3.3), los valores obtenidos se pueden visualizar en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Cálculo de la corriente para el fusible.

Fusibles tipo NH	
Corriente Nominal (A)	49.83
Porcentaje	1.35
Resultado	67.27

La selección de los fusibles es de gran importancia para la protección de las líneas y equipos eléctricos y electrónicos debido a ello se selecciona el valor superior al obtenido en la tabla (3.10), siempre tomando valores que se encuentren en el mercado, como son los de 70 A, en el Anexo B.2 se visualiza la curva característica del fusible.

3.5.1.4. Selección del arrancador suave

Para la selección correcta del arrancador suave se usa la ecuación (3.4), mediante la cual se conoce la corriente que debe ser usada en el arrancador suave.

Tabla 3.14: Corriente para la selección del arrancador suave.

Arrancador Suave SSW-05	
Corriente Nominal (A)	49.8
Factor de Servicio	1.15
Corriente SSW-05	57.27

Una vez calculada la corriente con la ayuda de la tabla 3.14, se selecciona el dispositivo con los datos del motor y la corriente obtenida lo más óptimo es implementar el arrancador suave Soft-Starter SSW-05 cuyo modelo es *SSW050010T2246PPZ*, con una corriente de operación de 60A, para una potencia de 15kW y a una tensión de 220V.

3.5.1.5. Dimensionamiento del conductor

Para seleccionar el calibre del conductor a usar en la parte eléctrica se da uso a la ecuación (3.5), este conductor debe tener las características adecuadas para soportar la corriente y tensión que se usara para el funcionamiento del sistema.

Tabla 3.15: Calibre del conductor

Conductor eléctrico	
Resistividad (ρ)	0.023
Longitud (m)	25
Porcentaje ΔU	3
Tensión de Línea (V)	220
Porcentaje	100
Caída de Tensión (V)	6.6
Sección del Conductor (mm^2)	9.40

Una vez obtenidos los valores se procede a seleccionar un calibre con un valor de 13.29 mm^2 el cual se pueda conseguir en el mercado acorde a la tabla 3.15.

3.5.1.6. Medición de la corriente de alimentación del arrancador suave

Para la protección del arrancador suave se optó por seguir el manual del fabricante en el cual recomienda acorde a la tabla 3.7. un valor de 6 A para los fusibles de protección en la alimentación de 110 V, la corriente de consumo del arrancador es de 0.025 (A), como se observa en la figura 3.19.



Figura 3.19: Medición de la corriente de consumo del arrancador suave.

3.5.1.7. Medición de la corriente de alimentación del PLC (S7-1200)

Para la protección del Autómata Lógico Programable se seleccionó un fusible de (0.5 A), la corriente que consume el PLC de acuerdo con la medición realizada se puede observar en la figura 3.20.



Figura 3.20: Medición de la corriente de consumo del arrancador suave.

3.5.1.8. Mediciones de la corriente y voltaje en cada fase a plena carga

Para la medición de la corriente en cada una de las fases, se realizó la instalación de dispositivos de medición para poder visualizar la corriente máxima de arranque con un valor de 141 A y la corriente en cada una de las líneas cuando el sistema esta operado en condiciones normales a continuación, en la figura 3.21. se observa las respectivas mediciones de corriente y voltaje.



a) Medición de corriente.



b) Medición de tensión entre líneas.

Figura 3.21: Mediciones de corriente (A) y voltaje (V).

3.5.1.9. Programación para el Controlador Lógico Programable (PLC S7-1200)

El código se encuentra desarrollado en el software TIA PORTAL V16 en lenguaje LADDER, consiste en controlar de modo manual y automático el sistema a continuación, se observa en la figura 3.22. la programación.

a) Código para la implementación de un sistema de control

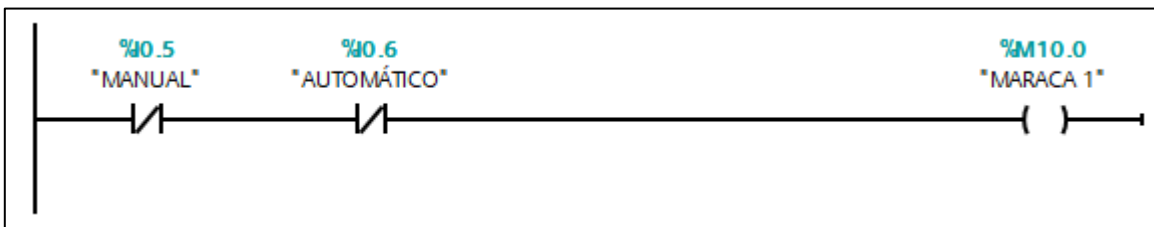


Figura 3.22: Lenguaje de programación LADDER.

En la primera línea de programación se establecen contactos para activar o desactivar de manera manual o automática el sistema, como se observa en la figura 3.23.

b) Lenguaje de programación para el sistema de control manual y automático

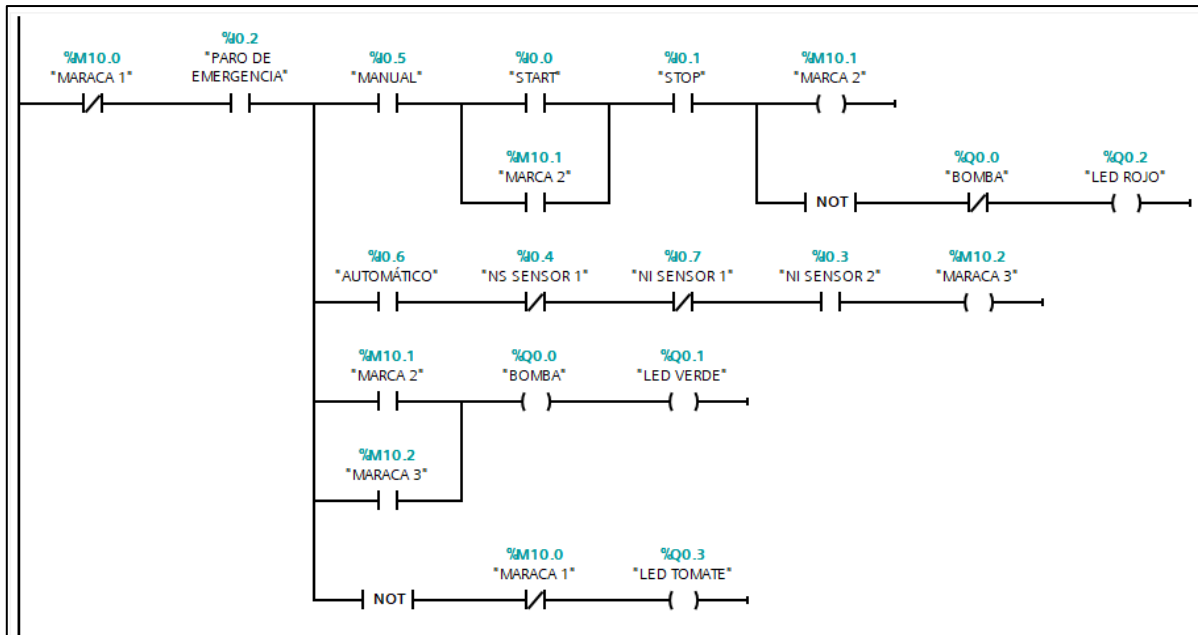


Figura 3.23: Lenguaje de Programación para el control manual y automático.

En la figura 3.23 se visualiza el lenguaje de programación diseñado para el control de un sistema de bombeo el cual consta de la siguiente lógica de programación, a través de la entrada I0.0 activa una salida Q0.0 misma que se encuentra conectada a un arrancador suave el cual permite el arranque de la bomba en condiciones normales.

Para la activación manual y automática de la máquina, el sistema consta de un selector, el cual permite el cambio de automático a manual, con la entrada analógica I0.5 se activa de manera manual mediante pulsadores, y con la entrada I0.6 se activa el modo automático cuando los sensores detectan un nivel superior o inferior.

3.5.1.10. Cálculo de la resistividad del suelo para la puesta a tierra

Mediante un Telurómetro Fluke 1625-2 se realizó las mediciones de la resistencia del suelo, con el fin de realizar el cálculo para la respectiva puesta a tierra.

Tabla 3.17: Medicaciones realizadas con el Telurómetro.

Puntos Medidos	Distancia a(m)	Resistencia (Ω)	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
R1	1	0.845	5.31
	2	0.667	8.38
	4	0.507	12.74
	6	0.348	13.12
	8	0.323	16.24
R2	1	0.835	5.25
	2	0.668	8.39
	4	0.508	12.77
	6	0.347	13.08
	8	0.324	16.29
R3	1	0.841	5.28
	2	0.667	8.38
	4	0.506	12.72
	6	0.339	12.78
	8	0.325	16.34
R4	1	0.826	5.19
	2	0.669	8.41
	4	0.507	12.74
	6	0.348	13.12
	8	0.323	16.24
R5	1	0.865	5.43
	2	0.671	8.43
	4	0.507	12.74
	6	0.351	13.23
	8	0.331	16.64

La siguiente ecuación $\rho = 2\pi \cdot R \cdot a$ permite calcular la resistividad en $\Omega \cdot m$, a continuación se detalla cada una de las medidas realizadas para efectuar el respectivo cálculo, se aplica el método de 2 capas para sistemas de puesta a tierra.

Una vez recolectado los datos se realiza la gráfica de la resistividad en función a la distancia, en la figura 3.24. se observa el comportamiento de la resistividad del terreno.

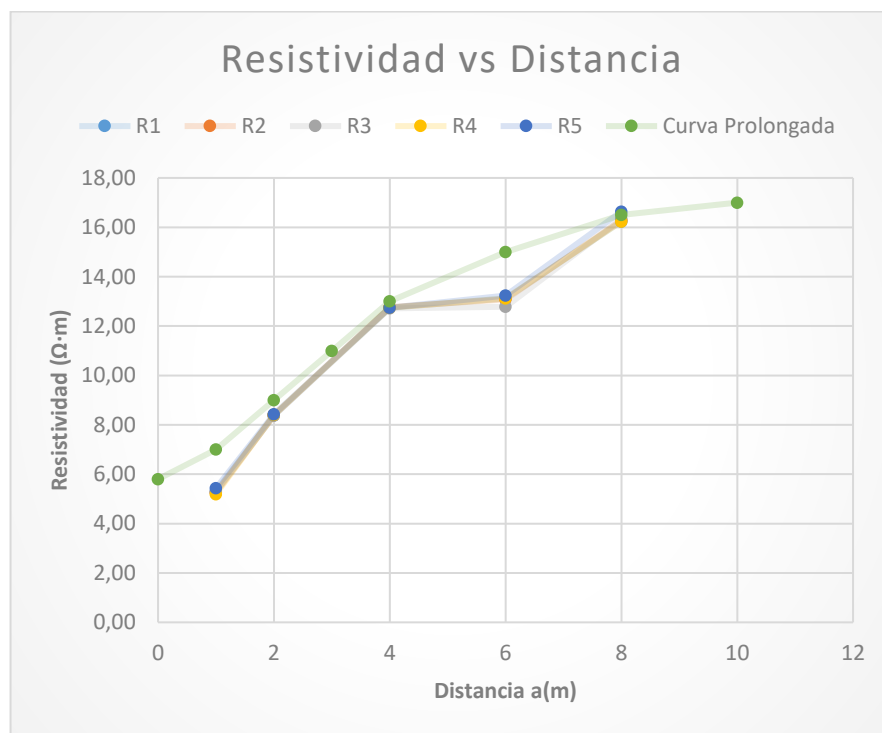


Figura 3.24: Curva característica para determinar la resistividad del suelo.

