



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: "REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE
CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA DE LA
BRIGADA DE FUERZAS ESPECIAS N° 9 "PATRIA", UTILIZANDO
EQUIPOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA QUE GARANTICE SU
FUNCIONALIDAD"**

**AUTORES: CBOP DE E. CALUPIÑA INFANTE, MARCO VINICIO
CBOP DE E. GUANOLUISA BETUN, HECTOR JAVIER**

DIRECTOR: ING. SARZOSA ANTE, DAVID DE JESÚS

LATACUNGA

2020



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIAS N° 9 “PATRIA”, UTILIZANDO EQUIPOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA QUE GARANTICE SU FUNCIONALIDAD”** fue realizado por los señores **SR. CBOP. DE E CALUPIÑA INFANTE, MARCO VINICIO** y **SR. CBOP. DE E GUANOLUISA BETUN, HECTOR JAVIER** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar al señor para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de enero del 2020

ING. Sarzosa Ante, David de Jesús

DIRECTOR DE PROYECTO

C.C.: 0502594849



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CBOP. DE E CALUPIÑA INFANTE, MARCO VINICIO** y el sr. **CBOP. DE E GUANOLUISA BETUN, HECTOR JAVIER**, declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIAS N° 9 “PATRIA”, UTILIZANDO EQUIPOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA QUE GARANTICE SU FUNCIONALIDAD”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con todos los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 27 de enero del 2020

Cbop. De E Calupiña Infante, Marco Vinicio

C.C.: 0503447732

Cbop. De E Guanoluisa Betun, Hector Javier

C.C.: 0603621657



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **CBOP. DE E CALUPIÑA INFANTE, MARCO VINICIO** y el sr. **CBOP. DE E GUANOLUISA BETUN, HECTOR JAVIER**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIAS N° 9 “PATRIA”, UTILIZANDO EQUIPOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA QUE GARANTICE SU FUNCIONALIDAD”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 27 de enero del 2020

Cbop. De E Calupiña Infante, Marco Vinicio

C.C.: 0503447732

Cbop. De E Guanoluisa Betun, Hector Javier

C.C.: 0603621657

DEDICATORIA

A mi hija Ziel y mi esposa Daniela que es lo más maravilloso que me puedo haber pasado en mi vida, de igual manera a mi familia que son lo más importante que dios me ha regalado ya que gracias a ellos he podido salir adelante y alcanzar cada una de las metas que me he propuesto, convirtiéndose en la fortaleza para seguir siempre adelante.

Calupíña I. Marco V.

Cbop De E.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a dios, a mi familia por su apoyo incondicional que son un pilar fundamental para el progreso de mi vida profesional, gracias por su amor, consejos y comprensión para así poder creciendo primeramente como persona y luego como profesional.

Dedico además a las personas que directa e indirectamente que me ayudaron a seguir adelante en esta carrera de mucho esfuerzo y sacrificio en la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Guanoluisa. B Hector J.

Cbop De E.

AGRADECIMIENTO

A dios por permitir mi existencia y poder disfrutar cada día de mi existencia, ya que siempre ha sido la esperanza, la guía, la luz y el camino permitiendo sobreponerme a las dificultades en lo largo de mi vida.

A mi madre ya que con sus consejos y enseñanzas siempre supo guiarme por el camino correcto, con su esfuerzo y dedicación constante en pro de mi felicidad, por los valores que me infundieron desde muy pequeño.

A mi familia que siempre estaba en los momentos oportunos para brindarme sus enseñanzas, su apoyo incondicional en lo largo de mi formación logrando así alcanzar mis metas propuestas.

Calupiña I. Marco V.

Cbop. De E.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por guiarme en el camino de la sabiduría y en los momentos más difíciles de mi vida para salir adelante y por ayudarme a alcanzar las metas trazadas, a mi madre por sus consejos que gracias a ellos he sabido sobresalir en los momentos más difíciles de mi vida y a mi esposa que sin su apoyo incondicional no hubiese podido llegar a estos momentos tan importantes en mi vida.

A mi familia que me dieron su apoyo, ánimo y aliento para continuar en mis estudios. Y por último a nuestros docentes que gracias a ellos por sus conocimientos y aprendizajes que nos dieron día a día para contribuir con el crecimiento de esta noble institución como lo es la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS Y UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

Guanoluisa B. Hector J.

Cbop. De E.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN.....	xvii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3

1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Alcance	4

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Instalaciones eléctricas industriales	5
2.1.1 Concepto de instalaciones eléctricas	5
2.1.2 Objetivos de una instalación eléctrica	6
2.2 Conocimiento del material	6
2.2.1 El contactor	6
2.3 Tablero eléctrico	12
2.3.1 Tablero general	12
2.3.2 Centros de Control de Motores	12
2.3.3 Tableros de Distribución o derivado	12
2.4 Aplicaciones de los tableros eléctricos según el uso de la energía eléctrica	13
2.5 Dispositivos de maniobra y protección	14
2.5.1 Interruptores	14
2.5.2 Pulsadores	14
2.5.3 Relés	15

2.5.4 Guardamotor	15
2.6 Sistemas de control.....	16
2.7 Conducto eléctrico	16
2.8 Qué es una bomba centrifugas	17
2.8.1 Para qué sirve una bomba centrífuga	17
2.8.2 Como funciona una bomba centrífuga	17
2.8.3 Tipos de bomba centrifuga.....	18
2.8.4 Partes de la bomba centrífuga	19
2.9 Que es una caldera.....	21
2.9.1 Cómo funciona la caldera	22
2.9.2 Tipos de calderas.....	22
2.9.3 Partes de una caldera	23

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA

3.1 Diagnóstico de la situación actual.....	25
3.1.1 Descripción del sistema actual en el funcionamiento de la piscina.....	27
3.1.2 Especificaciones técnicas de los elementos importantes de la piscina.....	28

3.2	Frecncia de utilización de los equipos del cuarto de maquinas.....	32
3.3	Características generales de las instalaciones eléctricas que posee el cuarto de máquinas de la piscina.....	33
3.3.1	Cajas de distribución.....	34
3.3.2	Conductores y cableado eléctrico en el cuarto de máquinas.....	35
3.3.3	Mediciones de bombas eléctricas	36
3.4	Tablero eléctrico de bombas.....	39

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL MATERIAL ELÉCTRICO PARA EL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA.

4.1	Inspección y registro de la instalación eléctrica	40
4.1.1	Descripción de la alimentación de energía eléctrica al tablero principal del cuarto de máquinas de la piscina.....	40
4.1.2	Levantamiento planimétrico	41
4.1.3	Distribución eléctrica de la carga principal	42
4.4	Construcción del tablero eléctrico de control de bombas de agua	43
4.4.1	Tablero eléctrico de control.....	43
4.5	Procedimiento para el armado del tablero eléctrico de bombas de agua.....	59

4.6 Elementos empleados en el tablero del controlador de temperatura modelo full gauge MT512G /02	64
4.7 Puesta a tierra.....	66
4.7.1 Cálculos para la puesta a tierra.....	67

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones	70

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	72
----------------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	73
---------------------------------------	-----------

ANEXOS	77
---------------------	-----------

Anexo A. Tabla de código de colores para conductores eléctricos.

Anexo B. Tabla para elegir los contactores

Anexo C. Fórmulas para sacar la sección de conductor

Anexo D. Normas establecidas para el proyecto NEC-11

Anexo E. Manual de funcionamiento y mantenimiento del cuarto de máquina de la piscina

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características bomba de agua 1 función retro lavado</i>	28
Tabla 2. <i>Características bomba de agua 2 función de retro lavado</i>	29
Tabla 3. <i>Características de bomba de agua 3 función aspirado</i>	30
Tabla 4. <i>Mediciones de las bombas eléctricas</i>	37
Tabla 5. <i>Cálculo total de la potencia del circuito</i>	49
Tabla 6. <i>Aplicaciones en el servicio eléctrico</i>	52
Tabla 7. <i>Datos bomba 3 trifásica</i>	54
Tabla 8. <i>Datos de bombas 1 y 2 monofásicas</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de un contactor.....	8
Figura 2. Curva para elegir un contactor	9
Figura 3. Bomba axial.....	18
Figura 4. Bomba radial	19
Figura 5. Caldero.....	21
Figura 6. Esquema del sistema de funcionamiento de la piscina	27
Figura 7. Bomba de agua 1	29
Figura 8. Bomba de agua 2	29
Figura 9. Bomba de agua 3	30
Figura 10. Caldera de la piscina	31
Figura 11. Filtro de la piscina.....	31
Figura 12. Válvula Selectora.....	32
Figura 13. Tablero eléctrico 1 (Bombas).....	33
Figura 14. Tablero eléctrico 2 (Caldero)	33
Figura 15. Tablero principal	34
Figura 16. Cableado eléctrico se encuentra a la intemperie	35
Figura 17. Conductores de las bombas sin ninguna protección	36
Figura 18. Voltajes en conductores	36
Figura 19. Medición de bomba de agua 1	37
Figura 20. Medición bomba de agua 2	37
Figura 21. Medición de bomba de agua 3 (dos fases).....	37

Figura 22. Tablero electrico de bombas de agua.....	39
Figura 23. Conexión eléctrica desde la red de distribución hacia el tablero	41
Figura 24. Diagrama unifilar eléctrica Cuarto de Máquinas	43
Figura 25. Distribución de elementos	44
Figura 26. Diagrama de control	45
Figura 27. Diagrama de fuerza	45
Figura 28. Diagrama de conexión de control de bombas	46
Figura 29. Tablero eléctrico de bombas	47
Figura 30. Tablero eléctrico de control de temperatura	47
Figura 31. Distribución de mando de control de bombas.....	48
Figura 32. Distribución de mando de control de temperatura	49
Figura 33 Corriente de disparo de arranque de motor	52
Figura 34. Sección de conductores	58
Figura 35. Colocación y conexión de fuerza	59
Figura 36. Programación del temporizador digital	60
Figura 37. Bloqueo de motores con contactos auxiliares	60
Figura 38. Cambio de luces piloto	61
Figura 39. Paro de emergencia	61
Figura 40. Tablero eléctrico finalizado vista interior.....	62
Figura 41. Tablero eléctrico finalizado vista exterior.....	62
Figura 42. Colocación de conductores por medio de canaletas	63
Figura 43. Conexión a las borneras de las bombas.....	63
Figura 44. Conductor del sensor.....	64

Figura 45. Válvula solenoide.....	65
Figura 46. Esquema de control de temperatura.....	65
Figura 47. Esquema de fuerza de control de temperatura.....	66
Figura 48. Programación control de temperatura y distribución de sus elementos.....	66
Figura 49. Preparación del terreno y puesta de electrodo	68
Figura 50. Conexión del conductor con el electrodo	69
Figura 51. Pruebas con el telurómetro.....	69

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación se realizó un debido estudio de campo para poder determinar el estado actual del sistema eléctrico, control de sus equipos y ejecutar un sistema semiautomático que permita una adecuada operación de los equipos en el cuarto de máquinas de la piscina de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”, basándose en la aplicación de las normas en el Ecuador NEC-11(CAPÍTULO 15 MECANISMOS ELECTROMECAÑICOS). Para el funcionamiento de este trabajo se utilizó bajos voltajes desde 120 Vac a 440 Vac para las conexiones e instalaciones de circuitos tanto de control como de fuerza, además se empleó un correcto dimensionamiento mediante cálculos y tablas respectivamente para conductores como elementos de protección y maniobra adecuada como: interruptores termomagnéticos, contactores, guardamotor incluso de la puesta a tierra que es muy importante para proteger todos los equipos en el sistema en cualquier eventualidad. Es necesario conocer el funcionamiento y operación de sus elementos, así como de los mecanismos que se utilizó para la elaboración de este trabajo, los cuales se detallan en un manual en que el operador podrá identificar y visualizar las posibles fallas en el sistema, realizando las correcciones necesarias que se requiera e informar, para su posterior supervisión y/o mantenimiento.

PALABRAS CLAVES:

- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**
- **BOMBAS DE AGUA - SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO**
- **PROTECCIONES ELÉCTRICAS**

ABSTRACT

This research work was carried out a due field study to be able to determine the current state of the electrical system, control of its equipment and execute a semi-automatic system that allows an adequate operation of the equipment in the machinery room of the special forces brigade No. 9 "Patria", based on the application of the rules in Ecuador NEC-11 (Chapter 15 ELECTROMECHANICS MECHANISM). For the operation of this work low voltages from 120 Vac to 440 Vac were used for connections and installations of both control and force circuits, in addition a correct sizing was used by calculations and tables respectively for conductors as adequate protection and maneuvering elements such as: thermomagnetic switches, contactors, motor guard even grounding which is very important for protect all computers in the system in any eventuality. It is necessary to know the operation and operation of its elements, as well as the mechanisms that were used for the elaboration of this work, which are detailed in a manual in which the operator can identify and visualize possible failures in the system, making the necessary corrections that are required and report, for further supervision and / or maintenance.

