

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN
SISTEMA INTEGRADO DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN,
DETECCIÓN DE INCENDIOS Y CONTROL DE ACCESOS CON
DISPOSITIVOS IOT ESP32, MEDIANTE UNA INTERFAZ HMI EN
LABVIEW**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, MENCIÓN REDES
INDUSTRIALES**

FRANCISCO XAVIER AYALA VILLAGÓMEZ

DIRECTOR: ING. ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR MBA
ana.rodas@epn.edu.ec

Quito, agosto 2024

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Xavier Ayala Villagómez, bajo mi supervisión.

ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Francisco Xavier Ayala Villagómez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún posgrado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

Francisco Xavier Ayala Villagómez

DEDICATORIA

Al Espíritu Santo, por tantos dones y bendiciones a lo largo de mi vida, por allanar los caminos para finalizar con éxito mi carrera y por todos los grandes proyectos que vienen por delante.

A mis padres, Álvaro y Eugenia, de quienes he aprendido la disciplina y perseverancia. Este proyecto va dedicado con mucho amor para ustedes.

A mis hermanas y hermano, por ser un regalo para mi alma.

A mi amada Cristina, por ese dulce amor que me das cada día.

A mi sobrino Mathías, por ser una gran bendición para mi familia.

A todos aquellos que creen que no hay nada imposible para Dios.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dios, fuente y dador de la sabiduría y entendimiento, principal promotor de este trabajo de titulación, por concretar este sueño y ser Él quien inicio este proyecto y lo perfeccionará a futuro en sus planes perfectos.

A mis padres, Álvaro y Eugenia, por su inmenso amor incondicional y su apoyo en cada etapa de mis estudios. Por darme la vida, por ser mis principales motivadores para alcanzar el éxito y por su incansable dedicación para verme feliz.

A mis hermanas y hermano, Carolina, Nicole y Luis, por estar presentes en el desarrollo de este proyecto y contribuir con su granito de arena para mi formación profesional.

A mi gran amor, Cristina Moreno, por su amor y ternura, por ser mi mejor amiga y compañera en mis alegrías y tristezas, por motivarme a soñar en grande y confiar en mis capacidades para sacar adelante cualquier proyecto que se presente.

A mi querido amigo Fray Édgar Hidalgo, por sus oraciones y bendiciones. Por sus sabios consejos y su acompañamiento en mis estudios. Por enseñarme que, sin sacrificio, no hay victoria.

A mis hermanos en Jesús y María, que estuvieron pendientes del avance del proyecto, y por sus oraciones que me fortalecieron y acompañaron en este camino.

A mi directora, Ing. Ana Rodas, por los conocimientos adquiridos y por su orientación en el desarrollo de este proyecto.

A la empresa TLTSoluciones, de manera especial a Alex y Luis, por su valioso tiempo invertido y por los conocimientos adquiridos en mi vida profesional.

Francisco Ayala

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General	1
1.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. Alcance	1
1.4. Marco Teórico	4
1.4.1. Sistemas de Circuito Cerrado de Televisión.....	4
1.4.1.1. Características de los sistemas de CCTV.....	5
1.4.1.2. Normas y Estándares de los sistemas de CCTV	5
1.4.1.3. Tipo de transmisión de información	7
1.4.1.4. Comunicación mediante PoE (Power Over Ethernet) [6][7]	7
1.4.1.5. CCTV en el ámbito de la construcción y del hogar [8]	8
1.4.1.6. Elementos de un sistema de CCTV	9
1.4.1.7. Tipos de Cámaras de un CCTV	9
1.4.1.7.1. Cámaras Análogas.....	9
1.4.1.7.2. Cámaras IP	9
1.4.1.7.3. Cámaras color Vu.....	9
1.4.1.8. Funciones de las cámaras: WDR, BLC y HLC [12].....	10
1.4.1.8.1. Amplio Rango Dinámico - WDR (Wide Dynamic Range).....	10
1.4.1.8.2. Compensación de Luz de Fondo - BLC (Back Light Compensation)	10

1.4.1.8.3. Compensación de Alta Iluminación - HLC (High Light Compensation)	11
1.4.1.9. Cámaras para interiores.....	11
1.4.1.10. Cámaras para exteriores.....	12
1.4.1.11. Cámaras PTZ (PAN-TILT-ZOOM).....	13
1.4.1.12. Medios de Transmisión	13
1.4.1.12.1. Grabadores de video.....	13
1.4.1.12.2. Grabador de Video Digital (DVR)	13
1.4.1.12.3. Grabador de Video en Red (NVR) [24][25].....	14
1.4.1.13. Monitores.....	14
1.4.1.14. Analíticas de grabación	15
1.4.2. Sistemas de detección y alarma de incendios.....	16
1.4.2.1. Características de los sistemas de detección y alarma de incendios	16
1.4.2.2. Normas y estándares de los sistemas de detección y alarma de incendios [32]	16
1.4.2.3. Elementos de los sistemas de detección y alarma de incendios	17
1.4.2.3.1. Panel de control [33]	17
1.4.2.3.2. Dispositivos de iniciación [34].....	17
1.4.2.3.2.1. Sensores de humo	17
1.4.2.3.2.2. Sensores térmicos.....	18
1.4.2.3.2.3. Estaciones manuales	18
1.4.2.3.2.4. Módulos de monitoreo.....	18
1.4.2.3.3. Dispositivos de notificación [35]	18
1.4.2.4. Tipo de sistemas de detección de incendios [36][37].....	19
1.4.2.4.1. Sistemas de detección de incendios convencionales.....	19
1.4.2.4.2. Sistemas de detección de incendios direccionables	19

1.4.3.	Sistemas de control de acceso.....	19
1.4.3.1.	Características de los sistemas de control de acceso.....	20
1.4.3.2.	Elementos de los sistemas de control de acceso [39].....	20
1.4.3.2.1.	Lectora de acceso	20
1.4.3.2.2.	Credencial	21
1.4.3.2.3.	Servidor	21
1.4.3.2.4.	Controladora de acceso	21
1.4.3.2.5.	Mecanismo de apertura.....	22
1.4.3.2.6.	Elementos de alimentación	22
1.4.4.	Software para interfaces para integración de sistemas de seguridad	22
1.4.4.1.	ZKBioSecurity [41]	22
1.4.4.2.	Sistema de Administración de Video Inteligente IVMS-4200 [42]	23
1.4.5.	Software para integración de subsistemas de seguridad electrónica con IoT ESP32.....	24
1.4.6.	Software LabVIEW de National Instruments.....	24
1.4.7.	Componentes del sistema de CCTV	25
1.4.7.1.	Cámara tipo bala.....	25
1.4.7.2.	Cámara tipo domo	26
1.4.7.3.	Grabador de video en red (NVR) [49][50]	27
1.4.8.	Componentes del sistema de detección y alarma de incendios.....	28
1.4.8.1.	Panel de detección y alarma de incendios	28
1.4.8.2.	Detector de humo	29
1.4.8.3.	Detector de calor	29
1.4.8.4.	Estación manual	30
1.4.8.5.	Módulo de relé.....	30
1.4.8.6.	Sirena con luz estroboscópica.....	31

1.4.9. Componentes del sistema de control de acceso.....	31
1.4.9.1. Panel de control Inbio260	31
1.4.9.2. Lectoras de tarjetas o llaveros de proximidad	32
1.4.9.3. Pulsadores de salida no-touch	33
1.4.9.4. Cerraduras electromagnéticas.....	34
1.4.9.5. Fuentes de alimentación [61].....	34
1.4.9.5.1. Fuente PS902B	34
1.4.10. Placas de desarrollo ESP32.....	35
2. METODOLOGÍA.....	37
2.1. Diseño del prototipo	37
2.1.1. Sistema de CCTV	40
2.1.2. Sistema de detección y alarma de incendios	42
2.1.3. Sistema de control de acceso	45
2.2. Ensamblaje del prototipo.....	48
2.3. Implementación del prototipo	50
2.4. Programación de las placas de desarrollo ESP32	51
2.4.1. Programación en el entorno Arduino IDE	51
2.4.2. Programación en MIT App Inventor	53
2.4.3. Programación en ThingSpeak	54
2.5. Configuración de los sistemas	56
2.6. Interconexión de los sistemas a las placas de desarrollo ESP32	58
2.7. Implementación de la interfaz HMI en LabVIEW.....	59
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
3.1. Pruebas de interconexión de los sistemas con las placas de desarrollo ESP32 y la interfaz HMI	64
3.2. Resultados de la implementación de los sistemas con las placas de desarrollo ESP32 y la interfaz HMI	66

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
4.1. CONCLUSIONES	68
4.2. RECOMENDACIONES	69
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	77

RESUMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla e implementa un prototipo de sistema integrado el cual consta de un circuito cerrado de televisión (CCTV), un sistema de detección de incendios y un sistema de control de accesos. El sistema de CCTV incluye un grabador de video en red, un disco duro y dos cámaras IP. Por otro lado, el sistema de detección de incendios está compuesto por un panel de detección, un módulo de relé, dispositivos de detección de calor y humo, y una luz estroboscópica. Finalmente, el sistema de control de accesos cuenta con una controladora de puertas, cerraduras electromagnéticas, pulsadores no-touch, lectoras de tarjetas y tarjetas de proximidad.

Estos sistemas están interconectados para funcionar conjuntamente en caso de una alerta. Si se detecta un incendio, el sistema abrirá automáticamente las puertas y mostrará la cámara o cámaras correspondientes en una interfaz de usuario. La monitorización se realizará a través de una interfaz de LabVIEW, que permitirá el acceso en diferentes modos (administrador, instalador, usuario) con privilegios específicos. Los sistemas se conectarán a LabVIEW mediante Ethernet para el sistema de CCTV y utilizando placas ESP32 para el monitoreo y control del sistema de detección de incendios y control de accesos.

Se utilizan tres placas ESP32 para los sistemas mencionados y se conecta a la nube para enviar información, proporcionando una red independiente para la comunicación entre dispositivos IoT. La información es accesible desde la nube y a través de una aplicación móvil mediante Bluetooth. Finalmente, el prototipo fue puesto a pruebas de funcionamiento para verificar su correcta operación.

PALABRAS CLAVE: CCTV, Control de Accesos, Detección de Incendios, ESP32, Nube, LabVIEW

ABSTRACT

The present graduation project aims to develop and implement a prototype of an integrated system made up of a Closed-Circuit Television (CCTV), a fire detection system, and an access control system. The CCTV include a network video recorder, a hard disk drive, and two IP cameras. On the other hand, the fire detection system consists of a detection panel, a relay module, heat and smoke detection devices, and a strobe light. Finally, the access control system will be made up of a door controller, electromagnetic locks, no-touch push buttons, card readers, and proximity cards.

