



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y
MONITOREO INTELIGENTE BASADO EN IOT PARA LA
ZONA HÚMEDA DEL COMPLEJO EL EUCAL DE LA
PARROQUIA EL ALTAR – PENIPE”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

JEISON JHALMAR CAMPOVERDE ARMIJOS

RICHARD ARIEL OLMEDO MENDOZA

Riobamba - Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y
MONITOREO INTELIGENTE BASADO EN IOT PARA LA
ZONA HÚMEDA DEL COMPLEJO EL EUCAL DE LA
PARROQUIA EL ALTAR – PENIPE”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: JEISON JHALMAR CAMPOVERDE ARMIJOS

RICHARD ARIEL OLMEDO MENDOZA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS.

Riobamba - Ecuador

2024

©2024, Jeison Jhalmar Campoverde Armijos; & Richard Ariel Olmedo Mendoza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, JEISON JHALMAR CAMPOVERDE ARMIJOS y RICHARD ARIEL OLMEDO MENDOZA declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de junio 2024



Jeison Jhalmar Campoverde Armijos

CI: 092275073-2



Richard Ariel Olmedo Mendoza

CI: 235112333-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y MONITOREO INTELIGENTE BASADO EN IOT PARA LA ZONA HÚMEDA DEL COMPLEJO EL EUCAL DE LA PARROQUIA EL ALTAR – PENIPE”, realizado por los señores: **JEISON JHALMAR CAMPOVERDE ARMIJOS** y **RICHARD ARIEL OLMEDO MENDOZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud que el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Julio César Moyano Alulema, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024/06/07
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas, Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024/06/07
Ing. Bryan Guillermo Guananga Rodríguez, Mgs. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024/06/07

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis queridos padres, Jorge Campoverde y Sofia Armijos, quienes han sido siempre mi fuente de inspiración y que, con su amor incondicional, sus palabras de aliento y apoyo constante han sido la fuerza propulsora detrás de este estimulante logro. A mi familia y amigos también deseo reconocer y agradecer que, a lo largo de este emocionante viaje académico, me brindaron su respaldo y aliento. Su contribución ha sido fundamental para mí y estoy sinceramente agradecido por formar parte de este importante capítulo en mi vida.

Jeison Campoverde

A todos los que me mostraron comprensión, así como su perseverancia y expectativas en mí.

Richard Olmedo

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres y hermanos por su continuo respaldo, su inquebrantable paciencia y el constante estímulo que me han brindado a lo largo de este proceso. A mis amigos y compañeros, que de una u otra forma también formaron parte en este camino ofreciéndome su apoyo y compañía. A mis profesores y tutores, por sus recomendaciones y por compartir su valioso conocimiento. Agradezco a cada uno de ellos por formar parte de este importante capítulo en mi desarrollo educativo y personal.

Jeison Campoverde

A Dios por obsequiarme una buena salud, sabiduría y su gracia para alcanzar esta meta, A mis padres, Jarison, Zoila y familiares por su apoyo incondicional e inquebrantable, A mis amigos que me brindaron su apoyo en esta etapa de mi vida, a los maestros que me brindaron sus conocimientos y me compartieron sus valores para poder convertirme en alguien valioso para la sociedad, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Escuela de Ingeniería Industrial que me dio apertura para alcanzar esta meta anhelada.

Richard Olmedo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación.....	6
2.2. Referencia Teóricas.....	8
2.2.1. <i>Automatización</i>	8
2.2.2. <i>Pirámide de la automatización</i>	9
2.2.3. <i>Relé Programable</i>	11
2.2.4. <i>PLC (Controlador Lógico Programable)</i>	12
2.2.5. <i>Microcontroladores</i>	13
2.2.6. <i>Medición de temperatura</i>	13
2.2.6.1 <i>Elementos para medir la temperatura</i>	13
2.2.7. <i>Rex-C100</i>	15
2.2.7.1. <i>Características del controlador de temperatura REXC100</i>	15
2.2.8. <i>Circuito de potencia y de mando</i>	16

2.2.9.	<i>Contactador</i>	16
2.2.10.	<i>Temporizadores</i>	17
2.2.11.	<i>Calderas</i>	17
2.2.12.	<i>Motor Monofásico</i>	17
2.2.13.	<i>IoT</i>	18
2.2.13.1.	<i>Elementos del IoT</i>	19
2.2.14.	<i>Plataforma Firebase</i>	20
2.2.14.1.	<i>Funciones y servicios de Firebase</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Tipo de investigación	22
3.1.1.	<i>Investigación bibliográfica</i>	22
3.1.2.	<i>Investigación aplicada</i>	22
3.1.3.	<i>Investigación descriptiva</i>	22
3.1.4.	<i>Investigación de campo</i>	22
3.2.	Técnicas e instrumentos	23
3.2.1.	<i>Técnicas</i>	23
3.2.2.	<i>Instrumentos</i>	23
3.3.	Definición de requerimientos	23
3.4.	Determinación de la situación inicial	24
3.5.	Ubicación geográfica	24
3.5.1.	<i>Servicios que ofrece el complejo</i>	24
3.6	Visita técnica	25
3.7	Propuesta de mejora	25
3.7.1	<i>Consolidación del sistema propuesto</i>	26
3.7.2	<i>Arquitectura del Sistema esperado</i>	27
3.8	Levantamiento de información del complejo	28
3.8.1	<i>Planimetría del complejo</i>	28
3.8.2	<i>Planos eléctricos</i>	29
3.8.3	<i>Descripción de los 3 cuartos de control, monitoreo del complejo</i>	30
3.8.3.1	<i>Cuarto de máquinas 1</i>	30
3.8.3.2	<i>Cuarto de máquinas 2</i>	32
3.8.3.3	<i>Cuarto de máquinas 3</i>	34
3.9	Hardware	36
3.9.1	<i>Selección de dispositivo de control</i>	36

3.9.2	<i>Selección de la placa electrónica</i>	37
3.9.3	<i>Selección de sensores de temperatura</i>	38
3.10	Software	39
3.10.1	<i>Lenguaje de bloques</i>	39
3.10.2	<i>Lenguaje Grafcet</i>	40
3.10.3	<i>Selección del programa para crear la app</i>	41
3.10.4	<i>Selección de plataforma</i>	42
3.10.4.1	<i>Características de la plataforma</i>	43
3.10.5	<i>Diagrama de flujo de la interfaz de la App</i>	45
3.10.6	<i>Diagrama de flujo para la creación de la App y enlace con Firebase</i>	47
3.10.7	<i>Base de datos en tiempo real (Firebase Realtime Database)</i>	48
3.10.8	<i>Diagrama de flujo integración del controlador lógico programable</i>	50

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS	52
4.1	Interfaz Gráfica	52
4.1.1	<i>Ventana del cuarto 1</i>	52
4.1.2	<i>Ventana del cuarto 2</i>	53
4.1.3	<i>Ventana del cuarto 3</i>	54
4.2	Respuesta física y su interacción de Datos con Firebase	55
4.3	Resultados gráficos de la base de datos firebase	59
4.3.1	<i>Gráficas de descargas de la base de datos</i>	59
4.3.2	<i>Tiempo de Interacción medio</i>	60
4.3.3	<i>Vistas por ruta de página</i>	60
4.4	Análisis del Controlador de temperatura	61
4.5	Curva de Histéresis (Rango de la Temperatura)	63
4.6	Gráfica del consumo de combustible vs el tiempo	63
4.7	Gráfica del consumo eléctrico de la bomba 4	65
4.8	Encuesta de Aceptación	65
4.8.1	<i>Tabulación y análisis de la encuesta</i>	65

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1.	Conclusiones	71
5.1.	Recomendaciones	72

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Características del controlador Rex-C100	15
Tabla 3-1:	Descripción del cuarto de máquinas 1	31
Tabla 3-2:	Caldera y Bomba del cuarto 1.....	32
Tabla 3-3:	Descripción del cuarto de máquinas 2	33
Tabla 3-4:	Caldera y Bomba del cuarto 2.....	33
Tabla 3-5:	Descripción del cuarto de máquinas 3	34
Tabla 3-6:	Caldera y Bomba del cuarto 3.....	35
Tabla 3-7:	Comparación entre distintos hardware.....	36
Tabla 3-8:	Comparación entre placas electrónicas	37
Tabla 3-9:	Comparación de sensores de temperaturas	38
Tabla 3-10:	Comparación entre programas para la creación de la app.....	41
Tabla 3-11:	Comparación de plataformas	42
Tabla 4-1:	Designación de cada elemento del cuarto 1	53
Tabla 4-2:	Designación de cada elemento del cuarto 2	54
Tabla 4-3:	Designación de cada elemento del cuarto 3	55
Tabla 4-4:	Tiempos e Interacción de Datos.....	55
Tabla 4-5:	Error Porcentual	56
Tabla 4-6:	Diagrama de Dispersión.....	57
Tabla 4-7:	Controlador de Temperatura	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Elementos principales del IoT	7
Ilustración 2-2:	Modelo estructural de un sistema automatizado	8
Ilustración 2-3:	Pirámide de la automatización	9
Ilustración 2-4:	Relé Lógico programable.....	12
Ilustración 2-5:	Tipos de sensores de temperatura.....	14
Ilustración 2-6:	Contactor y sus símbolos en circuitos	16
Ilustración 2-7:	Temporizador	17
Ilustración 2-8:	Esquema global de IoT.....	18
Ilustración 2-9:	Elementos del IoT	19
Ilustración 2-10:	Firebase	21
Ilustración 3-1:	Ubicación del complejo el Eucal.....	24
Ilustración 3-2:	Zonas Húmedas del Complejo	25
Ilustración 3-3:	Consolidación general de la Implementación	26
Ilustración 3-4:	Arquitectura del sistema esperado.....	27
Ilustración 3-5:	Planimetría del Complejo.....	29
Ilustración 3-6:	Esquema eléctrico del motor 1 del cuarto 1	30
Ilustración 3-7:	Tablero de control del cuarto 1 y Botoneras	30
Ilustración 3-8:	Tablero de control del cuarto 2	32
Ilustración 3-9:	Tablero de control del cuarto 3	34
Ilustración 3-10:	Programación en software logo.....	40
Ilustración 3-11:	Programación Grafcet	41
Ilustración 3-12:	Plan Spark	44
Ilustración 3-13:	Realtime Database.....	44
Ilustración 3-14:	Diagrama de flujo para la interfaz del cuarto 1	46
Ilustración 3-15:	Creación de la App y enlace con Firebase	47
Ilustración 3-16:	Realtime Database.....	48
Ilustración 3-17:	Programación Arduino	49
Ilustración 3-18:	Interpretación de comandos	50
Ilustración 4-1:	Interfaz gráfica del cuarto 1	52
Ilustración 4-2:	Interfaz gráfica del cuarto 2	53
Ilustración 4-3:	Interfaz gráfica del cuarto 3	54
Ilustración 4-4:	Diagramas de Dispersión	58
Ilustración 4-5:	Descargas de Bytes.....	59
Ilustración 4-6:	Prueba de Descargas de Bytes.....	60

Ilustración 4-7:	Tiempo de Interacción.....	60
Ilustración 4-8:	Vistas por Página.....	61
Ilustración 4-9:	Sensor de temperatura en lado inferior.....	62
Ilustración 4-10:	Sensor de temperatura en lado superior	62
Ilustración 4-11:	Gráfica de histéresis rango de la temperatura	63
Ilustración 4-12:	Caldera 2, consumo anterior.....	64
Ilustración 4-13:	Caldera 2, consumo mejorado	64
Ilustración 4-14:	Consumo Eléctrico - Bomba 4	65
Ilustración 4-15:	Nueva funcionalidad automatizada para la zona húmeda	66
Ilustración 4-16:	Evaluación respecto a la facilidad de manejo del sistema.....	66
Ilustración 4-17:	Mejora de la eficiencia en el control y monitoreo.....	67
Ilustración 4-18:	Dificultad técnica o fallo en el rendimiento	68
Ilustración 4-19:	Diferencia de la funcionalidad actual y métodos anteriores.....	68
Ilustración 4-20:	Confiabilidad del sistema automatizado.....	69
Ilustración 4-21:	Satisfacción general de la nueva funcionalidad automatizada	70

ÍNDICE DE ANEXOS

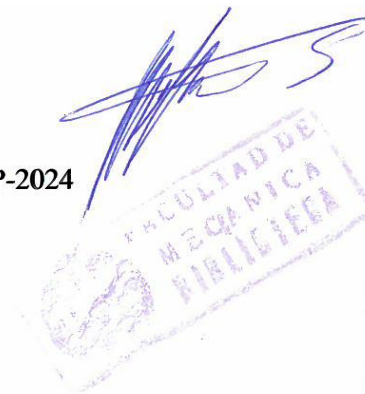
- ANEXO A:** ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 2 DEL CUARTO 1
- ANEXO B:** ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 3 DEL CUARTO 2
- ANEXO C:** ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA DEL CUARTO 2
- ANEXO D:** ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 4 DEL CUARTO 3
- ANEXO E:** ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA DEL CUARTO 3
- ANEXO F:** IDENTIFICACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES CON SUS CONTACTORES
- ANEXO G:** NUEVO TABLERO DE CONTROL PARA LOS MOTORES
- ANEXO H:** CONEXIÓN DE CABLEADO EN EL LOGO V8
- ANEXO I:** INSTALACIÓN FINAL DEL NUEVO TABLERO DE CONTROL
- ANEXO J:** CODIFICACIÓN ARDUINO IDE Y CONEXIÓN CON FIREBASE Y LOGO
- ANEXO K:** GRÁFICAS DE BOMBAS 1, 2, 3, 4 (Consumo eléctrico vs tiempo)
- ANEXO M:** GRÁFICAS DE CALDERA 1, 2, 3 (CONSUMO DE COMBUSTIBLE VS TIEMPO)

RESUMEN

Este proyecto de tesis se enfoca en la implementación de un sistema de control y monitoreo inteligente basado en Internet de las Cosas (IoT) para la zona húmeda del Complejo El Eucal, ubicado en la Parroquia El Altar, Penipe. Esta área incluye sistemas críticos como calderas y motores, que son esenciales para el funcionamiento del complejo. Para abordar este desafío, se ha desarrollado una aplicación móvil en Android Studio y se ha utilizado un módulo ESP32 Arduino lo cual realiza la interconexión de dispositivos. El módulo ESP32 Arduino actúa como el servidor central, permitiendo la comunicación y control de dispositivos en tiempo real, lo que garantiza una operación eficiente y segura. El objetivo principal es proporcionar una solución efectiva para el control y monitoreo de sistemas, contribuyendo al ahorro de recursos y energía, así como a la comodidad y eficiencia. El proyecto se estructura en torno a la descripción detallada de la implementación del sistema IoT, y resultados obtenidos. Por lo que se concluye que este proyecto demuestra el potencial de la IoT en la gestión de sistemas complejos y puede servir como modelo para aplicaciones similares en todo el mundo.

Palabras clave: <IOT (INTERNET DE LAS COSAS)> <ANDROID STUDIO> <CALDERAS>
<CONTROL Y MONITOREO> <ESP32 ARDUINO>

0928-DBRA-UTP-2024



SUMMARY

This research study focuses on implementing an intelligent control and monitoring system based on the Internet of Things (IoT) for the wet zone of the El Eucal Complex, located in the El Altar Parish, Penipe. This area includes critical systems such as boilers and motors, which are essential for the operation of the complex. To address this challenge, a mobile application has been developed in Android Studio, and an ESP32 Arduino module has been used to interconnect devices. The ESP32 Arduino module acts as the central server, enabling real-time communication and control of devices, ensuring efficient and safe operation. The main objective is to provide an effective solution for the control and monitoring of systems, contributing to resource and energy savings, comfort, and efficiency. The project is structured around a detailed description of the IoT system implementation and the results obtained. Therefore, it is concluded that this project demonstrates the potential of IoT in managing complex systems and can serve as a model for similar applications worldwide.

Keywords: <IoT (INTERNET OF THINGS)> <ANDROID STUDIO> <BOILERS>
<CONTROL AND MONITORING> <ESP32 ARDUINO>



Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo
0602603938

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más conectado y tecnológicamente avanzado, la implementación de sistemas de control y monitoreo inteligentes basados en Internet de las Cosas (IoT) está desempeñando un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y la gestión de recursos en diversas aplicaciones. Uno de los sectores donde esta tecnología ha encontrado un terreno fértil para su desarrollo es en la automatización y optimización de sistemas en áreas geográficas específicas. En este contexto, el presente trabajo de tesis se enfoca en la creación y puesta en marcha de un sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT para la zona húmeda del Complejo “El Eucal”, ubicado en la parroquia “El Altar”, Penipe.

La Parroquia “El Altar”, situada en la provincia de Chimborazo, Ecuador, alberga el Complejo “El Eucal”, una instalación de importancia crítica que incluye sistemas con calderas y motores, los cuales son vitales para el funcionamiento de la zona húmeda del complejo. Para abordar estos desafíos, se ha desarrollado una aplicación móvil utilizando Android Studio, que permite al usuario interactuar con el sistema de forma intuitiva y eficaz. Integrando como columna vertebral de este sistema es el módulo ESP32 Arduino, que actúa como servidor central para la comunicación y el control de los dispositivos en el Complejo “El Eucal”. Este componente es fundamental para recopilar datos en tiempo real, realizar análisis y tomar decisiones inteligentes para el encendido y apagado de motores y calderas, lo que garantiza una operación eficiente y segura.

El objetivo principal de este proyecto técnico es proporcionar una solución efectiva y escalable para el control y monitoreo de sistemas en la zona húmeda del Complejo “El Eucal”, aprovechando las ventajas de la IoT y la integración de tecnologías avanzadas.

Este trabajo se estructura en torno a la descripción detallada de la implementación del sistema IoT, desde la creación de la aplicación móvil hasta la configuración del módulo ESP32 Arduino por medio del LOGO V8 y su integración con los motores y calderas del Complejo “El Eucal”. Así mismo, se analizarán los resultados obtenidos y se discutirán las perspectivas futuras de este sistema.

Finalmente, el presente proyecto representa un paso significativo hacia la aplicación práctica de la tecnología IoT en la gestión de sistemas complejos, brindando beneficios en términos de eficiencia, sostenibilidad en la Parroquia El Altar y sirviendo como un modelo para la implementación de soluciones similares que se tienen en otras industrias del mundo.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El complejo “El Eucal” es un reconocido complejo situado en la ciudad de Riobamba, en la provincia de Chimborazo este se dedica a brindar servicios a sus clientes, particularmente en la zona húmeda que comprende las piscinas, sauna e hidromasajes, donde su funcionamiento está relacionado con bombas y calderas establecidos en zonas del complejo.

El complejo "El Eucal" enfrenta una serie de desafíos significativos que afectan su funcionamiento. Uno de los problemas clave radica en la falta de experiencia en la tecnología de sistemas de control y monitoreo por parte del personal involucrado en la operación de sus equipos. Esta falta de conocimientos técnicos refleja la incapacidad para aprovechar al máximo las capacidades de automatización disponibles. Además, la escasez de empleados dedicados al mantenimiento de los equipos agrava el problema, lo que resulta en una gestión deficiente de los recursos técnicos disponibles. Asimismo, la falta de acceso a tecnologías avanzadas en la zona húmeda y el escaso interés en la implementación de sistemas de control automático dicta que se debe abordar estos problemas para mejorar la eficiencia y la confiabilidad de las operaciones en el complejo "El Eucal".

Estos problemas en el complejo "El Eucal" tienen efectos directos y perjudiciales en sus operaciones y en el entorno circundante, como lo es el consumo de combustible que se dispara debido a la ineficiencia en los procesos, lo que no solo representa un alto costo económico, sino que también aumenta la huella de carbono y la contaminación del aire. Además, el consumo de energía eléctrica también se ve afectado negativamente, ya que la falta de control y monitoreo adecuado resulta en un uso ineficiente de la electricidad, lo que conlleva a gastos innecesarios. Además, los equipos que no funcionan correctamente debido a la falta de mantenimiento y la resistencia a las condiciones climáticas externas pueden provocar una disminución en la calidad de los servicios que ofrece "El Eucal". Así como también, la falta de un horario de operación definido dificulta la planificación y organización, lo que puede llevar a la pérdida de oportunidades y a la insatisfacción de los clientes. En conjunto, estos efectos negativos destacan la urgencia de abordar los problemas mencionados y mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones en el complejo "El Eucal", mediante la adopción de tecnologías inteligentes,

puesto que es un paso necesario para el complejo “El Eucal”. La implementación de un sistema de control y monitoreo basado en IoT.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de un sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT puede mejorar el funcionamiento de la zona húmeda del complejo El Eucal en la parroquia El Altar – Penipe?

1.3. Antecedentes

El IoT inicio con múltiples definiciones desde 1999 hasta la actualidad, donde exclusivamente se añade un conjunto de objetos inteligentes, perfectamente auto identificables, capaces de interactuar remotamente entre sí y demás equipos conectados a través de la internet en tiempo real e incluso sin la interacción humana. Donde las “cosas”, que frecuentemente son dispositivos electrónicos inteligente con sensores y actuadores distribuidos geográficamente, se encuentran identificados y conectados a internet, permitiendo el control y monitoreo remoto de situaciones críticas, mediante un dominio de aplicación. (Dixys Hernández Rojas; Bertha Mazon-Olivo; Carlos Escudero, 2018, pp. 73-75).

En las últimas décadas se ha introducido una nueva revolución digital, la innovación sobre las capacidades de transmitir, procesar y almacenar información de las nuevas tecnologías digitales ha revolucionado cambios importantes en la economía global e impactado primordialmente en la sociedad. En Sudamérica su extensión fue notoria e impulsada por tres factores principales, el crecimiento económico, la disminución de la tasa de pobreza y decrecieron los precios en equipos y tasas de accesos a servicios, obteniendo como resultado empresas operadoras que ampliaron su cobertura de servicio a la sociedad. (David Mena, 2021, pp. 1-2).

En la actualidad las industrias contienen procesos automatizados en ciertas etapas, donde se utilizan elementos discretos o dispositivos programados, es decir PLC, IoT, sensores, entre otros. Estos elementos o dispositivos contienen un monitoreo que les permite mantenerlos dentro de niveles establecidos, logrando realizar sus funciones sin mostrar ningún inconveniente. Como resultado esto se ha convertido en un punto clave el desarrollo de diferentes tecnologías que permitan sustituir procesos automáticos, los cuales puedan ser enfocados a problemas particulares o que puedan diseñarse para la aplicación de un mecanismo de control dependiendo del proceso que se vaya a controlar en el sistema. (Erick Soliz; Edwin Gómez, 2019, p. 1).

1.4. Justificación

La implementación de un sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT en el complejo "El Eucal" logrará un impacto profundamente positivo en sus operaciones. En primer lugar, la reducción en el consumo de combustible utilizando la optimización de los procesos con la debida capacidad de supervisar y ajustar de manera remota los equipos al momento de su funcionamiento, esto permitirá la disminución de los costos operativos. El consumo de energía eléctrica también se ha reducirá significativamente, ya que el sistema inteligente permite un uso más eficiente de la electricidad, lo que se traduce en ahorros económicos notables. Además, la implementación de esta tecnología ayudará en gran medida el funcionamiento de los equipos. La introducción de un horario de operación organizado permitirá una mejor gestión del tiempo y de los recursos, lo que ha mejorado la planificación y la satisfacción de los clientes, en un modelo de eficiencia, sostenibilidad y calidad en sus operaciones, generando beneficios económicos y medio ambientales notables.

Para ello se propone la implementación de un sistema automatizado que permitirá que la mayoría de las funciones del equipo se realicen bajo la seguridad que brinda la tecnología.

Para lograr este objetivo, se propone la implementación de un sistema automatizado, el cual permitirá que la mayoría de las funciones del equipo se lleven a cabo con la seguridad y precisión que solo la tecnología moderna puede proporcionar. Al adoptar esta tecnología, no solo se optimizarán los recursos disponibles, sino que también se garantizará un uso más eficiente y sostenible del sistema eléctrico. Además, esta automatización ayudará a prolongar la vida útil del sistema eléctrico y del dispositivo que funciona con la bomba de agua de la piscina del complejo El Eucal en la parroquia El Altar – Penipe.

Por lo ya antes indicado este proyecto proporcionará una ventaja significativa en todo lo relacionado con la automatización de piscinas, ya que al implementar un sistema automatizado este va a eliminar la necesidad de realizar tareas manualmente, lo que no solo ahorra tiempo y esfuerzo, sino que también reduce el error humano. Con este sistema, se garantiza que todos los procesos asociados a la operación y el mantenimiento de la piscina se realicen de manera efectiva y precisa, logrando la satisfacción del complejo y el servicio a los clientes.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT para la zona húmeda del complejo El Eucal en la Parroquia El Altar – Penipe.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de las instalaciones en la zona húmeda del complejo El Eucal mediante la recolección y análisis de información relevante.
- Identificar los elementos de hardware y software necesarios para la implementación de un sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT a través de una revisión bibliográfica exhaustiva.
- Implementar el sistema de control y monitoreo inteligente basado en IoT en la zona húmeda del complejo El Eucal.
- Verificar si la implementación del sistema de control y monitoreo cumple con los lineamientos de funcionamiento y propósito establecidos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El primer trabajo de Barbecho, Llivisaca, (2021) titulación denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA BASADA EN IOT PARA LA GESTIÓN DE PROMOCIONES DE ARTÍCULOS EN ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES” (Barbecho Erick; Llivisca Iván, 2021 p. xii) donde menciona que los productos que se encuentren en bodegas se puedan encontrar fácilmente en la plataforma web con su respectivo precio y vida útil del producto; ante esta situación, el control automatizado brinda mejoramiento de tiempos en el trabajo y brinda un mayor control de la mercadería. Con respecto a la identificación de los productos caducados, el autor lo identifica mediante una aplicación móvil, la cual enviaría notificaciones y la segunda opción es mediante un envío de correo electrónico con la misma información de la primera alternativa.

Mediante la información recolectada se obtuvo datos importantes sobre la plataforma IoT para su desarrollo, teniendo en cuenta la situación actual de la empresa para que esta implementación cumpla con cada uno de los requerimientos o necesidades que este necesite. Esta plataforma ofrece varios beneficios. En primer lugar, permite una mayor eficiencia en la recopilación y análisis de datos, estos datos se pueden recopilar en tiempo real y se pueden analizar de forma automatizada, lo que reduce los errores humanos y aumenta la velocidad de análisis.