Por medio de datos obtenidos en las mediciones para el sistema de puesta a tierra en la comunidad de Cruz Loma, se logró determinar que la curva característica de la resistividad del terreno asciende progresivamente, por lo cual se establece que el suelo al ser arcilloso dispone una buena resistividad.

Tabla 3.18: Cálculo de k, h(m) y h(a), a la distancia de 1 metro.

a =	1	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\rho_0/\rho(a)=$	0.83	h/a	0.18	0.57	0.78	0.89	1.03	1.17	1.27	1.36	1.44	1.53
h(m)			0.18	0.57	0.78	0.89	1.03	1.17	1.27	1.36	1.44	1.53

Una vez determinada la resistividad del suelo, para encontrar h(m) y h(a) con la distancia de un metro se acude a la gráfica de los K positivos para establecer los valores que se muestran en las tablas 3.18 y 3.19.

Tabla 3.19: Cálculo de k, h(m) y h(a), a la distancia de 4 metros.

a =	4	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\rho_0/\rho(a)=$	0.64	h/a	0	0	0.24	0.42	0.52	0.63	0.76	0.81	0.85	0.9
h(m)			0	0	0.96	1.68	2.08	2.52	3.04	3.24	3.4	3.6

En la figura 3.25. se observa la intersección entre k y h(m), cuyos valores permiten aplicar la ecuación 3.7. para determinar la resistividad del terreno.

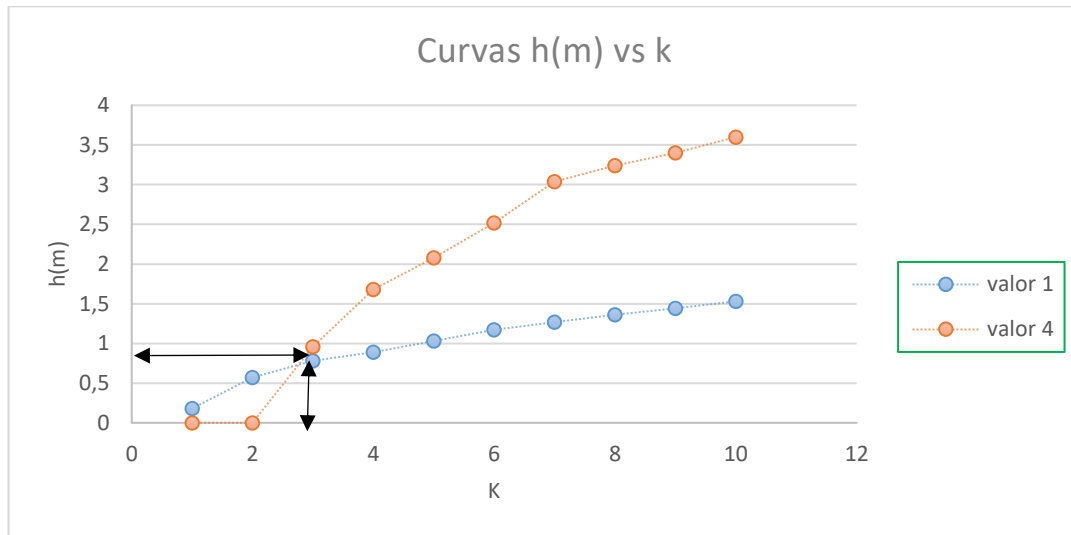


Figura 3.25: Curva de corte entre h(m) y k.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos aplicando la fórmula ya mencionada, se determina k con un valor de 0,26, h(m) con un valor de 0,65 y la resistividad obtenida es de 9,87 ($\Omega \cdot m$).

En la tabla 3.20 se puede visualizar los resultados de la puesta a tierra.

Tabla 3.20: Resultados para la puesta a tierra.

Constante	Resultado
k	0.26
h (m)	0.90
ρ_0	58
ρ_1	9.87567568
Constante	1

Mediante lo cual se establece que para la puesta a tierra se aplicó un mejorador de puesta a tierra con el fin de mejorar la resistividad del terreno, la altura a la que deberá estar enterrada la varilla de cobre es de 0,9 (m).

3.5.1.11. Evaluación del sistema hidráulico

Para la evaluación del sistema hidráulico es necesario saber las características de la bomba centrífuga, en este caso como ya se encontraba seleccionada hace aproximadamente 15 años se procedió a revisar los sellos dentro del impulsor y realizar un arranque directo en vacío, al ejecutar esta prueba se determinó que la bomba centrífuga estaba en óptimas condiciones para ser implementada, mediante el funcionamiento se pretende medir la presión y el caudal del fluido, para determinar el caudal se procedió a medir el volumen de líquido por unidad de tiempo en la tabla 3.21. se observa los datos de las mediciones realizadas, se aplica este método por no disponer de un sensor de caudal.

Tabla 3.21: Datos obtenidos de las mediciones para determinar el Caudal.

Mediciones	Q (L)	t (s)
1	60	12.88
2	60	12.25
3	60	13.7
4	60	13.24
5	60	12.95
6	60	12.7
7	60	13.25
8	60	13.63
9	60	13.24
10	60	12.95
	Promedio	13.079

El promedio del Caudal es de 60 Litros/13.08 segundos; una vez obtenido este dato tenemos un valor de 4.587 L/s, el cual se pasa a metros cúbicos por hora, siendo el valor de 16.51 m³/h, en la siguiente tabla 3.21. se observa datos necesarios para evaluar el sistema.

Tabla 3.22: Datos para evaluar el sistema hidráulico.

DATOS:		Unidad
Densidad	999.68	kg/m ³
Temperatura H2O	11	° C
Presión descarga	72.5	Psi
Caudal	16.51	m ³ /h
Viscosidad	0.00127	Pa.s
Diámetro de succión	0.063	m
Longitud de la descarga	692.2	m
Pérdidas en la succión	3.2	m
Pérdidas en la descarga	11.75	m
Presión de vapor	1.7	kPa
Hv	0.17334803	m
Diámetro de descarga	0.063	m
Longitud de succión	6	m
H succión	3	m
Presión atmosférica	103,1	kPa
Altura atmosférica	10,5130482	m
Dz	26,77	m
HD	45,9	m

En la tabla 3.22. se determina cada uno de los parámetros del sistema hidráulico como Caudal, velocidad, número de Reynolds y Landa.

El sistema de bombeo evaluado consta de un caudal de 16.51 m³/h mediante el empleo de la ecuación 3.8. para el cálculo de la velocidad de succión se aplica la ecuación 3.9. como resultado tenemos 1.4720 m/s; para hallar el número de Reynolds utilizamos la ecuación 3.11. obteniendo como respuesta 72994.75 (adimensional) con este valor se determina que el flujo a través de la tubería es turbulento y para el coeficiente de fricción se calcula mediante la ecuación 3.13. con una respuesta de 0.0192 (adimensional).

Tabla 3.23: Datos obtenidos del sistema hidráulico.

Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	v (m/s) descarga	v (m/s) succión	Re descarga	Re succión	Landa descarga	Landa succión
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.000556	0.1783	0.1783	8842.48	8842.48	0.0326	0.0326
4	0.001111	0.3566	0.3566	17684.97	17684.97	0.0274	0.0274
6	0.001667	0.5349	0.5349	26527.46	26527.46	0.0248	0.0248
8	0.002222	0.7132	0.7132	35369.95	35369.95	0.0231	0.0231
10	0.002778	0.8916	0.8916	44212.44	44212.44	0.0218	0.0218
12	0.003333	1.0699	1.0699	53054.93	53054.93	0.0208	0.0208
14	0.003889	1.2482	1.2482	61897.42	61897.42	0.0201	0.0201
16,51	0.004586	1.4720	1.4720	72994.75	72994.75	0.0192	0.0192
18	0.005000	1.6048	1.6048	79582.40	79582.40	0.0188	0.0188
20	0.005556	1.7831	1.7831	88424.89	88424.89	0.0183	0.0183

En la tabla 3.23. se observa los diferentes parámetros que influyen dentro de la evaluación del sistema hidráulico como la resistencia del fluido, resistencia total, altura de diseño, NPSH_d, NPSH_r, y altura de la bomba; para el cálculo de la resistencia del fluido se aplica la ecuación 3.14. mediante la cual se obtiene un resultado en la descarga de 1172156.21 s²/m⁵ y para la descarga un valor igual a 26427.06 s²/m⁵, para la altura de diseño se utiliza la ecuación 3.15. como respuesta se tiene 51.98 m, la altura de la bomba se encuentra mediante la ecuación 3.17. se obtiene como resultado 38.21 m, y para encontrar la curva del NPSH se aplica la ecuación 3.22. mediante la cual para el disponible se tiene un valor igual a 6.99 m y para el requerido 2.61 m.

Tabla 3.24: Datos obtenidos del sistema hidráulico.

R (s ² /m ⁵)des.	R (s ² /m ⁵)suc.	R.Total (s ² /m ⁵)	DH(m)	NPSH _d (m)	HB (m)	NPSH _r (m)
0.00	16801.55	16801.55	26.77	7.34	51.10	0.00
1943969.46	33117.15	1977086.61	27.38	7.33	51.13	0.77
1644492.56	30521.28	1675013.84	28.84	7.32	50.72	1.26
1491913.88	29198.73	1521112.60	31.00	7.29	49.87	1.64
1392663.51	28338.43	1421001.94	33.79	7.26	48.59	1.93
1320447.20	27712.45	1348159.66	37.17	7.21	46.87	2.17
1264360.64	27226.29	1291586.93	41.12	7.15	44.70	2.35
1218894.35	26832.19	1245726.54	45.61	7.09	42.10	2.49
1172156.21	26427.06	1198583.28	51.98	6.99	38.21	2.61
1148425.91	26221.37	1174647.28	56.14	6.92	35.58	2.67
1120174.93	25976.49	1146151.42	62.15	6.82	31.66	2.73
1095252.01	25760.46	1121012.47	68.63	6.71	27.30	2.77

En la tabla 3.24. se obtienen datos como la velocidad específica del fluido, la potencia de diseño de la bomba, para obtener la velocidad específica aplicamos la ecuación 3.16. como resultado se obtiene 45.073 rev/min y para el cálculo de la potencia de diseño de la bomba aplicamos la ecuación 3.23. mediante la cual obtenemos un resultado de 2.335kW.

Tabla 3.25: Datos obtenidos del sistema hidráulico.

Ns(rev/min)	Nd(kW)	a	b	C
0.000	0.000	23.424	0.000	0.000
25.372	0.149	25.622	0.062	1.970
34.512	0.314	27.618	0.067	0.519
40.042	0.506	30.095	0.074	0.248
43.341	0.736	33.073	0.081	0.152
45.108	1.012	36.543	0.090	0.107
45.810	1.343	40.494	0.100	0.082
45.781	1.738	44.911	0.111	0.067
45.073	2.335	51.095	0.126	0.055
44.424	2.750	55.094	0.136	0.050
43.389	3.382	60.837	0.150	0.045
42.239	4.109	67.002	0.165	0.041

En la figura 3.26. se determina el comportamiento de las curvas características de la bomba y la altura de carga, la zona de trabajo del sistema se observa el área que consta de líneas paralelas, donde la altura de carga (DH) es de 44 m, con un caudal de $13m^3/h$.