These systems are interconnected to operate jointly in case of an alert. If a fire is detected, the system will automatically open the doors and display the corresponding camera(s) on a user interface. Monitoring will be conducted through a LabVIEW interface, allowing access in different modes (administrator, installer, user) with specific privileges. The systems will connect to LabVIEW through Ethernet for the CCTV system and will use ESP32 development boards for monitoring and controlling the fire detection and access control systems.

Three ESP32 boards are used for the mentioned systems, and are connected to the cloud to send information, providing an independent network for communication between IoT devices. Information will be accessible from the cloud and a mobile application through Bluetooth. Finally, the prototype was put to functional tests to verify its correct operation.

KEYWORDS: CCTV, Access Control, Fire Alarm System, ESP32, Cloud, LabVIEW

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo para un sistema integrado de Circuito Cerrado de Televisión, Detección de Incendios y Control de Accesos con dispositivos IoT ESP32, mediante una interfaz HMI en LabVIEW.

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de normas, estándares, lineamientos y los diferentes elementos y componentes de los sistemas de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Detección de Incendios (SDI) y Control de Accesos (CCAA), y la integración de estos sistemas.
- Diseñar e implementar un prototipo que integre los sistemas de CCTV, SDI y CCAA con IoT mediante placas de desarrollo ESP32 y habilite la comunicación de los sistemas con LabVIEW.
- Desarrollar una interfaz de operador en LabVIEW y una aplicación móvil que permita interactuar con el usuario en el control y monitoreo del prototipo para el sistema integrado.
- Desarrollar las configuraciones necesarias para habilitar el intercambio de información entre los sistemas, las redes y la interfaz de operador desarrollados para habilitar el monitoreo y la operación del prototipo mediante la utilización del entorno de desarrollo LabVIEW.

1.3. Alcance

En el presente proyecto se diseñará e implementará de un prototipo de un sistema integrado conformado por un sistema de circuito cerrado de televisión, un sistema de detección de incendios y un sistema de control de accesos.

El sistema de Circuito Cerrado de Televisión constará de un grabador de video en red, un disco duro, y dos cámaras IP (fija y domo). El sistema de detección de incendios constará de un panel de detección de incendios, un módulo de control, una estación manual, un detector de calor, un detector de humo y una luz estroboscópica. El sistema de control de accesos estará constituido por una controladora de dos puertas, dos cerraduras electromagnéticas, dos pulsadores no touch, dos lectoras de tarjetas y tarjetas de proximidad o llaveros de proximidad. Cada uno de los sistemas dispondrá de sus respectivas fuentes de alimentación y cables de conexión.

Para su interconexión, se conectarán de tal forma que funcionen conjuntamente en caso de una alerta. Por ejemplo, si se detecta el accionamiento de un dispositivo de iniciación (detector de humo o estación manual) el panel de detección de incendios enviará una señal para abrir la cerradura electromagnética de la puerta automáticamente y se visualizará en la Interfaz HMI la cámara correspondiente a dicha zona.

Estos tres sistemas se monitorizarán por medio de una interfaz HMI diseñada en LabVIEW, mediante la cual se visualizarán los estados de cada uno de los sistemas y las alertas de alarma que presenten. La interfaz permitirá el ingreso al sistema integrado en modos administrador, instalador o usuario. Cada uno de estos modos constará de privilegios establecidos para el sistema. Para el monitoreo de los sistemas, se enlazarán a LabVIEW por medio de conexión Ethernet (sistema de CCTV), así como por medio de placas de desarrollo ESP32 utilizando los pines de entrada y salida para el envío de señales de alarma (sistema de Detección de Incendios y Control de Accesos). Los tres sistemas serán de marcas conocidas y dispondrán de salidas y entradas para conectarlas a las placas de desarrollo ESP32 para su monitoreo y control.

Se dispondrá de tres placas de desarrollo ESP32 distribuidas para los sistemas de circuito cerrado de televisión, detección de incendios y control de accesos. La primera placa de desarrollo funcionará en Modo Estación (Station Mode), la cual se encargará de enviar la información obtenida a la nube por medio de conexión Wifi

a un router. La segunda placa funcionará en Modo Punto de Acceso Suave (SAP Mode) en la que proporcionará una conexión Wi-Fi a dispositivos externos, entre ellos la tercera placa de desarrollo configurada en Modo Estación; esto permitirá crear una red IP independiente de otras redes Wi-Fi y se podrá establecer el nombre de la red y su respectiva contraseña. Este tipo de configuraciones de las placas de desarrollo permitirá decidir qué tipo de información de los sistemas de CCTV, Incendios y Control de Accesos deseo enviar a la nube y que tipo de información se compartirá con la red IP independiente.

El sistema integrado también será monitoreado por medio de la nube en la que se podrá visualizar una base de datos del sistema desde cualquier lugar con conexión a Internet. En la base de datos se podrá visualizar los estados de alarma en tiempo real que serán enviados a través de la placa de desarrollo ESP32, estos estados de alarma también se los visualizará en la interfaz HMI de LabVIEW. La conexión del sistema integrado a la placa de desarrollo ESP32 también permitirá visualizar las alertas de alarma existentes desde un dispositivo Android o iOS [5]. Para ello se desarrollará una aplicación móvil que se conecte al sistema por medio de Bluetooth. El armado del prototipo del sistema se lo realizará en un gabinete donde estarán los elementos correspondientes al Circuito Cerrado de Televisión, el Sistema de Detección de Incendios y el Sistema de Control de Accesos, así como la placa de desarrollo ESP32 para el envío de información a la nube.

Finalmente, se comprobará la operación del prototipo, se verificará la comunicación entre los distintos dispositivos, la interfaz desarrollada y se elaborará el manual de funcionamiento correspondiente.

1.4. Marco Teórico

En este capítulo se describen los conceptos relacionados a los sistemas integrados de seguridad electrónica, los cuales comprenden los sistemas de circuito cerrado de televisión, sistemas de detección de incendios, y sistemas de control de accesos; así como las propiedades y características referentes a sistemas integrados mediante la utilización del Internet de las Cosas (Internet of Things). Adicionalmente, se da a conocer los equipos y elementos y tipos de conexión que constituyen un circuito cerrado de televisión, un sistema de detección de incendios, y un sistema de control de accesos, sus aplicaciones y software para su uso. Además, se detalla los dispositivos y software IoT para el control y monitoreo de información del prototipo de sistema integrado.

1.4.1. Sistemas de Circuito Cerrado de Televisión

Los sistemas de circuito cerrado de televisión han llegado a ocupar un rol fundamental en la prevención de acciones delictivas a nivel mundial, ya que la inseguridad a nivel global, así como la demanda de los sistemas de CCTV (Closed Circuit Television – Circuito Cerrado de Televisión), han aumentado en los últimos años.

El uso de este tipo de sistemas ha permitido reducir significativamente los robos a personas y bienes materiales. No obstante, el efecto varía de acuerdo con un rango de factores contextuales incluyendo la ubicación geográfica (p. ej. Ciudades y pueblos, parqueaderos, etc.), tipo de delitos, estrategia de monitoreo de los sistemas de CCTV, utilización de intervenciones complementarias, y país de origen [1].

Los circuitos cerrados de televisión son sistemas en los cuales, el monitoreo y videovigilancia se encuentran disponibles para un determinado número de usuarios, y para ello, se debe ingresar con un nombre de usuario y contraseña. Se encuentran interconectados, ya sea mediante cableado enduro o mediante una red Wi-Fi.

1.4.1.1. Características de los sistemas de CCTV

Los sistemas de circuito cerrado de televisión se caracterizan por tener los siguientes elementos principales [2]:

1. Las cámaras de videovigilancia.
2. Los medios de transmisión de las imágenes.
3. La pantalla o monitor.
4. El dispositivo grabador de video.

Las características principales de los sistemas de CCTV son [3]:

- Monitoreo y vigilancia de espacios físicos.
- Aviso de eventualidades mediante analíticas de detección de movimiento, cruce de línea, intrusión, o detección de personas con Inteligencia Artificial.
- Videograbación de eventos ocurridos en una unidad de almacenamiento o en la nube.
- Prevención de actos delictivos.

1.4.1.2. Normas y Estándares de los sistemas de CCTV

Las normas y estándares de los sistemas de CCTV facilitan la integración de los equipos de CCTV de cualquier fabricante, lo cual es esencial para su funcionalidad y la construcción de sistemas de video vigilancia seguros. La video vigilancia es un activo crucial en la prevención de delitos, gestión de crisis, las aplicaciones forenses, entre otras [4].

Las normas que se aplican permiten establecer criterios de rendimiento y calidad para cada uno de los dispositivos y sistemas de video vigilancia, mientras que los estándares de seguridad protegen los sistemas de CCTV contra amenazas y vulnerabilidades. El cumplimiento de normas y estándares garantiza que un sistema

de CCTV cumple con los requisitos legales y éticos, así como las regulaciones y leyes.

1.4.1.2.1. Normas NFPA 730 y NFPA 731 [5][6][7]

Desde abril de 2001, el Comité técnico del Consejo de Normas de la NFPA optó por crear dos documentos que abordan la seguridad integral para salvaguardar edificaciones, individuos, activos e información en entornos específicos. Estos documentos son el NFPA 730, que trata sobre la seguridad de edificaciones, y el NFPA 731, que se enfoca en las instalaciones.

La primera norma abarca las prácticas y atributos de la construcción, así como su protección y uso, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad en términos de seguridad tanto para las personas como para la propiedad. En cambio, la segunda norma se centra en la implementación, ubicación, instalación, funcionamiento, pruebas y mantenimiento de los sistemas físicos de seguridad y sus componentes.

Ambas normas cubren el tema de la videovigilancia. La primera norma establece los requisitos básicos para las instalaciones de CCTV (circuito cerrado de televisión), mientras que la segunda detalla cómo deben implementarse estos requisitos, incluyendo aspectos como el cableado necesario, las fuentes de alimentación, los componentes del sistema, así como los procedimientos de mantenimiento y pruebas.

Con el objetivo de alcanzar las tres funciones clave del uso de CCTV (detección, reconocimiento e identificación), se siguen directrices fundamentales que incluyen un estudio detallado del sitio y los componentes esenciales requeridos para la instalación. Estos componentes abarcan: las dimensiones del área, la ubicación de los equipos, los materiales necesarios para la instalación, la cobertura de videovigilancia (interior, exterior o ambos), el medio de transmisión de datos, las especificaciones de los equipos y la viabilidad general de la instalación.

1.4.1.3. Tipo de transmisión de información

Las cámaras de video vigilancia envían la información por medio de cable UTP o mediante Wi-Fi. La comunicación que se realiza entre los elementos de un sistema de CCTV es esencial para garantizar una video vigilancia segura.

La transmisión de información puede llevarse a cabo a través de diversos medios, siendo dos de los más comunes el cable UTP y la conexión wifi.