KEYWORDS:

- **ELECTRICAL INSTALLATIONS**
- **WATER PUMPS - SEMI-AUTOMATIC SYSTEM**
- **ELECTRICAL PROTECTIONS**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La Brigada de Fuerzas Especiales “Patria” desde sus orígenes se ha caracterizado por desarrollar el poder militar terrestre, preparando, entrenando y mejorando su capacidad operativa de forma permanente al personal de las Fuerzas Armadas, para alcanzar los objetivos derivados de la planificación estratégica militar, a fin de coadyuvar en forma conjunta a la defensa de la soberanía e integridad territorial, contribuir en la gestión del Estado en el ámbito interno y el desarrollo de la Nación, siendo su misión “Participar en el desarrollo de las capacidades terrestres, mediante la educación militar, doctrina militar terrestre, estudios históricos y capacitación, a fin de contribuir a la defensa de la soberanía y la integridad territorial, el apoyo a la seguridad pública y del estado”. (Montalvo , 2016)

Esta institución cuenta con una base fundamental como es la piscina para el entrenamiento de soldados que se preparan para cumplir con una sola misión de defender la soberanía e integridad territorial del estado, pero cuenta con unas instalaciones eléctricas que no cumplen con las especificaciones necesarias con la seguridad del equipo ni protección del personal militar.

1.2 Planteamiento del problema

La Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”, en la actualidad desempeña una función esencial en la preparación militar, siendo la natación una actividad elemental

requerida en el entrenamiento y ejecución de operaciones de alto riesgo en selva, la piscina es un área que por su inadecuado sistema eléctrico y de control no cuenta con su respectiva protección de acuerdo con sus normas establecidas, para un correcto funcionamiento

De acuerdo con los reportes de mantenimientos realizados hace un año, en el cuarto de máquinas el sistema presenta, interruptores termomagnéticos mal dimensionados, diámetros de conductores inapropiados a las cargas conectadas, la falta de canaletas para los conductores.

El sistema con la información obtenida no garantiza el normal funcionamiento ya que al mantener en marcha el proceso provoca activación de los interruptores termomagnéticos y cortos circuitos. Se ha sustituido los interruptores con mayor amperaje el cual provoca que los motores se recalienten y terminen quemándose, por tal motivo se ha buscado repotenciar el sistema.

1.3 Justificación

Este proyecto beneficiará al Ejército Ecuatoriano en especial a la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 "Patria" que conforman el actual sistema integrado de la Fuerza Terrestre, permitiendo mejorar el cumplimiento de sus funciones y responsabilidades de acuerdo con sus competencias determinadas en la evaluación física de tal manera estar acorde a la capacitación permanente en estas instalaciones.

Para eso se debe tener infraestructuras que cumplan con las más altas exigencias de operatividad y de seguridad para así alcanzar con las metas propuesta en este proyecto ya que se encontró muchas eficiencias como son protecciones, mantenimiento

inadecuado e infraestructura que no posee con las normas establecidas, permitiendo conocer las capacidades y debilidades de acuerdo a cada trabajo que realiza cada equipo en el cuarto de máquinas para así lograr un mayor trabajo óptimo y eficaz, los equipos deben poseer un mantenimiento adecuado para así evitar paros innecesarios en la piscina de la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “Patria.

Manteniendo de tal forma al personal capacitado y preparado para el cumplimiento de cada una de las funciones y responsabilidades asignadas.

Es importante la ejecución de este trabajo ya que envuelve la preparación física del personal militar, requerido para realizar actividades en agua muy empleadas en selva y contribuir profesionalmente al cumplimiento de las misiones encomendadas por el escalón superior.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Repotenciar el sistema eléctrico y de control del cuarto de máquinas de la piscina de la Brigada de Fuerzas Especias N° 9 “PATRIA”, utilizando equipos de protección eléctrica, que garantice el funcionamiento del proceso; facilite el mantenimiento y operación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el sistema eléctrico del cuarto de máquinas de la piscina, de acuerdo con los parámetros requeridos en las normas de instalaciones eléctricas, a fin de extender la vida útil de los equipos.

- Elaborar un sistema de control que permita la recirculación del fluido en la piscina, mediante un sistema semiautomático, para proporcionar el fluido requerido en el proceso.
- Implementar protecciones eléctricas en el sistema, mediante el cálculo y análisis de las diferentes cargas, para mejorar el funcionamiento y la operatividad.

1.5 Alcance

De acuerdo con las competencias genéricas, específicas y actividades especiales que desempeña el personal militar, en la preparación física. Para ello el proyecto evitará que se presenten paros en el sistema consiguiendo el cumplimiento estricto con las más altas exigencias de operatividad y de seguridad.

Con el proyecto se busca la optimización de recursos tanto de equipos eléctricos, mantenimiento y de operación consiguiendo así la reducción de costos.

Con la repotenciación del sistema eléctrico y control se garantiza que el sistema proporcionará mayor eficiencia, seguridad y confiabilidad en la operación de los equipos, que mediante el manual de plan de mantenimiento permitirá su funcionalidad, evitará y disminuirá daños en el sistema; producidos ya se por sobrecargas, sobre corrientes y corto circuitos evitando así accidentes innecesarios en el personal, averías en los equipos e instalaciones.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Instalaciones eléctricas industriales

2.1.1 Concepto de instalaciones eléctricas

Es el conjunto de elementos que permiten el transporte y distribución de la energía eléctrica, puesta a disposición de industrias o de particulares a través de una red de distribución, que no pueden estar conectadas fijamente a un receptor.

Es por eso necesario optimizar el sistema de potencia y control que permitan el transporte de o la interrupción de la energía eléctrica proveniente de la red eléctrica, hacia los receptores, entre estos elementos incluyen:

- Conductores Eléctricos
- Tableros eléctricos
- Transformadores
- Medidores de Energía
- Interruptores
- Puesta a tierra de equipos y canalización
- Dispositivos de control
- Soportes
- Guardamotor
- Contactores

La competencia de las instalaciones eléctricas constituye una parte importante en su diseño como en sus aspectos de diseño.

2.1.2 Objetivos de una instalación eléctrica

Se debe distribuir la energía eléctrica en las instalaciones y equipos conectados de una manera confiable y eficaz. Tomar en cuenta la flexibilidad, tomando en cuenta las normas, simplicidad, y la economía.

- Para evitar fallas y paradas innecesarias es recomendable utilizar materiales, equipos e insumos adecuados para cada tipo de instalación o conexión de esta manera se puede prevenir las paradas por fallas, conservando así la uniformidad del sistema.
- Eficiencia y economía.
- Normas establecidas en cada sistema.
- Confiable.
- Flexibilidad.

2.2 Conocimiento del material

2.2.1 El contactor

Un contactor eléctrico funciona como un interruptor, ya que permite que pase o no la corriente, pero una función, que tiene la capacidad de ser activada a distancia, mediante un mecanismo electromagnético.

una carcasa que El principal componente, es un electroimán como forma de una bobina, que genera un campo magnético tal que permite accionar elementos mecánicos

en el dispositivo, y contiene el contactor como tal, cuya característica deben permitir un accionar muy rápido del mismo. (Martinez, 2013)

El contactor entrega un gran número de ventajas y permiten en específico:

- Interrumpir corrientes monofásicas importantes mediante un auxiliar de mando recorrido por una intensidad pequeña.
- Ejecutar un mando manual o automático a distancia con la ayuda de hilos de pequeña sección, así pues, una reducción importante de los cables de potencia utilizados.
- Es robusto y fiable porque no encierra ningún mecanismo delicado.
- Se adapta fácil y rápidamente a la tensión de alimentación del circuito de mando (red o fuente independiente).
- Interrumpe momentáneamente la corriente contra la seguridad del personal de arranques intempestivos.
- Facilita la repartición de los puestos de parada de emergencia y los enclavamientos impidiendo la puesta en marcha un circuito si no son tomadas las precauciones necesarias.
- Protege al receptor contra las caídas de tensión importantes.

a. Estructura de un contactor

Contactos principales: "1-2, 3-4, 5-6." Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.

Contactos auxiliares: "13-14 (NO)" Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. El contactor de la figura

solo tiene uno que es normalmente abierto, pero puede venir con ellos cerrados 11-12 (NC).

Carcasa: Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. Además, es la presentación visual del contactor como se ve en la **Figura 1**.

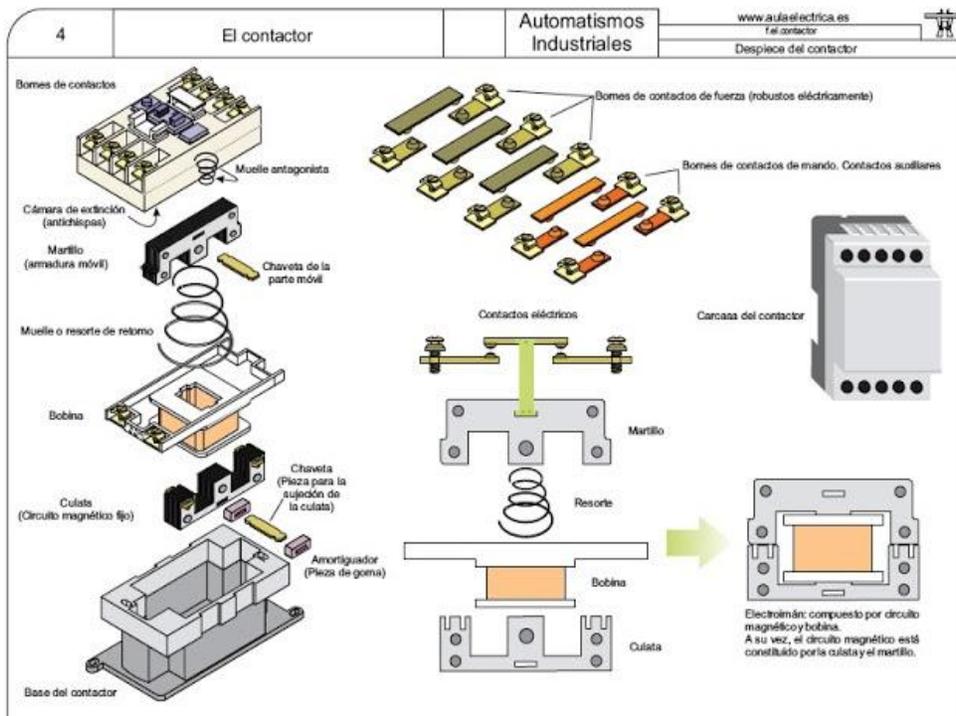


Figura 1. Estructura de un contactor

Fuente: (Martinez, 2013)

Electroimán: Es el elemento principal del contactor, se encarga de transformar la energía eléctrica en magnetismo, provocando mediante un movimiento mecánico la apertura o cierre del contacto.

- a) **La bobina:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con gran número de espiras, que al aplicar electricidad genera un campo electromagnético para vencer la resistencia del resorte de retorno y que atrae fuertemente la armadura móvil (martillo) y por consiguiente uniendo o separando los contactos.
- b) **El núcleo:** Parte de material ferromagnético sólido, que va fijo en la carcasa y tiene una forma de “E”. Su función principal es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina para atraer con más eficiencia la Armadura móvil.
- c) **Armadura:** Es un elemento muy similar al núcleo, con la diferencia que la armadura es móvil y el núcleo es fija, y que es separada inicialmente por el resorte de retorno.

b. Elección de un contactor

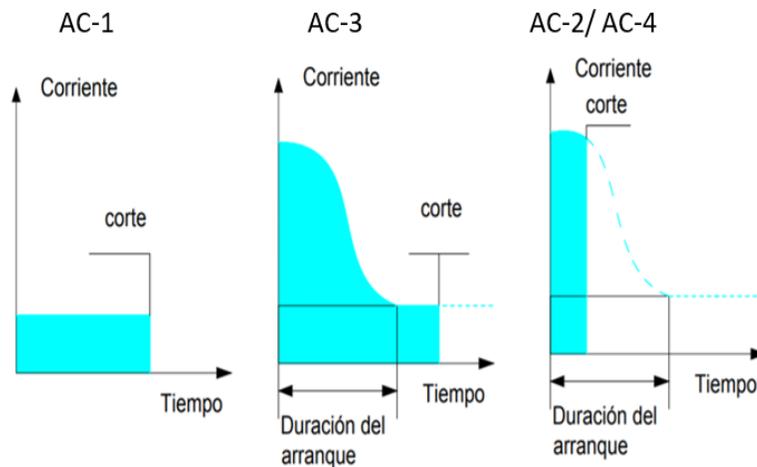


Figura 2. Curva para elegir un contactor

Fuente: (Suarez)

Para la elección del contactor se debe tomar en cuenta la función:

- De la naturaleza y de la tensión de alimentación de la bobina: esta puede ser continua y alterna, con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Potencia instalada.
- Exigencias del servicio deseado.
- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio) como se observa la **Figura 2**.
- Valores de factor de potencia.
- Intensidad nominal de empleo.
- Intensidad térmica.
- Frecuencia de operación. (Roldan Viloría, 2001)

c. Incidentes que provocan el deterioro de los contactores

Cuando un contactor es quemado, hay que comprobar que la elección del calibre del contactor corresponde a la potencia del motor.

Si la elección es correcta y sobre todo si la intensidad de bloqueo del motor es inferior al poder de cierre del contactor, el incidente suele venir de perturbaciones en el circuito de mando que conducen a un mal funcionamiento del electroimán. (Roldan Viloría, 2001)

A continuación, indicamos las perturbaciones más frecuentes y para cada una de ellas la solución aconsejada.