El siguiente trabajo de Quintanilla, Cartagena, (2019) titulado “PLATAFORMA IOT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON TECNOLOGÍA OPEN HARDWARE” (Quintanilla Ricardo; Cartagena Carlos, 2019, p. 4), en este se señala que el internet de las cosas IoT es la parte principal de la industria 4.0, la cual describe como los procesos industriales pueden llegar a ser digitalizados e relacionados entre ellos; lo cual pretende utilizar herramientas de software y hardware libre para el control y medición de variables físicas como; temperatura, corriente y potencia eléctricas.

Como resultado de esta investigación se obtuvo la información y procedimientos necesarios para el desarrollo de la plataforma IoT, así como también la forma de controlar y medir variables como la temperatura, corriente y potencia eléctrica. Esta plataforma es capaz de procesar y analizar los datos en tiempo real, lo que permite tomar decisiones más informadas.

De acuerdo con el trabajo de investigación denominado: “SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE PISCINAS Y JARDÍN INTEGRADO A IOT” (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, pp. 16-19), detalla cada uno de los principales elementos que componen el IoT para su funcionamiento, que se mostrara en la **ilustración 2-1**, así como también detalla los lenguajes de programación que se podrían utilizar para el desarrollo de la plataforma; los autores redactan el desarrollo de un sistema capaz de controlar y automatizar las funciones de mantenimiento e iluminación de piscinas y jardines; Dando así que el usuario mediante una aplicación móvil podrá verificar y controlar la temperatura del agua, esto con la finalidad de disminuir el esfuerzo y tiempo necesario para realizar estas tareas.



Ilustración 2-1: Elementos principales del IoT

Fuente: (Rotondo F; Vidal P, Ignacio A, 2017.)

El resultado de la investigación proporcionó una gran cantidad de información detallada sobre cada uno de los elementos y programas necesarios para desarrollar una plataforma de Internet de las Cosas destinada al control y monitoreo de una piscina. Esta plataforma permite supervisar y gestionar eficazmente el funcionamiento de la piscina. Además, se consideraron diversas medidas y recomendaciones que son cruciales para asegurar que la plataforma opere de manera correcta y eficiente. Dicha información es fundamental para comprender los requisitos técnicos y operativos, así garantizando que todas las variables involucradas en el control y monitoreo de la piscina sean adecuadamente gestionadas.

Otra investigación del trabajo de titulación según Chonata, (2011), denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE UNA PISCINA EN UN COMPLEJO VACACIONAL DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA” (Chonata Esteban, 2011, pp. 28-29), en el cual indica que para llevar a cabo un diseño que contenga un buen rendimiento, se debe tener en cuenta consideraciones importantes, como las condiciones iniciales de la piscina, por ejemplo; está el largo, ancho, profundidad, temperatura y otras

variables que intervienen en dicho diseño. Aquí también el autor indica una ecuación para el cálculo del requerimiento de energía de la piscina.

2.2. Referencia Teóricas

2.2.1. Automatización

La automatización es un concepto clave en la era de la revolución tecnológica, que representa la minimización de la intervención de una persona en diversas actividades productivas que son transferidas a un conjunto de elementos tecnológicos.

La automatización no sólo se dirige a mejorar la productividad, sino que también está centrada en reducir los costos operativos. Debido a que en las industrias muchas tareas son repetitivas y deben tener una mayor precisión hoy en día muchos de estos procesos son automatizados (Felipe Ruiz, 2017 p. 10).

La automatización se compone de dos partes fundamentales:

- Parte Operativa: Esta es la sección que se encarga de la ejecución de las diferentes actividades que conforman un proceso. Incluye todas las máquinas y dispositivos mecánicos y electrónicos que realizan las tareas específicas.
- Parte de Control: Es la parte de la tecnología programable, esta sección coordina y supervisa las actividades de la parte operativa. Corresponde a los controladores lógicos, asegurando que el proceso se ejecute de manera eficiente y efectiva (Felipe Ruiz, 2017 p. 10).

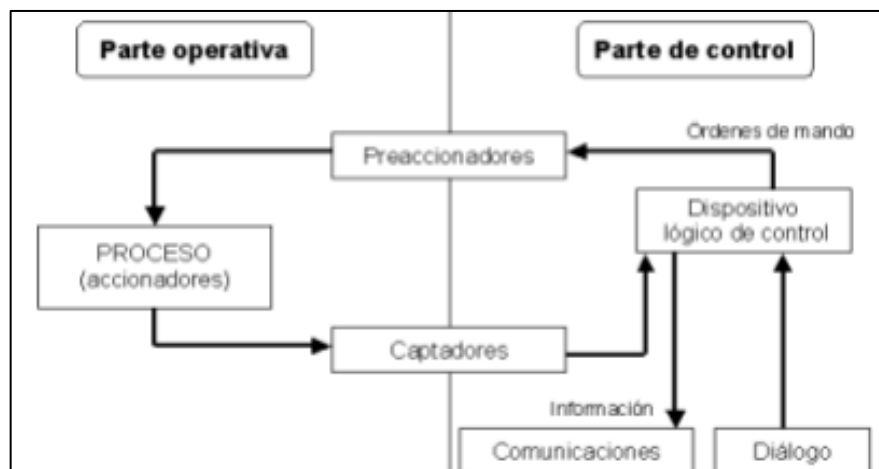


Ilustración 2-2: Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: (Cruz G, 2017)

En la **ilustración 2-2** se observó las partes fundamentales de la automatización , además, se puede decir que la automatización es una herramienta estratégica que, cuando se utiliza de manera efectiva, puede resultar muy eficiente, una reducción de los costos y una mejora en la calidad del producto final. Sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente considerada y gestionada para asegurar que se maximicen sus beneficios mientras se minimizan sus posibles desventajas (Gerardo Cruz, 2017, p. 11).

2.2.2. Pirámide de la automatización

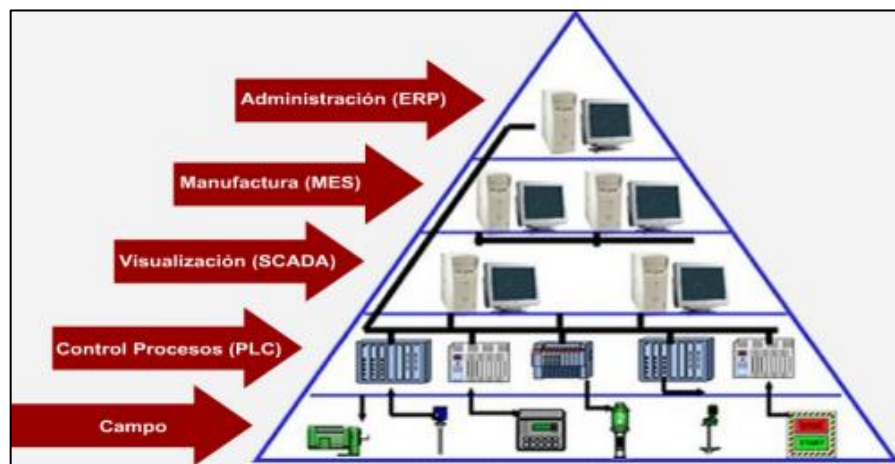


Ilustración 2-3: Pirámide de la automatización

Fuente: (Guizado D, 2022)

En la **ilustración 2-3** se observa la Pirámide de la Automatización, esta es una estructura que facilita la intercomunicación entre los distintos niveles del proceso de producción en una organización o empresas. Actualmente la automatización es la implementación de sistemas computarizados para controlar máquinas que intervienen en procesos industriales. Cada capa de esta pirámide representa un nivel específico del proceso de producción, permitiendo visualizar y comprender la funcionalidad de cada etapa en el ciclo de producción. Además, cada nivel se conecta con los demás a través de tecnologías específicas para cada etapa de la producción. esta pirámide integra personas, procesos, información y sistemas tecnológicos con la finalidad de proporcionar un método de gestión eficaz que sea capaz de aumentar la competitividad en una empresa. (Diego Guizado, 2022, pp. 17-18).

Los niveles de la pirámide de la automatización se representan de forma ascendente, donde cada nivel tiene un propósito y un conjunto de tareas específicas. A continuación, se describen los distintos niveles en detalle:

2.2.2.1. Nivel de Instrumentación o de Campo

Este es el nivel más bajo de la pirámide y se ocupa directamente de los dispositivos físicos y de hardware como sensores y actuadores. Estos dispositivos recogen datos del entorno de producción y realizan acciones físicas en respuesta a instrucciones recibidas. (Gustavo Barona, Luis Velasteguí, 2021, p. 103).

2.2.2.2. Nivel de Control

Este nivel se ocupa del control de los procesos de producción a través de sistemas como los Controladores Lógicos Programables (PLC) y los Sistemas de Control Distribuido (DCS). Este nivel recibe datos del nivel de campo y utiliza estos datos para controlar los procesos y mantener las operaciones de producción a los parámetros óptimos (Gustavo Barona, Luis Velasteguí, 2021, p. 103).

2.2.2.3. Nivel de Supervisión

Este es el nivel en el que se supervisan y controlan las operaciones de producción en tiempo real. Los sistemas SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) son comúnmente utilizados en este nivel para recoger y analizar datos en tiempo real (Gustavo Barona, Luis Velasteguí, 2021, pp. 104).

2.2.2.4. Nivel de Planificación

En este nivel, los procesos de producción se planifican y se programan con el fin de optimizar la eficiencia de la producción. Se utilizan sistemas como el sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) para gestionar los recursos y coordinar todos los aspectos de la producción (Gustavo Barona, Luis Velasteguí, 2021, p. 10).

2.2.2.5. Nivel de Gestión

Este es el nivel más alto de la pirámide de la automatización. En este nivel, se toman decisiones estratégicas sobre las operaciones de producción. Además, se encarga de la toma de decisiones sobre inversiones, planificación a largo plazo y estrategias de mercado.

La pirámide de la automatización, por lo tanto, proporciona una representación visual de cómo se organizan y se comunican los diferentes aspectos de la producción en una organización, desde los dispositivos físicos en el nivel de campo hasta la gestión de alto nivel, estos niveles están unidos

por diferentes tecnologías, la cual hace que se determine cada elemento utilizado por nivel de la pirámide (Gustavo Barona, Luis Velasteguí, 2021, pp. 104).

Dentro de la pirámide de la automatización se encuentran dispositivos utilizados como son los sensores, actuadores y HMI, estos son utilizados en diferentes tipos de procesos automatizados. Los sensores son dispositivos que tienen la capacidad de detectar la variación de una magnitud física, entre ellas la temperatura, iluminación, movimiento y presión; convirtiendo el valor de ésta en una señal eléctrica que puede ser analógica o digital (Gerardo Cruz, 2017, p. 13).

Hablando de los actuadores, estos son dispositivos que trabajan convirtiendo energía en movimientos lineales rectos y que sirven para empujar o tirar (Gerardo Cruz, 2017, p. 13).

El HMI es un sistema que permite que el operador monitoree constantemente el proceso y determine acciones inmediatas sobre él. Así mismo este software ha evolucionado siendo una herramienta de visualización, a convertirse en una interfaz de mucha importancia que permite controlar y transmitir datos, permitiendo la comunicación entre hombre y la máquina, así mismo estas señales de los procesos son conducidas por los dispositivos de entrada y salidas (Dario Guilumba, 2020, p. 4).

Funciones de un Sistema HMI

- Supervisión del proceso productivo.
- Control de calidad de la producción.
- Control de la productividad.
- Mensajes de proceso, alarmas, averías, fallos y curvas de tendencias.
- Programación de tareas y paradas.
- Integración con máquinas para avisos de errores.
- Posibilidad de actuar desde la pantalla (Dario Guilumba, 2020, p. 4).

2.2.3. Relé Programable

Es un dispositivo eléctrico con la capacidad de desempeñar la función de un interruptor al controlar la conexión y desconexión de la corriente eléctrica mediante un mecanismo accionado eléctricamente. Este componente posibilita la apertura o cierre de contactos valiéndose de la influencia de un campo magnético generado por un electroimán, lo que le otorga la denominación adicional de relé electromagnético o elevador (Ghian Gonzalez, 2019, p. 3).

Características principales:

Tipo de carga: Puede ser Inductiva o Resistiva

Potencia de la carga: En circuitos de corriente continua la potencia es igual a $P=VI$, para corriente alterna se toma en cuenta que la corriente y el voltaje varían con el tiempo.

Energía de activación: Es muy considerada ya que al activarlo puede consumir una corriente considerable (Ghian Gonzalez, 2019, p. 3).

Los Relés Lógicos Programables sirven para controlar en tiempo real los procesos industriales que tienen necesidades como el espacio reducido y procesos de producción variables y secuenciales, en la **ilustración 2-4** se observa el relé lógico programable (Ghian Gonzalez, 2019, p. 11).



Ilustración 2-4. Relé Lógico programable

Fuente: (Gonzalez G, 2019.)

2.2.4. PLC (Controlador Lógico Programable)

Un PLC es un controlador lógico programable que es utilizado para controlar basándose en una lógica de programación a través de un determinado software mediante una PC, y como todo dispositivo para su funcionamiento necesita una fuente de alimentación, CPU (Unidad Central de Procesos), y mediante este, es donde se realiza todas las operaciones y funciones cuando se leen datos de las interfaces de entrada y aplicar una ejecución en los respectivos módulos de salida. A pesar de su capacidad, que es pequeño en tamaño y tiene una sencilla configuración es la respuesta ideal a los procesos de fabricación de bajo costo (Gilber Mamani, 2021, pp. 13-14).

Las ventajas de usar un PLC es el de reemplazar a lo mayor posible la lógica cableada en un tablero o de alguna tarjeta eléctrico/electrónica. Además, se puede decir que un autómeta

programable está compuesto por un dispositivo de alimentación, una tarjeta de interfaz de entradas/salidas para la adaptación de señales eléctricas, una tarjeta procesadora que es el cerebro de la máquina y una tarjeta de memoria que contiene componentes para que el programa sea memorizado (Gilber Mamani, 2021, pp. 13-14).

2.2.5. *Microcontroladores*

Los microcontroladores representan un sistema integral con capacidades restringidas, las cuales no se pueden modificar, además permite ejecutar funciones para las cuales ha sido programado. El término microcontrolador se deriva de dos palabras que son “micro” que quiere decir pequeño y “controlador” que significa maniobrar. En el circuito integrado que este posee está constituido por una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria y puertos de entradas y salidas de periféricos.

Por otra parte, un microcontrolador tiene la función de leer y ejecutar los programas escritos por el usuario, por esta razón, la programación se convierte en una tarea fundamental y esencial en la concepción de circuitos y sistemas que lo integran. La característica programable del microcontrolador simplifica la elaboración de los diseños electrónicos (Jorge Choéz, 2017, pp. 10-11).

2.2.6. *Medición de temperatura*

La temperatura es una variable presente en la mayoría de los procesos de producción, esta es una propiedad de la materia que se puede descubrir al tocarla.

La temperatura es una propiedad fundamental vinculada a cualquier entorno, ya sea habitable o no, y está asociada a las características físicas de su ambiente. En consecuencia, se puede decir que estos sensores se caracterizan por tener entradas análogas que entregan uno o más datos (Bryan Lopez; José Henao, 2021, p. 17).

2.2.6.1 *Elementos para medir la temperatura*

A continuación, se detalla los sensores más utilizados en el campo de la industria:

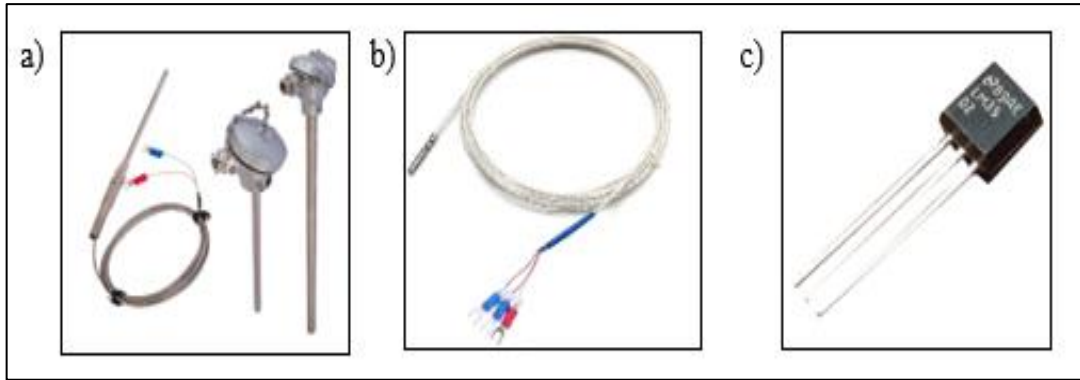


Ilustración 2-5. Tipos de sensores de temperatura

Realizado por: (Campoverde J, Olmedo R,2023)

Como se observa en la **ilustración 2-5**, el tipo de figura a) es una termocupla también llamada termopar, consta de dos cables de diferentes metales conectados en dos puntos. Básicamente es un transductor de temperaturas, no son lineales. En los procesos industriales de medición de temperatura son de gran importancia, ya que estas disponen de una medición de temperatura muy exacta y precisa. La precisión es baja, de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, además trabajan en el rango de temperatura alto de, $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Walter Hormaza, 2019 p. 33).

Por otra parte, en la **ilustración 2-5** el tipo de figura b) representa el sensor PT100, que es un sensor de temperatura resistivo RTD, son fabricados a base de platino, este elemento tiene un comportamiento lineal al momento de llegar a cierta temperatura, permite determinar el nivel térmico de un cuerpo y la medida de temperatura presupone un intercambio de calor entre el cuerpo a medir y el transductor.

Este sensor tiene ventajas como la antivibración, anticorrosión y estabilidad, a pesar de estas ventajas este tipo de sensor no es muy recomendable para trabajos con altas temperaturas (Bryan Lopez, José Henao, 2021, p. 19).

Y por último la **ilustración 2-5** el tipo de figura c) un sensor LM35 que son sensores electrónicos más comerciales, ya que permiten tener una lectura más precisa. Es uno de los sensores con mayor precisión de temperatura ambiente de $\pm 1/4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este sensor tiene características o propiedades mejores sobre los sensores que son calibrados en $^{\circ}\text{K}$. Tiene un rango de temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, así mismo este sensor puede generar corriente y su capacidad de hundimiento está limitada a $1\mu\text{A}$. Por otro lado, una característica importante del sensor LM35 es que el usuario no debe restar ningún voltaje a la salida para obtener un valor constante (Jorge Correa, Isaac Zavala, 2020, p. 45).

2.2.7. Rex-C100

El dispositivo REX-C100 es un regulador de temperatura PID diseñado para operar en un intervalo de 0 a 400 grados Celsius. Debido a su naturaleza PID, que incorpora control proporcional, integral y derivativo, ofrece un manejo más preciso de la temperatura al asegurarse de que permanezca constantemente en el punto deseado. Esto contrasta con los reguladores ON-OFF, los cuales tienen la tendencia de exceder los límites establecidos al activarse después de que la temperatura ha caído por debajo del valor permitido, y apagarse cuando la temperatura supera el objetivo establecido. (Martin Ruíz, César Navarrete, 2021, p. 31).

El propósito del controlador REX-C100 en esta implementación es mantener la temperatura de la sauna en un nivel predeterminado. Esto se logra a través del uso de una termocupla tipo K. Una ventaja clave de este dispositivo es su costo reducido, y gracias a su funcionamiento como un controlador PID, se minimiza la desviación de la temperatura alcanzada con respecto al valor objetivo.

2.2.7.1. Características del controlador de temperatura REXC100

A continuación, en la tabla 2-1 se proporcionará un desglose detallado de todas las características y especificaciones técnicas del controlador de temperatura. En esta tabla, cada aspecto del controlador será examinado y descrito, abarcando desde las funciones básicas hasta los detalles más avanzados y técnicos que este dispositivo contiene.

Tabla 2-1: Características del controlador Rex-C100

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de alimentación	85 - 264 [VAC], 50/60 [Hz]
Rango de temperatura	0 - 399 [°C]
Consumo máximo a 240 [VAC]	9 [VA]
Entradas	2 puertos para la termocupla
Salidas	2 puertos a relé de estado sólido
Resolución en pantalla	$\pm (0,5\% + 1 \text{ dígito})$ o ± 3 [°C], el que sea mayor
Rango de humedad	45 – 85 [%HR]
Temperatura ambiente permitida	0 – 50 [°C]
Peso	170 [g]

Realizado por: (Martin Ruíz, César Navarrete, 2021, p. 31).

2.2.8. Circuito de potencia y de mando

El circuito de potencia es aquel que esta compuesto de semiconductores de potencia y elementos pasivos, que une la fuente de alimentacion primaria con la carga. Estos circuitos se utilizan en la distribución de energía eléctrica como en aplicaciones industriales y en motores eléctricos, ya que involucran un alto nivel de energía.

Por otra parte el circuito de mando es aquel que elabora la informacion proporcionada por el circuito de potencia generando señales que determinan la conduccion de los semiconductores que estan controlados. Además, son utilizados para activar y desactivar los dispositivos eléctricos, asi mismo estos circuitos son aquellos que pueden tener interruptores, temporizadores y otros dispositivos (Universidad de Valencia, 2018, p. 2).

2.2.9. Contactor

Un contactor es un dispositivo eléctrico que puede ser controlado a distancia, teniendo la capacidad de abrir o cerrar circuitos, ya sea cuando existe corriente eléctrica o no. Este elemento es un componente esencial en la automatización de motores eléctricos y su aplicación principal es efectuar tareas de abrir o cerrar circuitos eléctricos que tienen relación con sistemas de motores. Además, estan formados por una bobina que es un electroimán que acciona los contactos cuando recibe energía eléctrica y contactos los cuales pueden estar en estado abierto o cerrado (Pedro Vásquez, 2019, pág. 6).

En la **ilustración 2-6** se podra apreciar de mejor manera el contactor y sus simbolos en circuitos.



Ilustración 2-6: Contactor y sus símbolos en circuitos

Fuente: (Vásquez P, 2019.)

2.2.10. Temporizadores

Mediante la **ilustración 2-7** se podrá conocer el dispositivo denominado temporizador o también llamado como un relé temporizador, están diseñados para controlar los eventos del sistema automatizado, este componente se encarga de abrir y cerrar los contactos antes y después de un determinado tiempo. Estos se componen de un oscilador que proporciona impulsos, un contactor programable y una salida estática (Andrés Arce, 2019, p. 23).



Ilustración 2-7: Temporizador

Fuente: (Arce A, 2019)

2.2.11. Calderas

La caldera esta compuesta por diferentes componentes cuya objetivo es la generación de vapor de agua o de otro tipo. Es un recipiente metálico destinado a calentar agua a una temperatura superiro a la ambiente y una presión muy por encima a la atmosférica. Además, se puede decir que es una máquina donde transforma la nergía química en energía térmica (Álvaro Chango, 2017, p. 5).

2.2.12. Motor Monofásico

Como primer punto se debe conocer que es un motor, el cual es un elemento que se encarga de transmitir energía a diferentes dispositivos para que estos realicen sus procesos. Por ende, un motor monofásico en aquel que tiene la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y puede ser capaz de trabajar en corriente continua como en corriente alterna. Entre sus características principales se tiene que trabajan a una potencia de 3 kW, depende de corriente externa para ser activados y su circuito está formado por dos hilos que transmiten el mismo tipo de corriente (GSL Industrias, 2021).

2.2.13. IoT

El Internet de las Cosas, conocido como IoT por sus siglas en inglés, es un concepto que se fundamenta en la conexión de los objetos cotidianos a Internet. De esta manera, se establece una comunicación continua y sin interrupciones entre personas, máquinas y dispositivos.

Esta tecnología no solo permite la recolección de datos de los objetos con los que interactuamos diariamente, sino también facilita el proceso de toma de decisiones basándose en la información recopilada. Con el IoT, se pueden recoger, analizar y utilizar grandes cantidades de datos en tiempo real, lo que aporta una dimensión completamente nueva a la forma en que interactuamos con el mundo que nos rodea (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 16).

Además de su contribución a la vida diaria, el IoT también juega un papel decisivo en la transformación de la industria manufacturera. Los sensores y dispositivos integrados en los productos permiten a los fabricantes recopilar datos sobre cómo se utilizan y funcionan sus productos, incluso cuando estos ya han sido distribuidos y están en manos de los clientes (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 16).

El IoT es un facilitador para la conectividad ininterrumpida, la recopilación y el análisis de datos, y la toma de decisiones informadas. Estos factores se convierten en poderosos motores de innovación y eficiencia en nuestra vida diaria y en la industria. Con el pasar del tiempo se espera que IoT tenga aplicaciones empresariales, así contribuyendo a la mejora en la calidad de vida (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 16).

En la **ilustración 2-8** se podrá observar el esquema global del internet de las cosas para tener un mejor entendimiento del mismo.

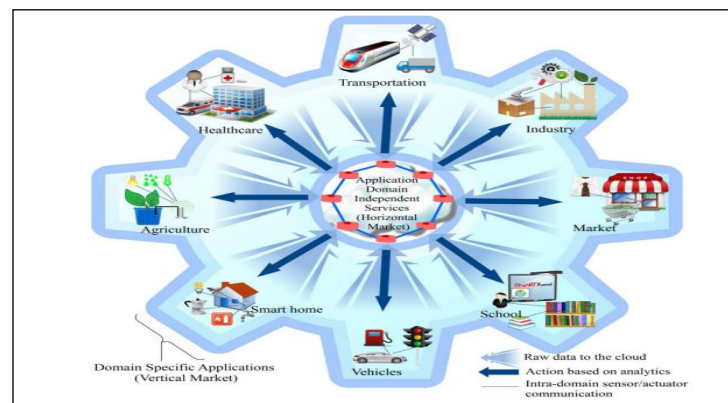


Ilustración 2-8: Esquema global de IoT

Fuente: (Rotondo F; Vidal P; Ignacio A, 2017.)

2.2.13.1. Elementos del IoT

Se presentan los elementos que son necesarios para el funcionamiento del IoT.

Identificación: Es de mucha importancia que IoT pueda nombrar servicios. Además, se debe diferenciar entre ID de objeto y su dirección, ya que el Id se refiere al nombre que se le dará y la dirección es una red de comunicaciones. Una vez obtenida estas indicaciones, para la identificación se utilizan métodos para tener una identidad clara para los objetos dentro de la red (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 18).