En el caso del cable UTP (par trenzado sin apantallar), se destaca por su fiabilidad y estabilidad de transmisión, lo que lo convierte en una opción preferida para instalaciones donde la conexión constante y la calidad de la señal son prioritarias. Por otro lado, la transmisión mediante wifi proporciona flexibilidad y libertad de ubicación, eliminando la necesidad de cables físicos y facilitando la instalación en lugares de difícil acceso. Sin embargo, es importante considerar la posible interferencia en las señales Wi-fi y la limitación de alcance que puede presentar esta opción [8].

La elección entre estas tecnologías depende de las necesidades específicas de cada sistema de video vigilancia y de las condiciones particulares de la instalación, sabiendo que existe una menor probabilidad de pérdida de señal de video cuando el sistema de CCTV es cableado.

1.4.1.4. Comunicación mediante PoE (Power Over Ethernet) [9][10]

PoE (Power over Ethernet – Alimentación a través de Ethernet) es una técnica utilizada para alimentar corriente continua a dispositivos electrónicos por medio de cableado Ethernet, sin la necesidad de fuentes de alimentación y tomas de corriente separadas.

En el año de 1999, tanto el IEEE como la Ethernet Alliance comenzaron a trabajar para estandarizar PoE con el fin de garantizar la interoperabilidad en una gama más

amplia de dispositivos conectados y equipos de suministro de energía. El IEEE 802.3af fue el primero de los estándares y fue ratificado en el 2003, en el cual se especificó que la alimentación debe poder ser transportada por pares de repuesto (pines 4 y 5 o pines 7 y 8) o pares de datos (pines 1 y 2 o pines 3 y 6).

En el año 2000, Cisco desarrolló por primera vez una versión propietaria de PoE con el objetivo de entregar energía escalable y administrable a los teléfonos de telefonía IP de Cisco.

En la Figura 1.1 se observa el estándar IEEE 802.3af de la conexión PoE.

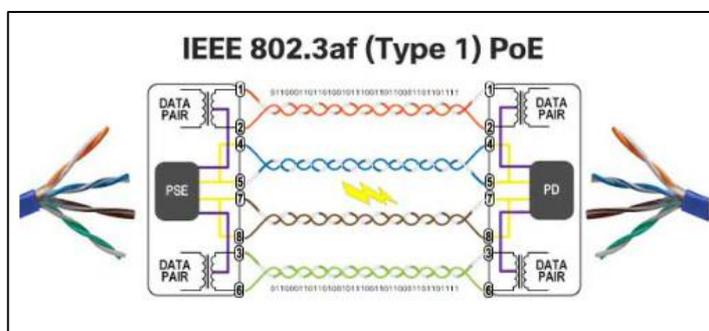


Figura 1.1 Estándar 802.3af para la conexión mediante PoE [10].

1.4.1.5. CCTV en el ámbito de la construcción y del hogar [11]

Los sistemas de circuito cerrado de televisión han sido utilizados ampliamente en la construcción y en el ámbito doméstico. Su utilización ha permitido disminuir la cantidad de acciones delictivas, así como vigilar espacios físicos y bienes materiales.

La utilización de los sistemas de CCTV ha aumentado considerablemente debido a su desempeño en la calidad de proyección de video, accesibilidad a la información, rápido acceso a las analíticas de video (detección de cruce de línea, detección de movimiento, alarma de intrusión), integración con otros sistemas de seguridad electrónica, monitoreo y visualización en tiempo real a través de aplicaciones para Android y iOS, y la posibilidad de integrar estos sistemas al Internet de las Cosas (IoT).

1.4.1.6. Elementos de un sistema de CCTV

Los elementos fundamentales de un sistema de Circuito Cerrado de Televisión son principalmente: las cámaras de video (video, video y audio); los medios de transmisión de los datos (cableado estructurado, fibra óptica, Wi-Fi, etc.); el grabador de video digital o en red (DVR o NVR); y el monitor para visualización de las imágenes.

1.4.1.7. Tipos de Cámaras de un CCTV

1.4.1.7.1. Cámaras Análogas

Las cámaras análogas son aquellas que transmiten la información de video de forma directa al monitor o pantalla de visualización; para ello, se conectan al grabador de video digital y éste, a su vez, proyecta las imágenes de las cámaras. En un principio, este tipo de cámaras se conectaban por medio de cable coaxial al grabador de video a través de conectores BNC. Actualmente, las cámaras análogas se conectan a los grabadores de video por medio de cable UTP en cuyos extremos se enlazan videobaluns, los cuales son dispositivos de acoplamiento para dos líneas: balanceadas (cable coaxial) y no balanceadas (cable UTP). Gracias a los videobaluns se puede transmitir el video al videograbador [12].

1.4.1.7.2. Cámaras IP

Las cámaras IP permiten la transmisión de imágenes y audio de video y su almacenamiento remoto. Estas cámaras pueden ser enlazadas el sistema de CCTV por medio de Wi-Fi o por medio de cableado de cobre [13].

1.4.1.7.3. Cámaras color Vu

Las cámaras Color Vu permiten reproducir de forma precisa el color en entornos con poca luz o nocturnos, mediante la proyección de imágenes claras y nítidas.

Este tipo de cámaras disponen de lentes avanzados, diseñados para recolectar una mayor cantidad de luz, y de esta manera producir imágenes más brillantes [14].

1.4.1.8. Funciones de las cámaras: WDR, BLC y HLC [15]

Las funciones de las cámaras como WDR, BLC y HLC son técnicas desarrolladas para el tratamiento de las imágenes que transmiten las cámaras hacia el dispositivo de visualización y así se obtienen imágenes con mayor claridad.

1.4.1.8.1. Amplio Rango Dinámico - WDR (Wide Dynamic Range)

El amplio rango dinámico se caracteriza por ser la diferencia en iluminación que hay en una imagen o figura que se visualiza en una cámara de videovigilancia. Con esta función se obtiene un balance en la iluminación para conseguir una imagen con claridad.

Las cámaras que disponen de esta función mejoran la calidad de imagen de cualquier escena de iluminación de alto contraste (el área monitoreada con porciones de luz brillante y porciones de luz tenue). La función WDR posibilita que las cámaras capturen detalles de las imágenes de forma deficiente como zonas altamente iluminadas [16].

1.4.1.8.2. Compensación de Luz de Fondo - BLC (Back Light Compensation)

La compensación de luz de fondo es un término que describe el mecanismo por medio del cual una cámara de video es capaz de compensar la luz de fondo que capta el lente mejorando el control automático de la exposición en la cámara. La compensación de luz de fondo reduce el brillo de la escena en general e ignora las pequeñas áreas de la imagen donde existe alta iluminación, y asegura de esta manera que la mayor parte de la escena permanezca brillante [17].

En la Figura 1.2 se puede observar una imagen captada por la cámara con y sin compensación de luz de fondo.



Figura 1.2 Imagen donde se observa la compensación de luz de fondo [17].

1.4.1.8.3. Compensación de Alta Iluminación - HLC (High Light Compensation)

La compensación de alta iluminación es una característica de las cámaras de videovigilancia creada para las escenas donde existe sobreexposición de fuentes de luz fuertes tales como los faros de un vehículo o lámparas incandescentes. Esta característica detecta las fuertes fuentes de luz en el video y compensa la exposición en estos puntos para mejorar la calidad general de la imagen [18]. Se utiliza generalmente para las cámaras que enfocan las placas de los vehículos durante la noche, como se observa en la Figura 1.3.

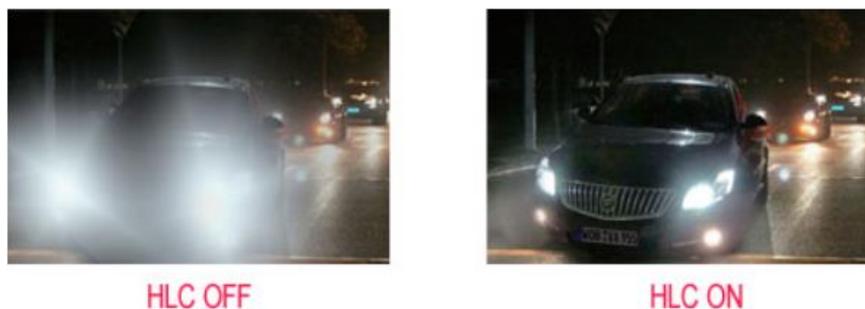


Figura 1.3 Imagen donde se observa la compensación de alta iluminación [18].

1.4.1.9. Cámaras para interiores

Las cámaras diseñadas para la vigilancia en espacios interiores desempeñan un papel crucial en la seguridad de lugares como viviendas, oficinas y locales cerrados. Por lo general, estas cámaras son compactas, livianas y de tamaño reducido, con

un diseño que se asemeja al de un domo. En muchos casos, carecen de clasificación de protección IP (Ingress Protection) contra polvo y/o lluvia. En la Figura 1.4 se observa una cámara para interiores.



Figura 1.4 Cámaras para interiores [19].

1.4.1.10. Cámaras para exteriores

En términos generales, las cámaras para exteriores son más robustas que las cámaras interiores ya que se encuentran expuestas a condiciones medioambientales que requieren mayor grado de protección frente a polvo y/o lluvia.

Las cámaras diseñadas para uso en exteriores presentan una mayor susceptibilidad a manipulaciones, por lo cual suelen fabricarse con materiales más resistentes, y pueden tener un peso mayor o incluso estar incorporadas en una carcasa de metal reforzada [20]. En la Figura 1.5 se observa una cámara para exteriores.



Figura 1.5 Cámara para exteriores [21].

1.4.1.11. Cámaras PTZ (PAN-TILT-ZOOM)

Las cámaras PTZ tienen la capacidad de cubrir un área de cobertura mucho más grande que las cámaras que tiene un campo de visión fijo (field of visión - FOV) debido a sus características de paneo, inclinación y zoom (pan-tilt-zoom) [22].

En la Figura 1.6 se observa una cámara PTZ.



Figura 1.6 Cámara PTZ [23].

1.4.1.12. Medios de Transmisión

Los medios de transmisión son aquellos por medio de los cuales se envía las imágenes digitalizadas de las cámaras de video hacia el o los dispositivos receptores, como son los DVRs y NVRs.

1.4.1.12.1. Grabadores de video

En términos generales, existen dos tipos de grabadores de video para los sistemas de CCTV: los grabadores de video digital o DVRs y los grabadores de video en red o NVRs [24].

1.4.1.12.2. Grabador de Video Digital (DVR)

Un grabador de video digital (DVR) es un equipo que recibe las imágenes de cámaras analógicas, digitaliza dichas imágenes y administra la información en uno o más discos duros. Un grabador de video digital almacena los datos de los canales conectados a un sistema de CCTV [25].

En la Figura 1.7 se observa un grabador de video digital.



Figura 1.7 Grabador de Video Digital [26].

1.4.1.12.3. Grabador de Video en Red (NVR) [27][28]

Un grabador de video en red (NVR) es un equipo que recibe imágenes ya digitalizadas por cámaras IP, las graba en una o varias unidades de discos duros, y administra dichas imágenes por medio de la red.