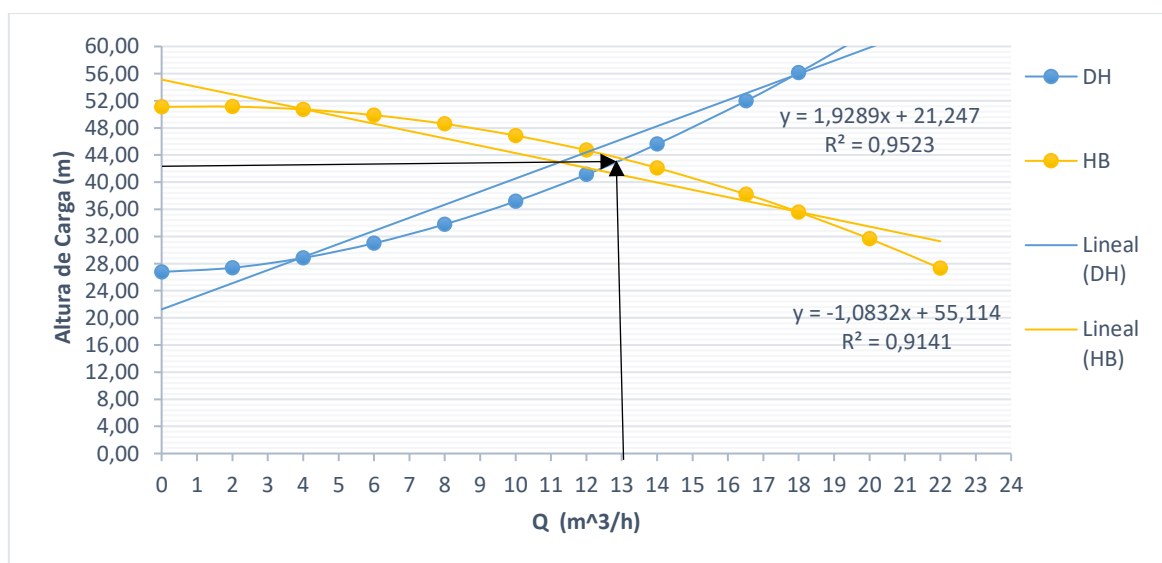


Figura 3.26: Gráfico de la curva de la bomba y la altura de carga.

En la figura 3.27. se observan las dos curvas para determinar la altura neta positiva de aspiración tanto como la disponible y la requerida.

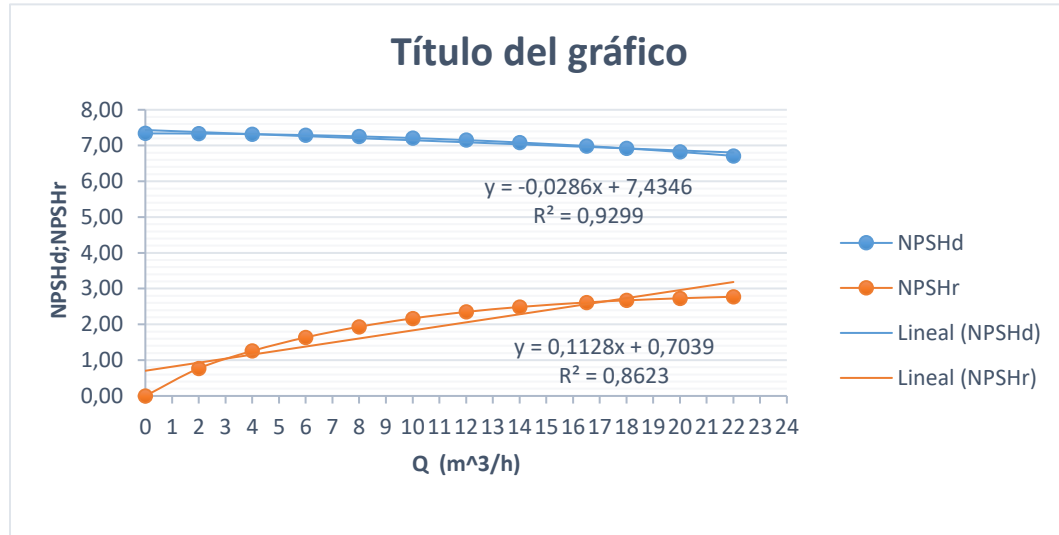


Figura 3.27: Curva característica de la altura neta positiva de aspiración.

En el sistema, se puede apreciar que el $NPSHr < NPSHd$, por lo tanto, se determina que cuando es menor la capacidad de aspiración es mayor, y también se establece que para tener un correcto funcionamiento del sistema el $NPSHd$ siempre debe ser mayor con la finalidad de evitar cavitación.

3.5.1.12. Rendimiento de la Bomba

Para determinar el rendimiento de la bomba se realizará mediante la ecuación 3.23. a continuación se detalla el respectivo cálculo:

$$\eta_B = \frac{N_s}{N_e} = 0.1951 \text{ kW} \rightarrow 19.5\%$$

$$N_s = Q \cdot \Delta P$$

$$N_s = \left(\frac{0.004586 \text{ m}^3}{\text{s}} \right) (499870 \text{ Pa}) = 2433.3 \text{ W}$$

$$N_s = 2.433 \text{ kW}$$

$$N_e = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\theta$$

$$N_e = \sqrt{3} \cdot 39.8A \cdot 208V \cdot 0.87 = 12474.6 W$$

$$N_e = 12.47kW$$

Mediante el análisis realizado se determina que el rendimiento de la bomba se encuentra fuera de la zona eficiente, es decir que la bomba es para más caudal y menos altura.

3.5.1.13. Medición de la Presión en la descarga

Para determinar la presión en la salida del sistema hidráulico, se implementa una llave de compuerta que permita la apertura y cierre con el fin de medir la presión máxima que genera la bomba con la ayuda de un manómetro, mediante este método es posible visualizar su valor de 72.5 en (PSI) como se observa en la figura 3.28.



Figura 3.28: Medición de la presión en la descarga.

3.6. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto para el diseño del sistema de control se decidió dividir en dos partes, el material disponible por la comunidad de Cruz loma los cuales se encontraban embodegados y adicional los materiales eléctricos e hidráulicos han sido financiados de igual manera por la comunidad Cruz Loma como se detalla en la tabla 3.26.

Tabla 3.26: Presupuesto.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR
Disponibles		
Bomba Centrífuga (20 hp) 15kW	1	\$15000
Pulsadores NA y NC	2	\$5
Indicador Led rojo y verde 110v	2	\$4
Interruptor Termomagnético Metasol (100A)	1	\$115
Tubería PVC de 90mm descarga	12	\$1150
Manguera Corrugada de caucho 90 mm succión	6m	\$150
Válvula Check 3"	1	\$70
Válvula de Pie 3"	1	\$70
Llave de compuerta 3"	1	\$85
COSTOS DIRECTOS		\$16.649
MATERIAL ELECTRICO		
Arrancador Suave SWW-05 plus (60A)	1	\$336.00
PLC S7-1200	1	\$350.00
Fuente de voltaje de 110V AC a 24 V DC	1	\$36.00
Fusibles tipo NH-00 (100A)	3	\$8.25
Bases NH/NT Camsco 160A B-00	3	\$15.50
Fusibles cilíndricos Camsco (6A)	2	\$1.20
Conductor de cobre 6 AWG	10m	\$20.80
Canaleta Dexon ranura gris 40*40	1	\$6.74
Superflex 4 AWG 1KV	1	\$11.42
Detector de Nivel de pesos Camsco PD-76AB	1	\$10.81
Unión compresión camsco 25mm # 4	6	\$2.60
Cable Flexible 16	20m	\$5.00
Terminal puntera camsco # 16 rojo	30	\$3.00
Terminal en "U" Camsco #16-14 azul	100	\$2.50
Plaqueta Dexon Adhesiva	5	\$0.83
Prensa Estopa P/Cable 13-18 PG21	3	\$2.70
Pulsador CSC 22mm Met Lum/220 V	1	\$3.05
Terminal de Compresión Camsco corto 16mm 6AWG	10	\$2.97

Terminal de compresión Camsco corto 35mm 2AWG	1	\$0.59
Cinta 3M 23 Autofundente 10Y	1	\$13.94
Prensa Estopa PG29	2	\$2.07
Taípe 3M 20 Yardas	2	\$1.70
Luz Piloto Voltímetro Verde AC 20-500V	2	\$4.84
Grapa Metálica Tipo U 1"	10	\$2.29
Taco Fisher F6	20	\$0.34
Tornillo colepato 1*8	20	\$0.34
Luz Piloto Amperímetro amarilla 0-100*	3	\$15.68
Cable Flexible 22	8m	\$1.50
Barra de Tierra Camsco #6 AWG	2	\$2.40
Cable sucre 4*6 E	4m	\$45.83
Cable sucre 3*16	10m	\$10.53
Prensa estopa P/Cable10-14 PG16	1	\$0.83
Cable sucre 2*16	30m	\$20.25
Cable sucre 2*14	6	\$6.69
Cable flexible 14 AWG	12m	\$4.58
Boquilla Cerámica Plafon E-27	2	\$1.29
Interruptor Doble Veto Vive Blanco	1	\$3.39
Led A60 9W E-27 6.5K MV BL 100-220V	1	\$0.72
Grapa EMT 3/4"	6	\$0.30
Led High Power 40W 6.5K E-27 100/240V	1	\$5.59
ACCESORIOS HIDRAULICOS		
Tee HG 3"	1	\$14.85
Tapón HG M 3"	1	\$4.10
Neplo HG 3" *10 cm	2	\$35.59
Codo PVC P 90mm-45 grados	1	\$5.13
Codo PVC P 90mm - 90 grados	1	\$5.67
Pega Weldon 705 1/2 litro	1	\$9.00
Manómetro 0 -150 PSI	1	\$4.82
Collarín PVC 90mm*1/2" Agric	1	\$4.25
Bushing HG 1/2" a 1/4"	1	\$0.59
Presupuesto		\$1049.06
Total		\$16.649

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.4. CONCLUSIONES

- Con la implementación de la propuesta tecnológica se logró realizar la impulsión de agua desde el reservorio principal hacia el de acumulación, la distancia que circula el fluido es de 700 metros, el caudal que se obtuvo en la descarga es de $16,51 \text{ m}^3/\text{h}$, la velocidad de descarga con la que se traslada el líquido es de $0,9016 \text{ m/s}$, mediante cálculos matemáticos se determina que el flujo es Turbulento ya que el valor del Reynolds del sistema es de 72994.75 bajo estas condiciones el sistema se encuentra disponible para ser operado en condiciones normales.
- Dentro del sistema eléctrico se opta por implementar un arrancador suave con el objetivo de ejecutar un arranque gradual, proteger al motor de sobrecorriente, evitar distorsión armónica de la red, para lo cual se ajusta ciertos parámetros para su correcta operación, así como la tensión inicial que es de 220V AC, el tiempo aceleración el cual puede ser 3 veces la corriente nominal con un valor de 10 segundos, fijamos el tiempo de desaceleración de 3 segundos con el fin de evitar el golpe de ariete, por ultimo establecemos la relación entre la I_M/I_{SSW-05} , en nuestro caso estará ajustado al 83%.
- Mediante el sistema de control se puede estabilizar el nivel del reservorio, esto se da gracias a la selección de un Controlador Lógico Programable (PLC S7-1200), mismo que es alimentado con una tensión de 110V AC, consume una corriente de 0,045 A el dispositivo facilita el control de forma manual y automática del sistema, las entradas digitales son utilizadas para los pulsadores y sensores, las salidas tipo relé son las que envían la señal a la carga y a las luces piloto, para el funcionamiento del sistema se realiza la programación de acuerdo al control que se desea realizar.