Detección: Estos medios recogen los datos de objetos relacionados dentro de la red y los envía a una base de datos. Para realizar productos de IoT se utilizan computadoras de placa única con sensores y funciones integradas de TCP/IP (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 18).

Comunicación: Estas técnicas de comunicación conectan objetos heterogéneos juntos para ofrecer servicios inteligentes, entre estas técnicas utilizadas se tiene al Bluetooth y WiFi (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 18).

Computación: Representa el cerebro y la habilidad computacional del IoT. Además, las plataformas de nube también forman una parte importante de la computación en IoT (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 18).

Servicios: Estos servicios pueden estar integrados en cuatro tipos, los cuales son: Servicios relacionados con la identidad, de agregación de información, de conciencia colaborativa y servicios ubicuos (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017, p. 19).

Sistemática: Habilidad de adquirir conocimiento con diferentes máquinas para cumplir los servicios requeridos (Rotondo Federico; Vidal Pizarro; Ignacio Antonio, 2017 p. 19).

Mediante la **ilustración 2-9** se da a conocer cada uno de los elementos los cuales son importantes para el funcionamiento de la IoT



Ilustración 2-9: Elementos del IoT

Fuente: (Rotondo F; Vidal P; Ignacio A, 2017.)

2.2.13.2. *Características del IoT*

En el IoT la combinación de elementos software y hardware convierten dispositivos en inteligentes, con las siguientes características:

Conectividad: Permite compatibilidad y acceso a la red.

Sensibilidad: Permite la detección y reconocimiento del mundo físico.

Interacción: Esta permite la comunicación entre las personas, las máquinas y el mundo físico

(Carlos Valencia, 2018, p. 8).

2.2.14. *Plataforma Firebase*

Firebase es una plataforma BaaS (Backend as a Service) desarrollada por Google, que ofrece una infraestructura integral de servidor Backend preconfigurado para aplicaciones. Esta plataforma está diseñada para simplificar de manera significativa el proceso de desarrollo de aplicaciones al proporcionar una serie de servicios esenciales y funcionalidades listas para usar. Además, puede ser utilizado en plataformas como: Android, IOS y web (Diego Chicaiza, 2020, p. 17).

2.2.14.1. *Funciones y servicios de Firebase*

A continuación, se detallará las principales funciones de la plataforma Firebase.

Base de datos en tiempo real: La plataforma Firebase proporciona una base de datos NoSQL que almacena la información y la sincroniza en tiempo real, lo que significa una ventaja significativa, ya que los cambios efectuados en la base de datos se actualizan y se reflejan en los dispositivos de los usuarios. Además, Firebase brinda soluciones de base de datos que cumplen con las necesidades de los clientes que buscan la sincronización de datos en tiempo real (Diego Chicaiza, 2020, p. 17).

Realtime Database: Base de datos primordial de Firebase, muy útil por su eficiencia y mínima demora en las aplicaciones móviles y sitios web que necesitan sincronización en tiempo real entre los distintos usuario real (Diego Chicaiza, 2020, p. 17).

Cloud Firestore: Una nueva base de datos de la plataforma Firebase que aprovecha lo mejor del Realm Database, esta además cuenta con consultas rápidas y su escala se ajusta mejor que la antes mencionada real (Diego Chicaiza, 2020, p. 18).

Autenticación: Ofrece un método de registro y acceso con varias alternativas como el uso de correo y contraseña, así como la autenticación mediante redes sociales como Facebook, Google, GitHub, Twitter. La autenticación que proporciona Firebase es muy útil para los desarrolladores, ya que elimina tiempo en desarrollar distintos módulos en el proceso de la autenticación real (Diego Chicaiza, 2020, p.18).

Almacenamiento de archivos: Utilizada para guardar imágenes que va a utilizar la aplicación, además, como las fotos principales del usuario entre otras (Diego Chicaiza, 2020, p. 18).

Funciones Backend: Firebase permite habilitar la ejecución de código JavaScript en el servidor. Esto ayuda a que ciertas funciones que el cliente no puede ejecutar el servidor las haría por ellos, de tal manera que al generar un cambio los demás usuarios estén pendientes en tiempo real (Diego Chicaiza, 2020, p. 18).

En la **ilustración 2-10** se observa a la plataforma firebase la cual es utilizada para el desarrollo de aplicaciones, así mismo se indica las funciones que esta ofrece.



Ilustración 2-10: Firebase

Fuente: (Andrade, 2022)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo está enfocado a la descripción y ejecución de la metodología para el desarrollo e implementación de un sistema de control y monitoreo inteligente para la zona húmeda del complejo El Eucal, que involucró una revisión exhaustiva de la situación actual del complejo y un análisis detallado de los componentes de cada zona para la determinación de mejoras con el desarrollo del sistema haciendo uso de herramientas de software y hardware de acceso libre. Para ello en primer lugar se determina el tipo de investigación que se está realizando.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Investigación bibliográfica*

La investigación bibliográfica se basa en el bosquejo de fuentes como: revistas científicas, tesis, sitios web y artículos científicos. Los cuales sirvieron para obtener el conocimiento sistemas de control y monitoreo que se va a realizar.

3.1.2. *Investigación aplicada*

El trabajo de investigación presenta los escenarios metodológicos de una investigación aplicada, pues tiene como objetivo la solución de problemas reales. Por el cual se va a implementar un sistema de control para la zona húmeda del complejo.

3.1.3. *Investigación descriptiva*

Se procederá a detallar las áreas en las cuales están divididas el complejo para un mejor entendimiento del funcionamiento que se tiene, donde después de un recorrido por las zonas se procede a describir sus falencias en el proceso actual y con ello logrando identificar la problemática de la presente investigación.

3.1.4. *Investigación de campo*

Se empleará una investigación de campo descriptiva porque se necesita hacer una recopilación

de información para obtener datos, con la finalidad de comprender, observar e interactuar justo en la zona donde existe la problemática.

3.2. Técnicas e instrumentos

3.2.1. Técnicas

La técnica que se empleará es la observación del funcionamiento del complejo para ello a medida del recorrido se realizó una serie de preguntas a modo de entrevistas y diálogos al encargado del complejo para obtener información verídica y real.

3.2.2. Instrumentos

Es importante emplear el análisis para evaluar la situación actual del funcionamiento del complejo y como se opera cada una de las zonas, logrando diálogos con el personal involucrado en el proceso.

Para la entrevista se utilizó unas series de preguntas abiertas a través de cuestionario, con la finalidad de obtener información necesaria y adecuada para la realización del trabajo.

3.3. Definición de requerimientos

La implementación de un sistema para el control y monitoreo inteligente basado en IoT para la zona húmeda del complejo El Eucal de la parroquia el Altar-Penipe, debe poseer características indispensables para su funcionamiento denominados requerimientos del sistema, los cuales están constituidos de los requerimientos estructurales, hardware y software.

- Determinación de la situación actual de las instalaciones del área húmeda del complejo.
- Generar propuestas de mejora vinculando el desarrollo del sistema propuesto.
- Levantamiento de información de los cuartos de máquinas, consistentes en planos y elementos eléctricos y electrónicos utilizados.
- Determinación del hardware y software para la implementación de la propuesta.
- Seleccionar la plataforma IoT para generar el sistema de control y monitoreo remoto.

3.4. Determinación de la situación inicial

La visita técnica en el complejo se realizó mediante un recorrido extenso de todas las instalaciones, este fue con el fin de evaluar y analizar diferentes aspectos relacionados con el funcionamiento y mantenimiento en general de las zonas de funcionamiento. Mediante este recorrido se pudo determinar áreas tales como la infraestructura de las piscinas y los cuartos de máquinas, los mismo que estaban codificados bajo la denominación de cuarto 1, cuarto 2 y cuarto 3, ya que por observación directa se pudo determinar su mal estado, era evidente que no se realizaba un mantenimiento adecuado del equipo existente.

3.5. Ubicación geográfica

Mediante Google Maps se observa la ubicación geográfica del complejo el Eucal con una vista superior de toda el área que lo conforma, el cual el complejo está ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia El Altar-Penipe, vía a baños. Con una duración de tiempo de llegada aproximadamente de 45 minutos desde la ciudad de Riobamba como se puede observar a continuación en la **ilustración 3-1**.



Ilustración 3-1: Ubicación del complejo el Eucal

Fuente: Google Maps, 2023.

3.5.1. Servicios que ofrece el complejo

El Eucal es un complejo turístico que incluye Piscina y spa (sauna, turco, hidromasaje), restaurante y áreas deportivas en Penipe. Actualmente el complejo “El Eucal” consta de:

Piscina temperada y un spa con turco, sauna e hidromasaje para el deleite y descanso de la familia, las cuales son utilizadas por niños, jóvenes y adultos, que proporcionan beneficios para la salud. El servicio está abierto de 9 am a 6 pm los fines de semana y feriados.

El complejo también consta de una zona de descanso donde cada uno de los usuarios pueden relajarse en la zona de restaurante que ofrece platos a la carta como choclos con queso, habas, mote, truchas, caldo de gallina y la especialidad las mini parrilladas, donde los visitantes puedan degustar de bebidas y comidas a su gusto.

3.6 Visita técnica

La realización de la visita técnica del complejo tuvo como objetivo la identificación de cada una de las zonas húmedas del complejo, las cuales son la piscina 1, el hidromasaje, la piscina 2 y la sauna los cuales se podrán apreciar en la **ilustración 3-2**.

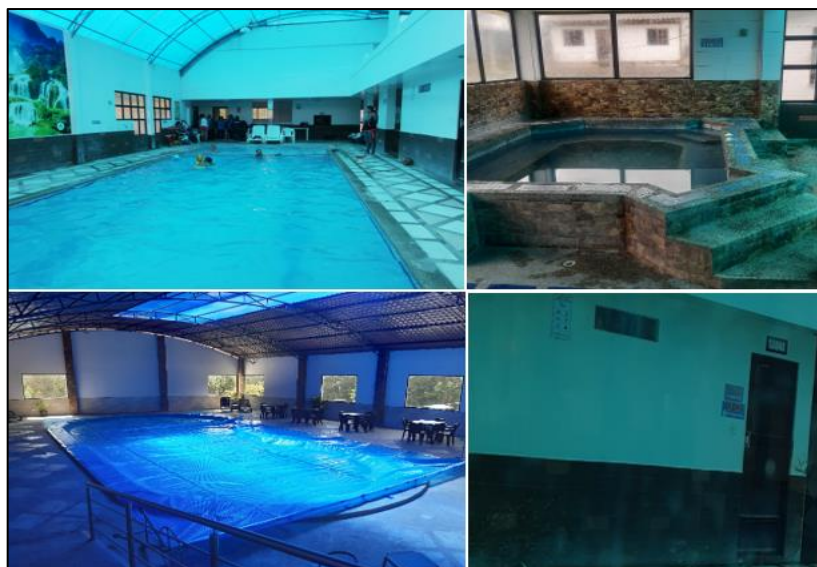


Ilustración 3-2: Zonas Húmedas del Complejo

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.7 Propuesta de mejora

Tras el análisis de muchos factores que se han tomado en cuenta la propuesta de mejora será con el objetivo de un avance en bien del complejo, es decir mediante estrategias se implementará mejoras.

3.7.1 Consolidación del sistema propuesto

En la presente sección, se proporciona una representación visual de la implementación de un sistema destinado al control y monitoreo inteligente basado en el Internet de las cosas (IoT) para la zona húmeda del complejo El Eucal, ubicado en la parroquia El Altar-Penipe. La **ilustración 3-3** exhibe la concertación del sistema previamente anticipado.

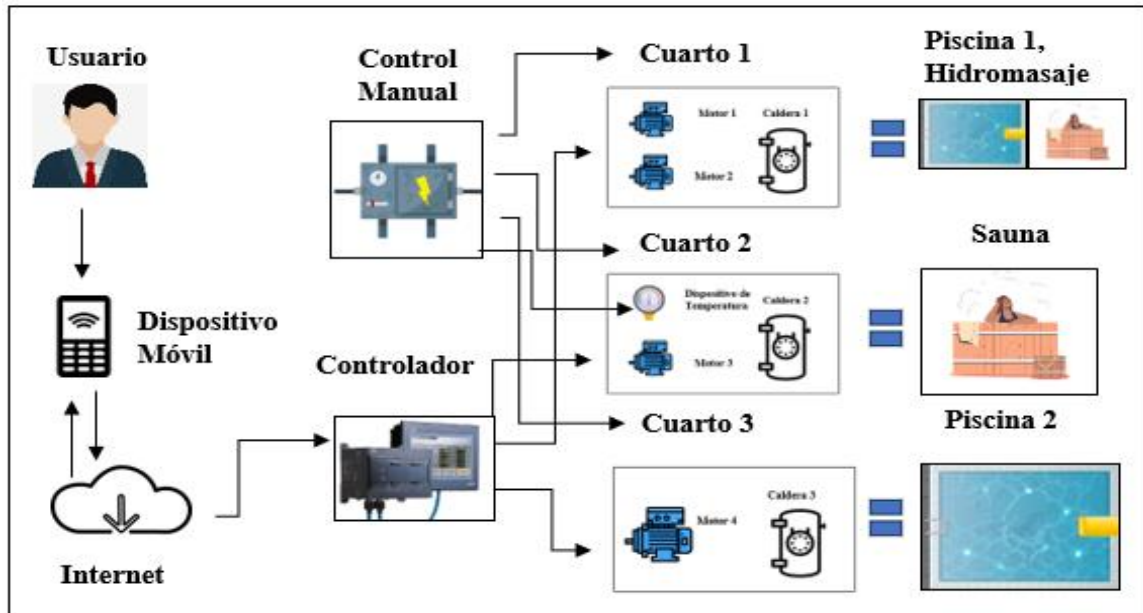


Ilustración 3-3: Consolidación general de la Implementación

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Como se puede apreciar, desde la fase inicial del desarrollo, el proceso parte con el usuario y su dispositivo móvil el cual enviará información por medio de la app desarrollada hacia el controlador.

Después, surgió uno de los requisitos esenciales a partir del tema de investigación, que consistió en la incorporación de un control manual mediante el uso de los interruptores incluidos en la aplicación. Esta información se presenta en una interfaz gráfica remota que capacita al usuario para supervisar y manejar el encendido y apagado de los motores y calderas en los tres cuartos. Así mismo, para el dispositivo de control de temperatura de la sauna, se implementará un control manual que, al recibir energía, estará programado con un rango de temperatura ideal, permitiendo así gestionar el consumo de combustible mediante el encendido y apagado de la caldera 2.

Y para culminar con la implementación del sistema de control y monitoreo este es observado mediante una interfaz gráfica generando una animación para el control y monitoreo de la piscina 1, sauna y piscina 2.

3.7.2 *Arquitectura del Sistema esperado*

Basándose en la descripción detallada del sistema de control y monitoreo, se ha desarrollado una arquitectura sólida y claramente definida para el sistema en cuestión. La **ilustración 3-4** muestra una arquitectura que engloba diversas etapas interconectadas, asegurando así el funcionamiento eficiente y coordinado del sistema. Este sistema está compuesto por la fuente de alimentación o energía, la transmisión, la recepción, el controlador, la interfaz de potencia y las cargas de potencia.

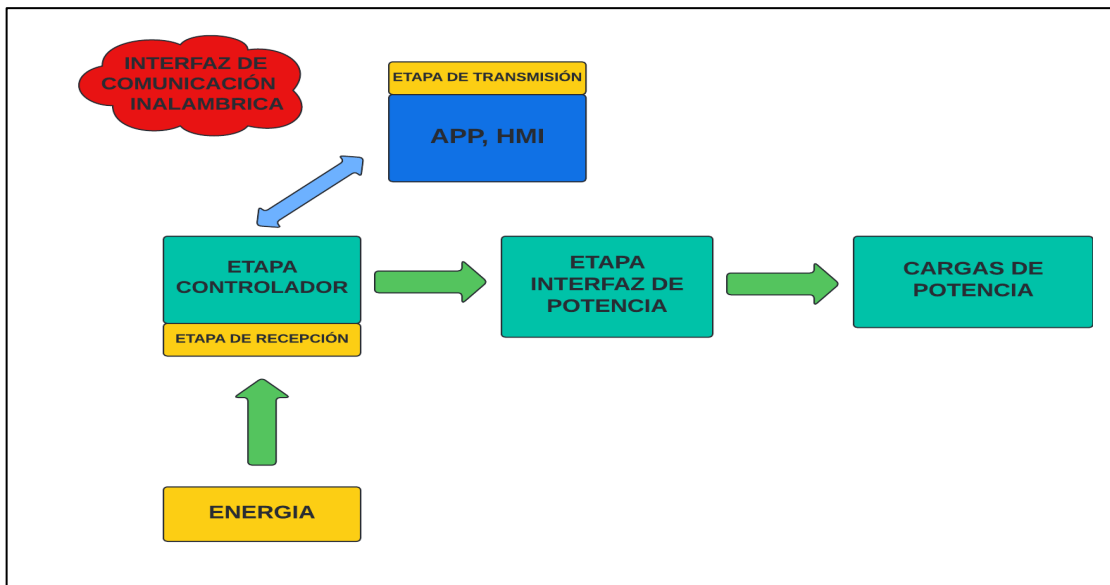


Ilustración 3-4: Arquitectura del sistema esperado

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Una vez obtenida la arquitectura del sistema esperado se describen cada una de las etapas que este está conformado, indicando el funcionamiento y para que esta predeterminados.

Etapa 1: Energía. - Esta primera etapa del sistema es aquella que se encargara de proporcionar la energía suficiente para que los componentes electrónicos puedan realizar sus funciones correctamente.

Etapa 2: Controlador. - La etapa del controlador realiza la comparación de información de la salida real del sistema con el valor deseado y así corregir cualquier tipo de error que se presente.

Etapa 3: Transmisión. -En la etapa de transmisión en el cual se encuentra la APP o HMI, es esencial en muchas aplicaciones, especialmente en el control de sistemas, automatización industrial, comunicaciones de datos y más.

Etapa 4: Recepción. -La etapa de recepción en el contexto de un controlador se refiere a la fase en la que el controlador recibe datos, comandos o información desde una fuente externa, esta etapa es esencial para que el controlador pueda procesar y responder adecuadamente a las instrucciones o datos recibidos.

Etapa 5: Interfaz de potencia. -Permite el paso al control de las etapas, esta etapa corresponde a la parte del sistema que transfiere la energía eléctrica entre el controlador y el dispositivo controlado; en sí, se encarga de controlar la energía adecuada para ejecutar las acciones de control sobre el sistema.

Etapa 6: Cargas. -En la etapa de cargas de un sistema de control, hace referencia a acciones de encendido, apagado, regular la operación de estas cargas en respuestas a señales o condiciones específicas.

3.8 Levantamiento de información del complejo

La obtención de datos sobre el complejo se llevó a cabo mediante una visita técnica. Además, se realizaron entrevistas con el Sr. Gerente para recopilar información crucial que contribuyó a diseñar mejoras para el complejo. Estas mejoras se centran primordialmente en las áreas específicas de estudio, que son los cuartos de máquinas y calderas, donde se identificaron algunas anomalías. Estas anomalías se abordarán en este proyecto, que se implementará con la descripción de un alcance detallado.

3.8.1 Planimetría del complejo

En la planimetría mostrada en la **ilustración 3-5**, se puede observar de forma gráfica la posición de todas las áreas que componen el Complejo Turístico como son: los 3 cuartos de máquinas, calderas, las áreas de las piscinas, sauna, hidromasaje y el área del restaurante.

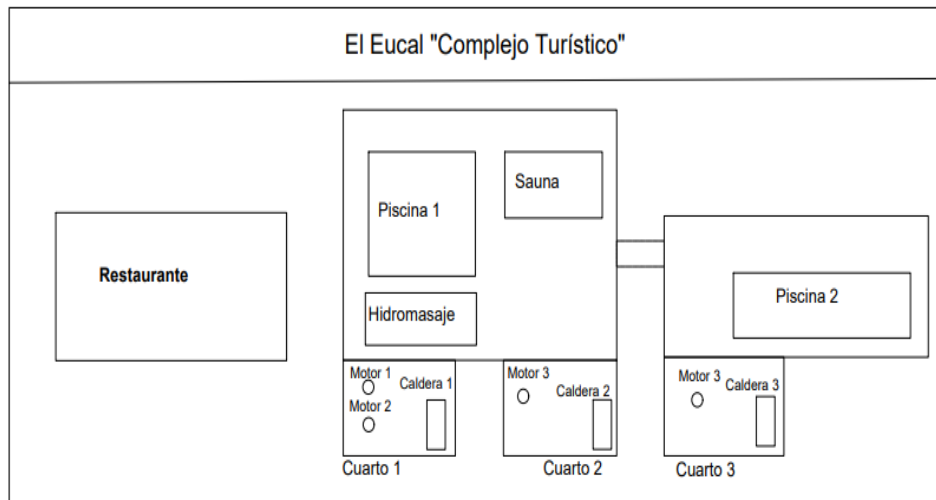


Ilustración 3-5: Planimetría del Complejo

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Continuando con el trabajo planteado se enfocó en los cuartos donde se encuentran las máquinas, calderas y por ende el área del sistema de control y monitoreo para el funcionamiento del sistema.

3.8.2 Planos eléctricos

Dado que el complejo El Eucal carece de un esquema eléctrico actualizado, se llevó a cabo la creación detallada del esquema correspondiente para cada uno de los motores y calderas presentes en el lugar. Este proceso se realizó mediante el uso del programa CadeSimu, una herramienta que facilita la elaboración de esquemas de control y potencia. Además, se destaca como uno de los programas más ampliamente utilizados en la realización de este tipo de tareas, permitiendo una representación precisa y eficiente de los componentes eléctricos involucrados en el complejo. A continuación, en la **ilustración 3-6** se podrá observar el esquema eléctrico que va a contener los motores de cada cuarto de máquina.

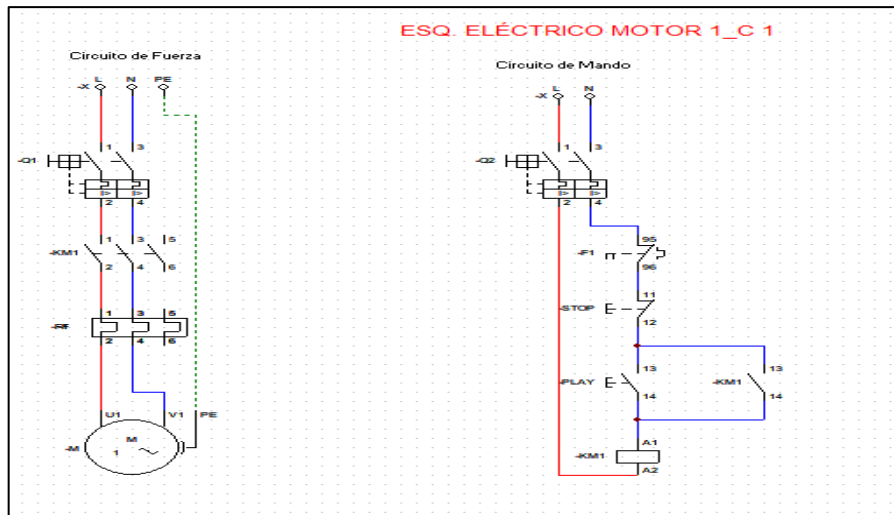


Ilustración 3-6: Esquema eléctrico del motor 1 del cuarto 1

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.8.3 Descripción de los 3 cuartos de control, monitoreo del complejo

El complejo está conformado por tres diferentes cuartos de máquinas los cuales están formados por sus respectivos motores, cajas de control entre otros elementos que los conforman.

3.8.3.1 Cuarto de máquinas 1

En el tablero de control del cuarto 1 se tiene timers y contactores que están programados con el encendido de los motores 1, 2 y con el filtro del aire, tal como se muestra en la **ilustración 3-7**, en la tabla 3-1, se detalla cada componente y su estado en el que se encuentra.

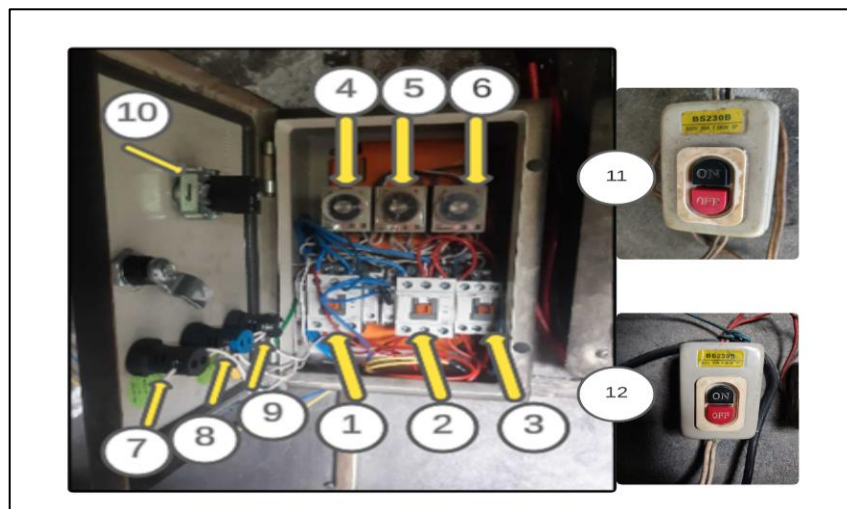


Ilustración 3-7: Tablero de control del cuarto 1 y Botoneras

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Tabla 3-1: Descripción del cuarto de máquinas 1



Componentes	Denominación	Estado físico	Estado
1	Contactador del motor 1	Excelente	Funcional
2	Contactador del motor 2	Excelente	Funcional
3	Contactador del filtro de aire	Excelente	Funcional
4	Timer del motor 1	Bien	Funcional
5	Timer del motor 2	Bien	Funcional
6	Timer del filtro de aire	Bien	Funcional
7	Luz piloto del motor 1	Excelente	Funcional
8	Luz piloto del motor 2	Excelente	Funcional
9	Luz piloto del filtro de aire	Excelente	Funcional
10	Selector	Bien	Parcialmente Funcional
11	Botonera de caldera 1	Bien	Funcional
12	Botonera de motores 1,2	Bien	Funcional

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Del análisis de funcionalidad de la tabla 3-1, en el tablero del cuarto 1 se tiene que al activar la botonera del motor 1, poniendo en marcha el contactador y el timer del motor 1 por un tiempo de 1,30 minutos, transcurrido este tiempo se activa el contactador del motor 2 con su respectivo timer durante de 8 minutos, continuado el algoritmo se activa el contactador del filtro de aire por 2 minutos y de esa forma se repite el ciclo hasta su desactivación por la botonera, para energizar la caldera 1 se debe hacer uso de la botonera de forma manual.