Actualmente, los grabadores de video en red disponen de capacidades de inteligencia artificial avanzadas para cualquier flujo de datos conectado, incluso para aquellos que se conectan con cámaras de seguridad convencionales. Los algoritmos de alta precisión y los microcontroladores que trabajan con inteligencia artificial han permitido disponer de NVRs más avanzados que combinan la protección integral y la administración de los datos de video. En la Figura 1.8 se observa un grabador de video en red.



Figura 1.8 Grabador de video en red [29].

1.4.1.13. Monitores

Los monitores son equipos que facilitan la función más importante de las cámaras de seguridad, la cual se refiere a la visualización de las imágenes y filmaciones grabadas. La decisión de cuántos monitores se necesitará para un sistema de

CCTV depende de lo que se está monitoreando y el área que se desea visualizar [30].

En la Figura 1.9 se muestra un ejemplo de un monitor para visualizar las cámaras de un sistema de CCTV.



Figura 1.9 Monitor utilizado para un sistema de CCTV [31].

1.4.1.14. Analíticas de grabación

Las analíticas de grabación están basadas en las prestaciones que presenta el software de CCTV para volver al sistema más eficiente y reducir la carga de trabajo en el personal de seguridad y el de administración [32].

Las analíticas de grabación se las utiliza para:

- Identificación de placas vehiculares.
- Reconocimiento de rostros.
- Detección de personas y vehículos.
- Seguimiento de personas.
- Conteo de personas.
- Detección de objetos abandonados.

1.4.2. Sistemas de detección y alarma de incendios

Los sistemas de detección y alarma de incendios son fundamentales para salvaguardar vidas humanas y disminuir las pérdidas económicas que se puedan generar en caso de que el incendio salga fuera de control [33].

1.4.2.1. Características de los sistemas de detección y alarma de incendios

Las características principales de los sistemas de detección y alarma de incendios son [34]:

- Proveer notificaciones en condiciones de alarma.
- Aviso de notificaciones en condiciones de supervisión.
- Aviso de notificaciones sobre problemas en el sistema.
- Proveer alertas a los ocupantes del lugar.
- Solicitud de ayuda en caso de alarma de incendios.
- Controlar las funciones de control de emergencias.

1.4.2.2. Normas y estándares de los sistemas de detección y alarma de incendios [35]

La Norma NFPA 72, también reconocida como el Código Nacional de Alarmas y Señalización de Incendios, representa uno de los estándares más cruciales en el ámbito de los sistemas de alarma y notificación contra incendios.

Esta normativa aborda aspectos relacionados con el diseño, la instalación, las pruebas y el mantenimiento de sistemas de alarma de incendio, notificación de emergencia, comunicaciones de emergencia y sistemas de control de humo.

El objetivo principal de la norma NFPA 72 es brindar educación a profesionales en seguridad contra incendios, ingenieros, arquitectos e inspectores acerca de esta normativa de gran relevancia.

1.4.2.3. Elementos de los sistemas de detección y alarma de incendios

1.4.2.3.1. Panel de control [36]

El panel de control es el principal elemento del sistema. Se encarga de monitorear y supervisar la información recibida por los inputs conectados a los lazos, y consecuentemente, monitorear, supervisar y enviar órdenes a los outputs o salidas de información del sistema.

Los Inputs son los dispositivos de iniciación, mientras que los outputs son los dispositivos de notificación y control.

1.4.2.3.2. Dispositivos de iniciación [37]

Los dispositivos de iniciación son los que mediante operación manual o automática informan al panel de control de un cambio de estado u operación anormal del sistema, los cuales son:

- Sensores de humo
- Sensores térmicos
- Estaciones manuales
- Módulos de monitoreo

1.4.2.3.2.1. Sensores de humo

Los sensores de humo son los dispositivos que detectan la presencia de humo en su interior y envían una señal al panel de control para accionar las sirenas con luz estroboscópica.

1.4.2.3.2.2. Sensores térmicos

Los sensores térmicos son los dispositivos que actúan cuando la energía térmica por consecuencia de un incendio aumenta la temperatura del elemento sensible al calor. Estos dispositivos también informan al panel de control de su cambio de estado.

1.4.2.3.2.3. Estaciones manuales

Como su nombre lo indica, las estaciones manuales son dispositivos que se activan mediante el accionamiento manual y envían dicha señal de cambio de estado al panel para activar una alerta de alarma.

1.4.2.3.2.4. Módulos de monitoreo

Los módulos de monitoreo se utilizan para conectar dispositivos de diferentes marcas del sistema de detección de incendios al panel. Comúnmente, estos dispositivos se conectan a las señales de alarma y fallo para comunicar sus estados al panel.

1.4.2.3.3. Dispositivos de notificación [38]

Son los dispositivos que proporcionan medios audibles o visibles de alerta frente a una alarma de incendio. Esta condición dependerá de los dispositivos de iniciación conectados al panel que se han activado. Entre estos dispositivos destacan los módulos de control y luces estroboscópicas.

De manera particular, al producirse una alarma de incendios, las sirenas con luces estroboscópicas se activarán produciendo un sonido de alerta que bordea los 90 decibeles alertando al personal para realizar la evacuación.

1.4.2.4. Tipo de sistemas de detección de incendios [39][40]

Los sistemas de detección de incendios se clasifican en dos tipos, los convencionales y los direccionables, entre los cuales se conectan los dispositivos de iniciación y notificación.

1.4.2.4.1. Sistemas de detección de incendios convencionales

Los sistemas de detección de incendios convencionales son aquellos sistemas en los cuales los dispositivos de iniciación y notificación se dividen en zonas, que son monitoreadas por medio del panel convencional de incendios. No existe la posibilidad de saber con exactitud que dispositivo se encuentra en estado de alarma o fallo.

1.4.2.4.2. Sistemas de detección de incendios direccionables

Por otro lado, los sistemas de detección de incendios direccionables son sistemas en los que cada dispositivo dispone de su propia dirección. De esta manera el panel de detección de alarma de incendios puede saber con exactitud el dispositivo que se encuentra con alarma o fallo, ya que es notificado en el panel.

1.4.3. Sistemas de control de acceso

Los sistemas de control de acceso se emplean para autorizar o restringir la entrada de personas a áreas específicas. Estos sistemas son utilizados en diversos entornos, donde el acceso a distintas áreas se determina según el perfil del usuario y de acuerdo a condiciones particulares.

Los sistemas de control de acceso han sido utilizados ampliamente en las empresas que requieren contar con este tipo de sistemas de seguridad en sus instalaciones. La implementación de tales sistemas no solo se vincula con la seguridad, es decir, evitar la entrada no autorizada de individuos o vehículos a un

lugar determinado, sino que también se busca que este acceso se lleve a cabo de manera conveniente y segura [41].

1.4.3.1. Características de los sistemas de control de acceso

Un sistema de control de acceso es un mecanismo electrónico que regula la autorización o restricción de entrada a una zona específica, validando la identificación mediante diversos métodos de lectura (como claves por teclado, lectores de tarjetas, biometría, entre otros) y, simultáneamente, gestionando el dispositivo correspondiente (ya sea una puerta, armario, torniquete, etc.) mediante un componente eléctrico, como un electroimán, pestillo o motor. La flexibilidad es esencial para adaptarse a cambios en los permisos y garantizar la movilidad sin restricciones. Además, se requiere precisión para asignar correctamente los permisos a cada individuo y una capacidad adecuada de almacenamiento y registro de datos mínimos [41].

1.4.3.2. Elementos de los sistemas de control de acceso [42]

Los elementos que constituyen los sistemas de control de acceso son:

- Lectora de acceso.
- Credencial.
- Servidor.
- Controladora de acceso.
- Mecanismo de apertura.
- Elementos de alimentación.

1.4.3.2.1. Lectora de acceso

Es el dispositivo que recopila la información necesaria para reconocer a la persona que busca obtener acceso. Establece comunicación con una credencial y transmite la información al controlador para evaluar el permiso de acceso; en sistemas

autónomos, el terminal ya cuenta con la información y no requiere comunicarse con el controlador. Hay variados tipos de dispositivos, cada uno con características específicas dependiendo de su marca y modelo.

1.4.3.2.2. Credencial

La credencial es el elemento que distingue a una persona y del cual se necesita información para conseguir el acceso a las áreas autorizadas. Puede describirse como algo que una persona tiene, conoce o es. Estos elementos pueden incluir códigos de seguridad, parámetros biométricos, tarjetas, entre otros.

1.4.3.2.3. Servidor

Un servidor se refiere a una computadora personal encargada de almacenar los detalles de cada intento de acceso, ya sea exitoso o no, con el propósito de mantener un registro. También sirve como la unidad donde se ejecutan las instrucciones de los programas. En sistemas autónomos o standalone, el funcionamiento no depende de un servidor, ya que es el terminal el que almacena la información de manera directa.

1.4.3.2.4. Controladora de acceso

La controladora de acceso desempeña la función exclusiva de tomar decisiones sobre quiénes tienen permiso de acceso, a qué áreas y en qué horarios. Todos los demás componentes simplemente generan información o llevan a cabo acciones. Además, la controladora tiene la responsabilidad de establecer comunicación con el servidor que centraliza la información del sistema, abarcando tanto la configuración y programación como los eventos registrados, siendo consultada en cada intento de ingreso.

1.4.3.2.5. Mecanismo de apertura

Una vez que se establece que el usuario cuenta con autorización de acceso, se procede a permitir su ingreso, generalmente mediante la apertura de una puerta. Esta acción se lleva a cabo comúnmente a través de la activación de cerraduras electromagnéticas o strike eléctricos, dependiendo de la aplicación específica.

1.4.3.2.6. Elementos de alimentación

Son las fuentes de alimentación y baterías encargadas de alimentar al sistema de control de accesos ya que los elementos electrónicos que constituyen dicho sistema eventualmente trabajan a diferentes niveles de voltaje.

1.4.4. Software para interfaces para integración de sistemas de seguridad

Los sistemas integrados de seguridad pueden operar con varias interfaces con software de visualización, tales como la plataforma ZKBiosecurity, de la marca ZKTeco, y la plataforma iVMS 4200 de la marca Hikvision. De igual forma existen otros softwares que permiten la integración de sistemas relacionados con el control de acceso, CCTV, detección de incendios, audio, y automatización de edificios [43].

1.4.4.1. ZKBioSecurity [44]

Esta plataforma de seguridad permite integrar los sistemas de circuito cerrado de televisión, sistemas de detección de accesos, sistemas de detección de incendios, y sistemas de alarmas de seguridad. Consta de una interfaz de usuario interactiva y brinda una avanzada solución de seguridad. En la Figura 1.10 se observa la interfaz de ZKBioSecurity.



Figura 1.10 Interfaz de la plataforma ZKBioSecurity [44].