- Micro cortes de la red o interrupciones de corta duración accidentales o voluntarias

- Caída de tensión de la red: provocada por la punta de intensidad al arranque del motor, al unirse los contactos fijos y móviles del contactor. Esta caída de tensión lleva a una pérdida de energía del circuito magnético que ya no tiene bastante fuerza para continuar su carrera hasta el cierre completo. Siendo nula la presión sobre los polos, estos se sueldan.
- Caída de tensión en el circuito de mando: cuando está alimentado en baja tensión (24 a 110 V) y numerosos contactos de enclavamiento están en serie, se puede producir una caída de tensión en el circuito de mando a lo que se activen los contactores.

d. Ventajas al utilizar los contactores

Se debe tener en cuenta que gracias a estos dispositivos pueden ser accionados a distancia y se puede tener beneficios como:

- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complicados, con la ayuda de los aparatos auxiliares de mando como los interruptores de posición, detectores, presostatos, etc.
- Automatización en el arranque y paro de motores.
- Probabilidad de maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas mediante corrientes débiles.
- Probabilidad de controlar completamente una máquina desde varios puntos de maniobra.
- Ahorro de tiempo al realizar maniobras prolongadas. (Roldan Vilorio, 2001)

2.3 Tablero eléctrico

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación.

Los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente.

El tablero es un gabinete metálico donde se colocan instrumentos con interruptores arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada. (Telemecanique, 2004)

2.3.1 Tablero general

El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general.

2.3.2 Centros de Control de Motores

En instalaciones industriales y en general en aquellas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores.

2.3.3 Tableros de Distribución o derivado

Estos tableros pueden tener un interruptor general dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimenten.

Dos de los constituyentes de los tableros eléctricos son: el medidor de consumo (mismo que no se puede alterar) e interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado. Es importante mencionar que el interruptor no tiene funciones de seguridad, solamente se encarga de limitar el nivel del consumo. (Moreno & Gonzalez, 2017) El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios.

Una importante medida de seguridad para los tableros eléctricos es la instalación de interruptores de seguridad, estos deben ser distintos del interruptor explicado más arriba. Dichos interruptores de seguridad suelen ser de dos tipos: termo magnético, que se encarga de proteger tanto el tablero eléctrico como la instalación de variaciones en la corriente, y diferencial, que está dirigido a la protección de los usuarios. (Moreno & Gonzalez, 2017)

2.4 Aplicaciones de los tableros eléctricos según el uso de la energía eléctrica

Como sabemos, la energía eléctrica tiene múltiples usos. Puede tener uso industrial, doméstico, también es posible utilizarla en grandes cantidades para alumbrado público, entre otros. Por otro lado, los tableros eléctricos tienen, según el uso de la energía eléctrica, las siguientes aplicaciones:

- Centro de Control de Motores.
- Subestaciones.
- Alumbrado.
- Centros de carga o de uso residencial.

- Tableros de distribución.
- Celdas de seccionamiento.
- Centro de distribución de potencia.
- Centro de fuerza.

2.5 Dispositivos de maniobra y protección

Los elementos de control o de maniobra son dispositivos que nos permiten abrir o cerrar el circuito cuando lo necesitamos.

2.5.1 Interruptores

Un interruptor (simple), permite abrir o cerrar un circuito y permanece en la misma posición hasta que volvemos a presionar.

Un interruptor doble o bipolar es un interruptor que abre y cierra dos circuitos al mismo tiempo.

2.5.2 Pulsadores

Un pulsador permite abrir o cerrar el circuito solo mientras estemos actuando sobre él. Cuando dejamos de presionar vuelve a su posición inicial.

- Pulsador normalmente abierto (NA): En el estado de reposo el circuito está abierto, y se cierra cuándo se presiona
- Pulsador normalmente cerrado (NC): En el estado de reposo el circuito permanece cerrado, y se abre cuándo se presiona.

2.5.3 Relés

Uno relé es un interruptor automático controlado por la electricidad. Los relees permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos sin la intervención humana.

El relé es el elemento que da la orden de que funcione el motor de una puerta automática, las luces de un semáforo, el motor de un ascensor, y multitud de sistemas automáticos.

Su funcionamiento es el siguiente:

Cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de la bobina o electroimán, este genera un campo magnético a su redor, y atrae la armadura que, con su movimiento, hace que los contactos cambien de posición.

2.5.4 Guardamotor

Un guardamotor es un interruptor magnetotérmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobreintensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

2.6 Sistemas de control

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industriales en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas.

Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida se genera dependiendo de la entrada; mientras que en los sistemas de lazo cerrado la salida depende de las consideraciones y correcciones realizadas por la retroalimentación. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación. (Tecnico Electricista, 2008)

2.7 Conducto eléctrico

Una canaleta o conducto eléctrico es un sistema de tubería que se usa para la protección y el enrutamiento del cableado eléctrico. El conducto eléctrico puede estar hecho de metal, plástico, fibra o barro cocido. Los conductos flexibles están disponibles para propósitos especiales. Una bandeja de cables es un diseño abierto de un canal de cable.

El conducto se instala generalmente por electricistas en el lugar de instalación del equipamiento eléctrico. Su uso, forma y detalles de instalación, se especifican a menudo por las regulaciones de cableado, como el National Electrical Code (NEC) de Estados Unidos u otro código nacional o local.

El término "agente", se utiliza comúnmente por los electricistas para describir cualquier sistema que contiene conductores eléctricos, pero el término tiene una definición técnica más restrictiva cuando se utiliza en los reglamentos oficiales de cableado. (S.A., 2005)

2.8 Qué es una bomba centrifugas

Las bombas centrifugas son maquinas rotativas capaces de transformar una energía impulsora (por lo general eléctrica o mecánica) en energía cinética de un fluido. En otras palabras, las bombas centrifugas aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias.

2.8.1 Para qué sirve una bomba centrífuga

Como mencionamos en el párrafo anterior, las bombas centrifugas sirven para transformar un tipo de energía en energía cinética del fluido, es decir aumentar la velocidad de un fluido para poder transportarlo.

Estas máquinas son muy utilizadas para el transporte de líquidos que contienen partículas sólidas en suspensión. Sin embargo, estas máquinas son poco eficientes a la hora de trabajar con líquidos muy viscosos. (Admin, 2018)

2.8.2 Como funciona una bomba centrífuga

El funcionamiento de las bombas centrifugas se basa en un rotor, rodete o impulsor. Este es el elemento que transfiere la energía recibida por un motor eléctrico al fluido.

Esto se logra ya que el rotor tiene unos alabes que se encargan de empujar el fluido generando un aumento en su velocidad y por lo tanto en su energía cinética. A su vez, el fluido al estar rotando en las paletas recibe una fuerza centrífuga que hace aumentar su presión y con esto aún más su energía interna. (Admin, 2018)

2.8.3 Tipos de bomba centrífuga

Las bombas centrífugas se pueden clasificar según distintos parámetros:

a) La dirección del flujo

Según la dirección en la que el fluido atraviese la bomba, estas pueden ser:

- **Axial:** En este caso el flujo circula de forma paralela al eje de rotación. Son bombas muy eficientes a la hora de elevar grandes caudales a poca altura como se indica en la **Figura 3**.



Figura 3. Bomba axial

Fuente: (Admin, 2018)

- **Radial:** En este caso, el flujo evoluciona de forma perpendicular al eje de rotación como se observa en la **Figura 4**. Son bombas de alta eficiencia cuando el fluido es corrosivo o posee partículas sólidas. También es muy utilizada en industrias alimenticias ya que no contaminan los productos.



Figura 4. Bomba radial

Fuente: (Admin, 2018)

- **Mixta:** Combina las bombas axiales con las bombas radiales.

b) Posición del eje de rotación

- **Horizontales:** El eje de rotación se encuentra en posición horizontal.
- **Verticales:** El eje de rotación se encuentra en posición vertical.
- **Inclinados:** El eje de rotación esta inclinado. (Admin, 2018)

2.8.4 Partes de la bomba centrífuga

- **Inductor:** También se le conoce como estator. Se trata de la parte fija que compone al motor, el cual se conforma por el armazón de acero que protege al núcleo magnético del inductor.

Con este armazón de logra proteger los elementos que compone la bomba y a la vez se logra disipar el calor que se crea dentro del motor. (Admin, 2018)

- **Entrehierro:** Se trata del espacio de aire que crea una separación entre el rotor y el estator.

- **Carcasa:** Parte que protege a todos los mecanismos internos que permiten el accionar de la bomba. Son elaboradas con variados materiales según su finalidad, como es en base a hierro fundido si se usará para bombear agua potable, o de acero inoxidable o de bronce si se pretende bombear un líquido que es muy corrosivo.
- **Cojinete:** Esta parte llega a ser el soporte y a la vez la guía del eje de la bomba. Con este es que se crea la perfecta alineación de cada una de las partes rotatorias que compone a la bomba.
- **Rotor:** Se refiere a la parte móvil de la bomba, en donde se encuentran diversas barras conductoras en sus extremos cortocircuitadas a través de anillos conductores.
- **Refrigeración:** Con este se logra enviar el calor producido por el motor hacia el exterior a través de la autoventilación.
- **Rodete o impulsor:** Parte compuesta por un grupo de álabes que se encargan del bombeo del fluido a través de sus constantes giros accionados por el motor.
- **Difusor:** Esta parte en combinación con el rodete se encuentra dentro de la carcasa. Con este se mejora el rendimiento de la bomba, ya que favorece a la correcta transformación de la energía cinética en energía de presión.
- **Ejes:** Se trata de los elementos de transmisión entre la bomba y el motor. Son elaborados con diferentes materiales como es en base a acero aleado, acero común, acero inoxidable y acero al carbono.

- **Sello mecánico:** Con estos se crea un estado de estanqueidad entre la parte estructural y el eje rotativo de la bomba, el cual por lo general es fijo.
- **Rodamientos:** Son piezas que hacen posible el giro entre dos piezas. Con estos la fricción que se crea entre las piezas y el eje llega a ser mínima. Estos rodamientos están compuestos por dos cilindros de igual forma y tamaño los cuales están separados por un conjunto de rodillos o bolas que cambian el rozamiento por el de rodaduras. (Equipo de Redacción PartesDel.com., 2017)

2.9 Que es una caldera

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. (Odimma, s.f.)

Una caldera es un recipiente contenedor agua que transfiere el calor desde una fuente de combustible, puede ser: petróleo, gas, carbón, etc.

El vapor de agua se canaliza a un punto en que puede ser utilizado para poner en marcha un equipo de producción, para esterilizar, proporcionar calor, vapor limpio, entre otras funciones como se observa en la **Figura 5**. (ABSORSISTEM, S.L., s.f.)

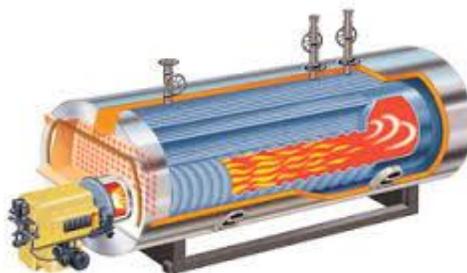


Figura 5. Caldero
Fuente: (ABSORSISTEM, S.L., s.f.)

2.9.1 Cómo funciona la caldera

El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.

2.9.2 Tipos de calderas

Los dos principales tipos de calderas son:

- **Piro tubular (firetube en inglés):** El fuego o los gases calientes se direccionan a través del interior de los tubos dentro del cuerpo de la caldera, que están rodeadas de agua. Los tubos están dispuestos en bancos de modo que los gases pueden pasar a través de la caldera hasta 4 veces antes de pasar fuera de la pila.

Este sistema expone la superficie de transferencia de calor máxima al agua. Las calderas pueden producir hasta aproximadamente 750 hp o 25.000 libras de vapor por hora. 80% de las calderas en uso son de esta configuración.

Un subtipo de esta caldera es la caldera de envasado, la transmisión de vapor de agua se hace a través de un equipo quemador de combustible, equipos de tracción mecánica, controles automáticos y accesorios y está diseñado para funcionar automáticamente con un muy mínimo de atención. Es particularmente importante para prevenir la formación de incrustaciones en este tipo de caldera.

- **Acuotubulares (watertube):** El fuego o los gases calientes son dirigidos a y alrededor del exterior de los tubos que contienen agua, dispuesto en una posición vertical. Calderas acuotubulares son generalmente de forma rectangular y tiene dos o más tambores. La separación de vapor y agua se lleva a cabo en el tambor superior, mientras que el tambor inferior sirve como un punto de recogida de lodos. Este sistema se utiliza generalmente cuando hay más de 750 hp o cuando cientos de miles de libras de vapor por hora son necesarios. (Odimma, s.f.)

2.9.3 Partes de una caldera

La estructura de una caldera depende del tipo, no obstante, de forma general podemos describir las siguientes partes:

- **Quemador:** Sirve para quemar el combustible.
- **Hogar:** Alberga el quemador en su interior y en su interior se realiza la combustión del combustible utilizado y la generación de los gases calientes.
- **Tubos de intercambio de calor:** el flujo de calor desde los gases hasta el agua se efectúa a través de su superficie. También en ella se generan las burbujas de vapor.
- **Separador líquido-vapor:** es necesario para separar las gotas de agua líquida con los gases aún calientes, antes de alimentarla a la caldera.
- **Chimenea:** es la vía de escape de los humos y gases de combustión después de haber cedido calor al fluido.

- **Carcasa:** contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.
(ABSORSISTEM, S.L., s.f.)

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE CONTROL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA.

3.1 Diagnóstico de la situación actual.

El cuarto de máquinas de la piscina perteneciente a la brigada de fuerzas especiales; tiene sectores los cuales presentan una serie de riesgos industriales, debido al ineficiente sistema eléctrico como son:

- 1) Incorrecta distribución del cableado eléctrico.
- 2) Mal dimensionamiento de contactores, protecciones y conductores.
- 3) Los códigos de colores en el cableado eléctrico no corresponden a las normas vigentes como se ve en el anexo A.
- 4) No existe un plan de mantenimiento de las instalaciones y equipos eléctricos en el cuarto de máquinas de la piscina.
- 5) Falta de mantenimiento en las instalaciones ya que los equipos de baja tensión no cumplen con las condiciones técnicas y normas NEC.
- 6) Falta de protección de un sistema de puesta a tierra en todo el circuito eléctrico.