En la tabla 3-2 se podrá identificar las características de la caldera y bombas 1 y 2 del cuarto de máquina 1.

Tabla 3-2: Caldera y Bomba del cuarto 1

NOMBRE	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
Caldera		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de calentamiento de 50.000 hasta 200.000 BTU/h
Bombas		<ul style="list-style-type: none"> • Bombas monofásicas • Para vías fluviales • 1.5 hp de potencia y 110 V • 1.5 plg de descarga

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.8.3.2 Cuarto de máquinas 2

En la **ilustración 3-8** del panel de control correspondiente al cuarto 2, se pueden identificar timers y contactores que han sido configurados para coordinar el encendido del motor 3. Además, en otra unidad, se encuentra el contactor asociado a la caldera 2, equipado con su respectivo selector de activación.

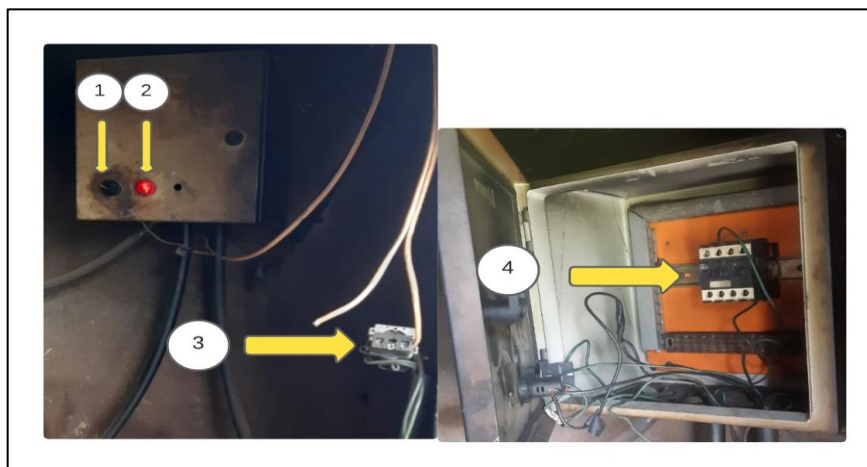


Ilustración 3-8: Tablero de control del cuarto 2

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Tabla 3-3: Descripción del cuarto de máquinas 2



Componentes	Denominación	Estado físico	Estado
1	Selector de la caldera 2	Excelente	Funcional
2	Luz piloto (rojo) del encendido de la caldera 2	Excelente	Funcional
3	Selector del motor 3	Bien	Parcialmente Funcional
4	Contactador de la caldera 2	Bien	Elemento dañado

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Del análisis de funcionalidad que se puede observar en la tabla 3-3, en el tablero del cuarto 2 se tiene que activar el motor 3 donde el selector debe pasar al estado ON hasta que el estado del selector cambie al estado OFF, para activar la caldera se debe accionar el selector al estado ON y de igual manera estará encendida la caldera hasta que el usuario mueva el selector al estado OFF, del análisis de funcionalidad se detectó que el contactador de la caldera 2 se encuentra dañado.

En la tabla 3-4 se podrá identificar las características de la caldera 2 y bomba 3 del cuarto de máquina 2.

Tabla 3-4: Caldera y Bomba del cuarto 2

NOMBRE	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
Caldera 2		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de calentamiento de 150.000 hasta 300.000 BTU/h
Bomba 3		<ul style="list-style-type: none"> • Bombas monofásicas • Para circulación y filtrado de agua • 1.5 hp de potencia y 110 V • 1.5 plg de descarga

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.8.3.3 Cuarto de máquinas 3

En la **ilustración 3-9** que corresponde al tablero de control del cuarto 3 se identificó que este contiene elementos de lógica cableada como, timer y su respectivo contactor que están programados con el encendido del motor 4, también se tiene una botonera para la activación de la caldera.

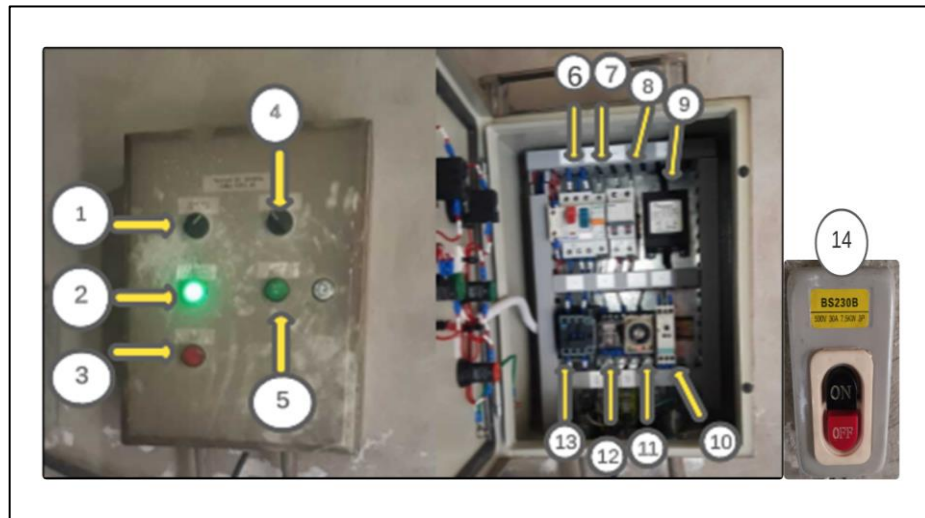


Ilustración 3-9: Tablero de control del cuarto 3

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Tabla 3-5: Descripción del cuarto de máquinas 3

Componentes	Denominación	Estado físico	Estado
1	Selector del motor 4	Excelente	Funcional
2	Luz piloto (verde) del motor 4	Excelente	Funcional
3	Luz piloto (rojo), problemas del motor 4	Excelente	Parcialmente Funcional
4	Selector de la iluminación	Bien	Funcional
5	Luz piloto (verde) de la iluminación	Bien	Elemento dañado
6	Guarda motor	Excelente	Funcional
7	Disyuntor	Excelente	Funcional
8	Interruptor termomagnético	Excelente	Funcional
9	Transformador encapsulado	Excelente	Funcional
10	Temporizador relé	Bien	Funcional
11	Timer	Bien	Funcional
12	Relé	Bien	Funcional

13	Contactor	Bien	Funcional
14	Botonera de la caldera 3	Bien	Funcional

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

La evaluación de la funcionalidad se detalla en la tabla 3-5. En el panel de control del cuarto 3, al seleccionar el motor 4 mediante el accionamiento del selector correspondiente, se inicia una secuencia operativa donde se activa su contactor y se inicia un temporizador programado para un ciclo de 8 minutos. Al llegar al término de este periodo, el motor se apaga momentáneamente y, a continuación, se reactiva automáticamente por otros 8 minutos. Este ciclo persiste hasta que se modifica el estado del selector del motor 4.

Por otro lado, para activar la caldera, es necesario pulsar el botón ON, el cual produce una activación inmediata ya que no cuenta con un contactor propio y está directamente conectado al Breaker. La caldera 3 permanece encendida hasta que el usuario la apaga mediante el botón OFF. Este enfoque operativo detallado garantiza un control preciso y secuencial de los motores y la caldera, optimizando así el rendimiento del sistema.

En la tabla 3-6 se podrá identificar las características de la caldera 3 y bomba 4 del cuarto de máquina 3.

Tabla 3-6: Caldera y Bomba del cuarto 3

NOMBRE	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
Caldera 3		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de calentamiento de 50.000 hasta 200.000 BTU/h
Bomba 4		<ul style="list-style-type: none"> • Bombas monofásicas • Para piscinas residenciales • 1.5 hp de potencia 110 V • 1.5 plg de descarga

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023




3.9 Hardware

Es de mucha importancia conocer el funcionamiento y de la misma manera seleccionar el hardware correcto para que el sistema pueda desarrollar sus funciones de manera eficaz. En esta sección específica, se llevó a cabo un proceso de selección detallada del hardware destinado a satisfacer los requisitos esenciales del proyecto. A continuación, se presenta una descripción detallada del hardware considerado para las tareas de control y monitoreo.

3.9.1 Selección de dispositivo de control

Iniciando el proceso de elección de un dispositivo de control, se lleva a cabo una fase inicial de evaluación exhaustiva de los elementos seleccionados. Esto implica la recopilación de información detallada sobre sus características fundamentales, tales como rendimiento, capacidad de memoria y otros factores de consideración crítica. La minuciosa evaluación tiene como objetivo garantizar que el dispositivo escogido cumpla con precisión los requisitos particulares del proyecto, abordando aspectos esenciales que son fundamentales para su funcionamiento y rendimiento ideal.

Tabla 3-7: Comparación entre distintos hardware

CARACTERÍSTICAS	LOGO V8	PLC S7 1200	MICROCONTROLADOR
IMAGEN			
COMUNICACIÓN ETHERNET	SI	SI	NO
IN/OUT	8 IN / 4 OUT	10 IN/ 10 OUT	8 IN/ 8 OUT
COSTOS	\$196	\$254	\$25
EXPANSIÓN	SI	SI	NO
COSTOS DE EXPANSIÓN	\$96	\$218	-----
CONEXIÓN ETHERNET	SI	SI	SI

CONSUMO	30 mA a 140 mA (12V DC) 15 Ma a 90 mA (24V DC)	175 mA	5 mA
ALIMENTACIÓN	110 VCA y 12/24 VCC	24V VCC o 120 V AC	5V DC
CAPACIDAD DE EXPANSIÓN	4 IN/OUT- 8 IN/OUT	16IN digitales /8 salidas digitales	-----




Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Con la comparación de los controladores que se demuestra en la tabla 3-7, se observa sus características y procedemos a seleccionar el controlador optimo y deseado, el cual se requiere conectividad por medio de cable Ethernet por lo tanto se descarta el microcontrolador, luego en la comparación de costos podemos apreciar que el LOGO tiene un costo bajo, se analizó el precio de los módulos de expansión el cual el módulo del PLC S7 1200 resulta tener un precio muy alto, lo cual se descarta de ser el controlador, al final tenemos que el LOGO es un controlador versátil que brinda la satisfacción con un módulo de expansión al sistema requerido y también brinda comodidad en los precios.

3.9.2 Selección de la placa electrónica

Una vez programados los microcontroladores realizan funciones de forma autónoma. Dentro de este dispositivo se recolectará y procesará los datos adquiridos. Existen varios tipos de microcontroladores que se pueden utilizar, sin embargo, se ha tomado en cuenta dos en la tabla para la comparación y selección.

Tabla 3-8: Comparación entre placas electrónicas

	Raspberry Pi 3B	Módulo ESP32	Arduino Nano
Características			
Voltaje	5 V	3,3 V	5 V
Consumo	Variable	Moderado	Moderado

Memoria Flash	-----	4 MB	32 KB
Comunicación Wifi, Bluetooth y otras	Wifi/ bluetooth	UART/I2C/SPI/Wifi/Bluetooth	No aplica
ADC	12 bits	17 bits	10 bits
Pines analógicos	-----	30	8
Precio	\$ 250	\$ 20	\$ 6,25


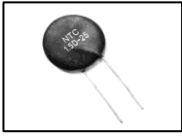
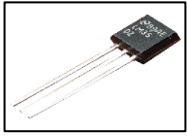
Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Ahora vamos con el análisis de las características principales entre las placas electrónicas, que se visualiza en la tabla 3-8, que se empezó analizando su consumo de voltaje el cual los otros elementos no tiene mucha variedad a excepción del módulo de ESP32 , en la parte de comunicación el Arduino nano no cuenta con comunicación Wifi o Bluetooth lo cual se descarta de la selección, después se realizó la comparación entre pines analógicos y el Raspberry Pi 3B no contiene pines analógicos y su precio es muy elevado, el cual tenemos como resultado la placa seleccionada es el Arduino ESP32, el cual es el más adecuado para ser utilizado en el proyecto, ya que este por su tipo de comunicación inalámbrica será de fácil conexión con el servidor, además que posee una buena cantidad de pines analógicos que son necesarios para el desarrollo del proyecto y cuenta con múltiples librerías.

3.9.3 Selección de sensores de temperatura

La selección del sensor correcto es fundamental, ya que son estos los que se encargaran de adquirir los datos de interés y así manejarlos para tomar decisiones. Por lo cual se ha tomado en cuenta los siguientes que se muestran en la tabla 3-9.

Tabla 3-9: Comparación de sensores de temperaturas

	Termocupla	Termistor	LM 35
Características			

Rango Nominal (°C)	-150 a 1500	-15 a 115	-55 a 150
Linealidad	Alta	No lineal	Buena
Voltaje de operación	- 54.8 mV - Con módulo de linealización 5 V	Si, Valor no especifico	4 a 30 V
Fácil reemplazo	Fácil, disponibilidad inmediata	SI	Fácil, disponibilidad inmediata
Ventajas	-Fácil de utilizar -Fácil adquisición -Mas resistente a factores externos.	-Sensible a los cambios de temperaturas -Son pequeños y compactos	-Fácil de utilizar -Fácil adquisición
Costo	\$ 7	\$ 130	\$ 5

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Recordamos que la elección del sensor de temperatura se dio a partir de muchos factores, que se observa en la tabla 3-9, por lo que el sensor termistor se descartó por su precio muy elevado al ser comparado con los otros sensores, el sensor LM 35 se descartó debido a que el rango nominal es muy limitado y no podrá cumplir con el funcionamiento deseado. Debido a estos factores se tiene que las termocuplas son especialmente útiles en tipos de aplicaciones de alta temperatura y ambientes adversos, por su resistencia y utilidad, ya que cumple con las características antes mencionadas, con un rango nominal de -150 °C a 1500 °C, es de fácil reemplazo, su voltaje de operación es de 5 V y además por su bajo precio.

3.10 Software

En este parámetro se muestra el lenguaje de bloques que se realizó en el software LogoV8, posteriormente para constatar la claridad del funcionamiento se lo realizó nuevamente en el lenguaje Grafcet.

3.10.1 Lenguaje de bloques

El lenguaje de bloques es un método de programación utilizado en la automatización, ya que está diseñado para elaborar esquemas eléctricos.

En la **ilustración 3-10**, se describe el esquema eléctrico realizado en el software logo, de los cuartos, el cual tiene las marcas de arranque para los motores y las salidas para las calderas.

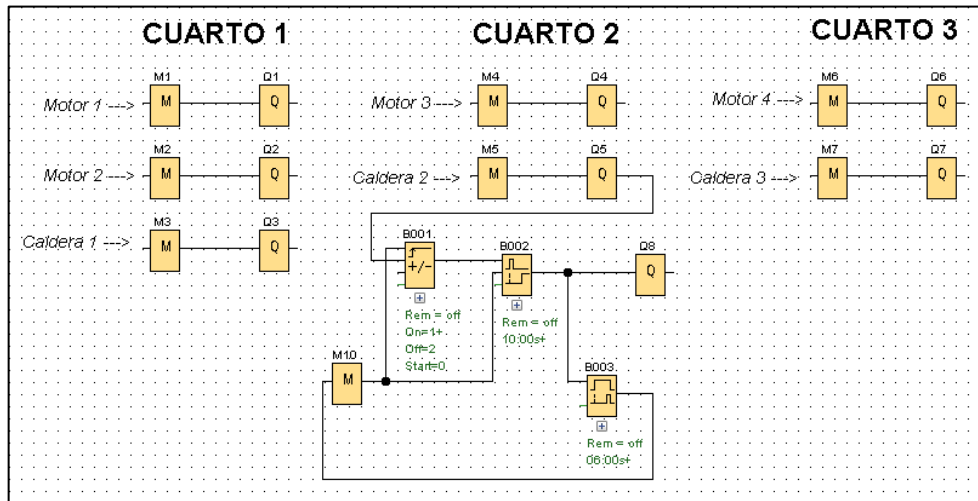


Ilustración 3-10: Programación en software logo

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

El M1, M2 M4, M6 son los arranques de los motores y Q1, Q2, Q4, Q6 representan las salidas de dichos motores.

El M3, M5, M7 son los arranques de las calderas y Q3, Q5, Q7 representan las salidas de dichas calderas.

El Q5 es el activador por medio de timers de la Q8 accionando la chispa para en el encendido del vapor de la caldera 2 y la M10 al activarse resetea el timer principal de la Q8.

3.10.2 Lenguaje Grafset

La herramienta gráfica descrita es utilizada en la automatización industrial para representar visualmente el comportamiento de sistemas secuenciales. Su enfoque visual facilita la representación de estados y las transiciones entre ellos, simplificando la planificación y gestión de sistemas de mayor complejidad.

La **ilustración 3-11** exhibe la programación ejecutada en el lenguaje Grafset para el encendido de los motores y calderas presentes en el Complejo El Eucal. Este proceso comienza con la activación del "start", seguido por la puesta en marcha de cada motor y, finalmente, el apagado secuencial de cada uno de ellos.

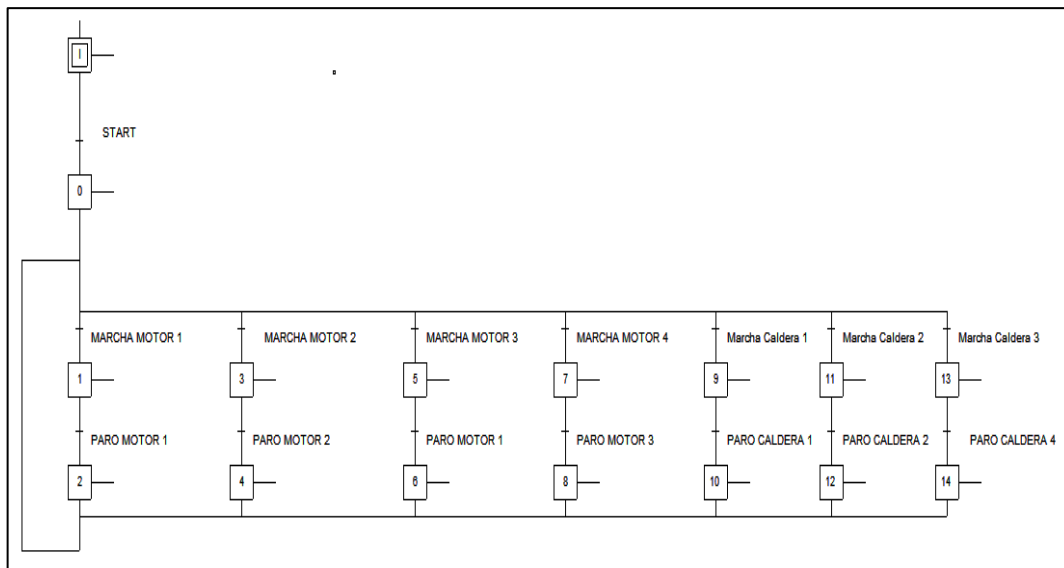





Ilustración 3-11: Programación Grafset

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.10.3 Selección del programa para crear la app

La selección de un programa para el desarrollo de la app es muy esencial, ya que esto implica analizar y comparar distintas características para determinar cuál es la más adecuada para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 3-10: Comparación entre programas para la creación de la app

CARACTERÍSTICAS	ANDROID STUDIO	FLUTTER	XAMARIN
IMAGEN			
Lenguaje de programación	Java	Dart	C
Plataforma	Android	Android y iOS	Android y iOS
Rendimiento	Optimo	Bueno	Bueno

Desarrollo de la Interfaz	Fácil	Complejo	Lento y complejo
IDE Integrado	SI	SI	SI
Integración con Firebase	Totalmente integrado	Posible	Posible




Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

En la evaluación de todos los factores, como se refleja en la tabla 3-10, se ha llevado a cabo un análisis comparativo exhaustivo para la selección del programa. Durante este proceso, se compararon diferentes lenguajes de programación, y se determinó que Java es más prevalente. Además, se consideró la integración con Firebase, la plataforma seleccionada para su implementación. Como resultado de esta evaluación, se descartaron opciones como Xamarin y Flutter, optando en cambio por Android Studio debido a su integración completa con Firebase, superando así a los demás programas analizados. También se consideró la facilidad de desarrollo de la interfaz, siendo Android Studio la elección preferida en este aspecto.

3.10.4 Selección de plataforma

La selección de la plataforma se realiza con total responsabilidad ya que la base de datos creada es la encargada de interactuar con los datos que se transmitirán por medio de la app al controlador.

Tabla 3-11: Comparación de plataformas

	UBIDOTS	FIREBASE	ADAFRUIT
Características			
Amplio en Librerías	SI	SI	SI
Base de Datos en tiempo real	NO	SI	SI

Almacenamiento en la nube	SI	SI	SI
Autenticación con Google	SI	SI	SI
Enlace con Android Studio	SI	SI	SI
Amplia gama de servicios integrados	NO	SI	NO

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Para la selección de la plataforma se realizó la tabla 3-11 de comparación acerca del amplio uso de librerías lo cual no se tuvo inconvenientes, en la base de datos la plataforma Ubidots se descarta, porque no permite crear una base de datos que se requiere para el manejo de datos, y la plataforma Adafruit se descartó por no contar con una amplia gama de servicios integrados, como resultado se seleccionó la plataforma Firebase que si dispone de forma gratuita de muchos servicios.

3.10.4.1 Características de la plataforma

Uso y Facturación

El plan Spark gratuito de Firebase permite aprovechar las capacidades de la base de datos en tiempo real para garantizar una sincronización instantánea y efectiva de la información entre la aplicación y la nube. Además, facilita el uso de las funciones de autenticación, almacenamiento en la nube y análisis de datos, proporcionando una solución completa para el desarrollo de la aplicación.

Aunque el plan Spark gratuito tiene ciertas limitaciones en términos de almacenamiento y ancho de banda, es una opción accesible y robusta que brinda las ventajas de Firebase en el ámbito de la gestión de datos en tiempo real sin incurrir en costos iniciales, lo que facilita la creación y mantenimiento de soluciones ágiles y eficientes en tiempo real.

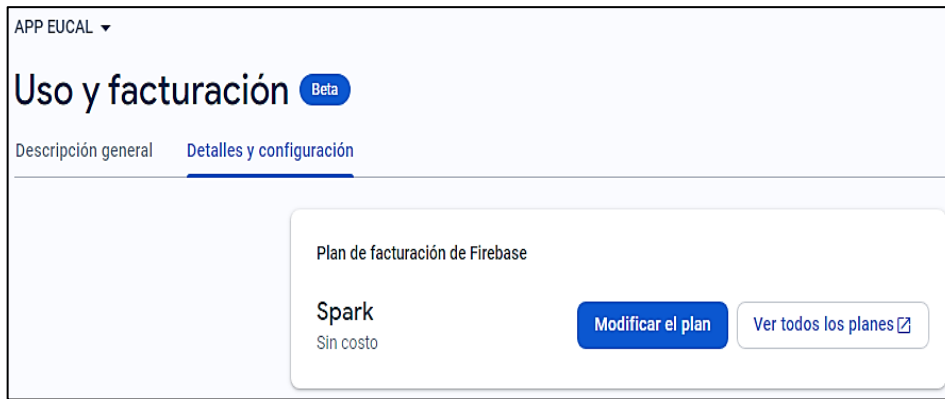


Ilustración 3-12: Plan Spark

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Realtime Database

El plan gratuito establece límites clave para el almacenamiento y descargas diarias y mensuales, respectivamente. Con un límite diario de almacenamiento de 1 GB y un límite mensual de descargas de 10 GB.

El proyecto almacena 200 bytes diarios y experimenta descargas que varían entre 45 kB y 1.2 MB. Es importante destacar que, hasta ahora, la aplicación ha demostrado un uso eficiente de datos, y resulta altamente improbable que supere estos límites establecidos por Firebase. La aplicación no transmite datos robustos ni genera volúmenes significativos, lo que minimiza considerablemente la posibilidad de exceder las capacidades establecidas. Sin embargo, es imperativo tener en cuenta que, en caso de exceder estos límites, Firebase puede desactivar temporalmente recursos asociados al producto, lo que resultaría en la pausa temporal del funcionamiento de la aplicación. En la **ilustración 3-13** se observa el Realtime Database, con su capacidad de almacenamiento y descargas.

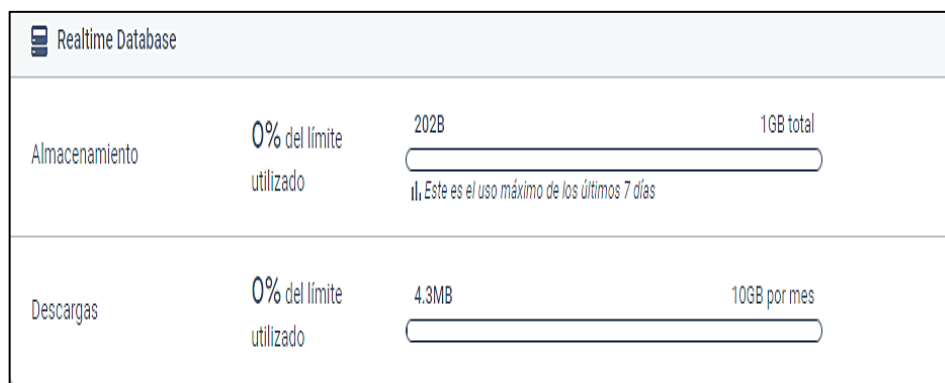


Ilustración 3-13: Realtime Database

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.10.5 Diagrama de flujo de la interfaz de la App

Al comenzar el proceso de creación de la aplicación, el primer paso será enfocarse en el diseño de la interfaz de usuario. Este diseño no se realiza de manera arbitraria, sino que sigue una serie de pasos lógicos y ordenados para asegurar una experiencia de usuario coherente y eficiente. Cada uno de estos pasos se detallan de manera exhaustiva en el siguiente diagrama de flujo el cual actúa como una guía visual que ilustra las etapas del diseño de la interfaz, proporcionando una visión clara de cómo se desarrollará y se implementará cada componente de la interfaz a lo largo del proceso de creación de la aplicación.