1.4.4.2. Sistema de Administración de Video Inteligente IVMS-4200 [45]

El sistema de Administración de Video Inteligente (Intelligent Video Management System) (IVMS-4200) es un software que consta de una arquitectura distribuida y brinda una gestión centralizada a todos los dispositivos que se encuentran conectados. Permite administrar equipos de CCTV, como cámaras IP, DVR's y NVR's, así como Control de Acceso, Control de Asistencia y videoporteros. Este software permite la configuración y gestión de equipos con diversas soluciones para la videovigilancia, control de acceso y videoporteros a pequeña y gran escala. En la Figura 1.11 se muestra el software iVMS-4200.

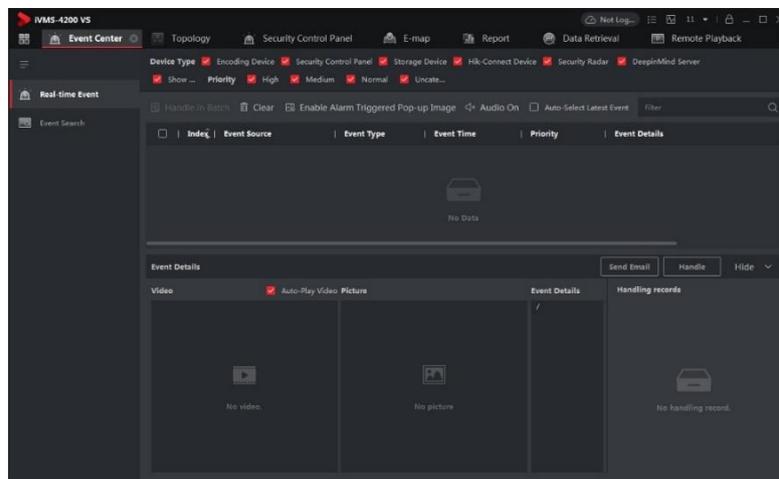


Figura 1.11. Software para integración IVMS-4200 [46].

1.4.5. Software para integración de subsistemas de seguridad electrónica con IoT ESP32

En el presente trabajo se va a desarrollar una plataforma de software que permita integrar los sistemas de CCTV, Control de Accesos y Detección de Incendios mediante una interfaz de hombre máquina HMI (por sus siglas en inglés - Human Machine Interface) en la cual se observarán cada uno de los subsistemas y la operación de cada uno de los elementos que correspondan al prototipo utilizando el programa LabVIEW de National Instruments. Los tres sistemas a conectarse serán de marcas conocidas y dispondrán de salidas y entradas para conectarlas a las placas de desarrollo ESP32 para su monitoreo y control.

1.4.6. Software LabVIEW de National Instruments

La elección de utilizar el software LabVIEW para la integración de sistemas de CCTV, control de accesos y detección de incendios se fundamenta en la capacidad única de LabVIEW para superar las barreras comunes que surgen al intentar unificar sistemas provenientes de distintos fabricantes. La posibilidad de utilizar un lenguaje gráfico en el que consten las funciones relacionadas con el protocolo TCP/IP, hace de LabVIEW el software indicado para el desarrollo del prototipo para integración del sistema de CCTV, Control de acceso y Detección de incendios con dispositivos IoT ESP32 [47].

En la actualidad, estos tres sistemas operan con dispositivos de marcas diferentes tales como ZKTeco, Hikvision, Dahua, Rosslare, Honeywell, Bosch, Soyal, entre otras, presentando desafíos significativos en términos de interoperabilidad. Sin embargo, LabVIEW destaca al ofrecer una solución eficiente mediante la implementación de protocolos de comunicación estándar como TCP/IP, UDP, comunicación serial para dispositivos como los ESP32. Esta flexibilidad permite a LabVIEW establecer una conexión fluida entre los sistemas heterogéneos, lo cual permite una integración más efectiva y facilita la comunicación entre los equipos y dispositivos, independientemente de su origen [48].

El software LabVIEW llega a ser una herramienta valiosa para la creación de sistemas integrados que optimizan la operación y la coordinación entre los sistemas de CCTV, control de accesos y detección de incendios. Es importante considerar que se requiere un computador dedicado que cuente con las funciones básicas para la comunicación mediante el protocolo TCP/IP y HTTP, así como los bloques de comunicación para visualizar el video streaming de las cámaras de video. Los costos de la licencia de LabVIEW base (\$580/año) se los debe considerar en caso de la implementación dentro de un proyecto en particular [49].

1.4.7. Componentes del sistema de CCTV

Los componentes del sistema de CCTV son dos cámaras IP de la marca Hikvision, un grabador de video de la misma marca, y una unidad de disco duro para el almacenamiento de la marca Western Digital Purple.

1.4.7.1. Cámara tipo bala

La primera cámara IP es de tipo bala, modelo DS-2CD1327G0-LUF, cuyas características principales son presentadas en la Tabla 2.1.

Tabla 1.1. Especificaciones de la cámara DS-2CD1023G0E-I de Hikvision [50].

General	
Dimensiones	177.6 mm × 66.2 mm × 67.8 mm (7.0" × 2.6" × 2.7")
Condiciones de operación	-30 °C to 60 °C (-22 °F to 140 °F). Humidity: 95% or less (non-condensing)
Consumo de voltaje y corriente	12 VDC, 0.4 A, max. 5 W PoE: (802.3af, 36 V to 57 V), 0.2 A to 0.15 A, max. 6.5 W
Grado de protección IP	67 (IEC 60529-2013)
Cámara	
Sensor de imagen	1/2.7" Escaneo progresivo CMOS
Iluminación mínima	Color: 0.01 lux @(f2.0, AGC ON) B/N: 0 lux con IR
Amplio rango dinámico	WDR digital

Lente	
Longitud focal & FOV	2.8 mm, horizontal FOV 112.1°, vertical FOV 60.0°, diagonal FOV 132.2° 4 mm, horizontal FOV 90.2°, vertical FOV 48.6°, diagonal FOV 107.6°
Video	
Resolución máxima	1920x1080
Compresión de video	Stream principal: H.265/H.264 Sub-Stream: H.265/H.264/MJPEG
Red	
Protocolos	TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP™, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6, Bonjour, IPv4, UDP, SSL/TLS
API	Open Network Video Interface (ONVIF), ISAPI

1.4.7.2. Cámara tipo domo

La segunda cámara IP es de tipo domo, modelo DS-2CD1327G0-LUF, cuyas características principales son presentadas en la Tabla 2.2.

Tabla 1.2. Especificaciones de la cámara DS-2CD1327G0-LUF de Hikvision [51].

General	
Dimensiones	Ø109.9 mm × 103.6 mm (Ø4.33" × 4.08")
Condiciones de operación	-30 °C to 60 °C (-22 °F to 140 °F). Humidity: 95% or less (non-condensing)
Consumo de voltaje y corriente	12 VDC, 0.4 A, max. 5 W PoE: (802.3af, 36 V to 57 V), 0.2 A to 0.15 A, max. 6.5 W
Grado de protección IP	67 (IEC 60529-2013)
Cámara	
Sensor de imagen	1/2.8" Escaneo progresivo CMOS

Iluminación mínima	Color: 0.001 lux @(F1.0, AGC ON) B/N: 0 lux con luz blanca
Amplio rango dinámico	WDR digital
Lente	
Longitud focal & FOV	2.8 mm, horizontal FOV 105.2°, vertical FOV 56.5°, diagonal FOV 125.1° 4 mm, horizontal FOV 83.6°, vertical FOV 46.2°, diagonal FOV 97.5°
Video	
Resolución máxima	1920x1080
Compresión de video	Stream principal: H.265/H.264 Sub-Stream: H.265/H.264/MJPEG
Red	
Protocolos	TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP™, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6, Bonjour, IPv4, UDP, SSL/TLS
API	Open Network Video Interface (ONVIF), ISAPI

1.4.7.3. Grabador de video en red (NVR) [52][53]

El grabador de video en red (NVR) se destaca por ser de la serie profesional de Hikvision, cuyo modelo es DS-7608NI-I2. La serie profesional se caracteriza por la compresión de video H.264+ Y H.265+, las cuales hacen que el ancho de banda de la red y el almacenamiento en la o las unidades de discos duros sean altamente eficaces. En este caso se utilizará un disco duro de 1TB para la grabación de video. El NVR consta de las siguientes características principales:

- La compresión H.265+ reduce eficazmente el espacio de almacenamiento hasta en un 75%.
- La grabación dual-stream reduce el ancho de banda.
- Dispone de la tecnología de encriptación de flujo (streaming) a través de TLS que proporciona un servicio de transmisión de flujo más seguro.

- Admite doble verificación para reproducción de videos y descarga.
- Salidas independientes de video para VGA y HDMI.
- Soporta resolución hasta 4K en salida de video HDMI.
- Soporta múltiples eventos VCA (analíticas de contenido de video).
- Funciones inteligentes configurables de cámara, tales como detección VCA (movimiento, cruce de línea, intrusión, etc.) mapa de calor, ANPR (Automatic Number Plate Recognition – Reconocimiento Automático De Número De Placas Vehiculares), y conteo de personas.
- Información de POS (Point Of Sales - Punto De Venta) en la visualización en directo y en reproducción de video, y grabación y alarma activadas por punto de venta.
- Interfaz Ethernet autoadaptable de 10/100/1000 Mbps.
- Hik-Connect y DDNS (Sistema Dinámico de Nombres de Dominio) para una fácil gestión de la red.
- Tecnología de transmisión fluida, lo cual impide el congelamiento en la transmisión de video en vivo, e impide el deterioro de la señal o errores en la transmisión.

1.4.8. Componentes del sistema de detección y alarma de incendios

El sistema de detección y alarma de incendios está conformado por un panel de detección y alarma de incendios, un detector de humo, un detector de calor, una estación manual, un módulo de relé y una sirena con luz estroboscópica. Todos los equipos que se conectan al panel son direccionables.

1.4.8.1. Panel de detección y alarma de incendios

El panel de detección y alarma de incendios constituye el principal elemento de este subsistema, al ser el encargado de recibir las señales de los dispositivos de iniciación conectados en el lazo tipo B y la sirena con luz estroboscópica

direccionable en su salida NAC. El panel de detección y alarma de incendios es de la marca Honeywell y su modelo es el ES-50X [54].

1.4.8.2. Detector de humo

El detector de humo direccionable SD365 es de la marca Honeywell. Sus características principales son [55]:

- Voltaje de operación: 15-32 VDC pico.
- Máxima corriente: 4.5 mA @ 24 VDC ("ON").
- La distancia entre detectores no debe exceder los 9.1m según NFPA72.
- Conexión de lazo SLC de dos cables.
- La unidad usa una base para el cableado.
- Direccionamiento decimal rotatorio.
- Preajuste de fábrica con una sensibilidad nominal del 1,5 % para el nivel de umbral de alarma del panel.
- El LED "parpadea" cuando se sondea la unidad (comunicándose con el panel de incendios) y permanece encendido en estado de alarma.
- Bajo consumo de corriente en modo stand-by 200µA @ 24 VDC.