Después de haber realizado el respectivo diagnostico en el cuarto de máquinas de la piscina de la brigada de fuerzas especiales N°9 "Patria", se identificó las siguientes partes:

- Líneas de distribución y carga.
- Bombas centrifugas una de 220 V trifásicas y dos bombas de 220 V monofásicas.
- Tres bombas centrifugas, dos bombas de piscina con filtro y una para retro lavado de filtros.
- Un caldero que funciona mediante el combustible de diésel cuyo voltaje es de 110 con una potencia de 3 KW y eficiencia es de 0.8% como lo indica la placa de datos.

Debido a los problemas en el sistema eléctrico, el sistema de protección no garantiza un correcto funcionamiento, debido a que no cumple con las normas eléctricas establecidas por lo que el personal que labora dentro de las instalaciones no cuenta con el equipo de seguridad necesario para poder realizar los trabajos de mantenimiento y operación respectivos.

- Uno de los principales factores es la falta de mantenimiento de los equipos, lo cual reduce el tiempo vida útil de los accesorios e instalaciones eléctricas.
- Los materiales y conductores se encuentran expuestos a humedad dentro del cuarto de máquinas, el mismo que presenta un constante riesgo de cortocircuito especialmente el en área de las bombas centrifugas y tableros eléctricos.
- Falta de una revisión periódica a las instalaciones eléctricas y equipos para facilitar el mantenimiento, costos y ahorro energético.
- Los tableros de distribución se encuentran en malas condiciones.

- El tablero eléctrico no cuenta con señalética de seguridad preventiva, esto es para evitar que personas que no laboran en el área sufran algún tipo de accidente.
- Debido al ineficiente sistema eléctrico, y como parte de protección tanto de los equipos y maquinas no existe el sistema de puesta a tierra.
- El sistema de protecciones contra sobrecargas no se encuentra instalado, por lo que se producen fallas en todo el sistema.
- Breaker y contactores se encuentran en un avanzado estado de deterioro debido a que no existe un mantenimiento y cuidado oportuno.

3.1.1 Descripción del sistema actual en el funcionamiento de la piscina.

El agua de la piscina actualmente está siendo calentada por una caldera que funciona con combustible diesel, el sistema posee una bomba que envía el agua al filtro, la misma que pasa a la caldera para calentarse y luego circula nuevamente a la piscina, en la **Figura 6** se indica los elementos que posee las instalaciones de la piscina.

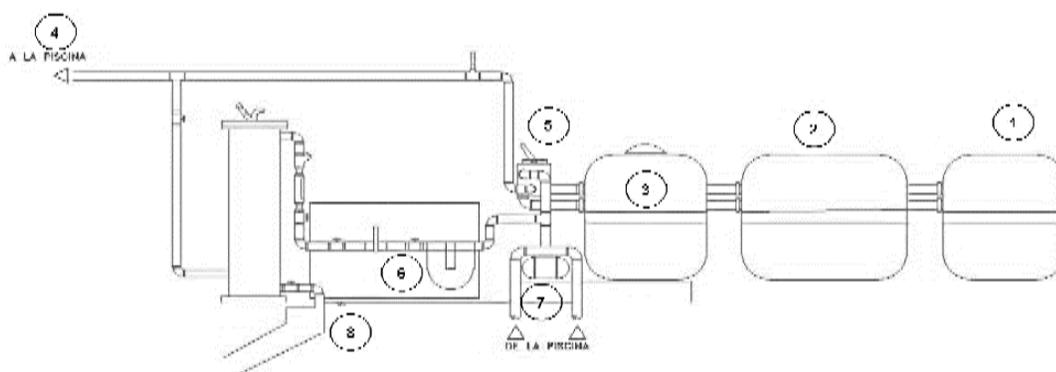


Figura 6. Esquema del sistema de funcionamiento de la piscina

1. Tanque de combustible

2. Caldera
3. Filtro de arena
4. Retorno
5. Válvula selectora
6. Válvulas
7. Bomba
8. Desagüe

3.1.2 Especificaciones técnicas de los elementos importantes de la piscina

Bombas de agua

Bomba 1

La bomba se encarga de recircular el agua del sistema dentro de las características tenemos las siguientes:

Tabla 1

Características bomba de agua 1 función retro lavado

Marca	Leo XKP1604AL
Voltaje	220 V
Rpm	3450 r/min
Potencia	2.2 hp
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP X5 (sólido/polvo)

En la **Figura 7** se muestra la bomba de agua de la piscina que se encarga de realizar el retro lavado.



Figura 7. Bomba de agua 1

Bomba 2

Tabla 2

Características bomba de agua 2 función de retro lavado

Marca	Leo XKP1604AL
Voltaje	220 V
Rpm	3450 r/min
Potencia	2.2 hp
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP X5 (solido/polvo)

En **Figura 8** se muestra la bomba de agua de la piscina que se encarga de realizar el retro lavado.

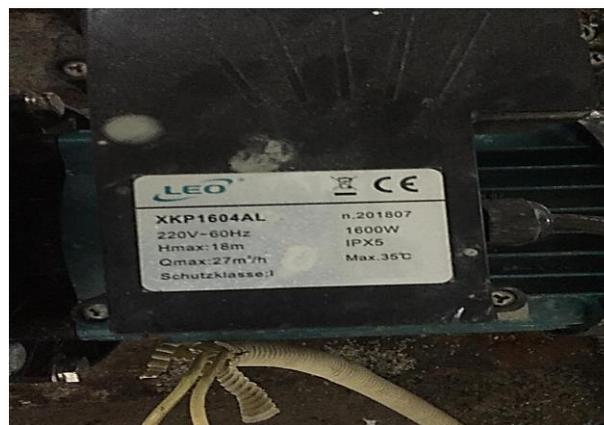


Figura 8. Bomba de agua 2

Bomba 3

Tabla 3

Características de bomba de agua 3 función aspirado

Marca	Leo XKP1604AL
Voltaje	440 V
Rpm	3450 r/min
Potencia	15hp
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP X5 (solido/polvo)

En la **Figura 9** se muestra la bomba de agua de la piscina la que se encarga de realizar el aspirado.

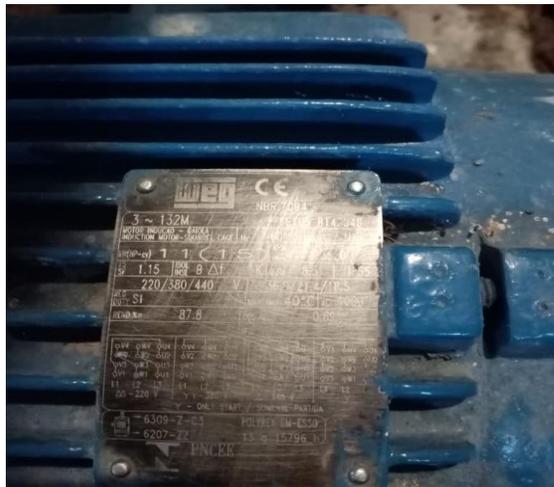


Figura 9. Bomba de agua 3

Calentador de agua

El calentador de agua funciona en base de combustible diesel el cual se alimenta de 120 V, posee una potencia de 3 KW y cuya eficiencia es 0,8 en la **Figura 10** se muestra un esquema de la caldera.



Figura 10. Calentador de agua

Filtro

El filtro de arena se encarga de separar las suciedades que contiene el agua de la piscina y devolverla limpia como se muestra en la **Figura 11**.



Figura 11. Filtro de la piscina

Válvula selectora

La válvula selectora es la encargada de realizar la filtración, enjuague, lavado, vaciado y recirculación, en la **Figura 12** se presenta la válvula selectora de la piscina.



Figura 12.Válvula Selectora

3.2 Frecuencia de utilización de los equipos del cuarto de maquinas

Los equipos que se utilizan para realizar el calentamiento del agua han prestado sus servicios durante ya 15 años, motivo por el cual muestra deterioro físico interno y externo, a pesar de estos siguen realizando su operación y funcionando de una manera regular.

El periodo de bombeo se realiza durante las 24 horas del día, por lo que se requiere de dos bombas que trabajan de manera alternada, la bomba uno a partir de las 5:00 a.m. hasta las 11:00 a.m. y de 17:00 p.m. hasta las 23:00 p.m., mientras que la bomba 2 trabaja desde las 11:00 a.m. hasta 17:00 p.m y 23:00 p.m hasta las 5:00 a.m., el propósito de las bombas es succionar el agua fría de la piscina y dirigirla al caldero en la cual se calienta y es devuelta a la piscina.

Para mantener en estado óptimo tanto la recirculación de agua como la limpieza de los filtros se realiza el retro lavado por dos veces al día en un periodo de 5 minutos cada uno, este trabajo se realiza exclusivamente los domingos.

En cambio, la bomba tres es utilizada para trabajos de aspiración de la piscina una hora solo los días domingos.

3.3 Características generales de las instalaciones eléctricas que posee el cuarto de máquinas de la piscina.

De un modo rápido se define a continuación las características observadas y comprobadas en cada uno de los tableros eléctricos que existen en el cuarto de máquinas de la piscina como se puede observar en las **Figura 13**, **Figura 14**.



Figura 13. Tablero eléctrico 1 (Bombas)



Figura 14. Tablero eléctrico 2 (caldero)

Dentro del cuarto de máquinas de la piscina se realizó una inspección visual y técnica del sistema eléctrico, se pudo verificar el estado de los circuitos por medio de un

instrumento de medición eléctrica (multímetro) y de acuerdo con las normas eléctricas (NEC,2011), las cuales nos sirven para verificar el estado y voltajes dentro de la distribución de cargas.

Dentro del estudio de campo que se ejecutó en el cuarto de máquinas podemos encontrar lo siguiente:

- Caja de distribución en mal estado.
- Conductores y cableado eléctrico mal dimensionados.
- Voltaje y potencia de los componentes eléctricos deteriorados.
- Las conexiones en las bombas eléctricas no poseen un empalme adecuado y no existe la protección de puesta a tierra.

3.3.1 Cajas de distribución.

Las cajas de distribución que alimentan el cuarto de máquinas se encuentran ubicadas en varios puntos sin tener un estudio adecuado, por tal motivo se presentan problemas los cuales ocasionan muchos inconvenientes.

Para realizar la alimentación al tablero eléctrico existe una caja principal que se encuentra ubicada en el cuarto de máquinas como se puede observar en la **Figura 15**.

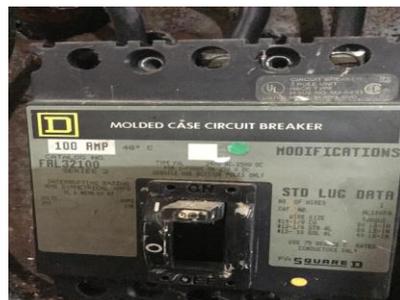


Figura 15. Tablero principal

Dentro del cuarto de máquinas existen varias cajas de distribución que requieren un mantenimiento adecuado.

Conclusiones:

- Las cajas de distribución se encuentran en mal estado.
- No existe un sistema de protección a tierra en las cajas de distribución.

3.3.2 Conductores y cableado eléctrico en el cuarto de máquinas.

Dentro de las conexiones eléctricas existen instalaciones que no muestran ninguna protección ni se encuentran técnicamente elaboradas, lo cual puede tener un alto riesgo para las personas que maniobran los sistemas en el cuarto de máquinas según la norma (MIDUVI, NEC Capítulo 15 INSTALACIONES ELECTROMECANICAS, 2017) como se muestra en la **Figura 16**.

El objetivo de esta norma es establecer niveles de calidad para la prestación de servicio eléctrico y distribución.



Figura 16. Cableado eléctrico se encuentra a la intemperie



Figura 17. Condutores de las bombas sin ninguna protección

Se procedió a verificar con que voltaje se encuentran trabajando las bombas al momento de activarlas obteniendo una medida de 226 V como se puede observar en la **Figura 18**.

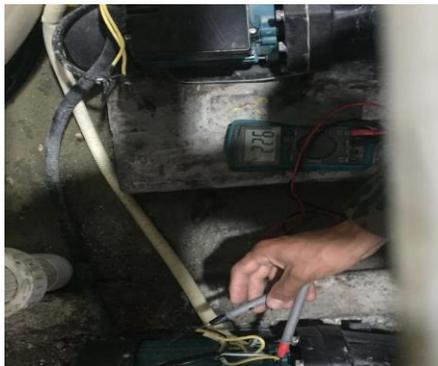


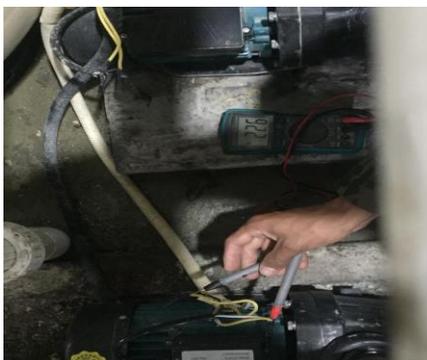
Figura 18. Voltajes en conductores

3.3.3 Mediciones de bombas eléctricas

El sistema de bombeo cuenta con tres bombas dos para recirculación de agua y la otra para aspiración de la piscina, en estos sistemas se realizó varias mediciones de voltaje obteniendo los siguientes resultados como se observa en la **Figura 19**, **Figura 20** y **Figura 21** respectivamente.