Para llevar a cabo la creación de la interfaz de la aplicación correspondiente al cuarto 1, se pueden seguir una serie de pasos específicos y detallados. En primer lugar, es esencial identificar y marcar el punto de inicio del proceso, una vez establecido este punto de partida, se procede a la representación del diseño principal, que en este caso será un Relative Layout. Este Relative Layout actúa como el contenedor principal para los elementos de la interfaz. Dentro de este Relative Layout, se debe crear una Toolbar, que es un componente fundamental de la interfaz, proporcionando a los usuarios una barra de herramientas que facilita la navegación y el acceso a diferentes funciones de la aplicación, además a este toolbar se lo etiqueta. A continuación, se crea un título dentro de la Toolbar. Sigue la sección de Actuadores, después Cada tarjeta (Card1, Card2 y Card3) se crea como un rectángulo con sus respectivos elementos dentro, como imágenes, nombres y estados. Después, se crea la sección de Monitoreo y se representa el estado "Activo". Por último, se crea la Bottom Navigation en la parte inferior del Relative Layout para cambiar a otros Activitys y fin. Mediante la **ilustración 3-14** se podrá observar el diagrama de flujo utilizado para la interfaz de la aplicación.

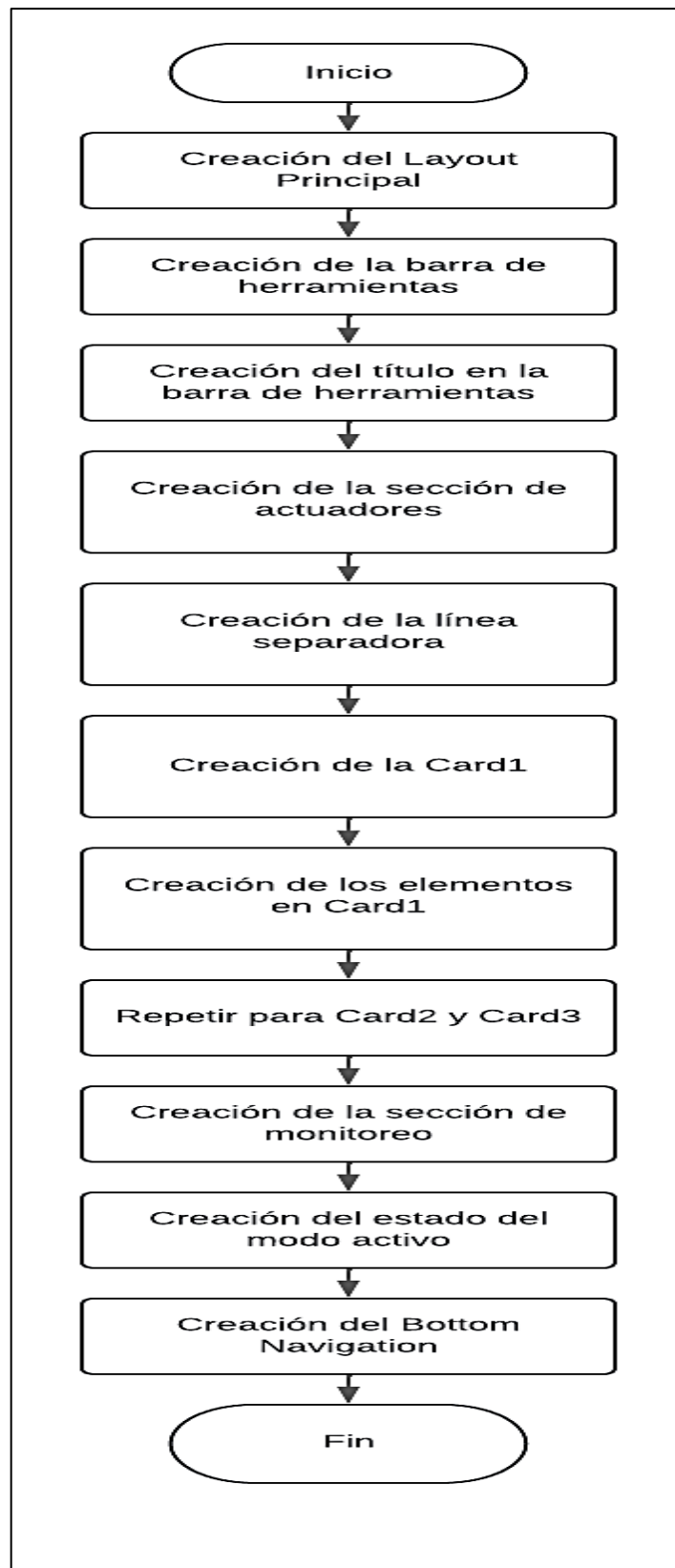


Ilustración 3-14: Diagrama de flujo para la interfaz del cuarto 1

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

3.10.6 Diagrama de flujo para la creación de la App y enlace con Firebase

Al iniciar con la creación de la app que activará el estado de los motores y calderas del complejo El Eucal y su enlace con la plataforma Firebase, el conjunto ordenado de pasos a seguir para creación se detalla en la **ilustración 3-15** que corresponde al siguiente diagrama de flujo.

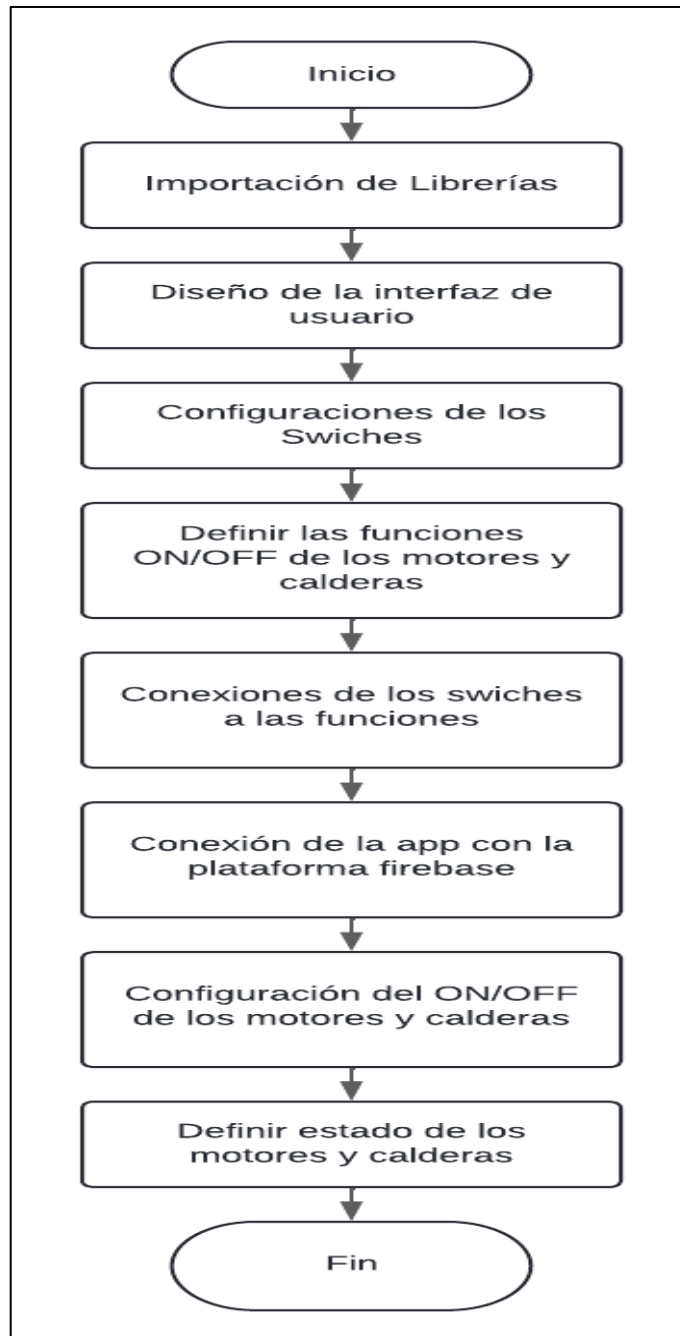


Ilustración 3-15: Creación de la App y enlace con Firebase

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

El proceso inicia con la importación de librerías para procesamiento de imágenes, audios, enlace con Firebase, luego se procede a diseñar la interfaz de usuario, se configuran los ip de los swiches, se definen con las funciones, se realiza la conexión con Firebase, se configura la información del estado de motores, calderas y se define el estado de los motores, calderas.

3.10.7 Base de datos en tiempo real (Firebase Realtime Database)

Para crear la base de datos en donde constará los actuadores clasificados en los cuartos del complejo El Eucal y el resultado que se requiere se establecieron diferentes escalones que se detallan en la siguiente ilustración.

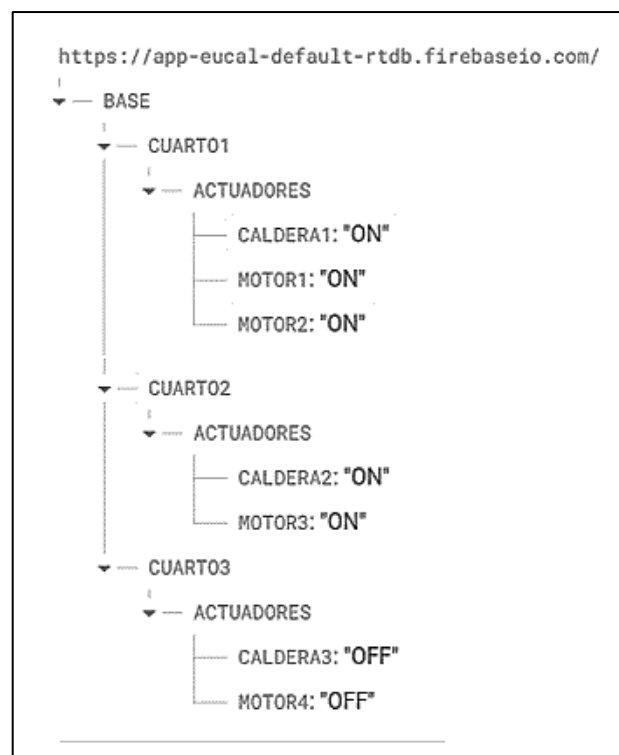


Ilustración 3-16: Realtime Database

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

En la **ilustración 3-16** se muestra los pasos donde en un inicio de sesión en una cuenta con Google, donde se creó la Base en Realtime Database, luego se tuvo que realizar la conexión de la app a Firebase Realtime Data base, se establecieron nodos para cada cuarto de la interfaz de la app y se los definieron como los actuadores los otros nodos en cada cuarto, luego se realiza su definición de elementos y sus estados ON/OFF. Diagrama de flujo de la programación (en Arduino)

En este punto se establece la conexión del módulo ESP32 Arduino con la plataforma Firebase y el LOGO V8, lo cual sigue un conjunto ordenado de pasos a seguir para su funcionamiento que se detalla en el siguiente diagrama de flujo.

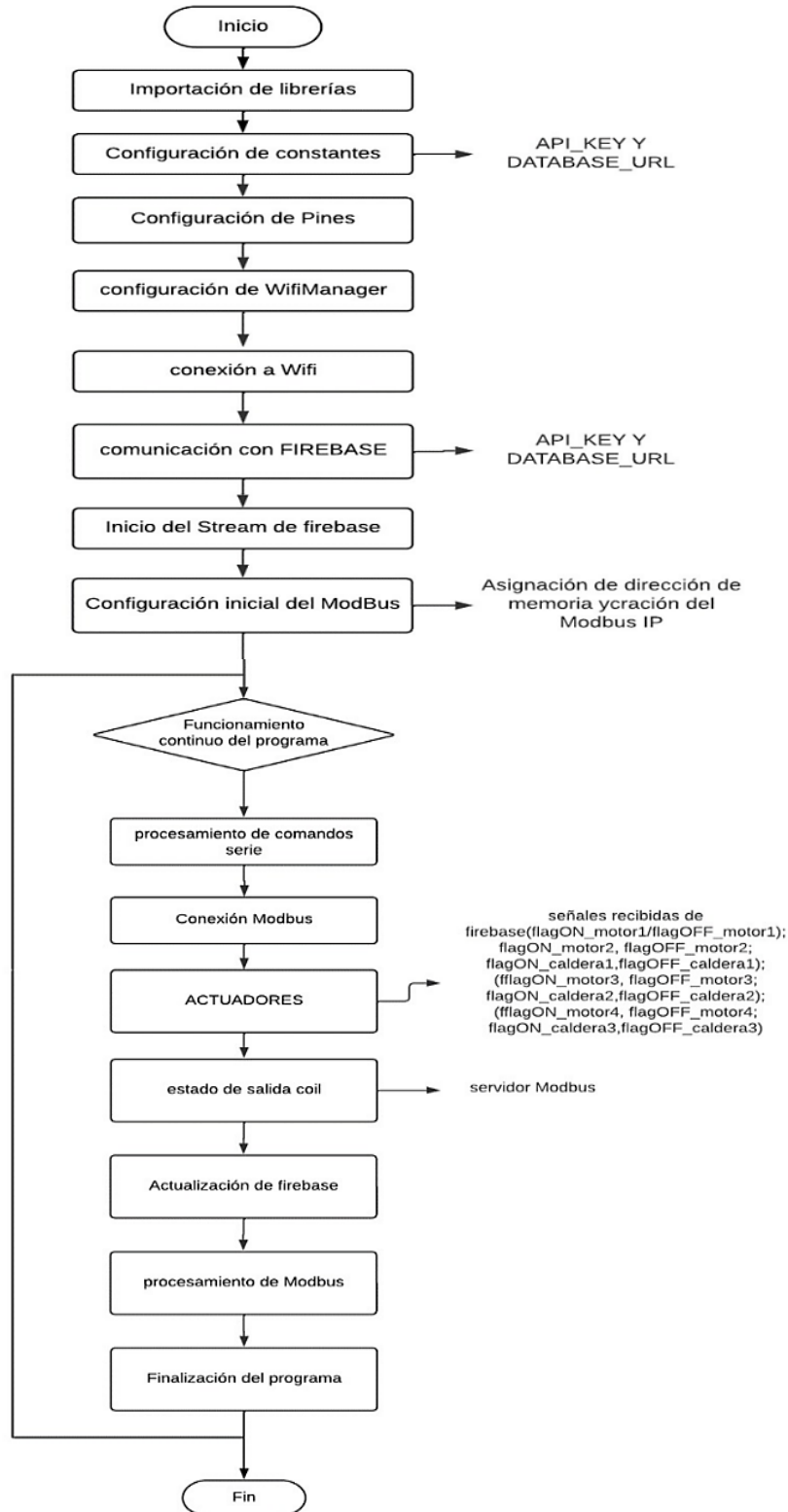


Ilustración 3-17: Programación Arduino

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

Como se observa en la **ilustración 3-17**, el programa comienza con la importación de las librerías necesarias y la configuración de constantes, seguido de la asignación de pines y la configuración de la conexión WiFi a través de WiFi Manager. Luego, se realiza la configuración de Firebase con las credenciales y se inicia el streaming de datos. Dentro del bucle principal, se ejecutan una serie de acciones repetitivas. Estas acciones incluyen el procesamiento de comandos, la verificación de la conexión Modbus, el control de actuadores, la lectura del estado de las salidas y la actualización de Firebase con datos relevantes. Después de completar estas acciones, el programa regresa al inicio del bucle para repetir el proceso continuamente mientras el programa está en funcionamiento.

3.10.8 Diagrama de flujo integración del controlador lógico programable

Para la última etapa de programación se debe relacionar el controlador lógico programable (LOGO V8) con los respectivos comandos recibidos desde el módulo ESP32 y controlar efectivamente el encendido y apagado de las calderas. En la **ilustración 3-18** se muestra el diagrama de flujo para la integración del controlador lógico programable.

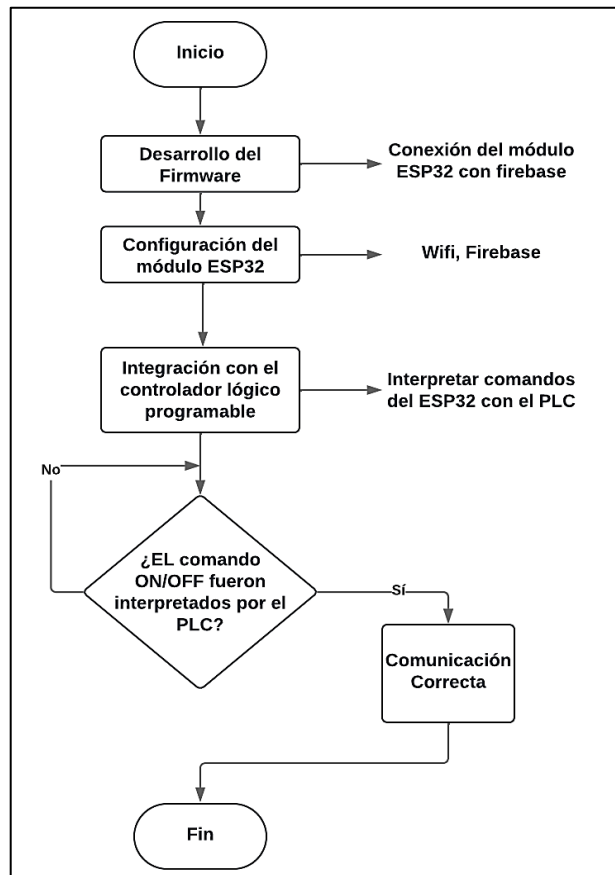


Ilustración 3-18: Interpretación de comandos

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023.

El proceso de activación de los elementos a través de la aplicación representa una secuencia de pasos esenciales. Inicia con el desarrollo del firmware para el módulo ESP32, seguido por la configuración para establecer una comunicación segura con Firebase. Luego, se integra con el LOGO V8, asegurando la correcta interpretación de comandos y decisiones de encendido/apagado. Finalmente, se garantiza una comunicación coherente y segura entre todos los componentes.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos, posteriormente se analizó y se revisó el funcionamiento demostrando que si cumple con los requerimientos y se verifica su operatividad en hardware y software. La aplicación diseñada para el control remoto en la zona húmeda del complejo El Eucal, representa una solución integral que aprovecha la plataforma Firebase para la gestión de datos y la conectividad remota. Al vincularse con un módulo ESP32 y un controlador lógico programable (CLP) de la serie V8, la aplicación facilita el monitoreo y control eficiente del estado de los elementos a través de una interfaz intuitiva. Además, se implementó un dispositivo de temperatura REXC100 que automatiza el tiempo de operación del elemento calefactor, activándola y desactivándola en un intervalo óptimo de temperatura.

4.1 Interfaz Gráfica

En esta sección se podrá observar la interfaz gráfica de las ventanas correspondientes a cada cuarto de máquina, además de que esta ofrece un diseño fácil de entender y manipular.

4.1.1 Ventana del cuarto 1

En la **ilustración 4-1** se muestra el área principal del cuarto 1, a continuación, se detalla la funcionalidad y asignaciones de cada uno de los botones dentro de la interfaz gráfica de la aplicación desarrollada.

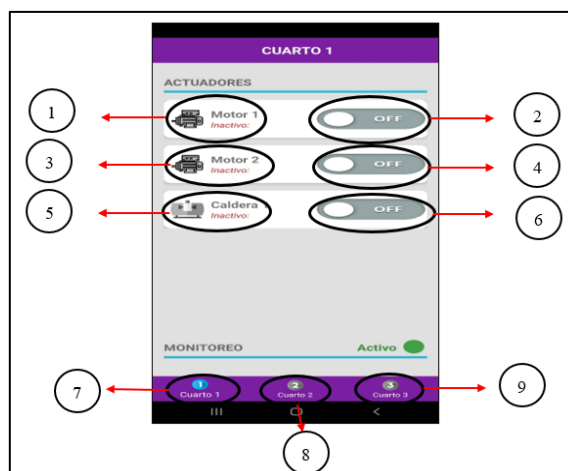


Ilustración 4-1: Interfaz gráfica del cuarto 1

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Tabla 4-1: Designación de cada elemento del cuarto 1

NOMBRE	DESIGNACIÓN
1	Motor 1 del cuarto 1
2	Encendido y apagado del motor 1
3	Motor 2 del cuarto 1
4	Encendido y apagado del motor 2
5	Motor 1 de la caldera del cuarto 1
6	Encendido y apagado del motor de la caldera
7	Botón para dirigirse al cuarto 1
8	Botón para dirigirse al cuarto 2
9	Botón para dirigirse al cuarto 3

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2023

4.1.2 Ventana del cuarto 2

Mediante la **ilustración 4-2**, se observa los botones y, además, la funcionalidad y asignaciones de cada uno de estos dentro de la interfaz gráfica de la aplicación desarrollada.

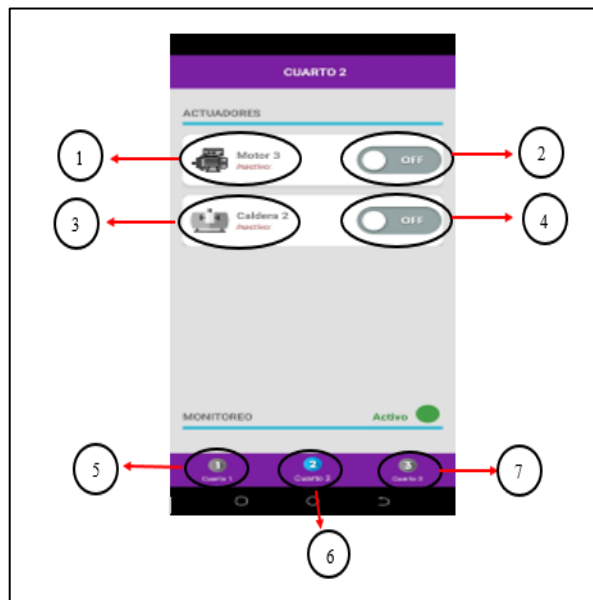


Ilustración 4-2: Interfaz gráfica del cuarto 2

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Tabla 4-2: Designación de cada elemento del cuarto 2

NOMBRE	DESIGNACIÓN
1	Motor 3 del cuarto 2
2	Encendido y apagado del motor 3
3	Motor 2 de la caldera del cuarto 2
4	Encendido y apagado del motor de la caldera
5	Botón para dirigirse al cuarto 1
6	Botón para dirigirse al cuarto 2
7	Botón para dirigirse al cuarto 3

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.1.3 Ventana del cuarto 3

Mediante la **ilustración 4-3**, se da a conocer los botones y a continuación la funcionalidad y asignaciones de cada uno de ellos dentro de la interfaz gráfica de la aplicación desarrollada.

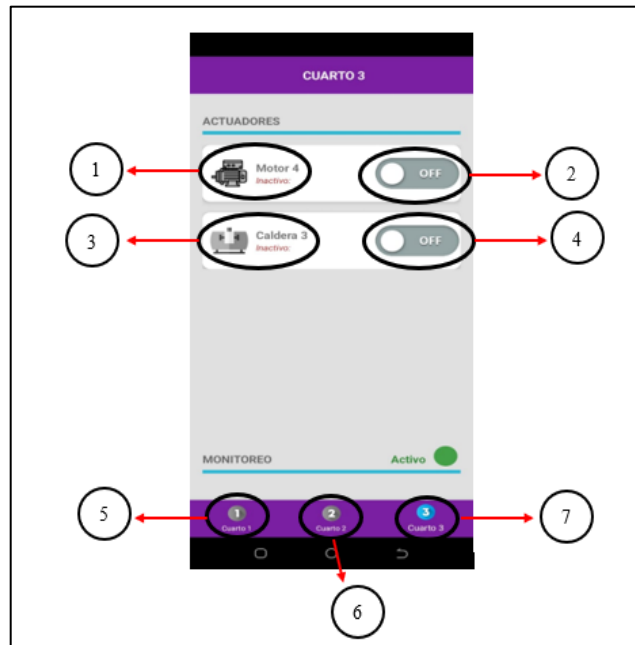


Ilustración 4-3: Interfaz gráfica del cuarto 3

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Tabla 4-3: Designación de cada elemento del cuarto 3

NOMBRE	DESIGNACIÓN
1	Motor 4 del cuarto 3
2	Encendido y apagado del motor 4
3	Motor 3 de la caldera del cuarto 3
4	Encendido y apagado del motor de la caldera
5	Botón para dirigirse al cuarto 1
6	Botón para dirigirse al cuarto 2
7	Botón para dirigirse al cuarto 3

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.2 Respuesta física y su interacción de Datos con Firebase

En la tabla 4-4 se describe como el dispositivo implicado, los elementos, el tipo de acción realizada (encendido o apagado), el tiempo exacto de accionamiento en microsegundos y los datos transmitidos tanto desde la aplicación hacia la nube como los recibidos de la nube hacia la aplicación. Con el objetivo de evaluar el rendimiento del sistema al analizar el tiempo exacto de accionamiento, considerando la latencia de red al transmitir datos entre la aplicación y la nube.

Tabla 4-4: Tiempos e Interacción de Datos

Elemento	Tipo de Acción	Tiempo de Accionamiento (μs)	Datos Enviados a la Nube (Kilobytes)	Datos Recibidos de la Nube (Bytes)
Motor 1	Encendido	996 μs	104 KB	202 B
Motor 2	Encendido	980 μs	84 KB	198 B
Caldera 1	Encendido	987 μs	106 KB	204 B
Motor 3	Encendido	1016 μs	94 KB	208 B
Caldera 2	Encendido	1028 μs	103 KB	210 B
Motor 4	Encendido	1048 μs	102 KB	198 B
Caldera 3	Encendido	1036 μs	88 KB	208 B
Motor 1	Apagado	986 μs	109 KB	195 B
Motor 2	Apagado	993 μs	105 KB	179 B
Caldera 1	Apagado	998 μs	88 KB	196 B

Motor 3	Apagado	1006 μ s	93 KB	200 B
Caldera 2	Apagado	1012 μ s	99 KB	186 B
Motor 4	Apagado	1052 μ s	96 KB	204 B
Caldera 3	Apagado	1073 μ s	87 KB	195B

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Con los tiempos se comenzó a analizar el rendimiento medido en microsegundos y su comparación con otros elementos y tipo de acciones, identificando tendencias o posibles áreas de mejora en términos de rendimiento temporal.

Posteriormente con los datos obtenidos sobre la latencia de red al transmitir datos en términos de kilobytes, se procede a determinar que tiene muy buena eficiencia en la transmisión de datos.

Con los tiempos obtenidos se ha procedido a determinar el error porcentual existente en el tiempo de Accionamiento de los elementos entre las dos acciones (encendido, apagado), esto se puede observar en la tabla 4-5.