1.4.8.3. Detector de calor

El detector de calor direccionable H365R es de la marca Honeywell. Este detector activa la alarma de incendios cuando el calor en su sensor interno aumenta a un ritmo determinado o alcanza un nivel predeterminado. Sus características principales son [56]:

- Voltaje de operación: 15-32 VDC pico.
- Máxima corriente: 4.5 mA @ 24 VDC ("ON").
- La distancia entre detectores no debe exceder los 9.1m según NFPA72.
- Conexión de lazo SLC de dos cables.
- La unidad usa una base para el cableado.
- Direccionamiento decimal rotatorio.

- Modelo de temperatura fija preestablecida de fábrica a 135 °F (57°C).
- Modelo de tasa de aumento (H365R(A)), 15 °F (8,3 °C) por minuto.
- Ángulo de visión de campo de 360° de los dos indicadores visuales de alarma, LED parpadea en rojo en estado normal y se enciende en rojo fijo en alarma.
- Los LED parpadean cada vez que se sondea la unidad.

1.4.8.4. Estación manual

La estación manual direccionable BG-12LXSP es de la marca Honeywell, y se activa manualmente al accionar la palanca que dispone en su parte externa, informando al panel que hay una alarma de incendios. Sus características principales son [57]:

- Voltaje de operación normal: 24VDC.
- Corriente de operación promedio (led parpadeo): 300 µA.
- Rango de temperatura: 32° F - 120° F (0° C - 49° C).
- Rango de humedad relativa: 10% - 93% sin condensación.

1.4.8.5. Módulo de relé

El módulo de relé CRF-300 es de la marca Honeywell, y consta de dos contactos de tipo relé (contactos secos) para activar una gran variedad de dispositivos, tales como ventiladores, cerraduras electromagnéticas, dampers, etc. En este caso, las salidas del módulo de relé se conectan al sistema de CCTV y accesos, así como a las placas de desarrollo para la comunicación con la nube y la interfaz HMI. Las características del módulo de relé son [58]:

- Voltaje de operación normal: 15 – 32 VDC.
- Consumo máximo de corriente: 6.5 mA (led encendido).
- Rango de temperatura: 32° F - 120° F (0° C - 49° C).
- Rango de humedad relativa: 10% - 93% sin condensación.

1.4.8.6. Sirena con luz estroboscópica

La sirena con luz estroboscópica P2RL-SP es de la marca Honeywell, se encuentra conectada a la salida NAC (Notification Appliance Circuit – Circuito de Dispositivos de Notificación). Consta de una sirena y una luz estroboscópica que se activan simultáneamente al existir una alarma de incendios en el Panel. Sus características son las siguientes [59]:

- Tono de onda cuadrada de 520 Hz \pm 10%.
- Rango completo de candelas con opciones de tono alto/bajo para optimizar el consumo de corriente para una amplia variedad de aplicaciones.
- Ajustes de candela seleccionables en campo.
- Interruptor giratorio para ajustes Alto/Bajo, Temp3, Temp4 y continuo.

1.4.9. Componentes del sistema de control de acceso

El sistema de control de acceso está conformado por un panel de control Inbio260 para dos puertas, dos lectoras de tarjetas o llaveros de proximidad, dos pulsadores de salida no-touch, dos cerraduras electromagnéticas, dos fuentes de alimentación con sus respectivas baterías de respaldo.

1.4.9.1. Panel de control Inbio260

El panel de control Inbio260 es el encargado de llevar el control de todos los dispositivos conectados al sistema de control de acceso, entre ellos las lectoras de tarjetas o llaveros, los pulsadores de salida no-touch, las cerraduras electromagnéticas y las entradas auxiliares que dispone, así como la comunicación vía Ethernet hacia la red. Sus principales características se observan en la Tabla 2.3 [60]:

Tabla 1.3. Especificaciones del panel de control Inbio260 [60].

Característica	Especificación
Número de puertas a controlar	2
Número de lectoras de tarjetas o llaveros	8 (4 RS-485, 4 Wiegand 26-bit)
Tipos de lectoras compatibles	Wiegand 26-bit y RS 485
Número de entradas	6(2 Botones de salida, 2 sensores de puerta, 2 auxiliares)
Número de salidas	4 (2 relés C para chapa y 2 relés C para salida auxiliar)
Capacidad de tarjetas	30000
Capacidad de huellas	3000
Capacidad de eventos	100000
Protocolos de comunicación	RCP/IP y RS-485
Dimensiones del panel	184 x 35 x 105 mm
Peso total	3.6 kg
CPU	32 bit 400MHz
Memoria RAM	32M
Memoria flash	128M
Fuente de alimentación	9.6V-14.4V DC
Temperatura de Operación	0°C a 45°C
Humedad de Operación	20% - 80%

1.4.9.2. Lectoras de tarjetas o llaveros de proximidad

Las lectoras de tarjetas o llaveros KR100E son las que leen las tarjetas de proximidad y permiten o deniegan el acceso a los usuarios, la lectura se la realiza en formato Wiegand de 16 bits, dependiendo si se encuentran registrados en la plataforma de control de accesos. Sus características se muestran en la Tabla 2.4 [61]:

Tabla 1.4. Especificaciones de las lectoras de tarjetas de proximidad [61].

Característica	Especificación
Modelo	KR100E
Rango de lectura	Hasta 10 cm
Tiempo de lectura	≤300ms
Fuente de alimentación	6 - 14V DC / Max. 70mA. Protección contra polaridad inversa.
Puerto de entrada	2ea (External LED Control, External Buzzer Control)
Formato de salida	Formato Wiegand 26 bit
Led indicador	Leds indicadores de 2 colores (rojo y verde)
Buzzer	Si
Temperatura de operación	-20°C a +65°C
Humedad de operación	10% a 90% de humedad relativa sin condensación
Color	Negro
Material	policarbonato/acrilonitrilo butadieno estireno ABS+PC con textura
Dimensiones (mm)	116*75*17.3 (Ancho*Alto*Profundidad)
Peso	120 g
Grado de protección	IP65

1.4.9.3. Pulsadores de salida no-touch

Los pulsadores de salida no-touch para salida sin contacto TLEB102 es un interruptor de puerta con sensor de infrarrojos, el cual permite la apertura de puertas de sistemas de control de accesos. Sus principales características son [62]:

- Voltaje de entrada: 9 ~ 16 VDC.
- Corriente nominal: 2 A.

- Temperatura de operación: -20°C ~ +50°C.
- Humedad de operación: 10% Shell material90%.
- Material de la carcasa: Acero inoxidable SUS304.
- Rango de distancia de sensor infrarrojo: 2 ~ 10 cm.
- Dimensiones: 115mm*70mm* 38mm.

1.4.9.4. Cerraduras electromagnéticas

Las cerraduras electromagnéticas AL-180 de ZKTeco constan de las siguientes características [63]:

- Fuente de alimentación: DC 12V/24VDC.
- Encendido para bloquear.
- Fuerza de retención: 300 lbf o 150 Kg.
- Peso: 1.07 Kg.
- Dimensiones: 166 x 21 x 41 mm.

1.4.9.5. Fuentes de alimentación [64]

Las fuentes de alimentación proporcionan el voltaje y corriente necesarios para la operación del sistema. La primera fuente es la PS902B y la segunda es la TPM005B.

1.4.9.5.1. Fuente PS902B

Las características de la fuente PS902B son las siguientes:

- Fuente de alimentación con cables para batería.
- Voltaje de alimentación: 110 VAC.
- Salida de voltaje: 12 V @ 5 A.
- Batería instalada: 12 V 7Ah.

1.4.9.5.2. Fuente TPM005B

Las características de la fuente TPM005B son las siguientes:

- Fuente de alimentación para el controlador, con función de batería ininterrumpida.
- Voltaje de alimentación: 110 – 240 VAC, 50/60Hz.
- Salida para alimentación externa: 13.8 V/5A+1A.

1.4.10. Placas de desarrollo ESP32

La empresa Espressif diseña y fabrica diferentes módulos y placas de desarrollo para evaluar el potencial de la familia de los microcontroladores ESP32. Los módulos basados en microcontroladores ESP32 constan con algunos componentes claves integrados, como un oscilador de cristal y un circuito de adaptación de antena. Los módulos constituyen soluciones listas para su integración en productos finales, tales como su integración con interfaces de programación para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con el Internet de las cosas [65].

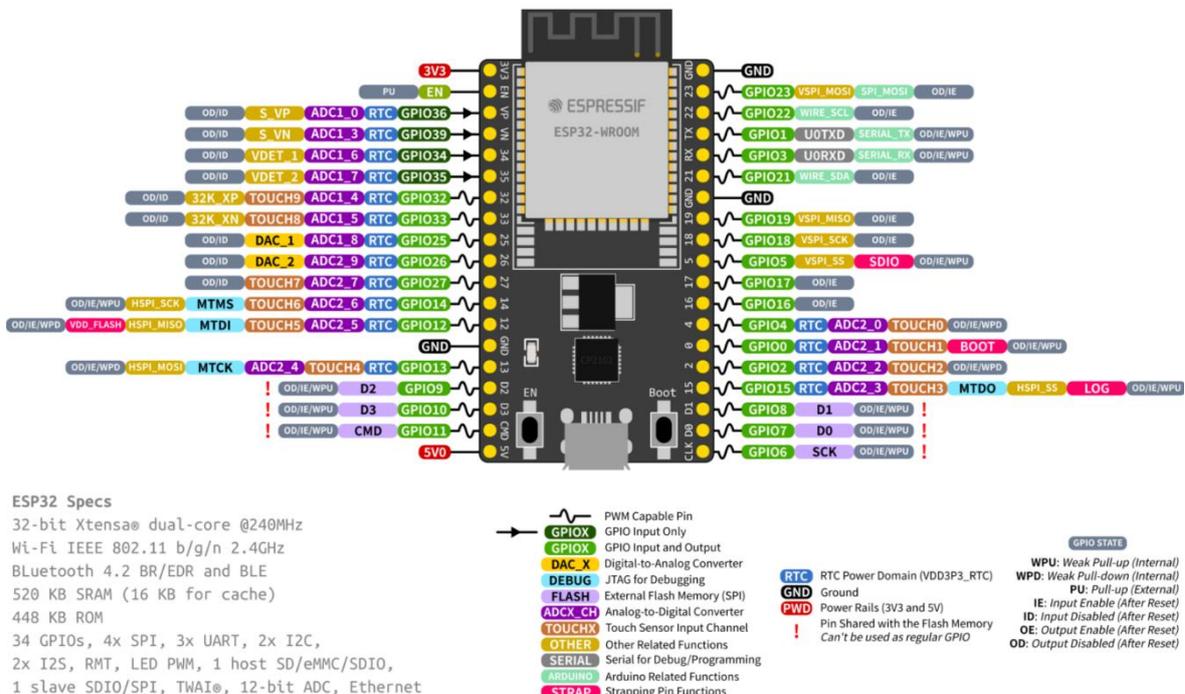
Para la comunicación con la nube y la interfaz HMI se dispone de tres placas de desarrollo para IoT (Internet of Things) ESP32-Wroom-32U, las cuales se comunicarán con la nube y con la aplicación a desarrollarse en el dispositivo móvil.