4.5. RECOMENDACIONES

- Para brindar mayor seguridad en el sistema se recomienda instalar un sensor de presión analógico con el fin de apagar la bomba al llegar a una presión determinada por el PLC y así poder contar un sensor de emergencia el cual actuará dado el caso de que falle el sensor de nivel digital, alargando la vida útil de la bomba centrífuga.
- Una vez encendido el sistema se recomienda esperar un tiempo estimado de 10 minutos con el fin de que el agua recorra el trayecto previsto de 750 m hasta llegar al reservorio acumulador y así poder visualizar los datos en el tablero de control cuando la bomba trabaje a plena carga.
- Pavimentar o colocar una malla en el área de succión de la bomba con el fin de evitar el crecimiento de algas mismas que pueden tapan la válvula de pie y generar problemas con la succión del agua y posteriormente daños en la bomba centrífuga por causa de la cavitación.
- Se recomienda posteriormente para futuras investigaciones mejorar el sistema de control mismo que se encuentra relacionado con la industria 4.0 para la automatización de procesos, ya que al contar con un PLC las posibilidades de mejoramiento del sistema permitirá el acceso remoto con visualización y análisis de datos del comportamiento del sistema en tiempo real por medio de dispositivos inteligentes.
- En el sistema eléctrico se recomienda realizar la corrección del factor de potencia con el objetivo de disminuir el costo de la planilla de consumo eléctrico, para ello es necesario implementar un capacitor de potencia reactiva de 7 kVAR como se detalla en el anexo E 2-3.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. M. Barrionuevo Paredes y S. J. Villamaín German, «Diseño de un Modulo de entrenamiento para un sistema de bombeo de agua a presión constante para el centro de capacitación "CEPROIN" en la ciudad de Latacunga,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2021.
- [2] D. P. Gualancañay Miñarcaja y H. D. Gauaco Quiña, «"Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego de los sectores de Chan Chico y Tiobamba de la parrquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi",» Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga, 2017.
- [3] J. P. C. D. L. Rosa, «Prototipo de arranque suave para un motor monofasico de corriente alterna conectado a un sitema de bombeo,» Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, Mexico, 2021.
- [4] F. M. López Guevara y J. C. Trejo Cuásquer, «"Diseño y contrucción de un sistema de bombeo con óptimo consumo eléctrico e hidrico para Hilsea Investments, Finca Florycampo",» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2014.
- [5] J. D. Suárez Negrete y L. F. Tipán Vergara, «Implementación de un sistena de medición y control de nivel de agua en los pazos de un tren de laminación,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2007.
- [6] C. J. Ojeda Jiménez y R. Aguilera Vargas, «Reingeniería del sistema de bombeo e implementación de un SCADA para la supervisión y control automático del sistema contra incendio, en la planta industrial Petróleos Paraguayos PETROPAR,» Universidad del Cono Sur de las Américas, Asunción, Paraguay, 2021.
- [7] E. Blanco Marigorta, S. Velarde Suárez y J. Fernández Francos, Sistemas de Bombeo, Gijón: Deposito Legal AS-880-94, 1994.
- [8] J. V. Belaño Rubio y C. O. Lascano Fiallos, «Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo.,» Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga, 2022.
- [9] Y. A. Cengel y J. M. Cimbala, Mecánica de fluidos Fundamentos y Aplicaciones, México: McGRAW-HILL/Interamericana, 2006.
- [10] R. S. R. F. I. Martín, Mecanica de fluidos, California: Universitat DE'ALACANT, 2011.
- [11] J. L. Lara Salcedo y J. A. Velasquez Pineda, «Diseño y costruccion de un banco de pruebas para la medición de caudal y caída de presión en tuberías paralelas,» Universidad Tecnologica de Bolívar, Cartagena de Indias, 2011.
- [12] J. V. ,. G. B. Ibarz A., Transporte de Alimentos Fluidos a Traves de Tuberías, Puebla: Universidad de las Americas, 2001.

- [13] R. Cruz Ibarra, R. S. Pacheco Velázquez y E. J. Rodríguez Amezcua, «Flujo másico y volumétrico,» CETI Centro de capacitación de enseñanza técnica Industrial, Mexico, 2016.
- [14] R. L. Mott, Mecánica de fluidos, Mexico: Universidad de Dayton, 2006.
- [15] A. R. Budris, «Effects of entrained air, NPSH margin, and suction piping on cavitation in centrifugal pumps,» ITT/FTC Industrial pump group, New York, 1998.
- [16] A. M. Varela Muñoz y M. F. S. Monroy Gonzáles, Cavitación en los sistemas de bombeo, Bogotá: Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, 2018.
- [17] A. A. Borrero Restrepo y C. A. Gil Leon, Bombas Centrífugas, Santiago de Cali: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, 1995.
- [18] A. R. Marchegiani, «Bombas Centrífugas,» Universidad Nacional del Comahue, Comahue, 2004.
- [19] A. P. B. Cervan, «Sistema de detección de fallas para una bomba centrífuga,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013.
- [20] O. A. O. Achata, «Variación del régimen de trabajo de una motobomba funcionando con combustible alternativos,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2017.
- [21] J. D. C. Gutierrez, «Análisis de la repercusión del campo eléctrico en las pruebas de aislamiento a transformadores de corriente,» Universidad Nacional del centro del Perú, Huancayo, 2009.
- [22] D. A. Brihuega, Electricidad Básica, España: RA-MA, S.A, 2014.
- [23] R. G. Márquez, La Puesta a Tierra de Instalaciones Eléctricas, ALFAOMEGA Grupo Editor: Barcelona, 1999.
- [24] A. L. Farina, «Motores eléctricos trifásicos: características constructivas y tipo de arranque,» Suplemento instaladores, Mendoza, 2018.
- [25] P. M. A. Rodrigues, «Arranque de Motores Asíncronos,» Universidad de Cantabria, España, 2017.
- [26] M. G. B. Luis, «Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control,» Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2018.
- [27] R. P. Panadero, «Aplicaciones prácticas básicas de variadores de frecuencia,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2015.
- [28] C. J. Bolaños Lopez y A. J. Portilla Estevez, «Arrancador suave para motores trifásicos de inducción,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2002.

- [29] P. R. V. Felipe, J. R. Gomez sarduy, V. Sousa Santos, J. S. Ceballos y E. C. Quispe, «Recomendaciones sobre el Uso de Arrancadores Suaves para Ahorrar Energia en Motores Asincronicos con Cargas Particiales,» Espacios, Quito, 2017.
- [30] D. J. Pérez, Introducción a los Sensores Remotos- Aplicaciones en Geología, Buenos Aires: U.B.A., 2007.
- [31] Aledgus, «Tipos de tesis. Clasificación de los trabajos de investigación,» Peru, (2020).
- [32] M. C. Soto, «Calculo y diseño de instalación electrica, columnas, fundaciones y seleccion de luminarias para alumbrado exterior en hospital gobernador centeno.,» Universidad Nacional de la Pampa, General Pico, 2017.
- [33] A. L. J. G. Gabriel Viteri, «Aplicacion de fusibles e interruptores termomagneticos,» Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, 2015.
- [34] J. C. Gómez, «Lo que usted debe conocer sobre fusibles de alta capacidad de ruptura,» Reproel, Buenos Aires, 2016.
- [35] R. Bosch, Tuberías, Accesorios, Bombas y Compresores, España: Universidad Autónoma de Barcelona, 2015-2016.
- [36] A. A. Cafaggi Félix, E. A. Rodal Canales y A. Sánchez Huerta, «Sistemas de Bombeo,» Universidad Nacional Autónoma de México , México , 2021.
- [37] WEG, Manual del usuario arrancador suave SSW- 05, Jaraguá do sul: WEG, 2002.
- [38] Siemens, «La opción inteligente para soluciones de automatización,» *Siemens*, vol. 5, nº 7, p. 10, 2009.

ANEXOS



Anexo A: Informe Urkund



Document Information

Analyzed document	Tesis_Sistema_Riego.docx (D143371633)
Submitted	8/29/2022 11:20:00 PM
Submitted by	
Submitter email	byron.corrales@utc.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Iza_Jefferson_Urkund.pdf Document Tesis_Iza_Jefferson_Urkund.pdf (D128874582) Submitted by: jessica.castillo@utc.edu.ec Receiver: jessica.castillo.utc@analysis.orkund.com		2
SA	ARRANCADOR SUAVE D.L..pdf Document ARRANCADOR SUAVE D.L..pdf (D64127561)		2
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Iza_Jefferson.pdf Document Tesis_Iza_Jefferson.pdf (D110768929) Submitted by: jessica.castillo@utc.edu.ec Receiver: jessica.castillo.utc@analysis.orkund.com		1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_ARMAS_TOAPANTA.pdf Document TESIS_ARMAS_TOAPANTA.pdf (D110739553) Submitted by: carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec Receiver: carlos.quinatoa7864.utc@analysis.orkund.com		1

Entire Document

TÍTULO: "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LACOMUNIDAD CRUZ LOMA, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI." Autores: De la Cruz De la Cruz Diego Armando Placencio Carrillo Christian Antonio

RESUMEN

<https://secure.orkund.com/view/136755904-659760-964358#/details/findings/matches/2>

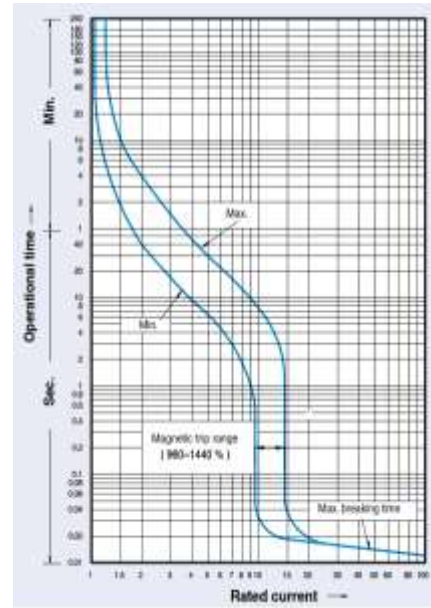
Anexo B	Tema: Socialización con el presidente de la junta de agua de Regadío san Antonio de la Cruz.	1-1
----------------	---	------------



Figura B.1: Entrega de la bomba por parte de la comunidad Cruz Loma.



Figura B.2: Reconocimiento del área de implementación.



a) Interruptor Metasol

b) Curva característica.

Figura C.1: Interruptor termomagnético Metasol a 100 A.