Tabla 4*Mediciones de las bombas eléctricas*

	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3
VOLTAJE	226 V	226 V	225 V
CORRIENTE	12 A	12 A	21 A

**Figura 19.** Medición de bomba de agua 1**Figura 20.** Medición bomba de agua 2**Figura 21.** Medición de bomba de agua 3

La alimentación de las bombas de agua 1 y 2 es de 220 V monofásica y la bomba 3 es de 220 V trifásica, de acuerdo a sus placas de datos como se muestra en la **Figura 7**, **Figura 8** y **Figura 9** de acuerdo al tipo de conexión que se realice estas bombas operan con voltajes de 220 V monofásicas y 220 trifásicas respectivamente teniendo en cuenta que a mayor voltaje menor corriente.

Todos los equipos deben estar debidamente aterrizados o tener un sistema de puesta a tierra de acuerdo a la norma ANSI/NFPA 70-250. (MIDUVI, NEC Capítulo 15 INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS, 2017)

Observaciones:

- Todos los equipos y elementos que se encuentran en el cuarto de máquinas de la piscina no poseen un sistema de protección como lo es la conexión a tierra.
- Las conexiones de los equipos no cumplen con las normas establecidas ni se encuentran dimensionadas correctamente.
- Las normalizaciones NEC en el Capítulo 15 de las instalaciones electromecánicas en exigencias para materiales y equipos establecen, que de acuerdo el medio ambiente se debe instalar todos los equipos con las debidas protecciones necesarias.

Conclusiones:

- Malas condiciones con riesgo eléctrico.

- Se debe utilizar canaletas para las instalaciones eléctricas por la razón de proporcionar una protección adecuada en lugares expuestos a la humedad.

3.4 Tablero eléctrico de bombas.

La instalación eléctrica dentro del tablero eléctrico se encuentra con demasiados conductores, muchos de ellos sin conexión a ningún elemento del tablero y las bombas de agua se encontraban conectadas directamente a un interruptor termomagnético de 60 A. ya que los demás componentes de protección como los contactores se encontraban con sus bobinas quemadas y los relés térmicos al no estar conectados no brindaban ninguna protección a las maquinas ya sea por cortocircuito o sobrecarga obteniendo como resultados la avería de las maquinas.

Además de no contar con borneras tanto de alimentación como de puesta a tierra como se muestra en la **Figura 22**.



Figura 22. Tablero eléctrico de bombas de agua

La alimentación para estos tableros es de 220 V trifásico y 220 V monofásico y al no poseer un sistema de puesta a tierra tanto sus elementos como maquinas corren el riesgo de quemarse.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL MATERIAL ELÉCTRICO PARA EL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PISCINA.

4.1 Inspección y registro de la instalación eléctrica

El personal encargado de la supervisión del cuarto de máquinas, deberán poseer para su correcta manipulación y labor toda la documentación relacionada con la obra eléctrica, que a continuación se detalla:

- Diagramas y esquemas eléctricos (control y potencia).
- Tablas, características y especificaciones técnicas de los componentes eléctricos.
- Equipos y herramientas para una inspección adecuada (instrumento de medición eléctrica y lo más importante los debidos equipos de protección personal.)

Durante el tiempo que se realiza la inspección y pruebas de las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta las debidas medidas de seguridad a fin de garantizar la vida del personal y no ocurra algún daño en los equipos que componen el sistema eléctrico.

4.1.1 Descripción de la alimentación de energía eléctrica al tablero principal del cuarto de máquinas de la piscina.

Luego de haber realizado la inspección técnica en el cuarto de máquinas se observó cómo se encuentra distribuida todo el sistema eléctrico desde la red de distribución hasta el tablero principal como se puede observar **Figura 23**.

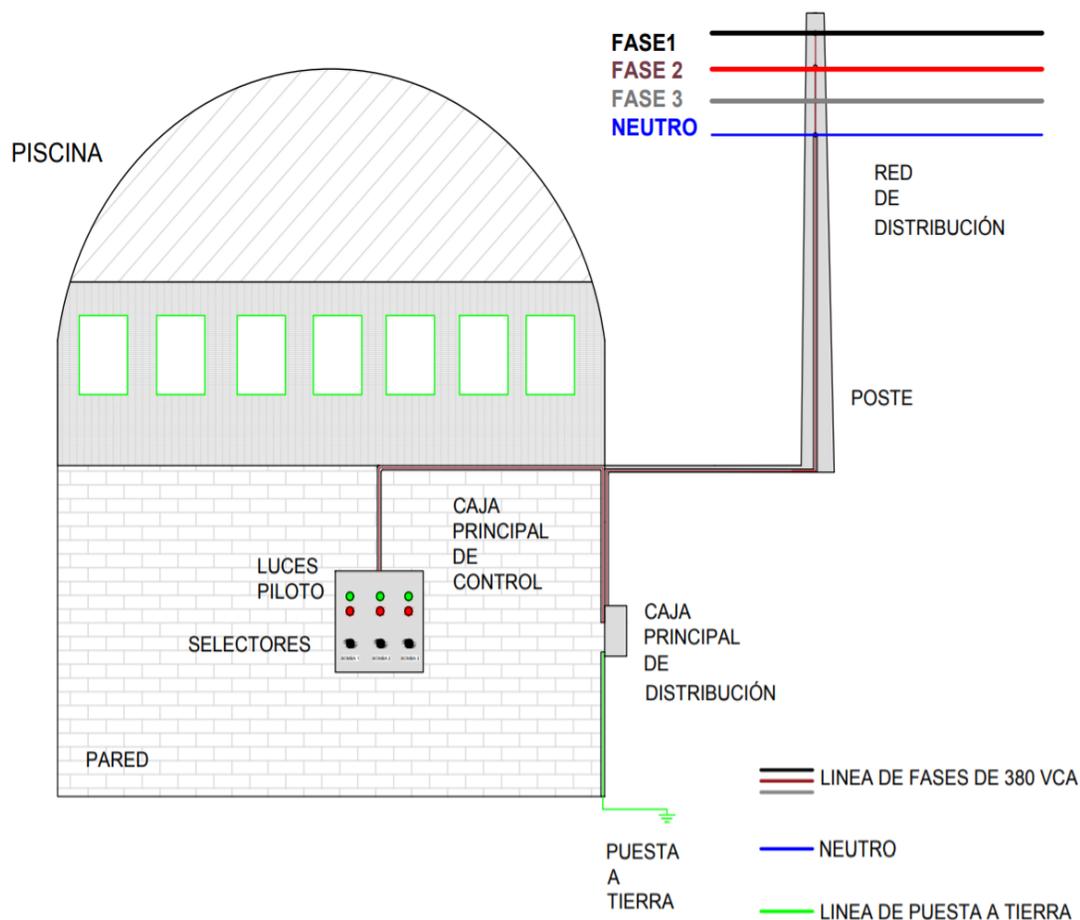


Figura 23 Conexión eléctrica desde la red de distribución hacia el tablero

Realice inspección eléctrica dentro del cuarto de máquinas e identifique como se encuentran y en qué condiciones técnicas están. Con este resultado se detecto ciertas fallas en las instalaciones eléctricas y se observa donde se requiere realizar el mantenimiento correspondiente.

4.1.2 Levantamiento planimétrico

Se realizó el levantamiento planimétrico del cuarto de máquinas con una herramienta de medición (flexómetro), midiendo la parte interior y la parte exterior para

que en los planos se pueda realizar una mejor distribución, además que se facilite una mejor distribución eléctrica dentro de las instalaciones.

El cuarto de máquinas se encuentra ubicado debajo de la piscina y tiene un área total de $44.78 m^2$, donde se encuentra desarrollándose el presente proyecto.

4.1.3 Distribución eléctrica de la carga principal

La distribución de energía inicia desde la caja principal y es conectada al tablero eléctrico a través de un conductor de tres fases y un neutro los cuales proporcionaran el voltaje necesario para la activación de las cargas.

En las conexiones tanto desde la caja principal hasta el tablero es importante mantener las debidas seguridades y precauciones ante riesgos eléctrico.

Adicional todas las protecciones que serán conectadas dentro del tablero como los conductores y elementos se realiza cálculos de cada componente mediante tablas de protecciones electromecánicas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Todos los tableros eléctricos o cajas de distribución cuentan con un sistema de protección.

Las cajas de distribución eléctrica dentro del cuarto de máquinas se encuentran dentro del mismo, por lo cual se realizó un esquema el cual permita visualizar la alimentación de líneas y neutro, el cual permite identificar la caja de distribución principal, la caja secundaria y por último a la caja del tablero eléctrico como se muestra en la **Figura 24.**

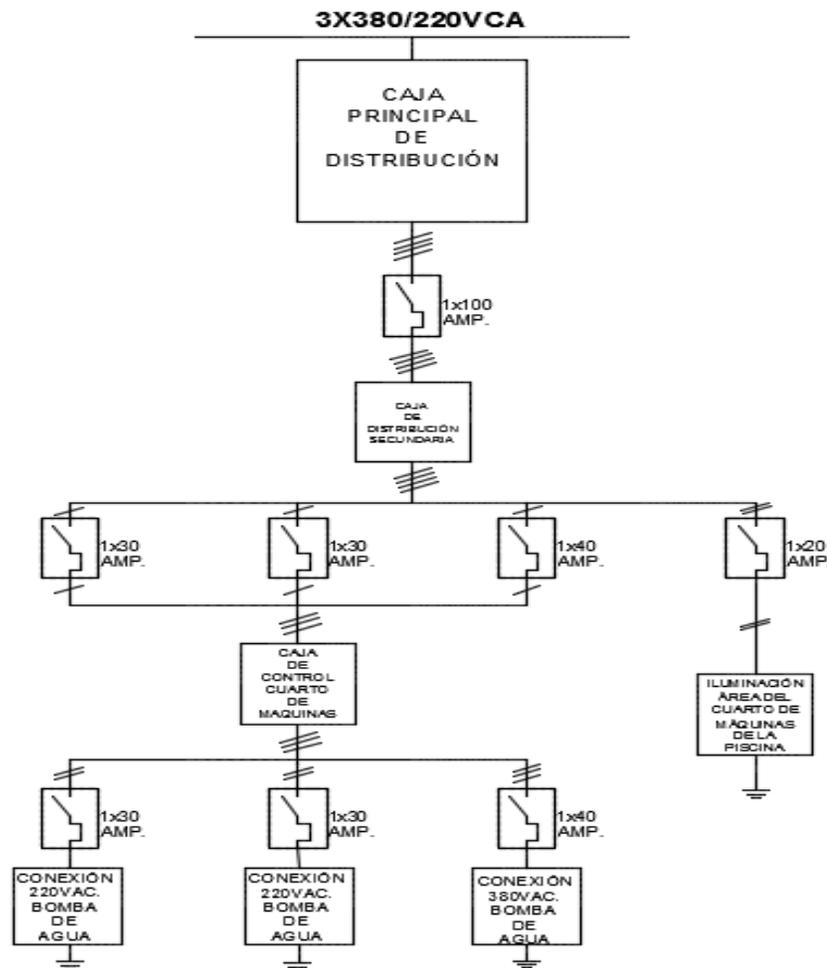


Figura 24. Diagrama unifilar eléctrica Cuarto de Máquinas

4.4 Construcción del tablero eléctrico de control de bombas de agua

4.4.1 Tablero eléctrico de control

a. Diseño

Para realizar un sistema de automatizado es necesario el análisis de un conjunto de especificaciones, el diseño de los esquemas, la selección de los elementos y su implementación podrá ser diferentes en función de la complejidad de la instalación.

Se debe conocer el funcionamiento de las maquinas en el cuarto de máquinas y las operaciones que se realizan en cada una de ellas.

Este gabinete estará ubicado en la parte interior del cuarto de máquinas de la piscina para protegerlos de la lluvia, el polvo y evitar en lo posible el deterioro de este.

La distancia que existe de la línea principal de alimentación (Poste) hasta la caja principal de distribución es de 15 metros.

Se realizó la distribución de los elementos que componen el tablero eléctrico de la siguiente manera, como se observa en la **Figura 25**.

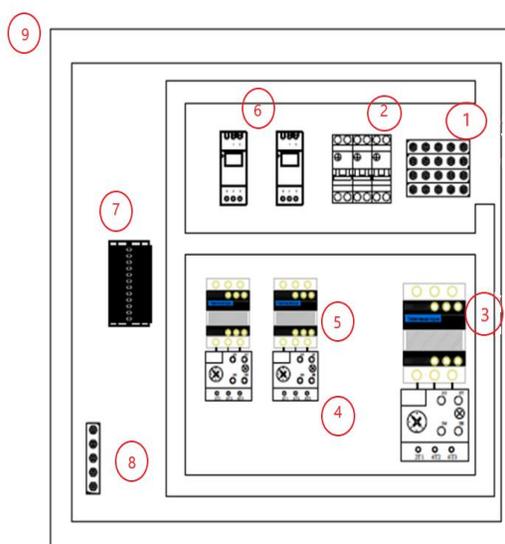


Figura 25. Distribución de elementos

- 1) Bornera de Alimentación.
- 2) Interruptores Termomagnéticos.
- 3) Contactores.
- 4) Relés Térmicos.

- 5) Contactos Auxiliares.
- 6) Temporizador Digital.
- 7) Borneras para Control.
- 8) Borneras para Puesta a Tierra.
- 9) Tablero eléctrico.

A continuación, se muestra el diagrama eléctrico de control y fuerza para las condiciones de operación de la maquinas como se muestran en las

Figura 26 y Figura 27.