Las características de cada una de las placas de desarrollo son [66]:

- Núcleo: CPU Xtensa® LX6 de doble núcleo de 32 bits, frecuencia de hasta 240MHz.
- Memorias:
 - 448 Kb de ROM.
 - 520 Kb de SRAM.
 - 16 Kb de RTCSRAM.

- 4, 8, 16 Mb de memoria flash.
- Voltaje de operación: 3 a 3.6VDC
- Hasta 32 pines GPIO (General Purpose Input/Output – Entradas/Salidas de propósito general):
- 2*12-bits ADC (Convertor Análogo Digital) (hasta 18 canales)
- Interfaces de comunicación:
 - 2 interfaces I2C.
 - 2 interfaces I2S.
 - 4 interfaces SPI.
 - 3 interfaces UART.
- Seguridad:
 - 1024 bits OTP.
 - Arranque seguro, encriptación flash.
- Rango de temperatura extendido: -40 a 85 °C.

En la Figura 2.1 se observa la distribución de pines de la placa de desarrollo ESP32 [67].



2. METODOLOGÍA

El objetivo del presente trabajo se enfoca en el desarrollo de un prototipo para la integración de los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de accesos con dispositivos ESP32 utilizando una interfaz de programación en LabVIEW.

Para este desarrollo se utilizará una metodología deductiva, de investigación y práctica que servirá para investigar las normas y lineamientos para diseñar e implementar el prototipo que integre los sistemas de CCTV, SDI y CCAA con IoT mediante placas de desarrollo ESP32 y habilite la comunicación de los sistemas con LabVIEW.

2.1. Diseño del prototipo

Para diseñar el prototipo que integra los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de accesos, junto con las placas de desarrollo ESP32, se ha considerado que cada uno de los sistemas deben integrarse entre ellos y brindar la comunicación que se requiere.

Las tres tarjetas de desarrollo ESP32 se encuentran ubicadas en una placa PCB diseñada en el software Proteus, con sus borneras respectivas para la entrada y salida de las señales de los tres sistemas de una manera distribuida para los sistemas de Detección de Incendios (ESP32 N°1), Control de acceso (ESP32 N°2) y Circuito Cerrado de Televisión (ESP32 N°3), como se visualiza en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Distribución de pines de entrada y salida para placas de desarrollo de prototipo.

ESP32 N°1	Detección de incendios
Pin 32	Tipo: entrada / input pull-up Conectado a NA1 de módulo de relé direccionable CRF-300 (A)

Pin 33	Tipo: entrada / input pull-up Conectado a NA2 de módulo de relé direccionable CRF-300 (A)
ESP32 N°2	Control de acceso
Pin 12	Tipo: Salida / output Conectado a módulo de relé 1 para apertura de puerta 1
Pin 13	Tipo: Salida / output Conectado a módulo de relé 2 para apertura de puerta 2
ESP32 N°3	Circuito Cerrado de Televisión
Pin 32	Tipo: Salida / output Conectado a módulo de relé 1 para activación de grabación de cámara 1.
Pin 33	Tipo: Salida / output Conectado a módulo de relé 2 para activación de grabación de cámara 2.

En la Figura 2.1 se observa la imagen del diseño realizado en Proteus para las tres placas de desarrollo ESP32.

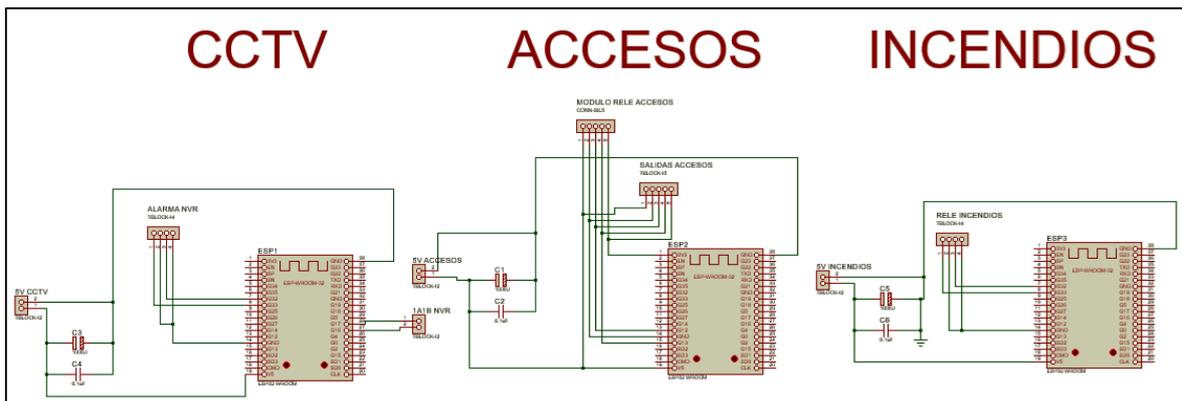


Figura 2.1. Diagrama de conexiones diseñado para las placas de desarrollo ESP32.

En la Figura 2.2 se observa el esquema general de conexiones de los equipos basándose en la ingeniería conceptual para el prototipo propuesto.

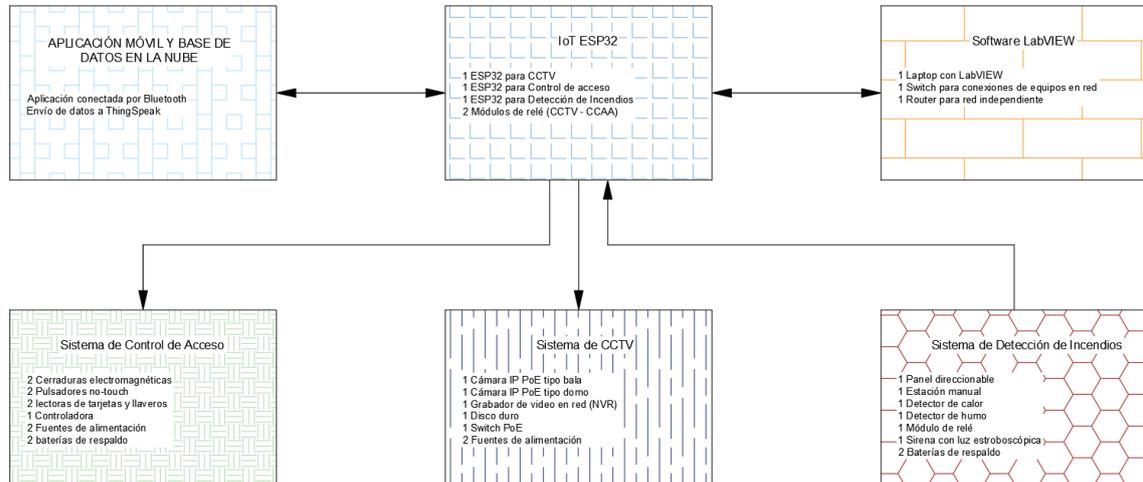


Figura 2.2. Diagrama de bloques del prototipo.

En la Figura 2.3 se observa la arquitectura del prototipo propuesto.