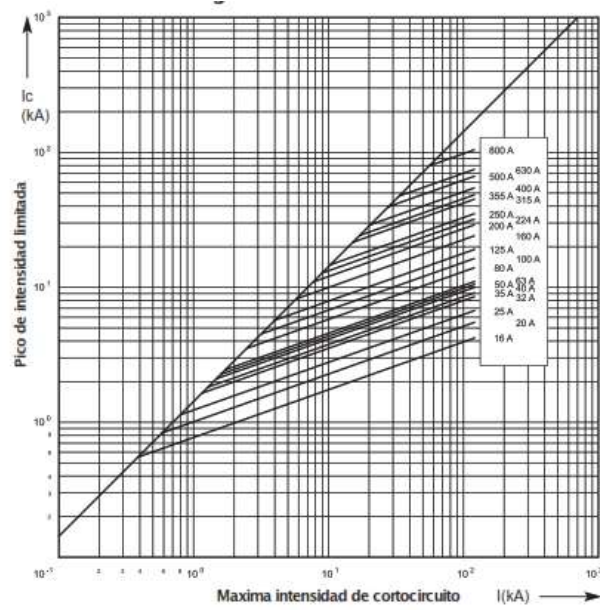


Figura C.2: Curva característica de los fusibles tipo NH.

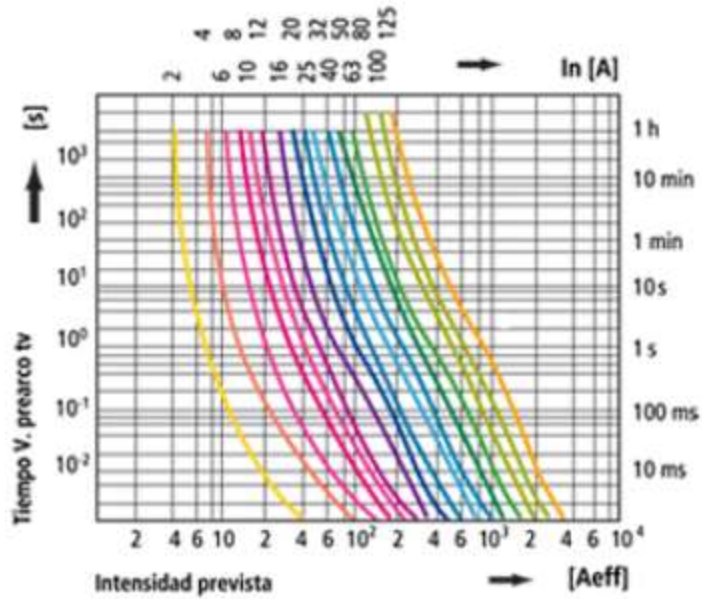


Figura C.3: Curva característica de los fusibles cilíndricos.

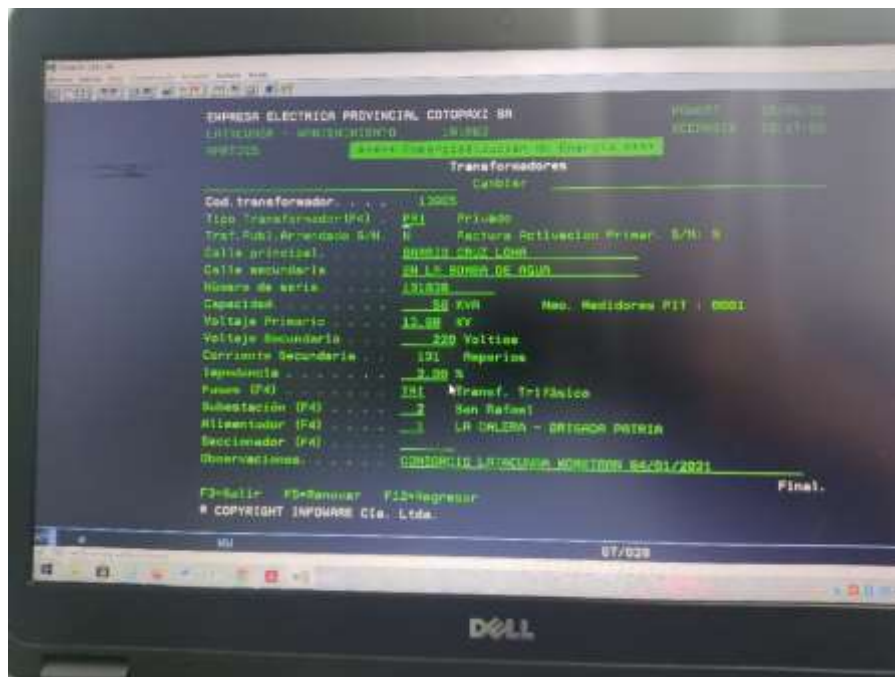


Figura C.4: Datos del transformador trifásico.



Figura C.5: Primeras mediciones entre líneas y neutro del transformador.

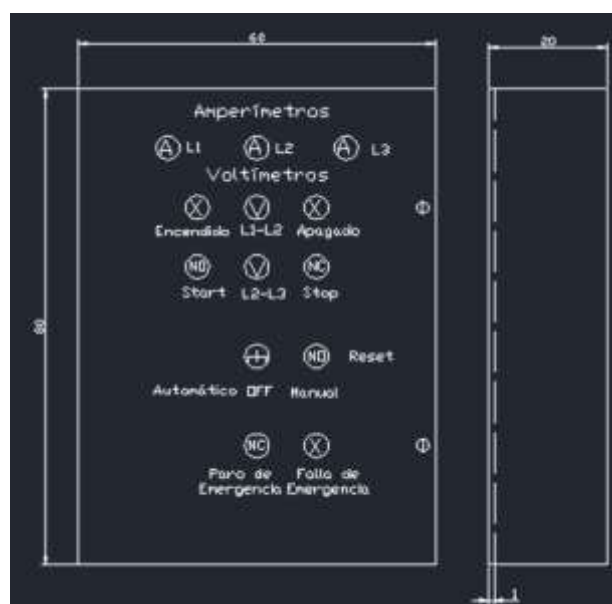


Figura C.6: Diseño del tablero de control en AutoCAD.



Figura C.7: Verificación del funcionamiento



Figura C.8: Elaboración del tablero de control.



Figura D.1: Medición de la resistividad del suelo en la Comunidad Cruz loma.



Figura D.2: Obtención de datos mediante el uso del Telurometro.



Figura D.3: Prueba de aislamiento mediante el comprobador de aislamiento Fluke 1550C.



Figura D.4: Medición de la temperatura del agua.

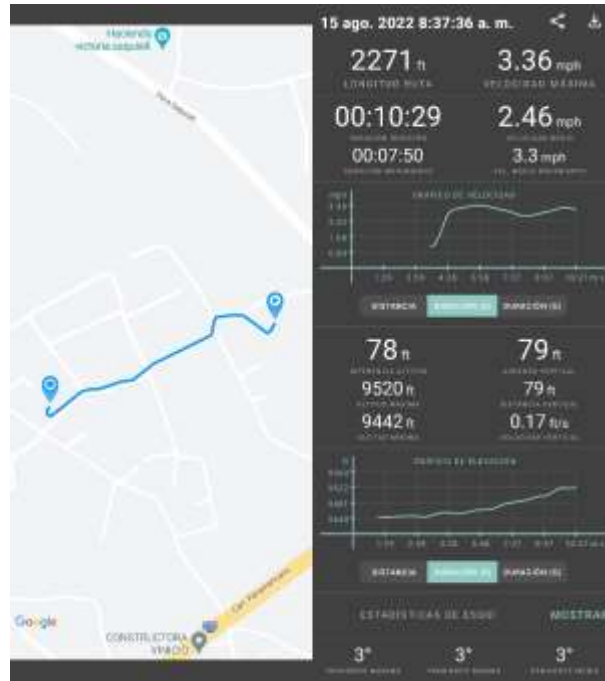


Figura D.5: Medición de la longitud entre el reservorio principal y el reservorio acumulador.



Figura D.6: Medición de las RPM por medio del tacómetro.



Figura E.1: Datos de placa de la bomba centrífuga.



Figura E.2: Instalación de la bomba centrífuga.



Figura E.3: Empotramiento del tablero de control.



Figura E.4: Instalación del manómetro y accesorios hidráulicos.



Figura E.5: Preparación del mejorador de suelo.



Figura E.6: Instalación del sistema de puesta a tierra.



Figura F.1: Verificación de Tensión entre línea y línea.



Figura F.2: Tablero de control Modo Manual.



Figura F.3: Medición del factor de potencia

Tabla F.1: Materiales para la corrección del factor de potencia.




Cantidad	Material	Descripción	Función	Precio
1		Contactor para Cargas Capacitivas (AC-6b) 3RT2617-1AP05	Diseñados para bancos de capacitores, disminuye la corriente tipo Inrush reduciendo la interferencia de armónicos	\$77,65
2		Condensadores para corrección del factor de potencia B32344-E2022-A530G B32344-E2052-A 30G	Autoregenerativos Con dispositivo de protección contra sobrepresión	\$180,25
10		Conductor Awg	Conductor de cobre flexible AWG.	\$25



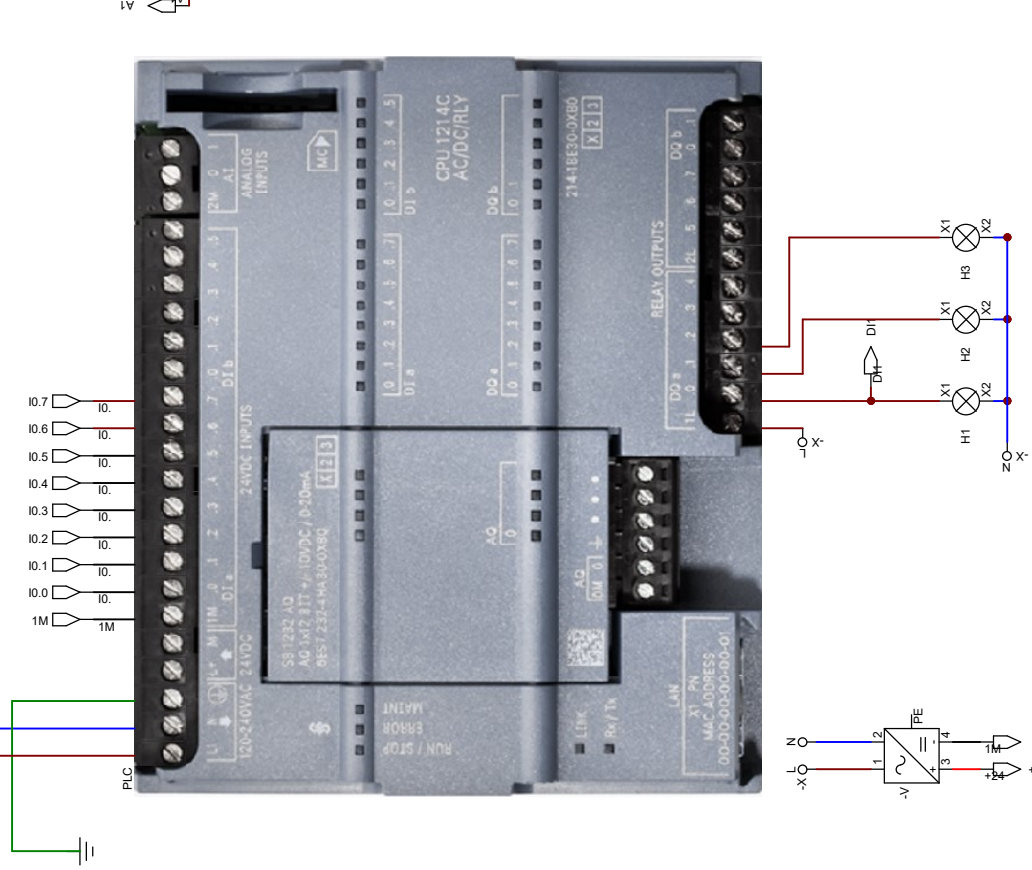
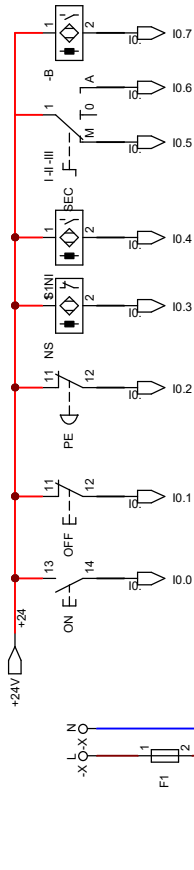
Figura F.4: Medición de corriente en los componentes.