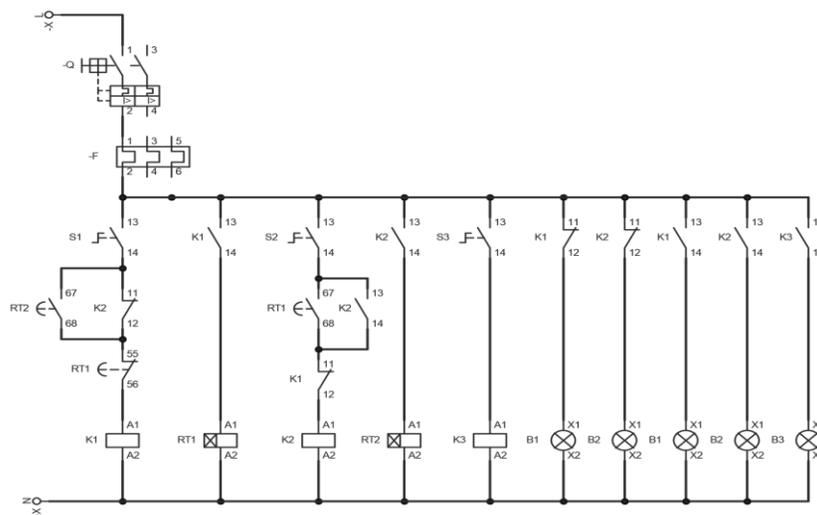


Figura 26 Diagrama de control

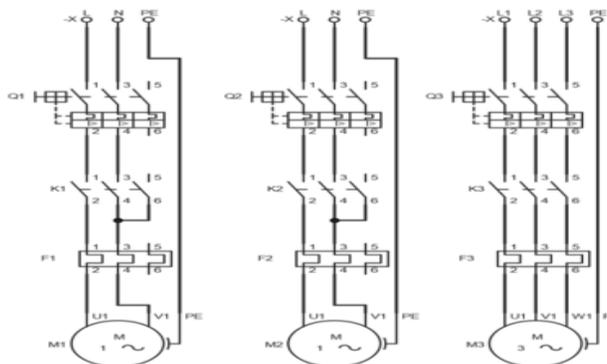


Figura 27 Diagrama de fuerza

En el diagrama de conexión como se observa en la **Figura 28**. Se indica cómo deben ir conectados cada uno de los elementos, así como sus accesorios dentro del tablero.

- 1) Bornera de Alimentación.
- 2) Interruptores Termomagnéticos.
- 3) Temporizador Digital.
- 4) Contactores.
- 5) Relés Térmicos.
- 6) Motores (bombas centrífugas).
- 7) Borneras para Puesta a Tierra.
- 8) Contactos Auxiliares.
- 9) Borneras para Control.
- 10) Luces piloto.
- 11) Selectores.

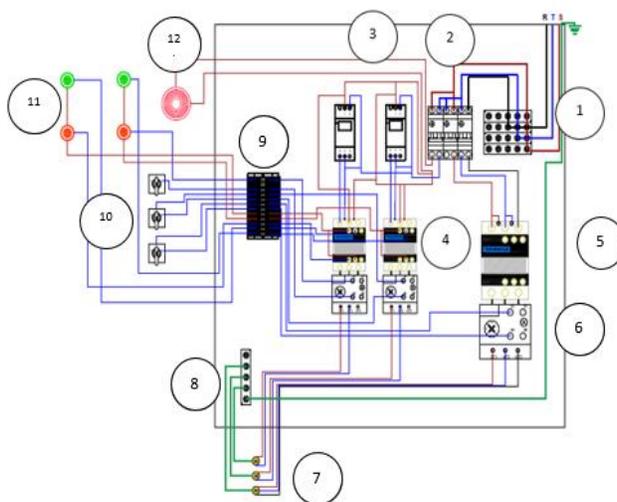


Figura 28. Diagrama de conexión de control de bombas

b. Tablero de control

El tablero eléctrico de control va a estar ubicado en el interior del cuarto de máquinas, mismo se determinó seleccionar un tablero que proporcione las garantías necesarias, dicho tablero cuenta con una protección IP65, que garantiza la protección total de polvo y los chorros directos de agua a baja presión.

Se utilizara los tableros como se observa en la **Figura 29** y **Figura 30** el tablero seleccionado para control de las bombas tiene una dimensión de 600 mm x 400 mm y el otro tablero que controla la temperatura del intercambiador de calor cuya dimensión del tablero es de 200 mm. x 200 mm.



Figura 29. Tablero eléctrico de bombas



Figura 30. Tablero eléctrico de control de temperatura

c. Distribución de los elementos de mando

Después de haber seleccionado los elementos de mando que van a ir en el tablero eléctrico, se procede a instalarlos de una forma uniforme ocupando todo el espacio disponible, sin olvidar la respectiva señalización o nombres, para que el personal encargado seleccione la operación requerida y no exista problemas en la activación del sistema, figura 31. Se puede observar la adecuada distribución de los elementos electromecánicos con su respectiva identificación.

De igual manera se seleccionó los elementos del tablero del controlador de temperatura, el mismo que cuenta con un sensor que permite la activación y desactivación del sistema, adicional posee una luz piloto que indica la activación del controlador. Cuenta con contactor de 15 A. en cual activa una electroválvula la cual se cierra e impide el paso de vapor al intercambiador de calor como se observa en la **Figura 32**.

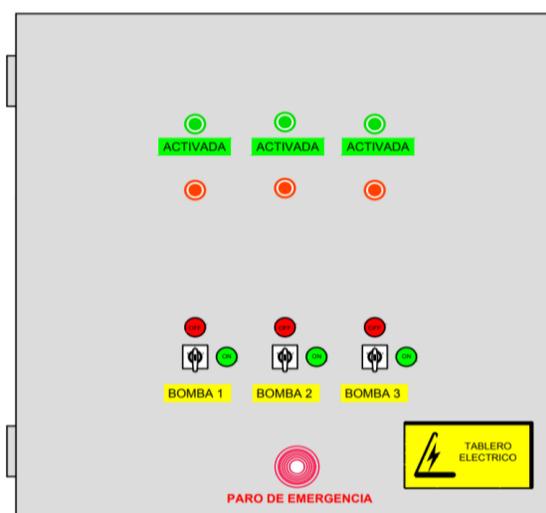


Figura 31. Distribución de mando de control de bombas

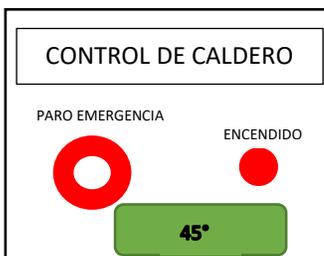


Figura 32. Distribución de mando de control de temperatura

d. Cálculo y Elección de los Componentes para Bombas de Agua

Para seleccionar los componentes del proyecto se determinó el estado del lugar donde se ubicará el proyecto, así como también la exposición al medio ambiente, tomando en cuenta todos estos parámetros se calculó y selecciono cada elemento de acuerdo a las cargas que existen en el cuarto de máquinas, garantizando la adecuada operación y funcionalidad.

- **Elección de Interruptores Termomagnéticos:** para la selección de un interruptor se debe tener en cuenta las potencias totales como se muestra en la tabla 4 que van a ser utilizadas en el circuito para el interruptor principal.

Tabla 5

Cálculo total de la potencia del circuito

Bombas de agua	Potencia(W)	Cantidad	Voltaje
Bomba 1	1600	1	220
Bomba 2	1600	1	220
Bomba 3	11000	1	220

$$I_c = \frac{P_T}{V} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$I_{IT} = 15\% I_c \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

I_c = Corriente del circuito

P_T = Potencia total

V = voltaje

I_T = Corriente total.

sustituyendo:

$$I_c = \frac{3200}{220}$$

I_c = 13.63 A interruptor de bombas bifásicas

$$I_T = 15\% I_c$$

$$I_T = 13.63 * 1.15$$

$$I_T = 15.68 A$$

Para el interruptor termomagnético aplicamos las Ecuación 1 y Ecuación 2 y dando como resultado la I_T para las bombas monofásicas, cabe recalcar que vamos a realizar un arranque directo y se debe utilizar un interruptor de 25 A según anexo B.

Para elegir el interruptor termomagnético de la bomba trifásica se realizó los cálculos con las Ecuación 1 y Ecuación 2.

$$I_c = \frac{11000}{220}$$

$I_c = 50 A$ interruptor de bomba trifásica

sustituyendo en la I_c trifásica en la ecuación 2:

$$I_T = 50 * 1.15 = 57.5 A$$

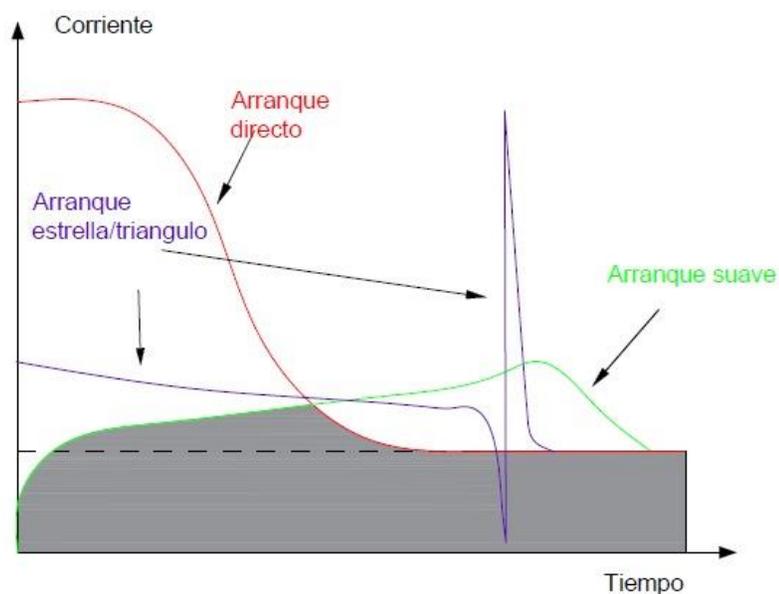
Nos dio como resultado un interruptor termomagnético para una bomba trifásica de 60 A, tomando en cuenta que se va a realizar un arranque directo según el anexo B y para colocar en el tablero eléctrico principal necesitamos un interruptor termomagnético de 75 A.

- **Elección de contactores:** Para la elección del contactor se debe conocer la potencia como también la corriente nominal de las bombas con el fin de soportar e interrumpir la corriente en el receptor y evitar daños en las máquinas, las bombas poseen motores de inducción, cuales datos están en las placas de los motores de 220 V monofásicos, 1.6 Kw, 2 Hp para los dos motores de recirculación de agua y la otra bomba de 220 V trifásica, 11Kw, 15 Hp la cual se encenderán varias veces al día con arranque directo de doble triangulo de bajo voltaje.

En la tabla 2 se puede observar que se debe utilizar un contactor AC3 de acuerdo a la curva característica del motor como se observa en la **Figura 33**.

Tabla 6.*Aplicaciones en el servicio eléctrico*

Servicio	Aplicaciones
AC1	Se aplica a todos los aparatos que utilizan la corriente alterna y cuyo factor de potencia es al menos igual a 0.95 ($\cos \phi 0.95$).
AC2	Se refiere al arranque, al frenado en contracorrientes, así como a la marcha a impulsos de los motores de anillos, al cierre cuando el contactor establece la intensidad de arranque, del orden de 2 a 5 veces la intensidad nominal del motor.
AC3	Se refiere a los motores de jaula, el corte se realiza a motor lanzado, al cierre, cuando el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.
AC4	Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha a impulsos de los motores de jaula. El contactor se cierre con una punta de intensidad que puede alcanzar 5 e incluso 7 veces la intensidad del motor.

**Figura 33** Corriente de disparo de arranque de motor

Ahora se tomará el dato de la placa la potencia 1.6 Kw y 2.2 Hp en el anexo B podemos conocer el modelo de contactor a elegir.

Como se observa en el anexo B tenemos un contactor LC1-D18(18A) para cada bomba de agua, para llegar a la elección de estos contactores se realizó los siguientes cálculos con la Ecuación 1.

Ahora se tomará en cuenta la placa de datos de la bomba 3, la potencia de 11Kw, 15 Hp y corriente del motor 36.9 Amperios, en el anexo B se puede seleccionar el contactor adecuado para el trabajo.

Donde:

In = Corriente Nominal

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\theta}$$

Ecuación 3

Como se observa en el anexo B tenemos un contactor LC1-D22(22A), además se realizó los siguientes cálculos con la Ecuación 3.

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\theta}$$

$$In = \frac{11000}{\sqrt{3} * 220 * 0.87}$$

In = 35.53 A Corriente para la bomba trifásica

Nota: Para elegir el contactor trifásico tomamos en cuenta las corrientes nominales.

- **Elección de relé térmico:** se debe tener en cuenta los datos de la bomba de agua para elegir las protecciones adecuadas. Para nuestro sistema se recomienda escoger un guarda motor que sea superior a la corriente calculada para poder regularla, conforme el tiempo de uso del motor, ya que cuando pasa el tiempo de uso el motor tiende a consumir más corriente, es ahí cuando debemos variar las corrientes del térmico.