Tabla 4-5: Error Porcentual

Elemento	Tiempo de Encendido (μ s)	Tiempo de Apagado (μ s)	Error (%) Tiempo de Encendido	Error (%) Tiempo de Apagado
Motor 1	996	986	1,68%	3,06%
Motor 2	980	993	3,26%	2,37%
Caldera 1	987	998	2,57%	1,88%
Motor 3	1016	1006	0,30%	1,10%
Caldera 2	1028	1012	1,48%	0,51%
Motor 4	1048	1052	3,46%	3,43%
Caldera 3	1036	1073	2,27%	5,49%
PROMEDIO	1013	1017	2,14%	2,55%

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Entre los tiempos obtenidos por el tiempo de accionamiento (encendido, apagado), para cada elemento se obtiene un porcentaje de error, el cual indica una buena precisión. Por ejemplo, cuando se realiza el accionamiento (encendido) de los elementos se obtiene un porcentaje de 2,14% y para el accionamiento(apagado) de los elementos se obtiene un porcentaje de 2,55%. Con esto se resuelve que la funcionalidad de la aplicación es óptima y no tiene retrasos cuando se da accionamiento a los elementos,

Después de realizar pruebas exhaustivas, hemos confirmado el rendimiento óptimo de la aplicación, la cual mantiene una conexión en tiempo real con la plataforma Firebase. Esta integración se realiza mediante un enlace coherente que vincula de manera eficiente la aplicación con el módulo ESP32 y el controlador lógico programable.

Con las pruebas ejecutadas se ha verificado el funcionamiento de la aplicación el cual permite una sincronización fluida y efectiva entre los diversos componentes, garantizando un funcionamiento consistente y confiable, además los resultados arrojados cumplen con los objetivos y con los requerimientos planteados para llevar a cabo el control y monitoreo inteligente basado en IoT para la zona húmeda del complejo El Eucal.

En este análisis, se procede a examinar la relación temporal entre las acciones de encendido y apagado de elementos mediante la creación de un diagrama de dispersión. Cada punto en el gráfico representará una instancia específica de estas actividades, y la posición relativa de estos puntos brindará información valiosa sobre la correlación temporal y la eficiencia del proceso.

Tabla 4-6: Diagrama de Dispersión

Áreas	Elemento	Tipo de Acción	Tiempos de Accionamiento (μ s)	Error (%)
Cuarto 1	Motor 1	Encendido	996	1,68
	Motor 2	Encendido	980	3,26
	Caldera 1	Encendido	987	2,57
Cuarto 2	Motor 3	Encendido	1016	0,30
	Caldera 2	Encendido	1028	1,48
Cuarto 3	Motor 4	Encendido	1048	3,46
	Caldera 3	Encendido	1036	2,27
Cuarto 1	Motor 1	Apagado	986	3,06
	Motor 2	Apagado	993	2,37
	Caldera 1	Apagado	998	1,88
Cuarto 2	Motor 3	Apagado	1006	1,10
	Caldera 2	Apagado	1012	0,51
Cuarto 3	Motor 4	Apagado	1052	3,43
	Caldera 3	Apagado	1073	5,49

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

En la **ilustración 4-4** se presenta de manera gráfica y detallada la distribución de los puntos correspondientes a los distintos tipos de accionamiento, específicamente los de encendido y apagado. Esta visualización permite no solo observar la ubicación de cada punto, sino también analizar cómo estas dos actividades de accionamiento interactúan entre sí dentro del sistema. Además, se puede evaluar la correlación existente entre los estados de encendido y apagado, proporcionando una comprensión más profunda de su interdependencia y comportamiento.

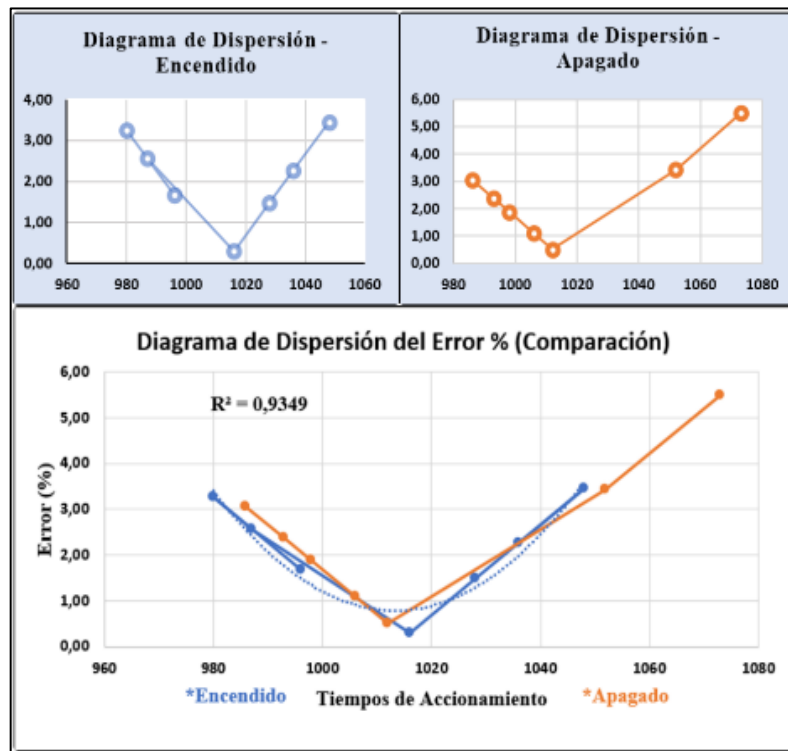


Ilustración 4-4: Diagramas de Dispersión

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Para aumentar la explicación en la **ilustración 4-4**, se observa que la correlación temporal del cuarto 1 tiene una relación lineal clara en lo que respecta al tiempo de accionamiento, no tienen retrasos significativos pero las actividades si son independientes, para el cuarto 2 se tiene una dispersión mínima lo cual se interpreta como variabilidad en el rendimiento, por último, en el cuarto 3 se encontró un patrón inusual donde el tiempo de apagado es significativo al tiempo de encendido esto implica que existen problemas operativos o áreas de mejora, en particular se recomienda optimizar aún más el servicio al considerar la posibilidad de mejorar la calidad de la señal de internet con su mejora contribuirá a una ejecución más eficiente de las acciones, reduciendo variaciones en los tiempos de accionamiento.

4.3 Resultados gráficos de la base de datos firebase

En los resultados gráficos de la base de datos de firebase se puede visualizar importante información sobre como el usuario esta interactuando con el uso de la aplicación, los datos que se están descargando en la nube, los elementos que el usuario acciona con más regularidad y los elementos que menos esta accionando.

4.3.1 Gráficas de descargas de la base de datos

En la **ilustración 4-5** se puede observar los bytes descargados desde la base de datos por fechas y la cantidad de Bytes aumenta o disminuyen debido a las acciones que toma el usuario al interactuar con la aplicación, como por ejemplo el 7 de enero de 2024 el usuario interactuó con la aplicación y su cantidad de descarga de la base de datos se reflejó en 420,21 KB.

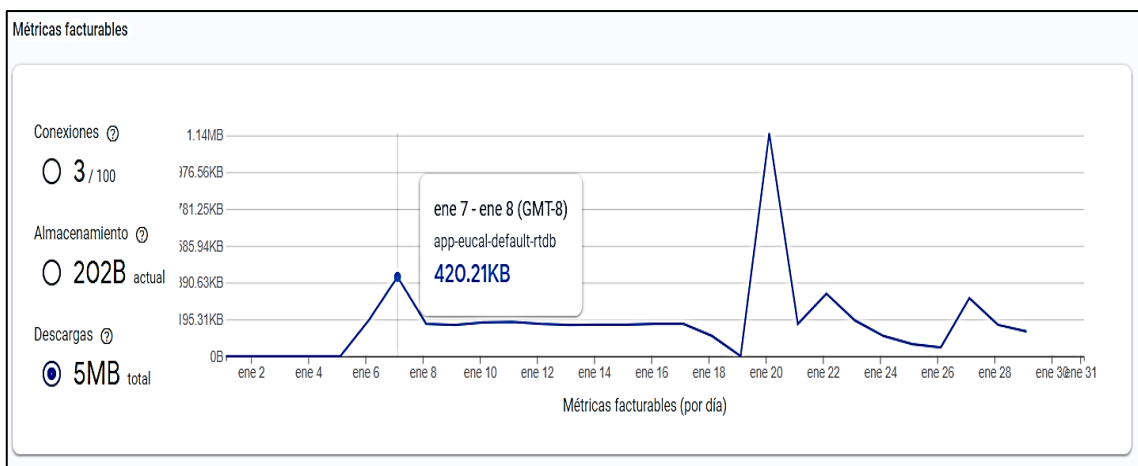


Ilustración 4-5: Descargas de Bytes

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

En la **ilustración 4-6**, se puede observar de forma visual la cantidad de descargas de Bytes cuando se realizó la prueba de accionamiento de todos los elementos del complejo, obteniendo como resultado una cantidad de 1160 KB por realizar la activación y desactivación de todos los elementos, notando que los datos descargados de la base de datos no representa un problema para el funcionamiento optimo de la aplicación.

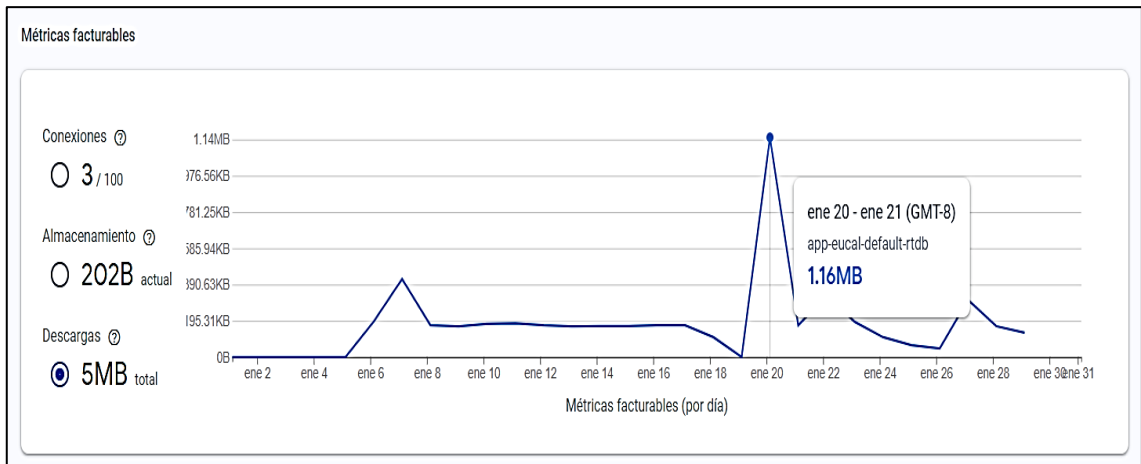


Ilustración 4-6: Prueba de Descargas de Bytes

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.3.2 Tiempo de Interacción medio

En la **ilustración 4-7** se observa de manera visual tres parámetros de interacción con el usuario; el tiempo de interacción medio, sesiones con interacción por usuario y el tiempo de interacción por sesión, todo esto en el periodo de facturación actual del enero 1 al febrero 1, lo que permite saber que el usuario le toma 4 minutos en interactuar con la aplicación y dar accionamiento a los elementos que desea activar para las funciones del complejo.

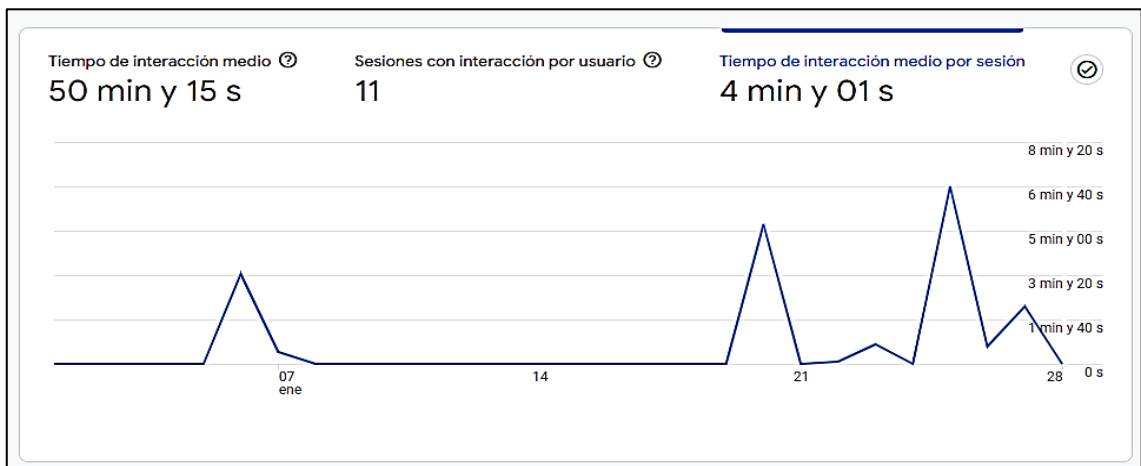


Ilustración 4-7: Tiempo de Interacción

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.3.3 Vistas por ruta de página

En la **ilustración 4-8**, se obtiene los datos de las vistas que se obtuvieron en el periodo de prueba del 1 de enero hasta el 1 de febrero de 2024, lo cual se obtuvieron 201 vistas el cual por medio de

la base de datos se puede visualizar el número de ocasiones donde el usuario interactuó más en la aplicación, con la tabla de resultados de vistas por página se logra apreciar que el MainActivity (Cuarto 1) obtiene 64 vistas siendo un 31,84%, para el Cuarto 2 se tiene 57 vistas, lo cual es el 28.36%, es decir que el usuario interactuó y procedió con el accionamiento de forma regular para los elementos que se encuentran en el Cuarto 1 y el Cuarto 2, también se observa que el usuario no interactúa con regularidad en el accionamiento de los elementos del Cuarto 3 puesto que el valor de vistas son 33 de 201, siendo esto un 16,42% de vistas.



Ilustración 4-8: Vistas por Página

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.4 Análisis del Controlador de temperatura

Empleando el instrumento de medición para controlar la temperatura, se llevó a cabo una meticulosa recopilación de los datos térmicos emanados en el espacio designado para la sauna. Este procedimiento culminó en la generación de una tabla que exhibe con precisión los diversos valores de temperatura registrados durante todo el proceso de observación y registro. A continuación, en las siguientes ilustraciones se observa la termocupla en las diferentes posiciones las cuales fueron implementadas para escoger su punto óptimo.



Ilustración 4-9: Sensor de temperatura en lado inferior

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024



Ilustración 4-10: Sensor de temperatura en lado superior

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Tabla 4-7: Controlador de Temperatura

Punto	Esquina Izquierda	Mitad del Cuarto	Esquina Derecha	Entrada del Cuarto	Diferencia Izquierda-Mitad	Diferencia Derecha-Mitad
Superior	85°C	83°C	85°C	78°C	2°C	2°C
Central	82°C	77°C	83°C	78°C	5°C	6°C
Inferior	76°C	70°C	78°C	73°C	6°C	8°C

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

La tabla 4-7 permite observar y comparar las variaciones de temperatura en diferentes puntos del cuarto de la sauna en puntos específicos, así como también las diferencias relativas entre esos puntos, esta integración inteligente del controlador de temperatura no solo mejora la eficiencia energética también contribuye a una gestión más eficaz y sostenible.

4.5 Curva de Histéresis (Rango de la Temperatura)

En la **ilustración 4-11** de la gráfica de la curva de histéresis se logra observar que la temperatura está permitida en el rango establecido de 75 a 85 grados Celsius, por otro lado, la histéresis que observamos es de 5, significa hay una discrepancia de 5 unidades entre los valores en los puntos donde la curva alcanza su máximo al aumentar y su mínimo al disminuir.

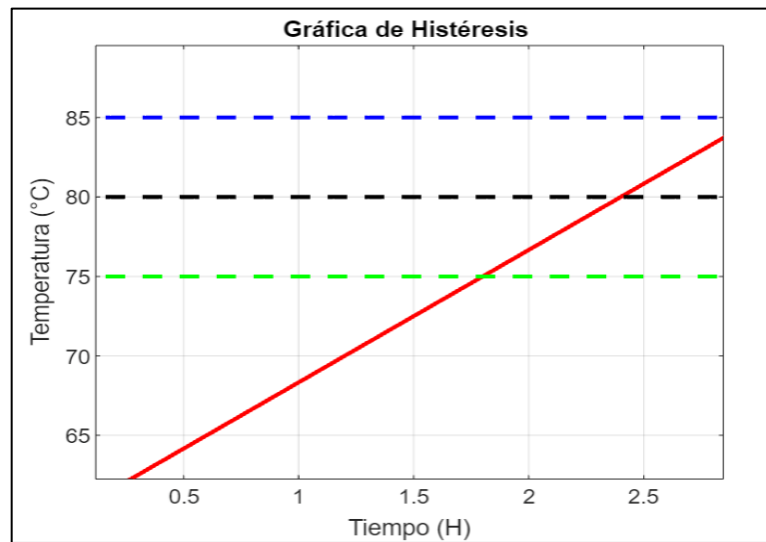


Ilustración 4-11: Gráfica de histéresis rango de la temperatura

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.6 Gráfica del consumo de combustible vs el tiempo

En la **ilustración 4-12** se puede observar la gráfica del consumo de combustible vs el tiempo de la caldera 2 perteneciente al cuarto 2 de las instalaciones del complejo, teniendo en cuenta que su consumo es de 1 Gal/hora y que el tiempo de operatividad por día activo es de 10 horas siendo su consumo anterior de 10 Gal.

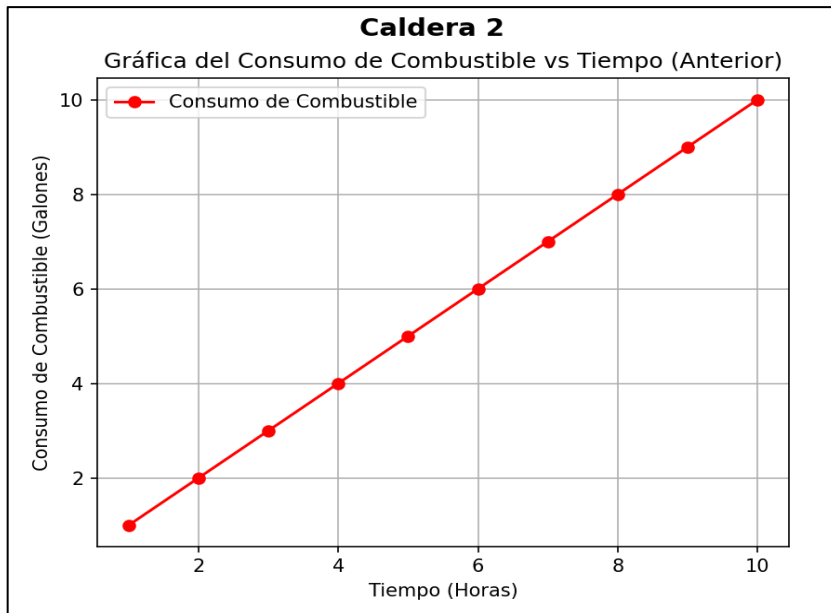


Ilustración 4-12: Caldera 2, consumo anterior

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

En la **Ilustración 4-13**, se puede visualizar por la gráfica mejorada del consumo de combustible vs el tiempo de la caldera 2, esta mejora se aprecia gracias al controlador de temperatura implementado el cual permitió optimizar el tiempo de operatividad y su consumo de combustible, disminuyendo un 30%, siendo 7 horas operativas y su consumo de combustible de 7 Gal.

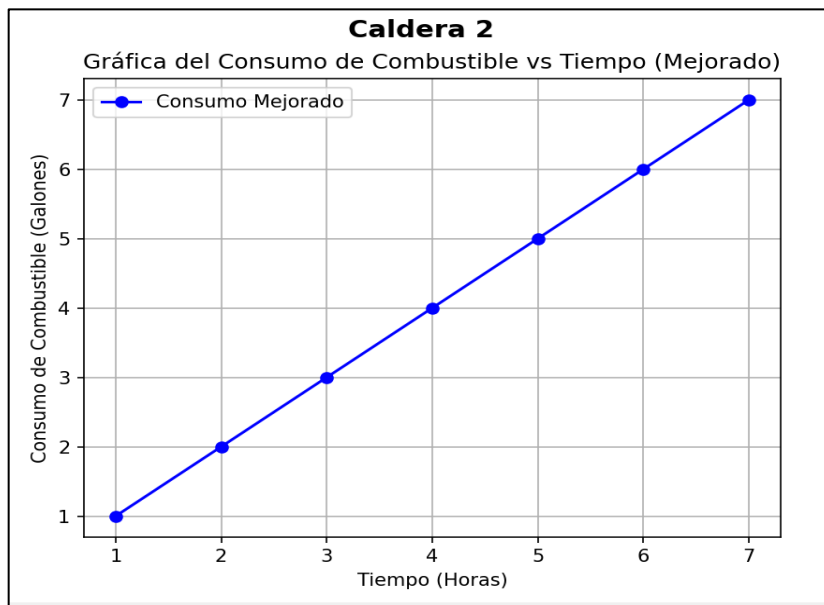


Ilustración 4-13: Caldera 2, consumo mejorado

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.7 Gráfica del consumo eléctrico de la bomba 4

En la **ilustración 4-14** se puede observar el consumo eléctrico (kWh) de la bomba 4 ubicada en el cuarto 3 de las instalaciones del complejo el Eucal, las características de la bomba 4 son de 220V (trifásica) con 3 hp de potencia, estos datos permiten saber su consumo en kW por hora siendo de 2,33 kWh, pero su operatividad por día activo es de 12 horas siendo un consumo de 26,84 kWh.

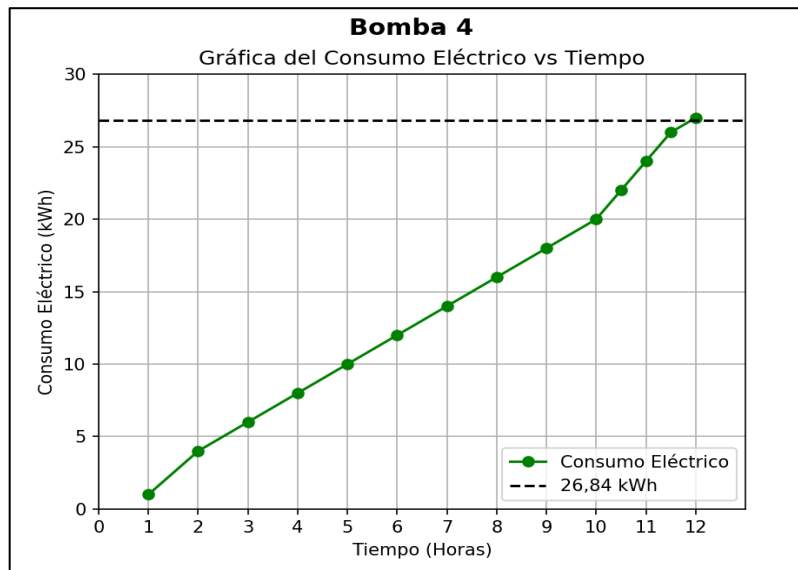


Ilustración 4-14: Consumo Eléctrico - Bomba 4

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

4.8 Encuesta de Aceptación

Se llevo a cabo el análisis de una encuesta diseñada para evaluar el nivel de aceptación de las mejoras realizadas mediante la implementación de un sistema para el control y monitoreo inteligente basado en IoT en la zona húmeda del complejo "El Eucal". Esta encuesta se ha concebido con el propósito de obtener una comprensión detallada de la percepción de los usuarios hacia las mejoras introducidas, así como su disposición a adoptar y utilizar activamente las soluciones propuestas.

4.8.1 Tabulación y análisis de la encuesta

Pregunta 1:

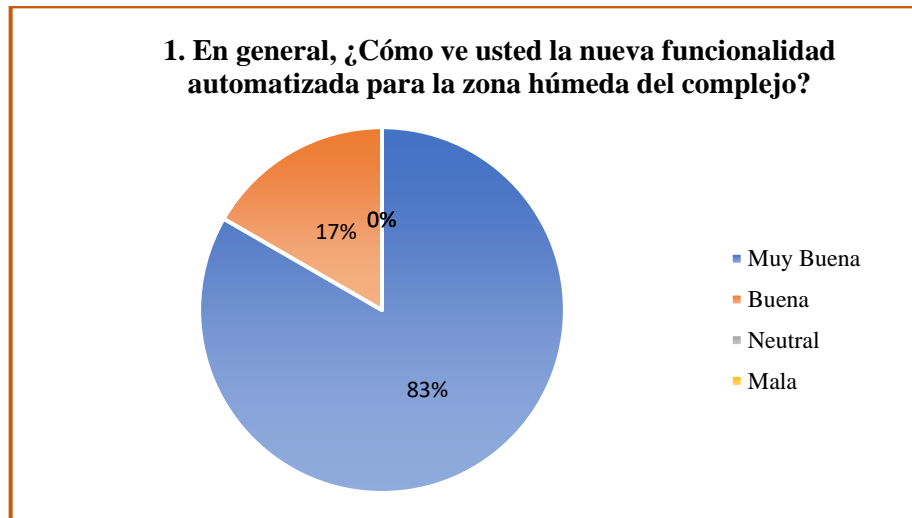


Ilustración 4-15: Nueva funcionalidad automatizada para la zona húmeda

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 83% de las personas concluyen que la nueva funcionalidad automatizada para la zona húmeda es muy buena, mientras que el 17% que equivale a una persona, menciona que es buena la funcionalidad automatizada.

Pregunta 2:

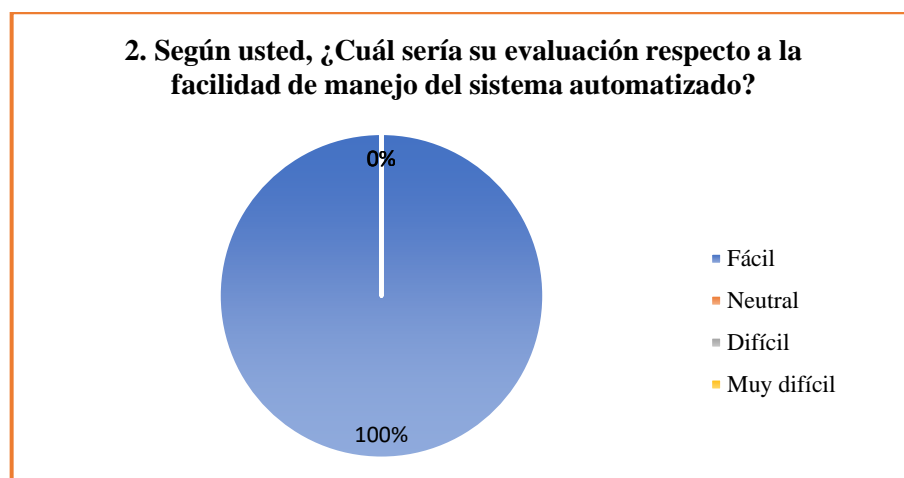


Ilustración 4-16: Evaluación respecto a la facilidad de manejo del sistema.