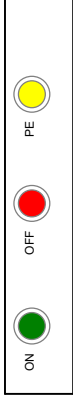
Figura F.5: Visualización de la salida de agua en el reservorio principal.

SISTEMA DE BOMBEO "CRUZ LOMA"

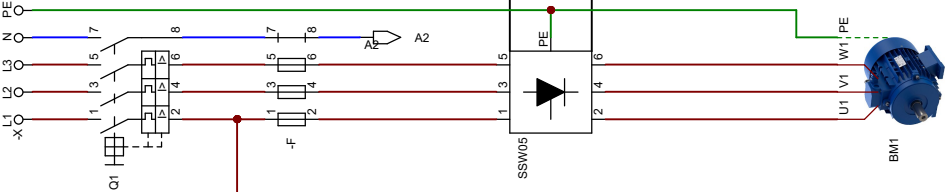
CIRCUITO DE CONTROL



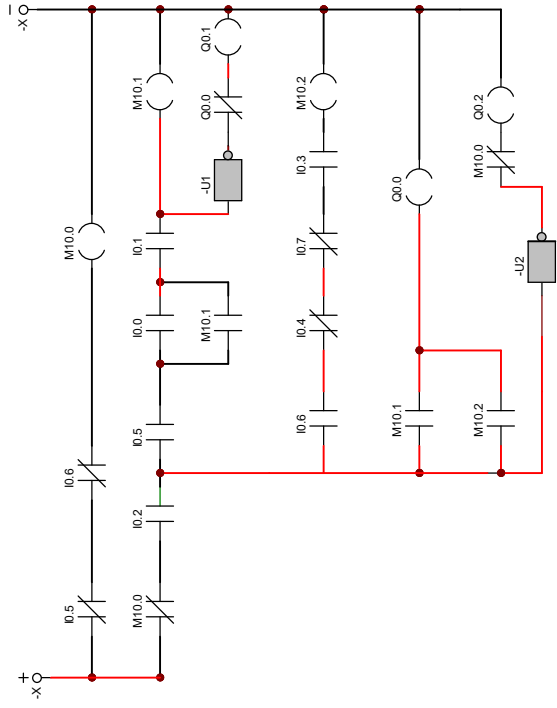
PULSADORES



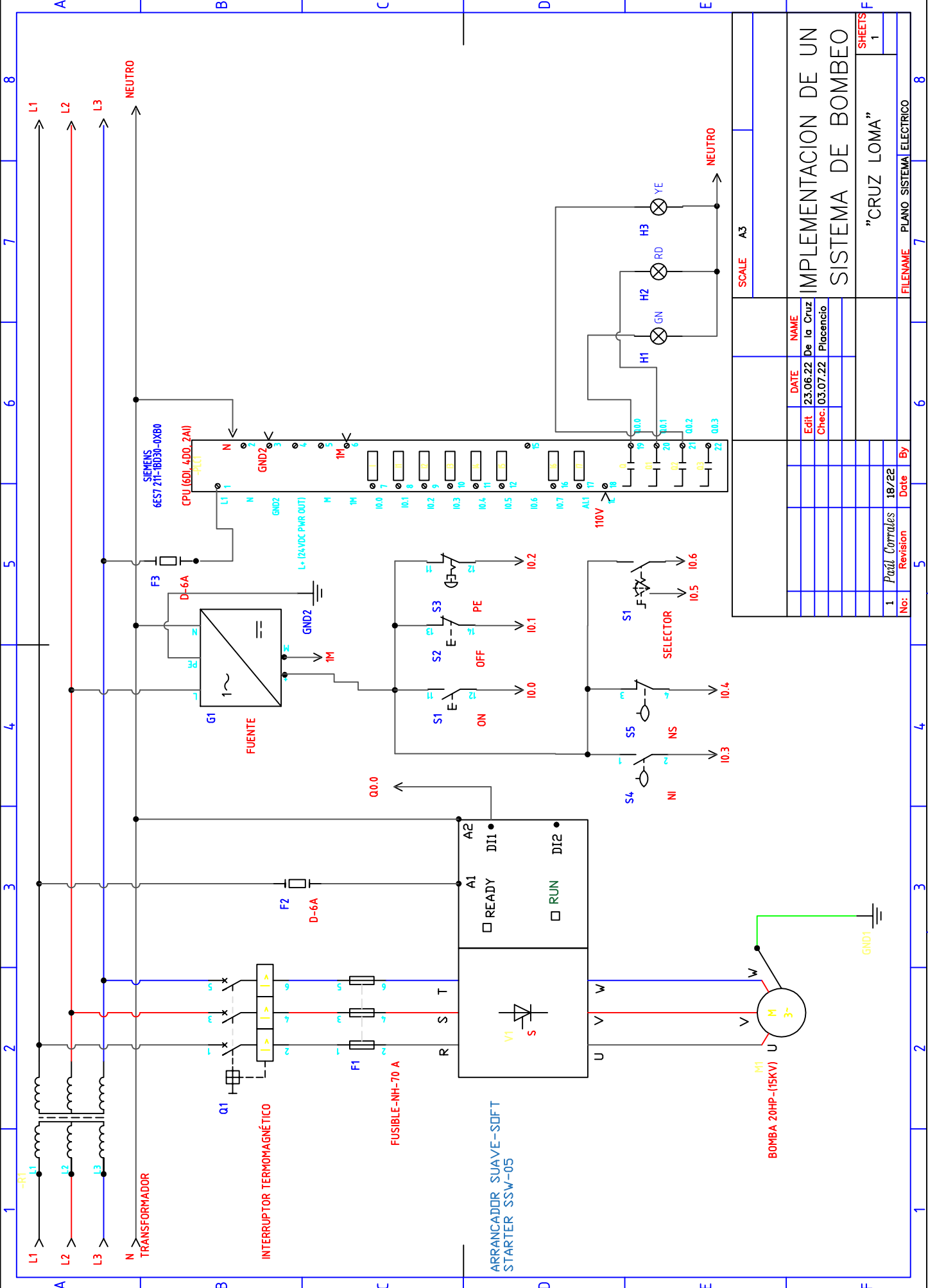
CIRCUITO DE FUERZA



PROGRAMACIÓN LADDER



Fecha		Nombre Firmas		Entidad	
27/06/22		D.D.C.P		Universidad Técnica de C.	
Comprobado		Ing.Paul C			
Fecha:		Título		Núm:	
26-May-2022		SISTEMA DE BOMBEO		1 de 1	
				Archivo: Plano Eléctrico.cad	



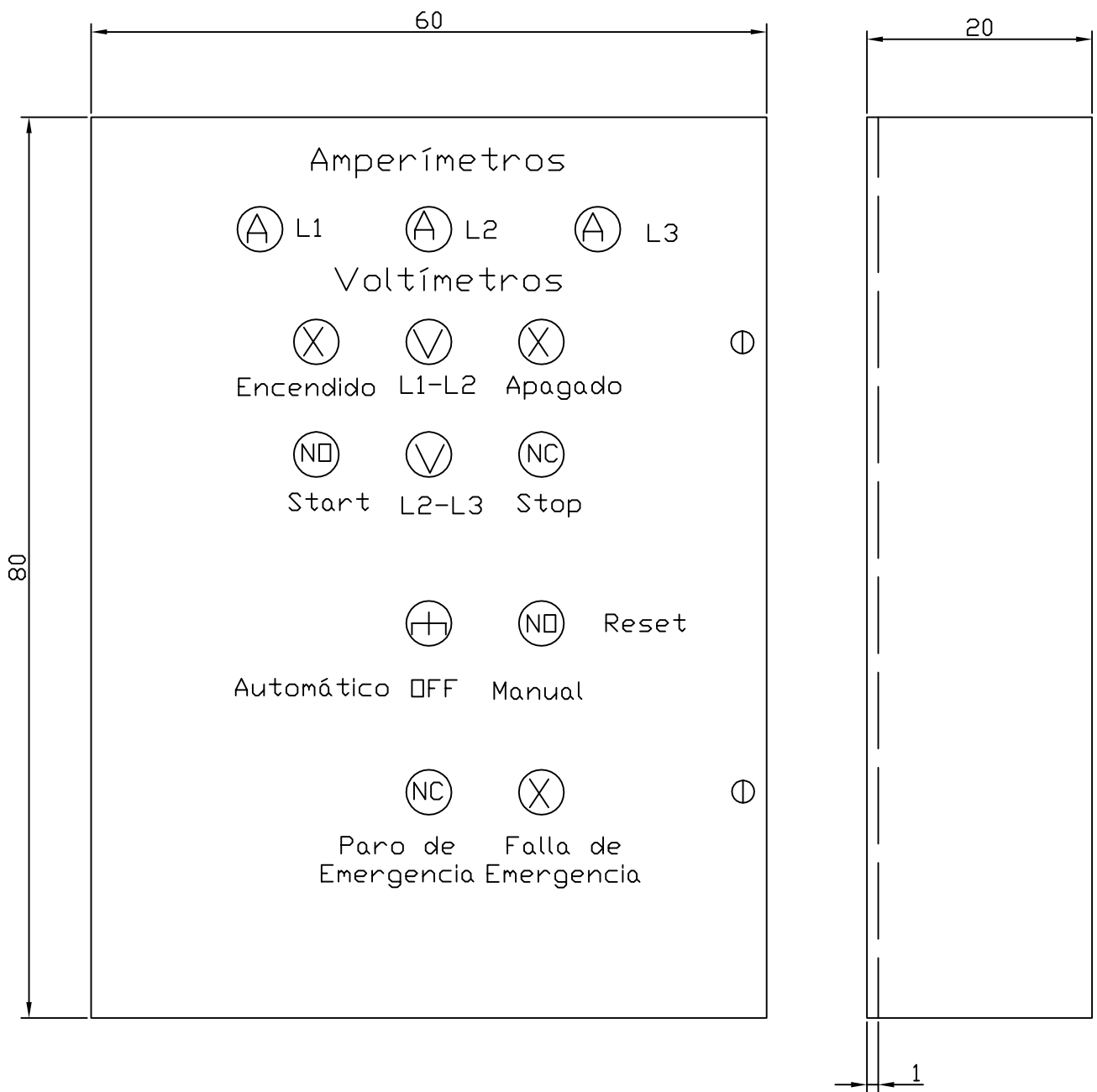
SCALE A3

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE BOMBEO "CRUZ LOMA"