Para poder escoger el guarda motor se realizó los siguientes cálculos con las Ecuación 4, Ecuación 5 y Ecuación 6:

Donde

Pe = Potencia electrica

Is = Corriente de salida

Pm = Potencia Mecánica

n = Rendimiento

fs = Factor de Eficiencia

$$Pe = \frac{Pm}{n} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$In = \frac{Pe}{\sqrt{3} * V * \cos\theta} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Is = In * fs \quad \text{Ecuación 6}$$

$$In = \frac{Pe}{V * \cos\theta} \quad \text{Ecuación 7}$$

Para bomba de agua trifásico

Datos:

Tabla 7

Datos bomba 3 trifásica

P = 15hp	fp = 0.87	n = 95%
V = 220 vac	Pm = 11000 w	fs = 1.15

$$Pe = \frac{Pm}{n}$$

$$Pe = \frac{11000}{0.95}$$

$$Pe = 11578.9 W$$

$$In = \frac{Pe}{\sqrt{3} * V * \cos\theta}$$

$$In = \frac{11578.9}{332.51}$$

$$In = 35.53 A$$

$$Is = In * fs$$

$$Is = 35.53 * 1.15$$

Is = 40.86 A Para el relé térmico de la bomba trifásica.

Para las bombas de agua monofásica utilizamos la ecuación 4, ecuación 6 y ecuación 7.

Tabla 8

Datos de bombas 1 y 2 monofásicas

$P = 2.2 \text{ Hp}$	$f_p = 0.87$	$n = 95\%$
$V = 220 \text{ Vac}$	$P_m = 1600 \text{ w}$	$f_s = 1.15$

$$P_e = \frac{1600}{0.95}$$

$$P_e = 1684.2 \text{ W}$$

$$I_n = \frac{P_e}{V * \cos\theta}$$

$$I_n = \frac{1684.2}{176}$$

$$I_n = 9.56 \text{ A}$$

$$I_s = I_n * f_s$$

$$I_s = 9.56 * 1.15$$

$I_s = 11.00 \text{ A}$ Para relés térmicos de las bombas monofásicas.

Una vez calculada las corrientes de salida se selecciona el relé térmico de acuerdo anexo B, para las bombas de 220 V monofásico, el relé térmico es LRD – 16 (9...13 A).

- **Conductores:** Se debe siempre tomarse en cuenta los datos de la placa del motor a instalar, siempre respetando las recomendaciones del fabricante. Cálculo de la sección de los conductores.

Tenemos un tablero principal con salida de 220 Voltios trifásico, del cual se deriva a los tableros eléctricos para los demás circuitos del cuarto de máquinas.

Aplicando la Ecuación 8 que se encuentra en el anexo C que detalla cada constante a ser utilizado.

$$S = \frac{L * W}{K * \Delta V * V} \quad \text{Ecuacion 8}$$

$$S = \frac{2 * L * W}{K * \Delta V * V} \quad \text{Ecuacion 9}$$

Para el cálculo del conductor que va a ser utilizado en las conexiones monofásicas y trifásicas se tiene como referencia la corriente consumida del circuito y en el anexo C encontramos el conductor bifásico.

Conductor trifásico:

$$S = \frac{L * W}{K * \Delta V * V}$$

$$S = \frac{20 * 11000}{56 * 2 * 220}$$

$$S = \frac{220000}{12320}$$

$$S = 13.39mm^2$$

Conductor monofásico:

$$S = \frac{2 * L * W}{K * \Delta V * V}$$

$$S = \frac{2 * 20 * 1600}{56 * 2 * 220}$$

$$S = \frac{64000}{24640}$$

$$S = 2.43\text{mm}^2$$

Ahora se observa en la **Figura 34** sección de conductores y calibres AWG la sección en mm^2 y nos dará el calibre en AWG y la capacidad de corriente que puede conducir.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm^2)	Resistencia (0/Km.)	Capacidad (A)
2	6,544	33,63	1,50	96
4	5,189	21,15	0,80	60
6	4,115	13,30	1,27	38
8	3,264	8,36	2,03	24
10	2,588	5,26	3,23	15
12	2,053	3,31	5,13	9,5
14	1,628	2,08	8,17	6,0
16	1,291	1,31	12,9	3,7
18	1,024	0,82	20,83	2,5

Figura 34. Sección de conductores

Fuente: (Maryi, 2009)

La sección calculada para el motor de 220 V trifásico es de 8 AWG, y la sección calculada para el conductor del motor de 220 V monofásico es de 12 AWG.

Nota: Los conductores deben tener un tamaño nominal no menor a 8 AWG ya que que los de menor a 8 AWG son empleados en instalaciones de media y alta tensión.

Y como mínimo calibre número 12 AWG para realizar las conexiones de control según la norma NEC 2011 Capitulo 5.

4.5 Procedimiento para el armado del tablero eléctrico de bombas de agua.

Con todos los cálculos realizados y seleccionando los elementos conforme a los datos obtenidos, se instala cada uno de los componentes en el interior del tablero.

Primero se realizó la instalación de borneras tanto de alimentación, borneras de control y por último se instaló las borneras para la puesta a tierra para todos los equipos.

Luego se colocó los elementos que permitan realizar el sistema de control y fuerza como se muestra en la **Figura 35**.

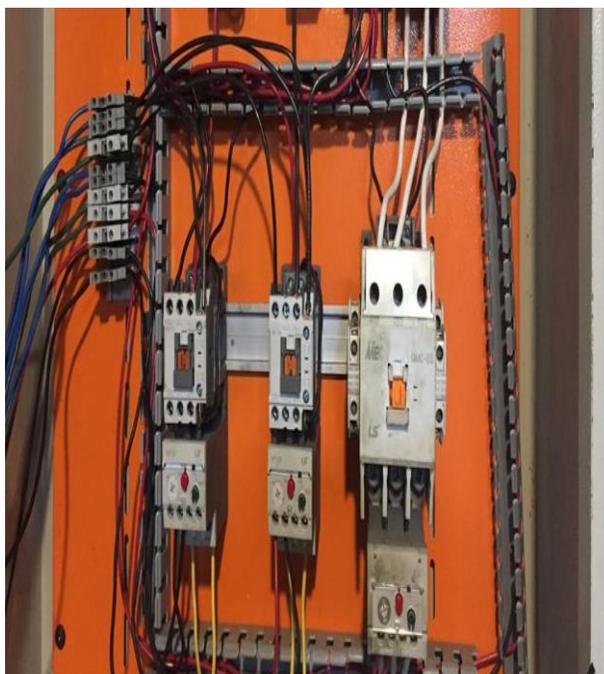


Figura 35. Colocación y conexión de fuerza

Se instaló el temporizador digital, los cuales permiten que las bombas trabajen de acuerdo a la programación determinada y según un horario establecido por el usuario según la **Figura 36**.

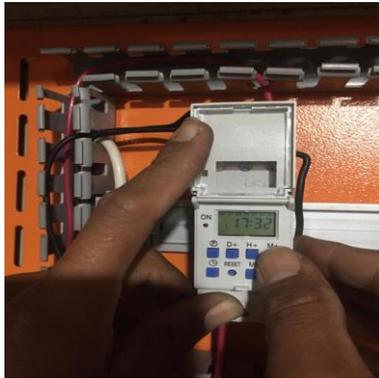


Figura 36. Programación del temporizador digital

Luego de haber culminado con la instalación de los elementos de control se procede a bloquear a las bombas uno y dos para que no trabajen simultáneamente, mediante el acople de contactos auxiliares en los contactores, evitando de esta manera que en las uniones de las tuberías sufran filtrados de agua tan y como se muestra en la **Figura 37**.

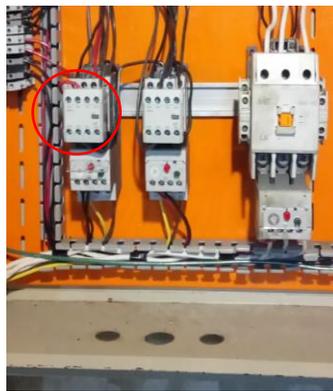


Figura 37. Bloqueo de motores con contactos auxiliares

También se realizó el cambio de las luces pilotos que se encontraban en mal estado como se observa en la **Figura 38**.



Figura 38. Cambio de luces piloto

Se instaló un paro de emergencia para mantener protegido a todos sus elementos por cualquier fallo y avería que se presente en el proceso como se observa en la **Figura 39**.



Figura 39. Paro de emergencia

Luego de haber comprobado el correcto funcionamiento del sistema de control establecido por el usuario, se procede a colocar los conductores en las canaletas de protección con el fin de evitar que los conductores se encuentren regados en el tablero y corran el riesgo de sortearse por mala manipulación del usuario. Teniendo como

resultado un tablero finalizado con su respectiva señalización, como se indica en la **Figura 40** y **Figura 41**.



Figura 40. Tablero eléctrico finalizado vista interior

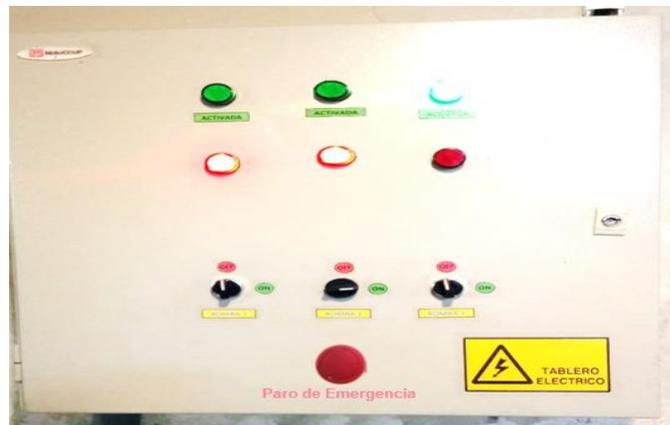


Figura 41. Tablero eléctrico finalizado vista exterior

Después de haber instalado todo el tablero eléctrico se procede a realizar la instalación del conductor de alimentación para lo cual se determinó una canaleta de material no conductor que permita el paso cómodo y seguro de los conductores como se muestra en la **Figura 42**.



Figura 42. *Colocación de conductores por medio de canaletas*

En las conexiones finales a las cargas en este caso las bombas de agua, se colocó dentro de la tubería los conductores con la finalidad de proporcionar mayor seguridad ya que el lugar donde se encuentran ubicadas las bombas es húmedo y permanece el piso mojado todo el tiempo debido a la limpieza de los filtros. Adicional a la tubería no metálica se diseñó un sistema que proporcione fijación de los conductores para lo cual se empleó tubería PVC para reforzar el conductor que alimenta a las bombas como se muestra en la **Figura 43**



Figura 43. *Conexión a las borneras de las bombas*

4.6 Elementos empleados en el tablero del controlador de temperatura modelo full gauge MT512G /02 .

- **Interruptor termomagnético:** Se determinó mediante tablas del Anexo B, con los datos obtenidos de la placa de datos del controlador el mismo que posee un voltaje de alimentación 110 VAC y una corriente de 8 A. seleccionando un interruptor de dos polos 10 A.
- **Contactor:** El contactor de acuerdo con las tablas del Anexo B se selecciona LC1D09 A.
- **Conductor:** Se realiza la conexión de sistema de fuerza con conductor eléctrico de sección 3.31 mm^2 #12 AWG que es adecuado en la alimentación del controlador de temperatura y para el sistema de control se utiliza un conductor de sección 2.08 mm^2 # 14 AWG. El conductor del sensor tipo K es de sección 2.08 mm^2 # 14 AWG como se muestra en la **Figura 44**.

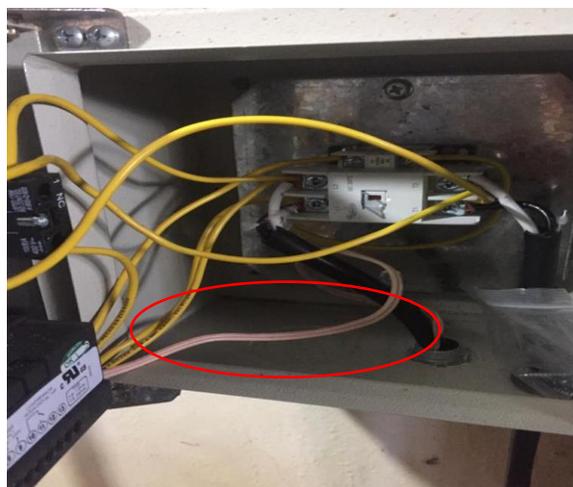


Figura 44 Conductor del sensor

Se instaló un tablero para el controlador de temperatura el mismo que permita activar y desactivar la válvula solenoide como se muestra en la **Figura 45**. Luego que le sensor mida las temperaturas determinadas en la programación del controlador.



Figura 45 Válvula solenoide

Para determinar el funcionamiento adecuado se realizó un esquema de control y fuerza como se muestra la **Figura 46** y **Figura 47** respectivamente.