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 100% de las personas concluyen que la nueva facilidad de manejo del sistema automatizado es fácil, dando así una buena expectativa sobre el trabajo realizado.

Pregunta 3:

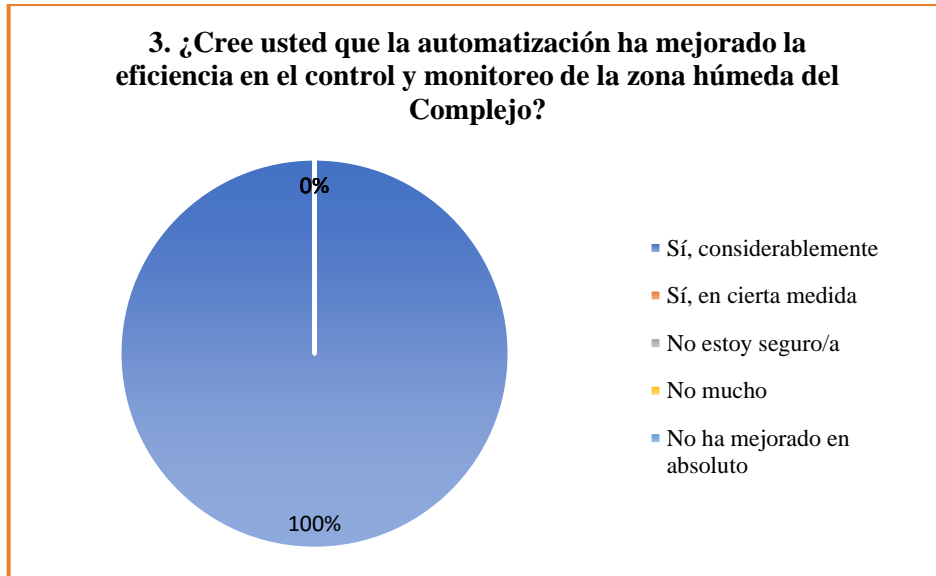


Ilustración 4-17: Mejora de la eficiencia en el control y monitoreo

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 100% de las personas indican que, la automatización ha mejorado considerablemente la eficiencia en el control y monitoreo de la zona húmeda del complejo.

Pregunta 4:

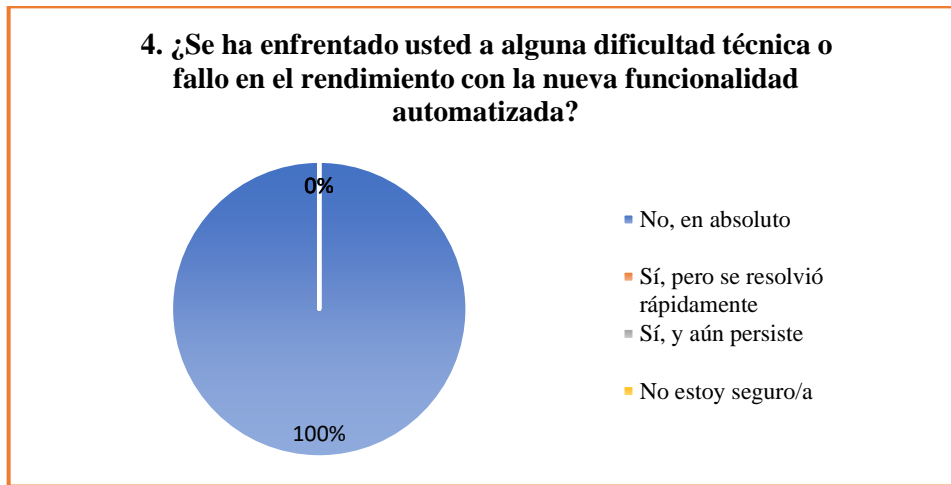


Ilustración 4-18: Dificultad técnica o fallo en el rendimiento

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 100% de las personas indican que, no se han enfrentado en absoluto a alguna dificultad técnica o fallo en el rendimiento con la nueva funcionalidad automatizada, lo cual da a entender que el trabajo se concretó de manera eficiente.

Pregunta 5:

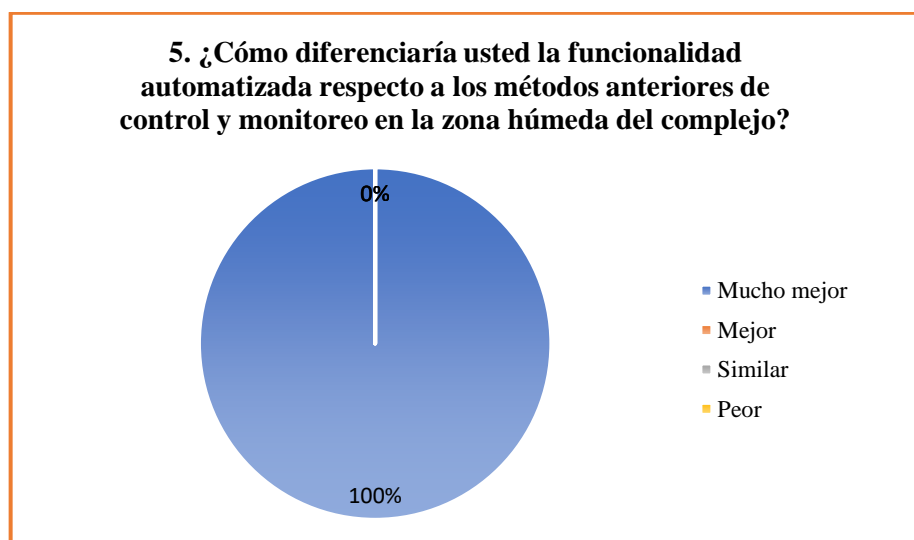


Ilustración 4-19: Diferencia de la funcionalidad actual y métodos anteriores.

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 100% de las personas indican que, la funcionalidad automatizada actual es mucho mejor que los métodos anteriores de la zona húmeda.

Pregunta 6:

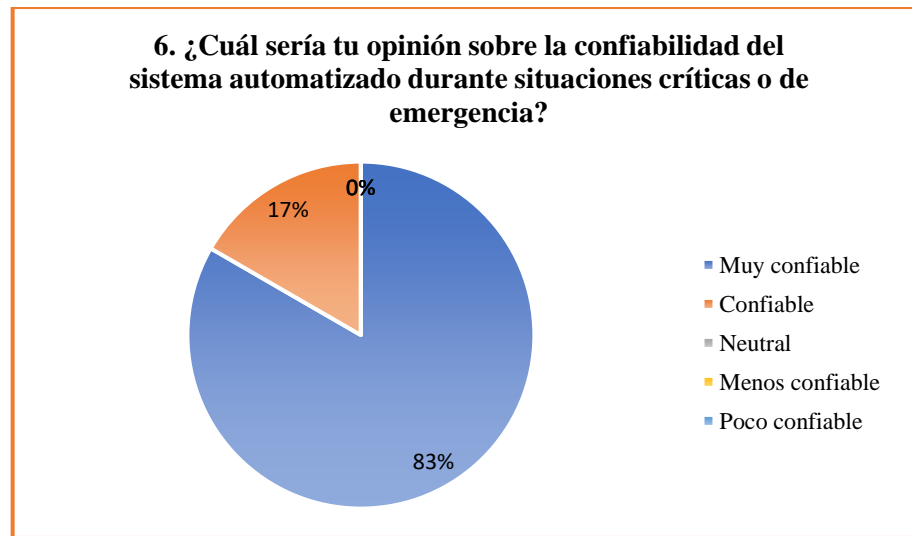


Ilustración 4-20: Confiabilidad del sistema automatizado

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 83% de las personas indican que, la confiabilidad del sistema automatizado durante situaciones críticas o de emergencia es muy confiable, mientras que el 17% indica que es confiable, por ende, se tiene que el nuevo sistema es confiable.

Pregunta 7:

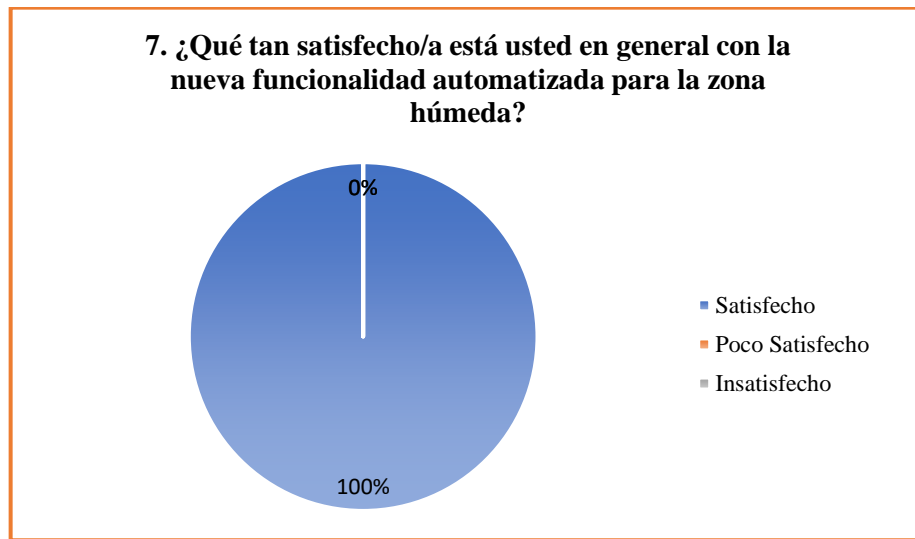


Ilustración 4-21: Satisfacción general de la nueva funcionalidad automatizada

Realizado por: Campoverde J, Olmedo R, 2024

Análisis:

Mediante los resultados obtenidos a través de las tabulaciones se obtuvo que, el 100% de las personas indican que, si se encuentran satisfechos con la nueva funcionalidad automatizada de la zona húmeda, ya que cumple con todas las expectativas de las personas encargadas de este sistema.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través del análisis de la situación actual, se identificó la ausencia de sistemas de control adecuados, lo cual motivó la realización de una planimetría detallada del sitio y la creación de planos de control utilizando el software CADE Simu. Esto permitió comprender mejor las necesidades y condiciones existentes. La inspección de los elementos electrónicos del complejo determinó que un 85% estaban en buen estado, un 10% parcialmente funcionales y un 5% dañados.
- Mediante una revisión bibliográfica exhaustiva, se optó por utilizar Android Studio debido a su robustez y flexibilidad en la creación de aplicaciones móviles. En cuanto al hardware, se determinó que el módulo ESP32 es el más adecuado para satisfacer los requisitos de comunicación entre la aplicación y la plataforma de control. Además, se seleccionó el logo V8 como el componente final de hardware debido a su salida Ethernet, que asegura una conexión estable y de alta velocidad, alineándose perfectamente con las necesidades y a su vez garantizando la funcionalidad y la eficacia del sistema.
- Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema permite el accionamiento remoto seguro de los dispositivos en la zona húmeda. Se determinó que existe una correlación entre la velocidad de respuesta del sistema y la velocidad de la conexión a internet, teniendo un rango de variación en el accionamiento de 980 μ s a 1073 μ s, tomando en consideración que dependerá de la banda ancha de red a la que el usuario esté conectado.
- Al integrar un dispositivo de control de temperatura con una termocupla, se logró una optimización significativa en el funcionamiento del sistema. Este dispositivo permitió una gestión más eficiente de la temperatura en la sauna, reduciendo el tiempo de uso de la caldera de 10 horas a 7 horas y disminuyendo el consumo de combustible de 10 galones a 7 galones, lo que se tradujo en un ahorro significativo del 30% en combustible.

5.2. Recomendaciones

- Establecer un plan de mantenimiento periódico para garantizar que el sistema de IoT siga funcionando de manera eficiente a lo largo del tiempo. Además, es importante estar al tanto de las actualizaciones de software y hardware que puedan mejorar el sistema.
- Es fundamental proporcionar una capacitación exhaustiva al personal responsable de la operación y el mantenimiento del sistema de control y monitoreo IoT. Esta formación debe incluir tanto aspectos teóricos como prácticos, cubriendo todos los componentes y funcionalidades del sistema, esto asegurará un uso efectivo y evitará problemas operativos.
- En los resultados de las pruebas realizadas se observó un mayor tiempo de respuesta fuera del complejo, se podría considerar que el usuario mejore la conectividad externa para garantizar un monitoreo eficaz desde cualquier ubicación.
- Se podría explorar la posibilidad de integrar el sistema de IoT con otros sistemas futuros para que el complejo cuente con una gestión más integral de las instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDRADE, Juan.** Criptonube. *FIREBASE*. [En línea] 2022. (United State of America), vol. 127 (2), págs. 199-205. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://criptonube.com/2022/11/firebase/>.
2. **ANDRÉS CHINACHI, Jorge Rios.** *Diseño De Una Red WSN Para el Edificio Saint Charbel Gestionado A Través De Una Plataforma IoT De Código Abierto*. [En línea] Washington-USA: Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition, 2020. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19389/1/UPS%20-%20TTS200.pdf>.
3. **ARCE, Andrés.** Repositorio ucsg. “*Diseño e implementación de módulos estándares de controles eléctricos en el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para Desarrollo*”. [En línea] 2019. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12744/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-213.pdf>.
4. **BARBECHO BARBECHO, Erick Andrés & LLIVISACA GUTIÉRREZ, Iván Raúl.** Diseño e implementación de una plataforma basada en iot para la gestión de promociones de artículos en establecimientos comerciales. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador-Cuenca 2021. págs. 20-23. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20776>
5. **BRYAN LOPEZ, José Henao.** Diseño e implementación de un sistema de medición de temperatura para arreglos fotovoltaicos. *Repositorio itm*. [En línea] 2021. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5559/Bryan%20Steven_%20Angel%20Lopez_2021.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
6. **CORREA VARAS, Jorge Stalin & ZAVALA CHACÓN, Isaac German.** Diseño e implementación de un sistema de detección y monitoreo de gas metano en una maqueta de planta de tratamiento de aguas. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador- Guayaquil. 2020. [Consulta: 15 de Junio de 2023.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18651/4/UPS-GT002926.pdf>.

7. **CHANGO, Álvaro.** Diagnostico Térmico Del Sistema De Generación Y Distribución De Vapor En El Área De Lavandería Y Esterilización Del Hospital General Provincial Latacunga. *Repositorio UTA*. [En línea] 2017. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26799/1/Tesis%20I.%20M.%20416%20-%20Chango%20Ca%C3%B1a%20Alvaro%20Fernando.pdf>.
8. **CHICAIZA, Diego.** Desarrollo De Una Aplicación Híbrida E-Commerce Para La Gestión De Ventas De La Empresa " Calzado Anabel". [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador-Cuenca. 2020. [Consulta: 12 de Julio 2023.] Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30726/1/Tesis_t1678si.pdf.
9. **CHOÉZ, Jorge.** Diseño de un módulo con microcontroladores pic como herramienta didáctica para el fortalecimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de robótica de la carrera de ingeniería en computación y redes. *Repositorio unesum*. [En línea] 2017. [Consulta: 12 de Julio 2023.] <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/990/1/Proyecto%20de%20Investigaci%C3%B3n-Jorge-Cho%C3%A9z.pdf>.
10. **CHONATA, Eteban.** Diseño e implementación de un sistema de calentamiento de agua de una piscina en un complejo vacacional de la provincia de tungurahua. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador-Cuenca 2011. [Consulta: 02 de Mayo 2023.] Disponible en: https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/5775/45348_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
11. **CRUZ, Gerardo. 2017.** *Automatización de estación para remachado de componentes*. [En línea] 2017. [Consulta: 02 de Mayo 2023.] Disponible en: <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/274/1/ETM-JCR-2017.pdf>.
12. **GUSTAVO BARONA, Luis Velasteguí.** Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. *Sefarad* [en línea], (Quito) 2021, Vol. 3. págs. 309-344. [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN: 2773-7330, Disponible en: <https://www.bihl-wiedemann.de/en/applications/communication/iiot-and-industry-40-with-bihl->

13. **GONZALEZ, Ghian a.** Implementación De Reles Programables en Módulos De Práctica De Controles Eléctricos. *Repositorio ucsg*. [En línea] 1 2019. [Consulta: 26 de Julio de 2023.] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12506/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-184.pdf>.
14. **GUILUMBA, Dario. 2020.** *Prototipo De Una Estación De Auto-Lavado Utilizando Sistemas De Control Inteligentes*. [En línea] 2020. [Consulta: 17 de Junio de 2023.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31218>.
15. **GARCÍA SÁNCHEZ, Marcelo Vladimir & GUIZADO FREIRE, Diego Alexis.** Diseño de una metodología para implementación de indicadores de producción (KPIs) basado en conceptos de Industria 4.0. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador- Ambato. 2022. [Consulta: 15 de Junio de 2023.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35572/1/t2044id.pdf>.
16. **HORMAZA RODRIGUEZ, Walter Mauricio.** Implementacion de un sistema de instrumentación con sensores de temperatura y de flujo en cada etapa del gasificador Downdraft GEK1.2.5 de la facultad técnica para regular la eficiencia en grupo electrógeno Otto usando gas de síntesis obtenido por biomasa. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador-Guayaquil. 2019. [Consulta: 15 de Junio de 2023.] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13380/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-224.pdf>.
17. **INDUSTRIAS, GSL.** *Motor Monofásico*. [En línea] 2021. Disponible en: https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/motor_monofasico.
18. **LINO REYES, Janeth Trinidad.** Estudio de factibilidad de una red inalámbrica para el fortalecimiento académico en las aulas de la carrera de ingeniería en computación y redes. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador-Manabí. 2020. [Consulta: 20 de Julio de 2023.] Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2251/1/LINO%20REYES%20JANETH%20TRINIDAD.pdf>.
19. **MAMANI HUANACUNI, Gilber.** Diseño e Implementación De Un Prototipo Para Automatizar El Proceso de Embotellado De Yogurt En La Planta Lechera Tacna. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Privada de Tacna . Peu-Lima. 2021.

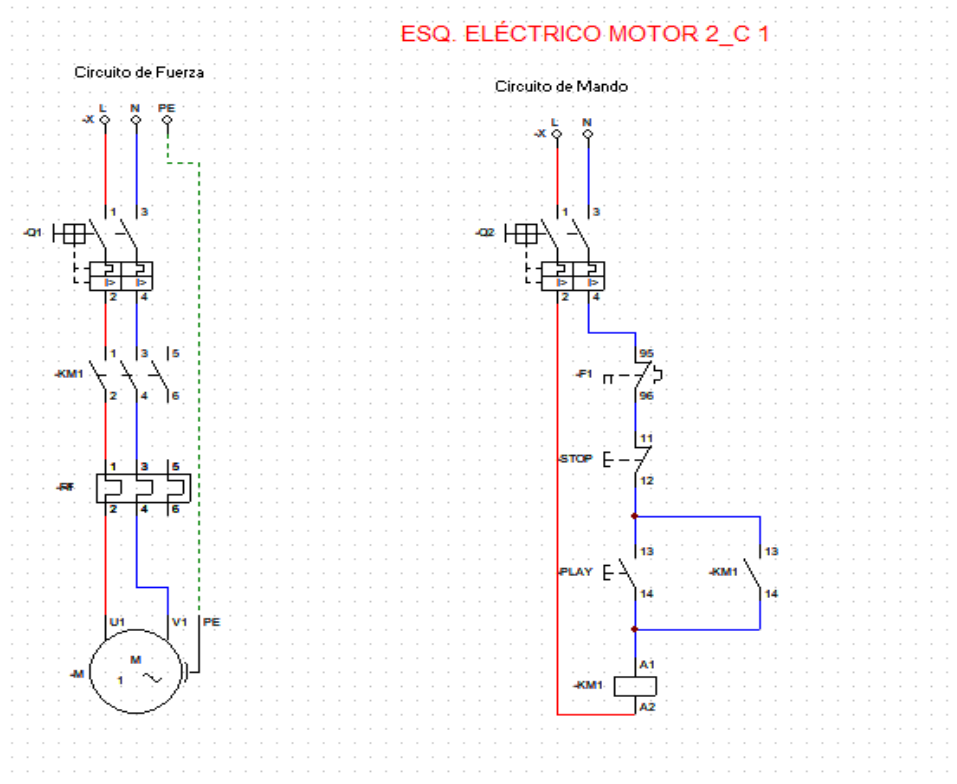
[Consulta: 25 de Junio de 2023.] Disponible en:
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1860/Mamani-Huanacuni-Gilber.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

20. **MANZANO VILLAFUERTE, Víctor Santiago & VALENCIA LLERENA, Carlos Andrés.** Hacking Ético Al IoT Mediante SDR. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador-Ambato. 2018. [Consulta: 25 de Julio de 2023.] Disponible en:
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28812/1/Tesis_%20t1489ec.pdf.
21. **MAPS, GOOGLE.** Complejo Turístico el Eucal. [En línea] 2023. [Consulta: 25 de Junio de 2023.] Disponible en:
[https://www.google.com.ec/maps/place/COMPLEJO+TUR%C3%8DSTICO+EL+EUCAL/@-1.5247251,](https://www.google.com.ec/maps/place/COMPLEJO+TUR%C3%8DSTICO+EL+EUCAL/@-1.5247251)
22. **MENA GALARZA, David Rodrigo.** Guía metodológica para el control de vulnerabilidades informáticas en dispositivos IOT (Internet of the Things) para redes HAN (Home Area Network). [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador-Riobamba. 2021. [Consulta: 15 de Abril de 2023.] Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14626>.
23. **PAREDES, Anthony del Salto.** *Sistema Eléctronico de Mmonitoreo y Alerta para la Conservación de Muestras de Laboratorio y Cultivos de Bacterias en el Laboratorio Clínico Muñoz de la Ciudad de Guaranda.* Ambato : s.n., 2022.
24. **QUINTANILLA, Ricardo & CARTAGENA, Carlos.** Plataforma iot para el control y monitoreo de variables físicas con tecnología open hardware. [En línea] 2019. [Consulta: 20 de Abril de 2023.] Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/09-Informe-Final-Santa-Ana-IoT-2018-ISBN-impreso.pdf>.
25. **ROTONDO, Federico & PIZARRO VIDAL, Ignacio Antonio.** Sistema de Control y Monitoreo de Piscinas y Jardín Integrado a IoT. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Instituto Universitario Aeronáutico. Córdoba, Argentina 2017. [Consulta: 27 de Abril de 2023.] Disponible en:
<https://rdu.iaa.edu.ar/bitstream/123456789/376/1/Sistema%20de%20Control%20y%20Monitoreo%20de%20Piscinas%20y%20Jard%C3%ADn%20Integrado%20a%20IoT.pdf>.

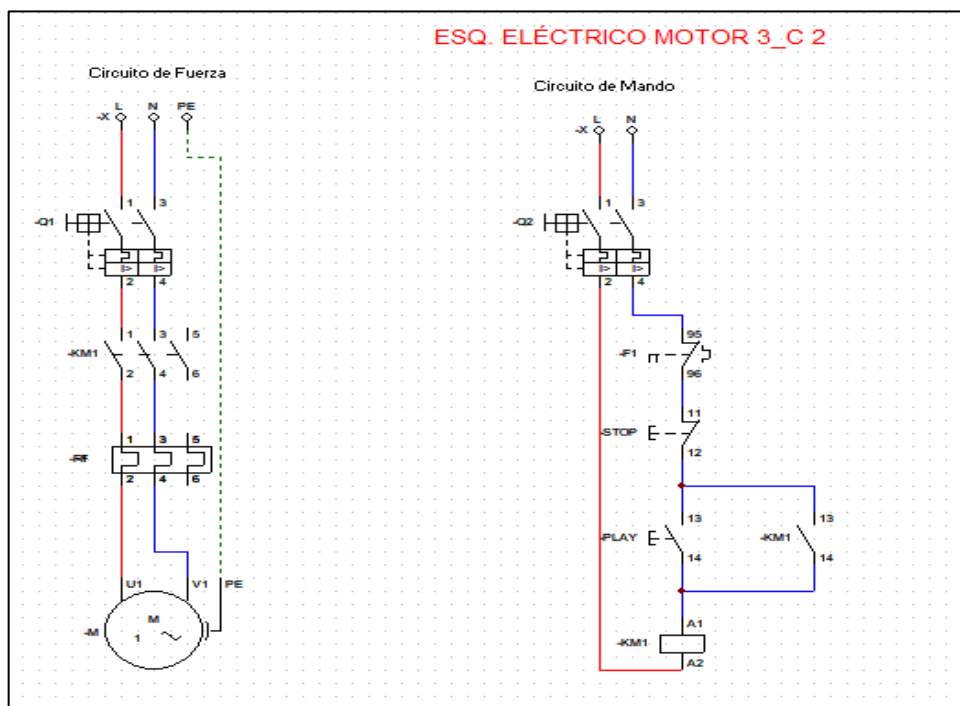
- 26. RUIZ JUÁREZ, Felipe de Jesús.** Automatización de una estación de barrenado [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. México. 2017. [Consulta: 27 de Abril de 2023.] Disponible en: <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/273/1/ETM-FJRJ-2017.pdf>.
- 27. RUÍZ, Martín & NAVARRETE, César.** dspace.espol. *Rex-C100*. [En línea] 2021. [Consulta: 20 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54741/1/T-112197%20RUIZ%20CARDENAS%2C%20MARTIN%20%26%20NAVARRETE%20AL>
- 28. SOLIZ OLIVEROS, Erick Cristhian & GÓMEZ PILATUÑA, Edwin David.** Implementación del sistema internet de las cosas, para el módulo de control de nivel y caudal, en el Laboratorio de Control y Manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador-Riobamba 2019. [Consulta: 11 de Abril de 2023.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11572>.
- 29. UNIVERSIDAD DE VALENCIA.** *Introducción a los Sistemas de Potencia* . [En línea] 2018. Disponible en: <https://www.uv.es/emaset/descargas/IEP1-0506.PDF>.
- 30. VÁSQUEZ PALMA, Pedro Francisco.** “Repotenciación y guía del módulo de prácticas de Controles Eléctricos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Facultad Técnica para el Desarrollo”. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador-Guayaquil. 2019. [Consulta: 25 de Julio de 2023.] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12708/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-204.pdf>.