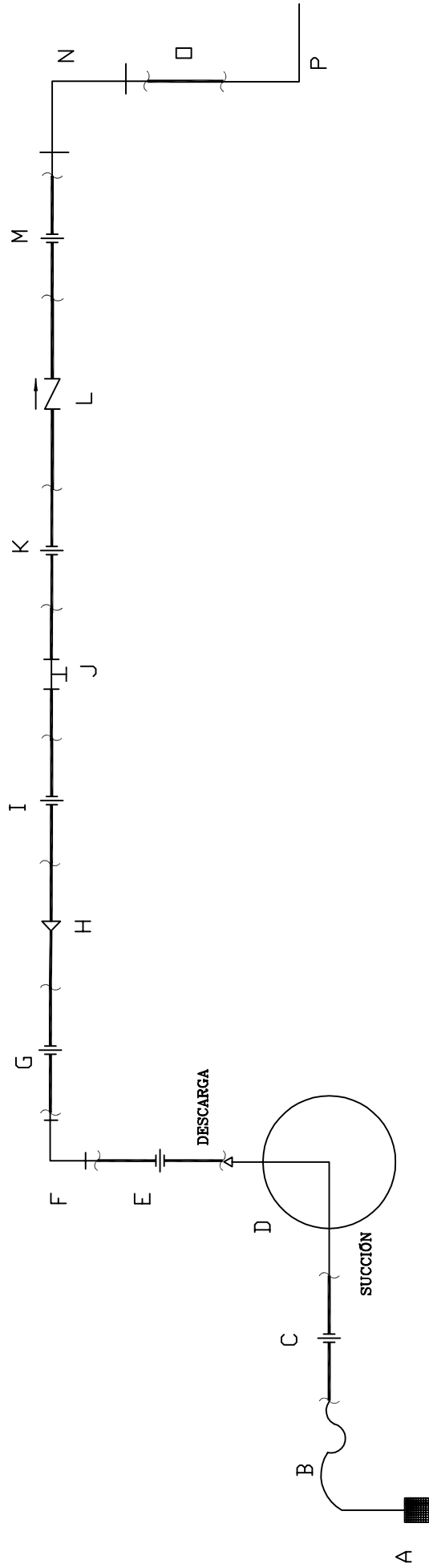
DATE	NAME
23.06.22	De la Cruz
03.07.22	Placencio

No.	Revision	Date	By
1	Paol Corrales	18/22	

FILENAME	PLANO	SISTEMA	ELECTRICO
"CRUZ LOMA"			



	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Dibujado	18/07/22	D.DLC - C.P.		
Comprobado	18/07/22			
Revisado por:	18/07/22	Paúl Corrales		
Escala:	Plano del gabinete eléctrico.			Lamina n. 2
1-1				N. Alumno: D.DLC - C.P.
				Curso: 10mo "A"



SIMBOLOGÍA

A	VÁLVULA DE PIE DE $\theta = 3$ in
B	MANGUERA de $\theta = 3$ in
C	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 3$ in
D	BOMBA CENTRÍFUGA
E	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 2.5$ in y L = 7.87 in
F	CORDO 90° $\theta = 2.5$ in
G	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 2.5$ in y L = 3.14 in
H	AMPLIACIÓN $\theta = 2.5$ in a 3 in
I	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 3$ in y L = 23.62 in
J	FILTRO TIPO "T" $\theta = 3$ in
K	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 3$ in y L = 7.87 in
L	VÁLVULA CHECK $\theta = 3$ in
M	UNIÓN CON NIPLÉ $\theta = 3$ in y L = 3.83 in
N	CORDO 90° $\theta = 3$ in
O	TUBERÍA PVC $\theta = 3$ in y L = 1.65 m
P	CORDO 90° $\theta = 3$ in

Fecha 26/07/22 Comprobado 26/07/22 Revisado por: H.L. - P.C.	Nombre	D.DLC - C.P.	Firma: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
	Escala:	1-1	
	PLANO HIDRÁULICO DE CONEXIÓN DE LA BOMBA		
Lamina n. 3			N. Alumno: D.DLC - C.P. Curso: 10mo "A"



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

MANUAL DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL BOMBEO DE AGUA DE REGADÍO EN LA COMUNIDAD “CRUZ LOMA”.



AUTORES:

De la Cruz De la Cruz Diego Armando

Placencio Carrillo Christian Antonio

Abril - Agosto 2022

Latacunga-Ecuador



ADVERTENCIAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los dispositivos implementados dentro del sistema de bombeo se encuentran dimensionados bajo requerimientos del sistema, para lo cual se advierte que no deben reemplazados por otro valor diferente que pueda afectar el sistema.

Nunca haga funcionar la bomba sobre su velocidad nominal u otra que no esté de acuerdo con las instrucciones contenidas en este manual.

El sistema deberá ser operado de acuerdo a las instrucciones que constan en este manual, con la finalidad de evitar accidentes por riesgo eléctrico, se advierte que al momento de manipular el tablero de control la persona encargada deberá estar en óptimas condiciones es decir sin efectos de sustancias psicotrópicas, alcohol u otras medidas que alteren su estado.

Cuando trabaje en o alrededor del equipo descrito en este manual de instrucciones, es importante respetar las medidas de seguridad para proteger al personal con posibles lesiones.³ A continuación, se detalla una lista abreviada de las respectivas medidas de seguridad que se deberá tener presente para operar el sistema.

- ✓ Evitar el contacto directo con los dispositivos o conductores que no se encuentren aislados.
- ✓ Evitar el contacto con piezas mecánicas que se encuentren girando a altas velocidades.
- ✓ Evitar la exposición prolongada cerca de la bomba con altos niveles de ruido.
- ✓ Tener cuidado y emplear procedimientos seguros cuando se manipule, levante, instale, maneje y se arranque el sistema.
- ✓ No modificar este sistema sin antes consultar con un técnico que ayude a verificar la falla del sistema.

Para el respectivo mantenimiento del sistema se sugiere a los directivos de la Junta de Agua, solicitar la ayuda de una persona que se encuentre capacitada sobre dicho sistema. El no prestar atención a esta advertencia puede resultar en un accidente causando lesiones personales.



Tabla de contenido

I. ASPECTOS GENERALES	3
II. SEGURIDAD.....	4
2.1 Puesta a tierra del sistema eléctrico	5
2.2 Sistemas de Protección Eléctrica	5
2.3 La energía eléctrica y el cuerpo humano	6
III. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA	8
3.1. Indicadores de corriente y tensión	8
3.2 Verificación del sistema hidráulico	9
3.3 Verificación de la presión	9
IV. OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	10
4.1 Revisión del sistema eléctrico e hidráulico.....	10
4.2 Energizado del sistema eléctrico.....	11
4.3 Selector para modo MANUAL - OFF – AUTOMÁTICO	12
Modo Manual.....	12
Modo Automático	13
4.4. Puesta en marcha (pulsador verde)	13
4.5 Pulsador para parada del sistema	14
4.6 Paro de Emergencia	14
V. RECOMENDACIONES	15



I. ASPECTOS GENERALES

En el presente manual técnico se presenta las principales pautas para la operación correcta del sistema de bombeo, en especial del tablero eléctrico mismo que servirá de guía con información práctica conteniendo instrucciones para la operación y mantenimiento del sistema con el fin de proporcionar seguridad al operador.

La correcta operación de los tableros eléctricos dentro de la respectiva normativa de seguridad depende del manejo adecuado previo a la instalación, tratamiento y mantenimiento adecuado, así también como la correcta fabricación y diseño, el ignorar estos parámetros fundamentales puede ser la causa de daños físicos al personal, falla y pérdida del sistema.

El manual que se presenta tiene como objetivo proporcionar información para la correcta operación y mantenimiento del sistema, a continuación, se detalla algunas de las ventajas:

- Arranque gradual para evitar sobrecorrientes y distorsión de la red trifásica
- Incremento de la productividad
- Reducción de reparaciones
- Protección de componentes eléctricos, electrónicos y la bomba centrífuga
- Reducción de costos e incremento de la vida útil de los componentes
- Mejorar la seguridad y confiabilidad al momento de operar el tablero eléctrico
- Detectar fallas potenciales de los componentes del gabinete de control
- Identificar ausencia de falla de fase eléctrica, así como también de presión de agua

IMPORTANTE:

- Lea este manual antes de iniciar la operación del sistema de bombeo.
- Siga las instrucciones y las normas de seguridad establecidas.
- En caso de alguna duda comunicarse inmediatamente con un técnico.
- Sea prudente al momento de manipular cualquier componente eléctrico, en especial aquellos que proporcionan riesgo para su seguridad.
- Mantenga siempre la puerta del tablero de control eléctrico cerrada, solo ábrala para accionar el sistema.
- Revise que todas las conexiones eléctricas estén adecuadamente antes de energizar el sistema.

PRECAUCIÓN ⚠ : Existe peligro de descargas eléctricas, quemaduras e incluso la muerte, cuando se opera incorrectamente el sistema eléctrico.



II. SEGURIDAD

Lea detenidamente este manual antes de proceder a poner en servicio este sistema ya que puede contraer daños perjudiciales, muerte o daños a la propiedad.

Mantener este manual disponible para las personas que serán encargadas de manipular el sistema o poner en marcha.

El tablero eléctrico es el componente el cual más riesgo presenta por estar propenso a corrientes elevadas, es por ello se sugiere que para poner en servicio el sistema eléctrico lo ideal es que deberá ser accionado solo por personal autorizado previo a la capacitación realizada y las prácticas de seguridad compartidas.

Estas instrucciones están dirigidas especialmente para tal personal con la finalidad de evitar accidentes de trabajo.

Los tableros eléctricos son aquellos equipos que constituyen dispositivos de maniobra o comando, protección y potencia, desde donde es posible proteger y operar toda una instalación, el operar en caliente con la presencia de energía eléctrica conlleva a cumplir y respetar las medidas obligatorias de seguridad.

El trabajar con energía eléctrica es un factor que conlleva riesgos de diversa consideración, desde quemaduras menores hasta mutilaciones e incluso la muerte del operador, es por ello se debe seguir las normas de seguridad al manipular tableros eléctricos.

- Para comenzar el tablero de control deberá poseer señalización en forma visible, legible de la tensión de servicio, corriente nominal número de fases, y adicionalmente deberá constar de la señal de advertencia de riesgo eléctrico.
- Los dispositivos que constituyen el tablero de control no deben estar propensos al contacto con agua, humedad salvo el caso que este diseñado para este propósito.
- Todo tablero de control deberá tener su respectiva puesta a tierra con el fin de proteger a los componentes eléctricos y al operador frente a descargas eléctricas.
- Todos los componentes que constituyen el sistema eléctrico deben estar aislados correctamente y señalizados.





2.1 Puesta a tierra del sistema eléctrico

La conexión de puesta a tierra es la parte importante de una correcta instalación eléctrica con el objetivo de brindar protección al sistema y al operador, la puesta a tierra deberá ser conectada a la malla de tierra de la respectiva instalación ya sea con cable de conexión a tierra desnudo o con aislante debe ser de color verde o amarillo, en la figura 2.1. se observa una toma sin puesta a tierra y uno correctamente instalado.