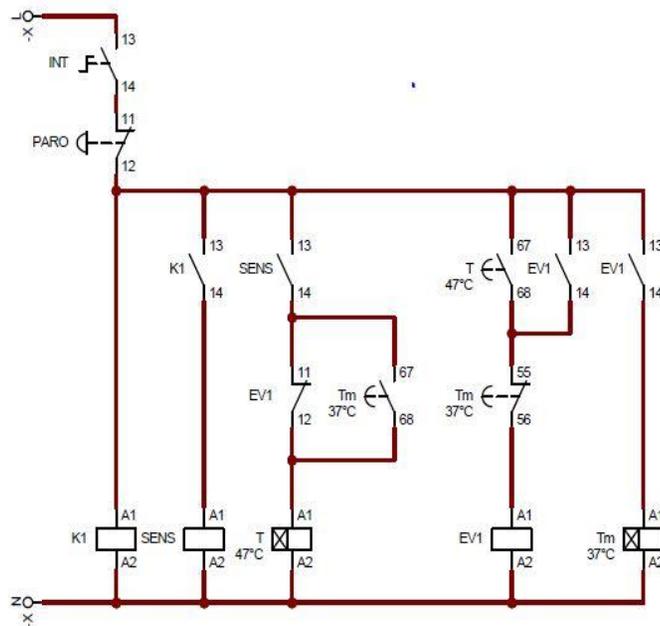


Figura 46. Esquema de control de temperatura

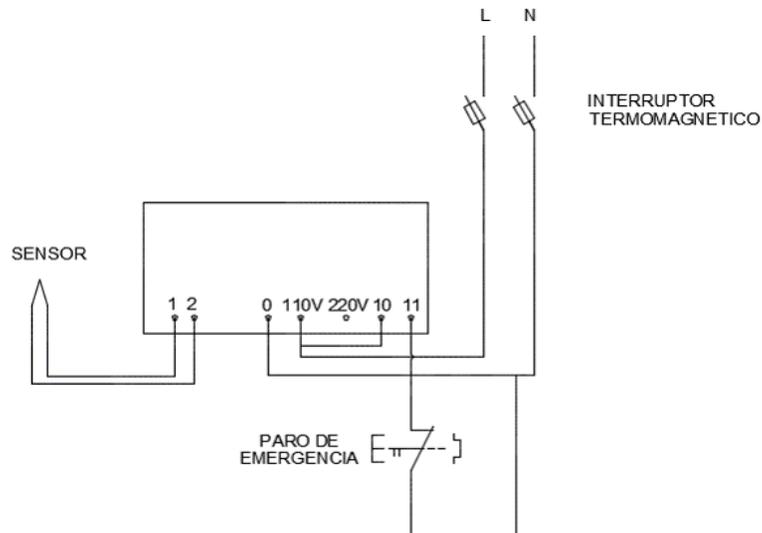


Figura 47. Esquema de fuerza de control de temperatura

- Luego se realiza la programación del controlador de temperatura con los parámetros determinados para el proceso, observando los límites máximos y mínimos de temperatura, como se muestra en la **Figura 48**



Figura 48. Programación control de temperatura y distribución de sus elementos

4.7 Puesta a tierra

En un sistema eléctrico existe la denominada “tierra”, que identifica el potencial “0” cero voltajes que servirá como el nivel referencial básico respecto al cual normalmente

se medirá o se consideraran los otros niveles, dispositivos, equipos, puntos, etc., del sistema.

4.7.1 Cálculos para la puesta a tierra

Una vez que se tiene el valor de resistividad del suelo en $\Omega.m$, y definido el material que se utilizara en el diseño se procede al cálculo con la ecuación 10 de la resistencia de puesta a tierra, teniendo como referencia el valor en Ω al cual se quiera llegar.

$$\rho = 2\pi AR \quad \text{Ecuacion 10}$$

Donde:

$\rho =$ la resistividad promedio del suelo a profundidad A en ohmios – cm

$$\pi = 3.1415$$

$A =$ La distancia entre los electrodos, en cm

$R =$ El valor de resistencia medida, en ohmios,

proveniente de la medición del instrumento de comprobación

$$\rho = 2 * 3.1415 * 8 * 10$$

$$\rho = 502.6\Omega m$$

El resultado que nos dio al inicio es de $502.6\Omega m$ lo cual requirió realizar modificaciones en el terreno según la norma NEC-11 (sección 15.1.9.2.) ver anexo D

La instalación de la puesta a tierra para este trabajo se realiza de la siguiente manera:

- Se realiza una perforación de 1.10 m aproximadamente, con un diámetro de 20 cm, la varilla a utilizar en este trabajo será de una longitud de 2 m, una excavación del agujero de su misma longitud sería lo ideal, sin embargo, eso no es posible en la práctica ya que en los terrenos bajo prueba se encuentran rocas o piedras trituradas a diferentes profundidades dificultad así la excavación del agujero.
- Luego se debe preparar la tierra con agua, carbón, sal mineral y macadán para tener una resistividad de la tierra ideal para la puesta a tierra.
- Se mezcla todos los elementos haciendo una capa según se vaya enterrando y apisonando.
- Se sigue rellenando el agujero con la mezcla que realizamos anterior mencionado.
- Colocar el electrodo en el centro del agujero hasta tener una distancia de 15 cm de la superficie del terreno como se ve en la **Figura 49**



Figura 49. Preparación del terreno y puesta de electrodo

- Realizar la conexión del conductor con el electrodo como se observa en la **Figura 50** y tapar completamente el electrodo con la tierra sobrante.



Figura 50. Conexión del conductor con el electrodo

- Finalmente realizo la medición de la resistividad de la tierra en los alrededores del cuarto de máquinas, para lo cual se utilizó un telurómetro el mismo que permite determinar la resistencia del suelo, dicha resistencia debe ser de 1 a 5 Ω ya que se considera como una instalación en área industrial y se encuentra dentro de los 5 ohmios que establece la norma NEC. La lectura proporcionada por el instrumento es de 1 ohmios como se muestra en la **Figura 51**, la cual es aceptable para el sistema de puesta a tierra.



Figura 51 Pruebas con el telurómetro.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se instaló cada uno de los elementos que conforman el sistema de acuerdo con los parámetros y normas establecidas, con un correcto dimensionamiento de los elementos y aparatos eléctricos garantizando la vida útil de las maquinas en proceso.
- Se elaboro un sistema de control y fuerza con la implementación de temporizadores digitales, los mismos que cumplen la función de encender y apagar el sistema de acuerdo con las necesidades del sistema, logrando suministrar el fluido necesario en el proceso.
- Se estableció que el uso de protecciones eléctricas es factible y asegura una operación eficiente en el sistema, ya que no se produjeron fallas durante su funcionamiento.

5.2 Recomendaciones

- Antes de manipular el tablero eléctrico emplee guantes dieléctricos con el fin de evitar recibir descargas eléctricas como se indica en el manual de mantenimiento.
- Realice las instalaciones eléctricas industriales revisando las normas establecida de la NEC-11.
- Se debe elegir las protecciones necesarias según la placa de datos de cada equipo y cálculos respectivos para garantizar la seguridad de los equipos.

- Realizar los cálculos necesarios para el dimensionamiento del conductor para las conexiones del sistema de control y fuerza.
- Utilice el manual de mantenimiento preventivo.
- El sistema de puesta a tierra garantiza las condiciones de operación de los equipos y seguridad del personal.
- Utilice el equipo de protección personal (EPP), antes, durante y después de la manipulación de los elementos del sistema eléctrico.
- En caso de existir alguna falla en el sistema desconecte los interruptores termomagnéticos de alimentación y emplee el multímetro para verificar voltaje y corriente

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alimentador: son todos los que suministran toda la energía eléctrica a un circuito. Soportan toda la carga.

Factor de demanda o de utilización: representa el promedio o nivel de utilización que va a tener la instalación eléctrica.

Dispositivo: son elementos destinados a transportar la energía eléctrica, pero no a utilizarla.

Puesta a tierra: Es una estructura obligatoria como elemento de protección de una instalación eléctrica.

Carga: Es cualquier elemento o aparato que consuma energía eléctrica.

Acometida: Cables que van desde el poste de donde se hace llegar la electricidad hasta una casa.

Sobrecarga: Es la presencia excesiva de corriente eléctrica, lo cual se produce por conectar una cantidad desmedida de aparatos a la instalación.

Sobrecorriente: Es cualquier corriente que supere la corriente nominal de un equipo o la capacidad de conducción de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Medidor: Este equipo es sellado térmico y está protegida contra agentes externos, sirve para su lectura y revisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABSORSISTEM, S.L. (s.f.). <https://www.absorsistem.com>. Recuperado el 12 de Abril de 2019, de <https://www.absorsistem.com>:

<https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor>

Admin. (5 de Enero de 2018). <https://como-funciona.co>. Recuperado el 10 de Febrero de 2019, de <https://como-funciona.co>: <https://como-funciona.co/una-bomba-centrifuga/>

Alverca Jimenez, E. J. (mayo de 2013). www.bibdigital.epn.edu.ec. Quito: QUITO/EPN. Recuperado el 2019 de Septiembre de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6429>

Ecuatoriano, E. (17 de Abril de 2018). *Ejercito Ecuatoriano*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2018, de <http://www.ejercitoecuadoriano.mil.ec/objetivo-institucional/>

Equipo de Redacción PartesDel.com. (Octubre de 2017). <https://www.partesdel.com>. Recuperado el 6 de Marzo de 2019, de <https://www.partesdel.com>: <https://www.partesdel.com/partes-de-la-bomba-centrifuga.html>

García Gavilánez, R. J. (2017). *Estudio de factibilidad para implementar un sistema de energía solar*. Quito. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018

GLOBAL BUSINESS CORPORATION INTERNATIONAL S.A.C. (s.f.).

<http://www.pozosatierra.com>. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de

<http://www.pozosatierra.com>: <http://www.pozosatierra.com/mantenimiento-preventivo-tableros-electricos.html>

Grupo Navarro. (s.f.). *GRUPO NAVARRO*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de GRUPO NAVARRO: <https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/sobrecargas-electricas/>

Grupo Villar Mir. (6 de Septiembre de 2018). *Grupo Villar Mir*. Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de Grupo Villar Mir: www.energyavm.es/instalaciones-electricas/

Hefner. (28 de Mayo de 2015). <http://www.foroelectricidad.com>. Recuperado el 6 de Julio de 2019, de <http://www.foroelectricidad.com>:
<http://www.foroelectricidad.com/viewtopic.php?f=5&t=8547>

Isbel. (16 de Agosto de 2011). <http://isbelg.over-blog.com>. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de <http://isbelg.over-blog.com/article-definicion-sencilla-automatizacion-electrica-efectos-86799569.html>: <http://isbelg.over-blog.com/article-definicion-sencilla-automatizacion-electrica-efectos-86799569.html>

Martinez, K. (22 de julio de 2013). El contactor eléctrico. En K. Martinez, *El contactor eléctrico* (págs. 1-2). Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de Blogspot: <http://dinoalatele.blogspot.com/2013/07/como-funciona-el-contactor-electrico.html>

Maryi. (13 de Agosto de 2009). <http://maryitelecomunicaciones2009.blogspot.com>.
Obtenido de <http://maryitelecomunicaciones2009.blogspot.com>:
<http://maryitelecomunicaciones2009.blogspot.com/2009/08/tabla-de-conductores.html>

MIDUVI, NEC Capitulo 15 INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS. (2017).

www.ecp.ec. Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>

Montalvo , J. (2016). <http://www.cedeejercito.mil.ec>. Recuperado el 2018, de

[http://www.cedeejercito.mil.ec/index.php/2015-04-17-05-18-11/mision-vision:](http://www.cedeejercito.mil.ec/index.php/2015-04-17-05-18-11/mision-vision)

<http://www.cedeejercito.mil.ec/index.php/2015-04-17-05-18-11/mision-vision>

Moreno, & Gonzalez. (8 de Enero de 2017). Instalaciones electricas. En Moreno, &

Gonzalez, *Instalaciones electricas* (págs. 2-6). Mexico. Recuperado el 25 de

Octubre de 2018, de Instalaciones Moreno y Gonzales S.L.

Odimma. (s.f.). <http://www.odimma.com>. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de

<http://www.odimma.com>: <http://www.odimma.com/%C2%BFque-es-una-caldera-y-como-funciona/>

Roldan Vilorio, J. (2001). Automatismo y Cuadros Electricos. En J. Roldan Vilorio,

Automatismo y Cuadros Electricos (págs. 3-23). España: Thomson Editores

Spain. Recuperado el 25 de septiembre de 2018

S.A., C. (2005). *Eficiencia energética eléctrica*. [http://circuitor.es/es/formacio/eficiencia-](http://circuitor.es/es/formacio/eficiencia-energetica-electrica)

[energetica-electrica](http://circuitor.es/es/formacio/eficiencia-energetica-electrica). Recuperado el 26 de Enero de 2019

Santis, N. (27 de Febrero de 2007). <https://es.calameo.com>. Recuperado el 3 de Marzo

de 2019, de <https://es.calameo.com>:

<https://es.calameo.com/books/00451316722baa6ba7153>

Sector Electricidad. (23 de Mayo de 2013). <http://www.sectorelectricidad.com>.

Recuperado el 8 de Julio de 2019, de <http://www.sectorelectricidad.com>:

<http://www.sectorelectricidad.com/4148/las-5-reglas-de-oro-del-mantenimiento-electrico/>

Steren. (s.f.). <https://www.steren.com.mx>. Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de <https://www.steren.com.mx: https://www.steren.com.mx/multimetro-profesional-auto-rango.html>

Suarez, V. (s.f.). isa.uniovi.es. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de isa.uniovi.es:
http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02_02_EI_contactor.pdf

Tecnico Electricista. (Junio de 2008). *Blogspot*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de Blogspot: <http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/2008/06/tema-44-conductores-alimentadores.html>

Telemecanique. (2004). Concepcion de un automatismo. En *Concepcion de un automatismo* (págs. 9-22). España: Sever-Cuesta. Recuperado el 15 de Octubre de 2018

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por los señores **SR. CBOP. DE E CALUPIÑA INFANTE, MARCO VINICIO** y **SR. CBOP. DE E GUANOLUISA BETUN, HECTOR JAVIER**

En la ciudad de Latacunga, a 28 de enero del 2020

Aprobado por:

ING. SARZOSA ANTE, DAVID DE JESÚS

DIRECTOR DE PROYECTO



ING. CULQUI TIPAN JAVIER FERNANDO, MGS.

DIRECTOR DE CARRERA



ABG. PLAZA CARRILLO, SARITA JOHANA

SECRETARIA ACADÉMICA