ANEXOS

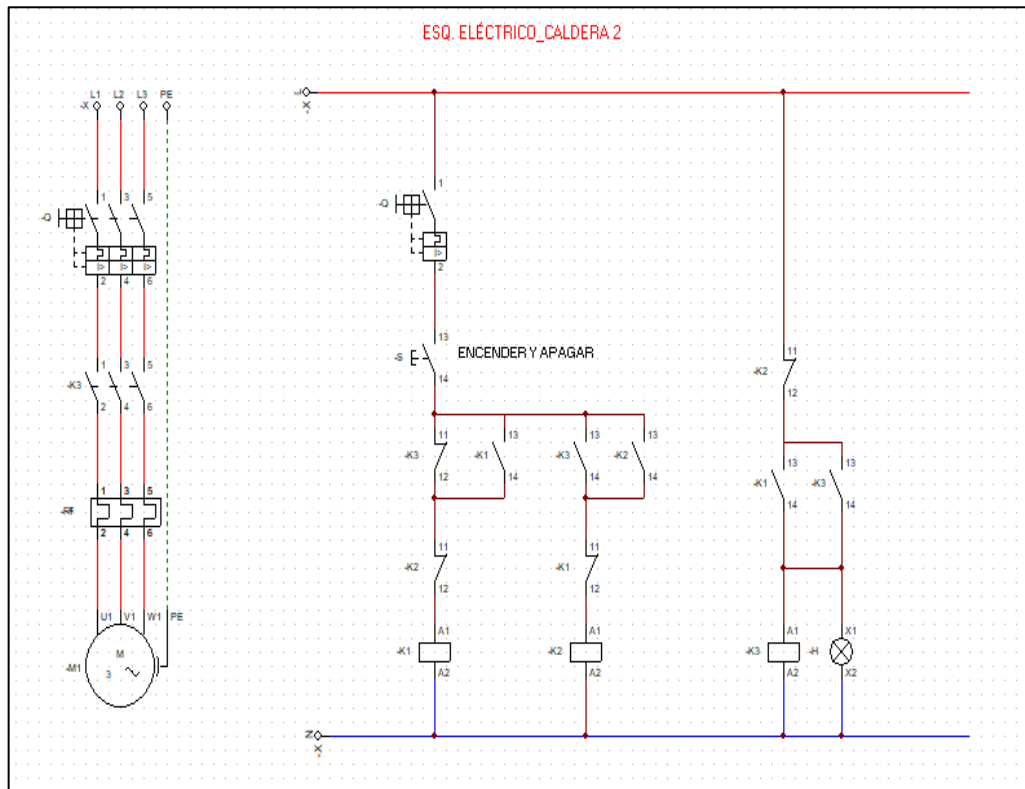
ANEXO A: ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 2 DEL CUARTO 1



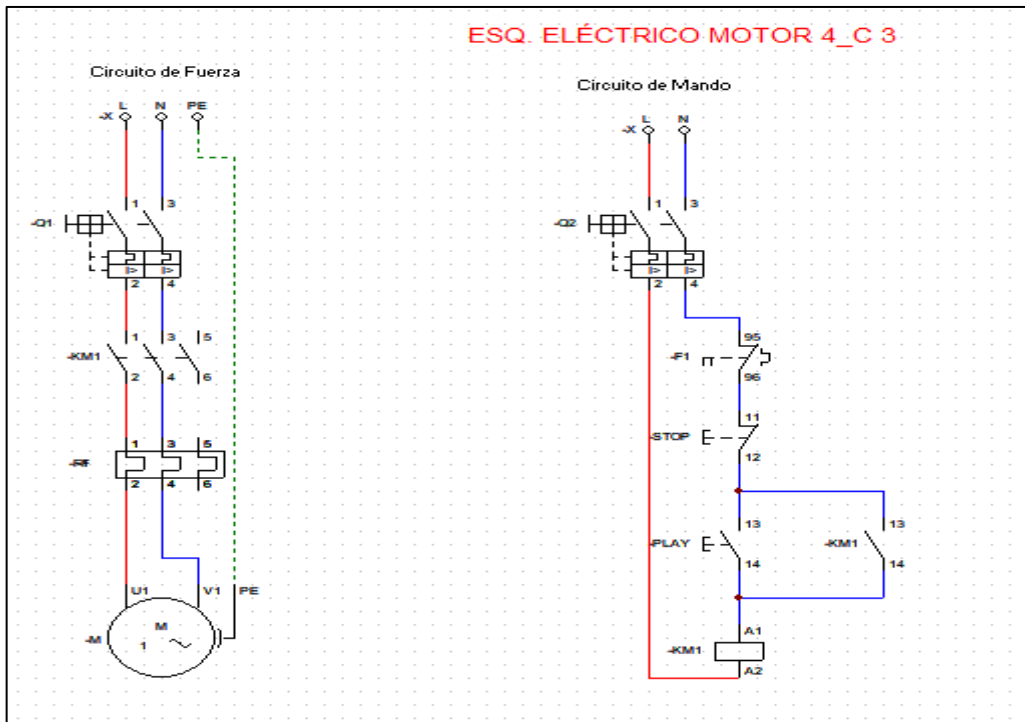
ANEXO B. ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 3 DEL CUARTO 2



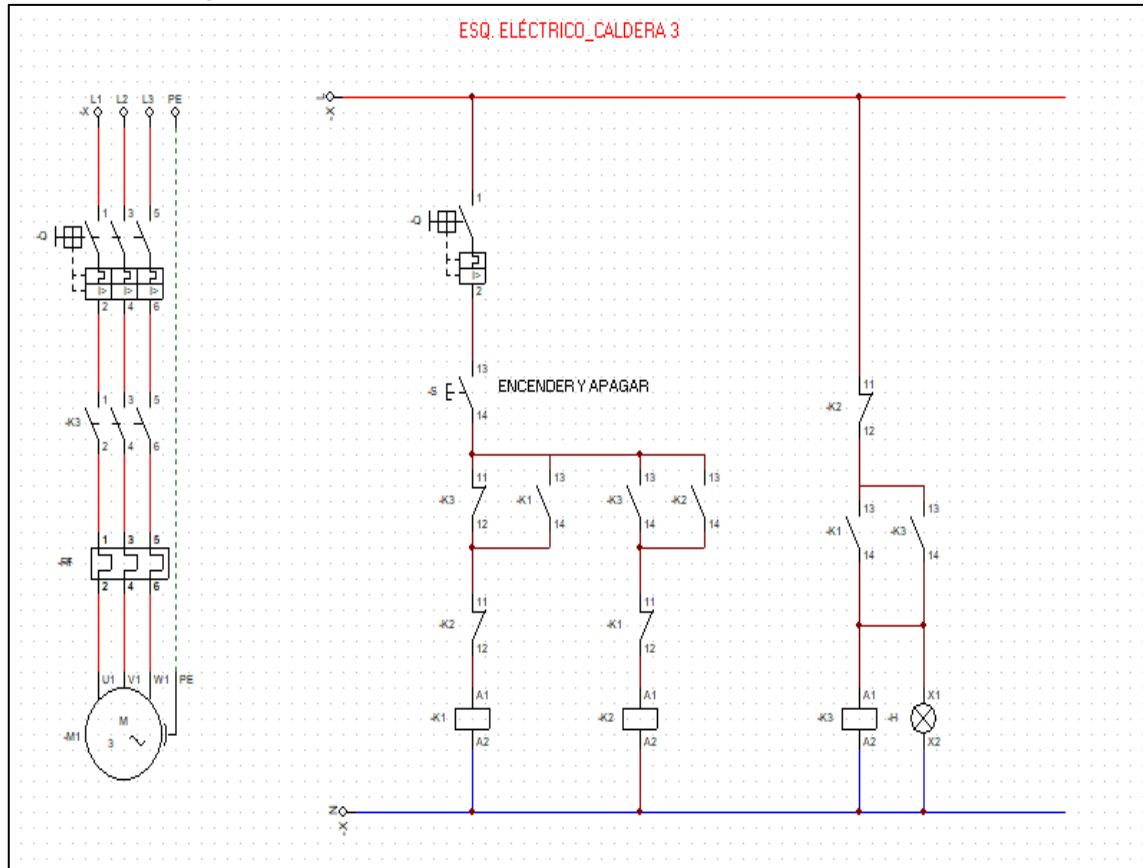
ANEXO C: ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA DEL CUARTO 2



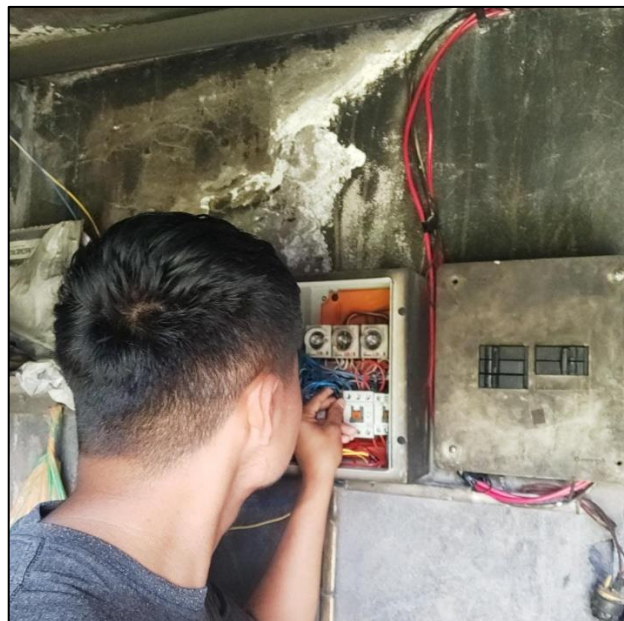
ANEXO D: ESQUEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR 4 DEL CUARTO 3



ANEXO E: ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CALDERA DEL CUARTO 3



ANEXO F: IDENTIFICACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES CON SUS CONTACTORES



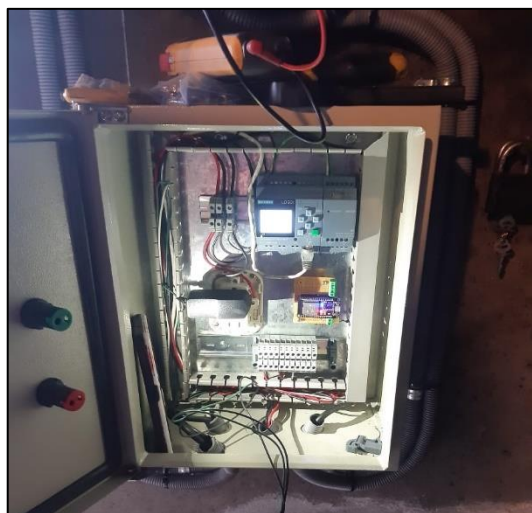
ANEXO G: NUEVO TABLERO DE CONTROL PARA LOS MOTORES



ANEXO H: CONEXIÓN DE CABLEADO EN EL LOGO V8



ANEXO I: INSTALACIÓN FINAL DEL NUEVO TABLERO DE CONTROL



ANEXO J: CODIFICACIÓN ARDUINO IDE Y CONEXIÓN CON FIREBASE Y LOGO

```
package com.richard.principal;

import androidx.annotation.RequiresApi;
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
import androidx.cardview.widget.CardView;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Color;
import android.os.Build;
import android.os.Bundle;
import android.speech.tts.TextToSpeech;
import android.util.Log;
import android.view.View;
import android.view.WindowManager;
import android.widget.Button;
import android.widget.ImageButton;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;
import com.google.android.material.bottomnavigation.BottomNavigationView;
import com.google.firebase.database.DataSnapshot;
import com.google.firebase.database.DatabaseError;
import com.google.firebase.database.DatabaseReference;

super.onCreate(savedInstanceState);
setContentView(R.layout.activity_cuarto2);
getWindow().setFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN, WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN);
tts = new TextToSpeech(getApplicationContext(), new TextToSpeech.OnInitListener() {
    @RequiresApi(api = Build.VERSION_CODES.LOLLIPOP)
    @Override
    public void onInit(int status) {
        if (status != TextToSpeech.ERROR) {
            Locale locSpanish = new Locale("spa", "MEX");
            tts.setLanguage(locSpanish);
        }
    }
});
FirebaseDatabase mFirebaseDatabase = FirebaseDatabase.getInstance();
baseusuarios = mFirebaseDatabase.getReference();
ImageButton interruptor1 = findViewById(R.id.sw1);
ImageButton interruptor3 = findViewById(R.id.sw3);
CardView card1 = findViewById(R.id.card1);
CardView card3 = findViewById(R.id.card3);
ImageView imgSw1 = findViewById(R.id.imgSw1);
ImageView imgSw3 = findViewById(R.id.imgSw3);

if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
    txtSw1.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_green_700));
}
txtSw1.setText("Activo");
}
else{
    tts.speak("Apagando "+txtnombreSw1.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
    interruptor1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
    imgSw1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.motor2));
    estadoInterruptor1=false;
    baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("MOTOR3").setValue("OFF");
    if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
        txtSw1.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_red_700));
    }
    txtSw1.setText("Inactivo");
}
}
});
card3.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        //if(!estadoInterruptor3){
        //}
        else{
            tts.speak("Apagando "+txtnombreSw3.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
            interruptor3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
            imgSw3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.caldera_gris));
            estadoInterruptor3=false;
            baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("CALDERA2").setValue("OFF");
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
                txtSw3.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_red_700));
            }
            txtSw3.setText("Inactivo");
        }
    }
});
interruptor1.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        if(!estadoInterruptor1){
            tts.speak("Encendiendo "+txtnombreSw1.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
            interruptor1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_on));
            imgSw1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.motor));
            estadoInterruptor1=true;
            baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("MOTOR3").setValue("ON");
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
                txtSw1.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_green_700));
            }
            txtSw1.setText("Activo");
        }
        else{
            tts.speak("Apagando "+txtnombreSw1.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
            interruptor1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
            imgSw1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.motor2));
            estadoInterruptor1=false;
            baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("MOTOR3").setValue("OFF");
        }
    }
});
```

```

baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").addValueEventListener(new ValueEventListener() {
    @Override
    public void onDataChange(DataSnapshot dataSnapshot) {
        try {
            for (DataSnapshot ds : dataSnapshot.getChildren()) {
                if(ds.exists()){
                    if (ds.getKey().equals("ACTUADORES")) {
                        String strSW1=dataSnapshot.child("ACTUADORES").child("MOTOR3").getValue().toString();
                        String strSW3=dataSnapshot.child("ACTUADORES").child("CALDERA2").getValue().toString();
                        if(strSW1.equals("ON")){
                            interruptor1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_on));
                            imgSw1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.motor));
                            estadoInterruptor1=true;
                        }
                        else if(strSW1.equals("OFF")){
                            interruptor1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
                            imgSw1.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.motor2));
                            estadoInterruptor1=false;
                        }
                        if(strSW3.equals("ON")){
                            interruptor3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_on));
                            imgSw3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.caldera));
                            estadoInterruptor3=true;
                        }
                        else if(strSW3.equals("OFF")){
                            interruptor3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
                            imgSw3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.caldera_gris));
                            estadoInterruptor3=false;
                        }
                    }
                }
            }
        } catch (Exception e) {
            Log.d("Error BD: ", String.valueOf(e));
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
                txtSw1.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_red_700));
            }
            txtSw1.setText("Inactivo");
        }
    }
});
interruptor3.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        if(!estadoInterruptor3){
            tts.speak("Encendiendo "+txtNombreSw3.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
            interruptor3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_on));
            imgSw3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.caldera));
            estadoInterruptor3=true;
            baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("CALDERA2").setValue("ON");
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
                txtSw3.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_green_700));
            }
            txtSw3.setText("Activo");
        }
        else{
            tts.speak("Apagando "+txtNombreSw3.getText().toString(), TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);
            interruptor3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.sw_off));
            imgSw3.setBackground(Cuarto_2.this.getDrawable(R.drawable.caldera_gris));
            estadoInterruptor3=false;
            baseusuarios.child("BASE").child("CUARTO2").child("ACTUADORES").child("CALDERA2").setValue("OFF");
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
                txtSw3.setTextColor(Cuarto_2.this.getColor(R.color.md_red_700));
            }
            txtSw3.setText("Inactivo");
        }
    }
});

```

```

    }
}
@Override
public void onCancelled(DatabaseError databaseError) {
}
});
//Inicializar y asignar variable
Boton_Navegacion= findViewById(R.id.bottom_navigation);
//set Pacientes Selected
Boton_Navegacion.setSelectedItemId(R.id.item2);
Boton_Navegacion.setItemIconTintList(null);
//Realizar ItemSelectedListener
Boton_Navegacion.setOnNavigationItemSelectedListener(menuItem -> {
    int itemId = menuItem.getItemId();
    if (itemId == R.id.item1) {
        startActivity(new Intent(Cuarto_2.this, MainActivity.class));
        overridePendingTransition(0, 0);
        finish();
        return true;
    } else if (itemId == R.id.item2) {
        return true;
    } else if (itemId == R.id.item3) {
        startActivity(new Intent(Cuarto_2.this, Cuarto3.class));
        overridePendingTransition(0, 0);
        finish();
        return true;
    }
    return false;
});
}
}

```

```

// LIBRERIAS *****
#include <Arduino.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiManager.h>
WiFiManager wm;

#ifdef ESP8266
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseESP8266.h> //FIREBASE
#else
#include <WiFi.h>
#include <FirebaseESP32.h> //FIREBASE
#endif
#include <ModbusIP_ESP8266.h>

// Provide the token generation process info.
#include <addons/TokenHelper.h>
// Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
#include <addons/RTDBHelper.h>

// *****

/* 2. Define the API Key */
#define API_KEY "MzHOx2KTatab4PtM6vvcTQIsrMGckkN6M1VAZbW"

/* 3. Define the RTDB URL */
#define DATABASE_URL "app-eucal-default-rtdb.firebaseio.com"
//<databaseName>.firebaseio.com or <databaseName>.<region>.firebaseio.com

// Define Firebase Data object
FirebaseData stream;
FirebaseData fbdo;

FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

```



```

bool cb(Modbus::ResultCode event, uint16_t transactionId, void* data) { // Modbus Transaction callback
  if (event != Modbus::EX_SUCCESS) // If transaction got an error
    Serial.printf("Modbus result: %02X\n", event); // Display Modbus error code
  if (event == Modbus::EX_TIMEOUT) { // If Transaction timeout took place
    mb.disconnect(remote); // Close connection to slave and
    mb.dropTransactions(); // Cancel all waiting transactions
  }
  return true;
}

else { //CUANDO SI ESTA CONECTADO AL SERVIDOR MODBUS
  if (!inicio) {
    inicio = true;
    mb.writeCoil(remote, MOTOR1, false);
    mb.writeCoil(remote, MOTOR2, false);
    mb.writeCoil(remote, CALDERA1, false);
    mb.pullCoil(remote, Q1, Q1); // Initiate Read Coil from Modbus Slave

    if (flagON_motor1) {
      flagON_motor1 = false;
      Serial.println("MOTOR 1 ENCENDIDO");
      if (!mb.writeCoil(remote, MOTOR1, true)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }
    if (flagOFF_motor1) {
      flagOFF_motor1 = false;
      Serial.println("MOTOR 1 APAGADO");
      if (!mb.writeCoil(remote, MOTOR1, false)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }

    if (flagON_motor2) {
      flagON_motor2 = false;
      Serial.println("MOTOR 2 ENCENDIDO");
      if (!mb.writeCoil(remote, MOTOR2, true)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }
    if (flagOFF_motor2) {
      flagOFF_motor2 = false;
      Serial.println("MOTOR 2 APAGADO");
      if (!mb.writeCoil(remote, MOTOR2, false)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }

    if (flagON_caldera1) {
      flagON_caldera1 = false;
      Serial.println("CALDERA 1 ENCENDIDO");
      if (!mb.writeCoil(remote, CALDERA1, true)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }
    if (flagOFF_caldera1) {
      flagOFF_caldera1 = false;
      Serial.println("CALDERA 1 APAGADA");
      if (!mb.writeCoil(remote, CALDERA1, false)) {
        Serial.print("Algo salio mal al escribir dato modbus");
      }
    }
  }

  mb.task(); // Modbus task
  delay(10); // Pushing interval
}

```

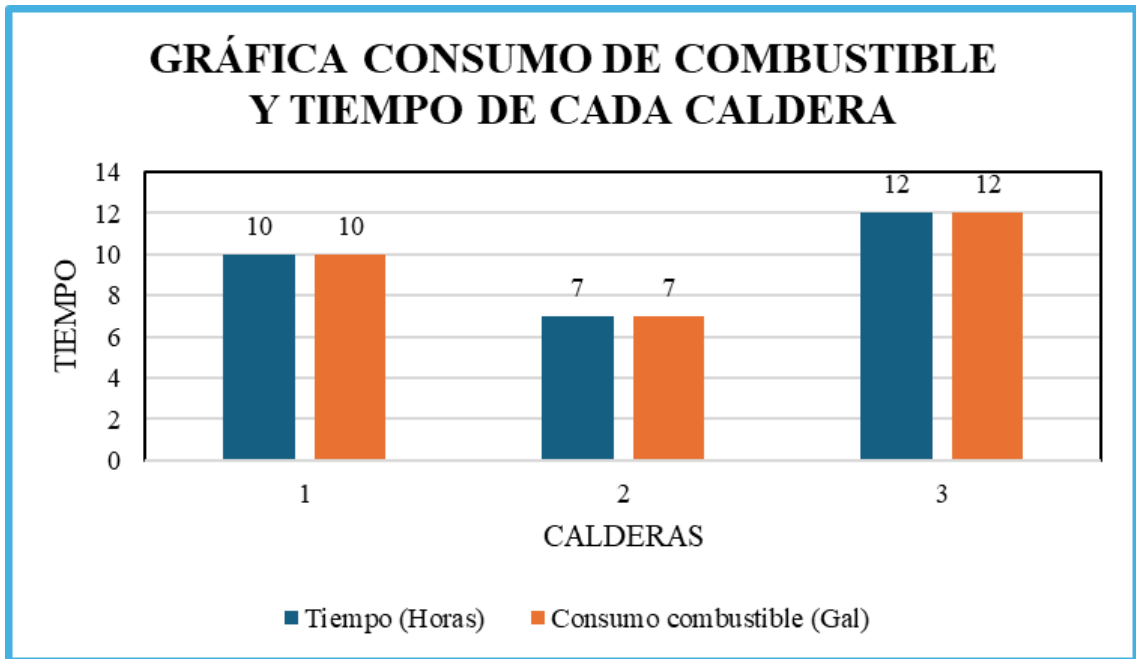
```

void conexionWifiManager() {
  //reset settings - wipe credentials for testing
  //wm.resetSettings();

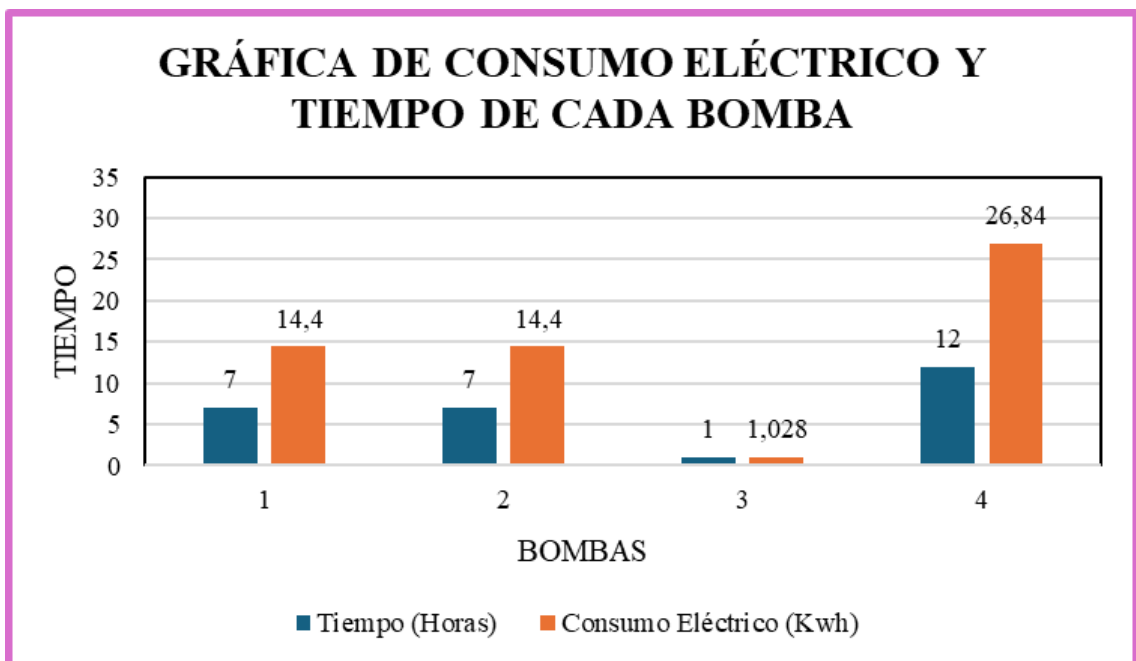
  //automatically connect using saved credentials if they exist
  //If connection fails it starts an access point with the specified name
  bool res;
  res = wm.autoConnect("RED ESP", "Smart123");
  Serial.println("Configportal running");
  while (!res) {
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
}

```


ANEXO K: GRÁFICAS DE BOMBAS 1, 2, 3, 4 (Consumo eléctrico vs tiempo)



ANEXO M: GRÁFICAS DE CALDERA 1, 2, 3 (CONSUMO DE COMBUSTIBLE VS TIEMPO)





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 10/ 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jeison Jhalmar Campoverde Armijos Richard Ariel Olmedo Mendoza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Industrial
Título a optar: Ingeniero Industrial
 Ing. Eduardo Francisco García Cabezas, Mgs. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Bryan Guillermo Guananga Rodríguez, Mgs. Asesor del Trabajo de Integración Curricular