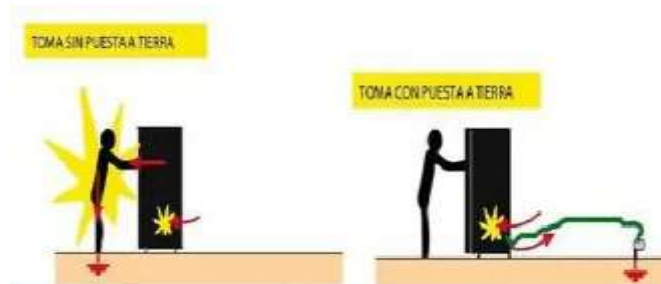


Figura 2.1: Sistema de puesta a tierra

2.2 Sistemas de Protección Eléctrica

Los interruptores, fusibles son instalados para suprimir de manera automática el suministro de energía cuando haya excedido los parámetros de operación para esto es recomendable los interruptores Termomagnéticos que actúan en caso de sobrecorriente, y para proteger a las personas se instalan interruptores Diferenciales abren el circuito cuando se presenta una fuga de corriente a tierra, en la figura 2.2. se observa las cinco reglas de oro.



Figura 2.2: Normas de seguridad para trabajar con energía eléctrica

2.3 La energía eléctrica y el cuerpo humano

La gravedad de los efectos dañinos que provoca un choque eléctrico en el ser humano se ve influenciado por distintos aspectos que se detalla a continuación:

La intensidad de la corriente: Es el factor que causa efectos nocivos para el organismo del ser humano. Se ha establecido que el límite de intensidad peligrosa para el ser humano es de aproximadamente 25 miliamperios (mA). Si bien es cierto la corriente es muy peligrosa ya que una persona al recibir directamente 100 (mA) causara la muerte.

Frecuencia de corriente: La frecuencia es la causa de un sin número de accidentes, ya que interviene la frecuencia del ritmo cardiaco, provocando la fibrilación del corazón (paro cardiaco). las frecuencias constituidas entre 25 y 2000 cps (Hz) provocan riesgo de fibrilación cardiaca muy grande.

La resistencia eléctrica del cuerpo humano no es constante, sino que presenta variaciones en:

- La piel a la entrada de la corriente.
- La piel a la salida de la corriente.
- Los tejidos y órganos internos.
- Estado anímico de la persona.

Se establece que los valores para la piel húmeda de una resistencia de 100 a 500 ohmios en corrientes alternas (AC), y de 1800 ohmios en corriente continua (DC). En la piel seca esta resistencia varía de 100.000 a 600.000 ohmios, llegando hasta 1.000.000 ohmios. La resistencia en el interior del ser humano es de aproximadamente 500 ohmios.

- Trayecto de la corriente: El trayecto más peligroso se ocasiona cuando el circuito se



realiza entre el brazo derecho y la pierna izquierda, pero no se descartan los contactos entre brazo y brazo, brazo y tórax, cabeza y piernas o directamente sobre el pecho. Los recorridos de la corriente eléctrica por el cuerpo humano son las que se presentan a continuación en la figura 2.3.

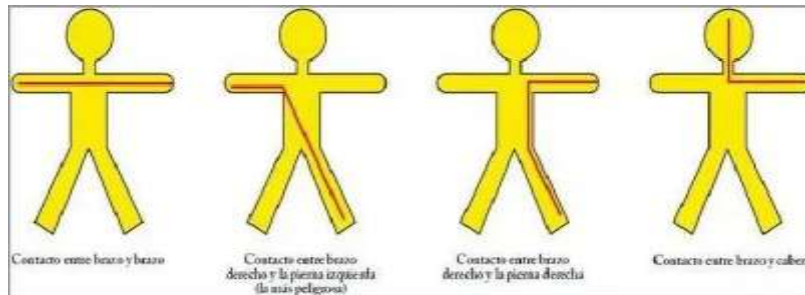


Figura 2.3: Trayecto de la corriente en el cuerpo humano.

IMPORTANTE

- El no observar los requerimientos de estándares de seguridad puede provocar la muerte o quemaduras graves y desfiguración. El estándar específicamente prohíbe el uso de vestimenta de polyester, acetato, nylon o rayón por parte del operador con exposición a arcos eléctricos o llamas.
- Existe el riesgo de choque eléctrico o quemadura siempre que se trabaje alrededor de un sistema eléctrico.
- El montaje y mantenimiento debe ser realizado por personal especializado
- Revise la línea de acometida para asegurar de que el sistema esté totalmente desenergizado.
- Siempre verifique que no existen condiciones de retroalimentación en los circuitos de salida.
- Antes de energizar el tablero debe estar limpio y libre de objetos extraños que afecten el correcto funcionamiento.
- El barraje debe ser desenergizado y puesto a tierra cuando se requiere trabajar en el tablero para mantenimiento.
- Siempre se debe verificar que la tensión sea 220V entre líneas para proceder con el arranque del sistema.



III. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

3.1. Indicadores de corriente y tensión

El tablero de control consta de amperímetros los cuales indican la corriente que pasa por cada línea (R - S - T), para que este sistema funcione en condiciones normales se deberá verificar que la corriente pico al momento del arranque no se exceda de los 131 A, y la corriente nominal se deberá establecer en un máximo de 40 A, los valores de cada línea serán similares como se puede observar en la figura 3.1.



Figura 3.1: Indicadores de Tensión y Corriente

Antes de proceder al encendido del sistema se deberá verificar en los voltímetros que la tensión entre líneas no deberá ser inferior a los 208 V, ya que al existir una falla de fase no permitirá ejecutar el arranque del sistema, esta falla se puede visualizar de igual manera en el



arrancador suave con un aviso que muestra la falla de fase o rotor bloqueado.

3.2 Verificación del sistema hidráulico

Para proceder a encender el sistema primero se deberá verificar que la bomba se encuentre llena de agua (CEBADA), con el fin de evitar el daño de los sellos que se encuentran dentro de esta, sino fuera el caso se deberá cebar como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2: Cebado del sistema hidráulico.

3.3 Verificación de la presión

Una vez puesto en marcha el sistema se deberá verificar la presión en el manómetro que se encuentra instalado en el sistema hidráulico que llega hasta un aproximado de 72,5 (Psi), a continuación, en la figura 3.3. se puede visualizar la presión máxima que alcanza el sistema.



Figura 3.3: Verificación de la presión hidráulica.

IV. OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Para la operación del tablero de control del sistema de bombeo, se debe seguir una serie de pasos para que el sistema funcione de manera óptima y evitar posibles accidentes de operación al operador a continuación, se detalla los pasos a seguir:

4.1 Revisión del sistema eléctrico e hidráulico.

Primeramente, se procede a revisar que en el interior del tablero eléctrico no exista ningún componente que interfiera en el correcto funcionamiento del sistema, por otro lado, se deberá verificar que la bomba centrífuga se encuentre previamente llena de agua (cebada), antes de ponerla en marcha.



Figura 4.1: Tablero de control para operar en óptimas condiciones.

4.2 Energizado del sistema eléctrico

Lo primero que se debe hacer para energizar el sistema eléctrico, es accionar el interruptor Termomagnético y esperar 10 segundos hasta que el autómata programable (PLC), pueda establecerse y se ponga el led de color verde (RUN), en la puerta exterior del tablero se podrá visualizar que el sistema está listo para ser puesto en marcha, en la figura 3.1. se puede apreciar cómo se debe accionar el sistema.



a) Interruptor Termomagnético



b) Autómata (PLC)

Figura 4.2: Interruptor y Autómata PLC

4.3 Selector para modo MANUAL - OFF – AUTOMÁTICO

Se dispone de un selector de tres posiciones que permite ejecutar el sistema ya sea en modo manual, el cual permite activar el sistema por medio de los pulsadores mencionados en la figura 4.4 y 4.5, al seleccionar la siguiente posición el sistema se detiene por completo, si elegimos la tercera posición se ejecuta el modo automático con la ayuda de los sensores de nivel que se encuentran instalados en el reservorio.



Figura 4.3: Selector (MANUAL - OFF - AUTO).

Modo Manual

Al seleccionar el modo manual se procederá a presionar el pulsador START para arrancar y el Stop para detener el proceso.



Modo Automático

Si se elige la opción en modo automático el sistema funcionara mediante los sensores de nivel, para ello se deberá verificar que los contactos se encuentren libre de impurezas, a continuación, en la figura 4.4 se muestran los sensores de nivel.

4.4. Puesta en marcha (pulsador verde)

Para proceder a encender el sistema presionamos el pulsador de color verde (N.A), al iniciar se observará un arranque gradual y se encenderá un indicador de color verde (ENCENDIDO), mostrando que el sistema se encuentra ya funcionando a continuación se presenta la figura 4.4. que muestra el comando etiquetado como STOP:



a) START



b) ENCENDIDO

Figura 4.4: Pulsador START e indicador de ENCENDIDO



4.5 Pulsador para parada del sistema

Para proceder con el apagado del sistema se deberá presionar el pulsador de color rojo (N.C), mismo que permitirá apagar el sistema y mostrara un indicador de color rojo (APAGADO), como aviso que se ha cortado la energía, a continuación, se observa en la figura 4.5. el pulsador de STOP.



a) STOP



b) APAGADO

Figura 4.5: Pulsador STOP e indicador de APAGADO.

4.6 Paro de Emergencia

El paro de emergencia es un contacto normalmente cerrado (NC) el cual es utilizado para detener el proceso cuando alguna falla de emergencia, ya sea de la parte eléctrica, hidráulica o que el operador este expuesto a sufrir algún riesgo al manipular los componentes.

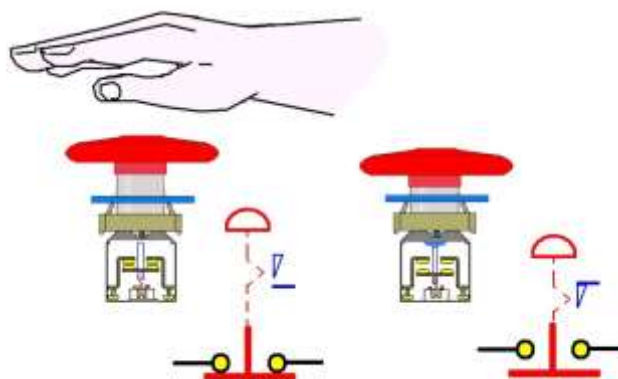


Figura 4.6: Paro de emergencia.



Nota: Al momento de encender el sistema verificar que el pulsador de paro de emergencia se encuentre en la posición inicial hacia afuera, para ello se deberá girar el pulsador a la izquierda para volver a su posición inicial, como se puede visualizar en la figura 4.6.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Es recomendable antes de iniciar con el arranque del sistema verificar que dentro del tablero no exista ningún componente que pueda afectar al sistema eléctrico, de igual manera revisar siempre el sistema hidráulico en la parte de la succión con el fin de evitar el ingreso de impurezas que afecten la impulsión del líquido.
- ✓ Se deberá consultar con un técnico, si existiera alguna anomalía con el funcionamiento del sistema de bombeo.
- ✓ Se recomienda que para accionar el sistema deberá ser la persona que previamente se encuentre capacitada del correcto funcionamiento del sistema.