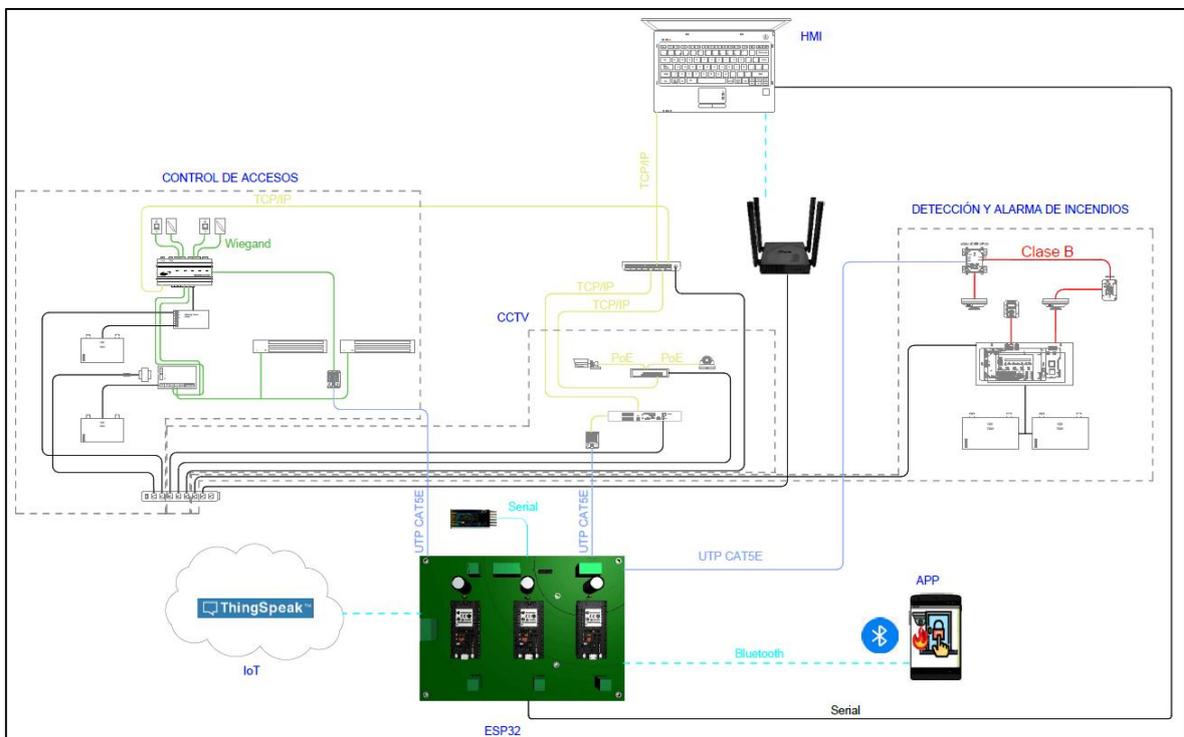


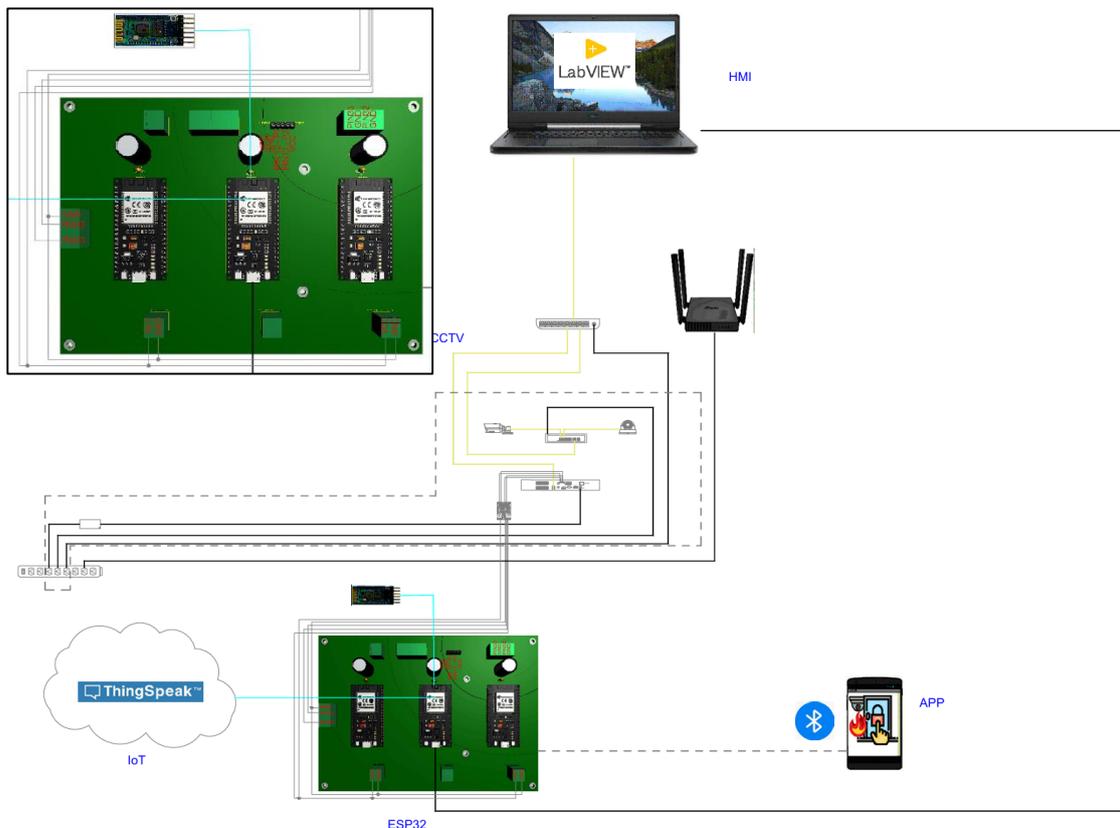
Figura 2.3. Arquitectura del prototipo.

2.1.1. Sistema de CCTV

Para el diseño del sistema de CCTV, se dispone de un NVR que me permita conectar hacia el módulo ESP32 por medio de sus entradas de alarma. Estas cuatro entradas de alarma son de tipo contacto seco y se conectan por medio de cable UTP hacia el módulo de relé del sistema de detección de incendios para que la cámara asignada a esa entrada active la alarma de grabación.

Estas señales de alarma también se conectan a uno de los módulos ESP32 para el envío de dicha información a la nube, a la aplicación desarrollada para celular y a la interfaz HMI.

En la Figura 2.4 se muestra las conexiones del sistema de CCTV a ser implementado.



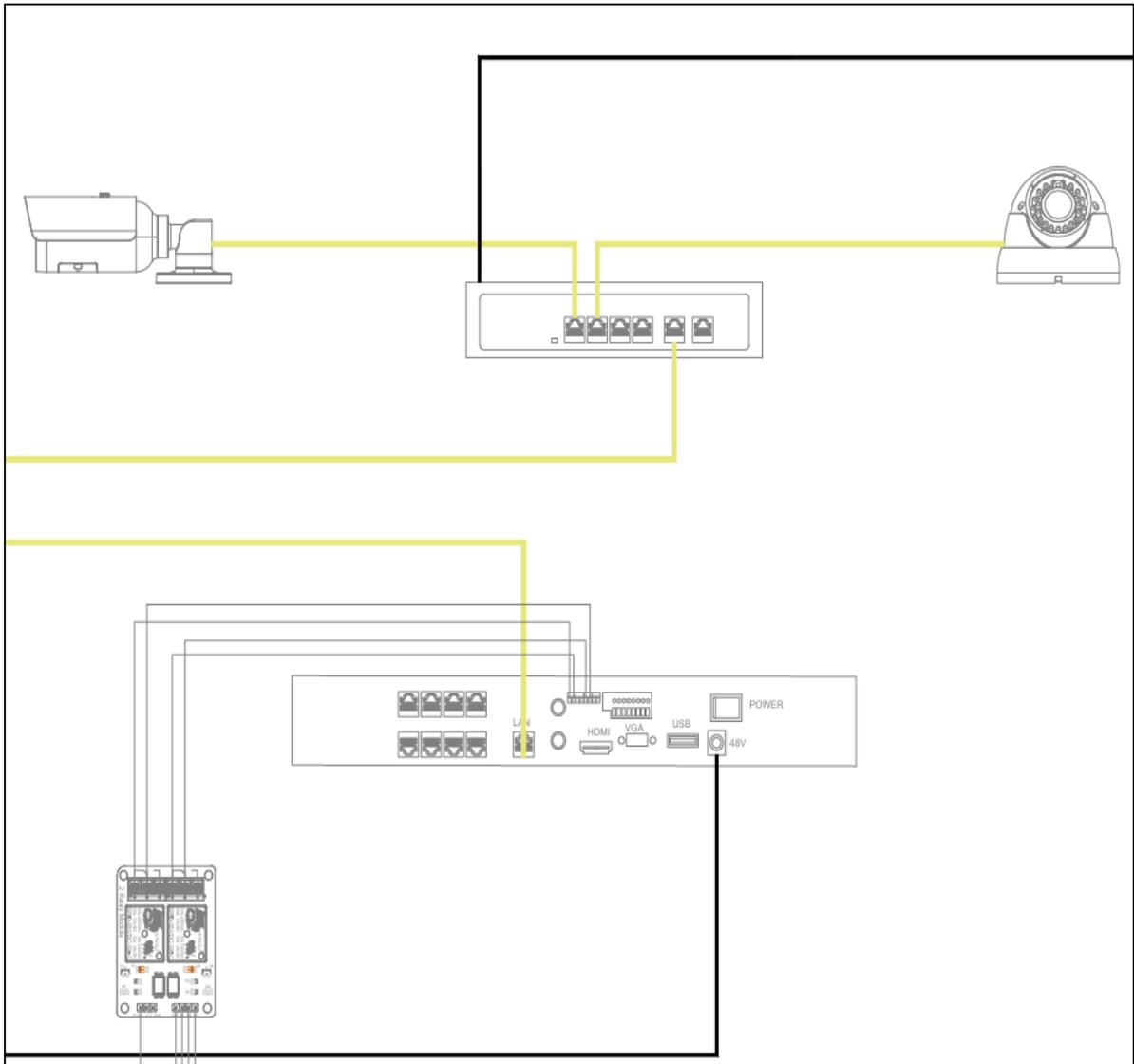


Figura 2.4. Diagrama de conexiones de sistema de CCTV.

En la Figura 2.5 se observa la arquitectura del sistema de CCTV.

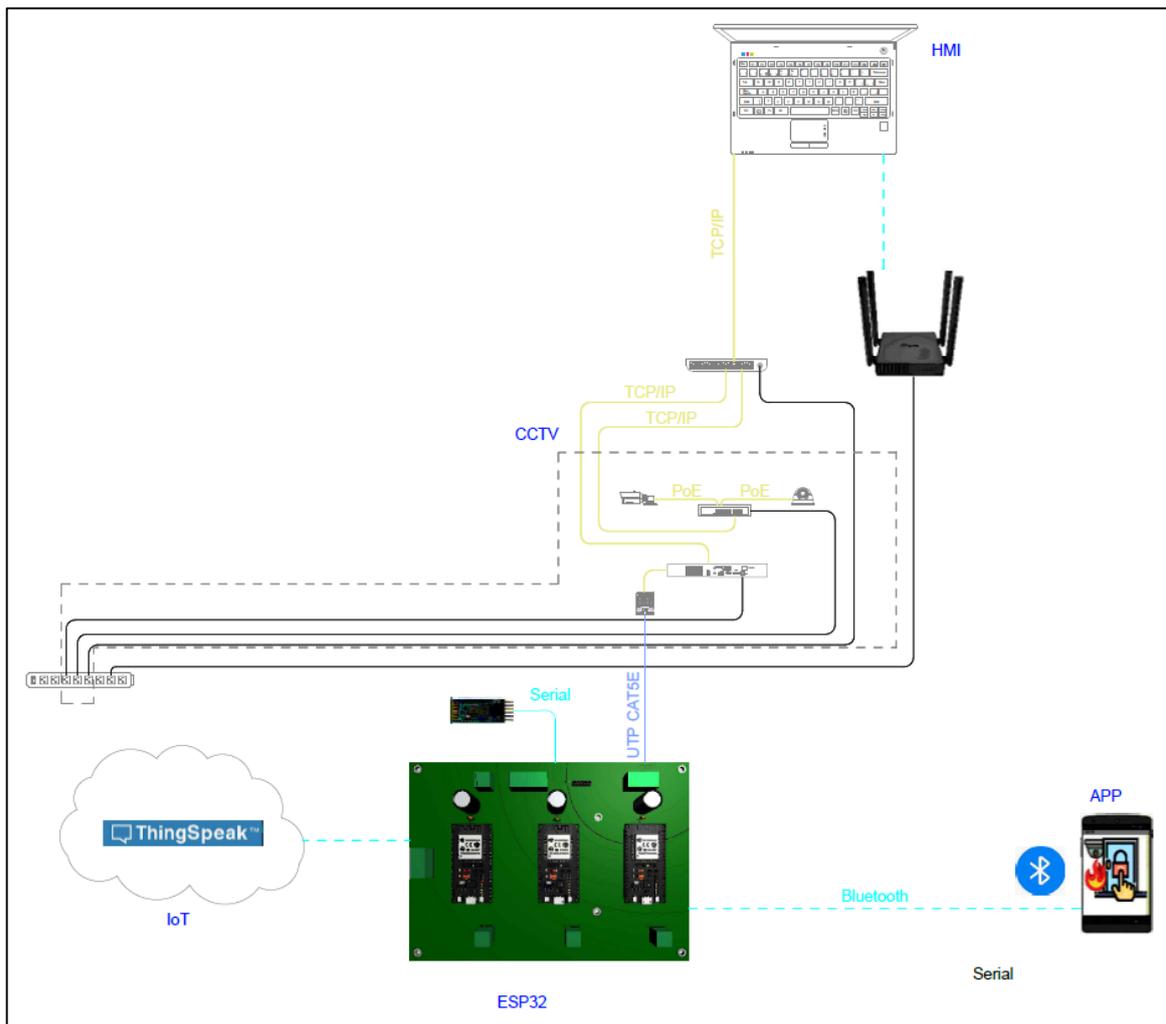


Figura 2.5. Arquitectura de sistema de CCTV.

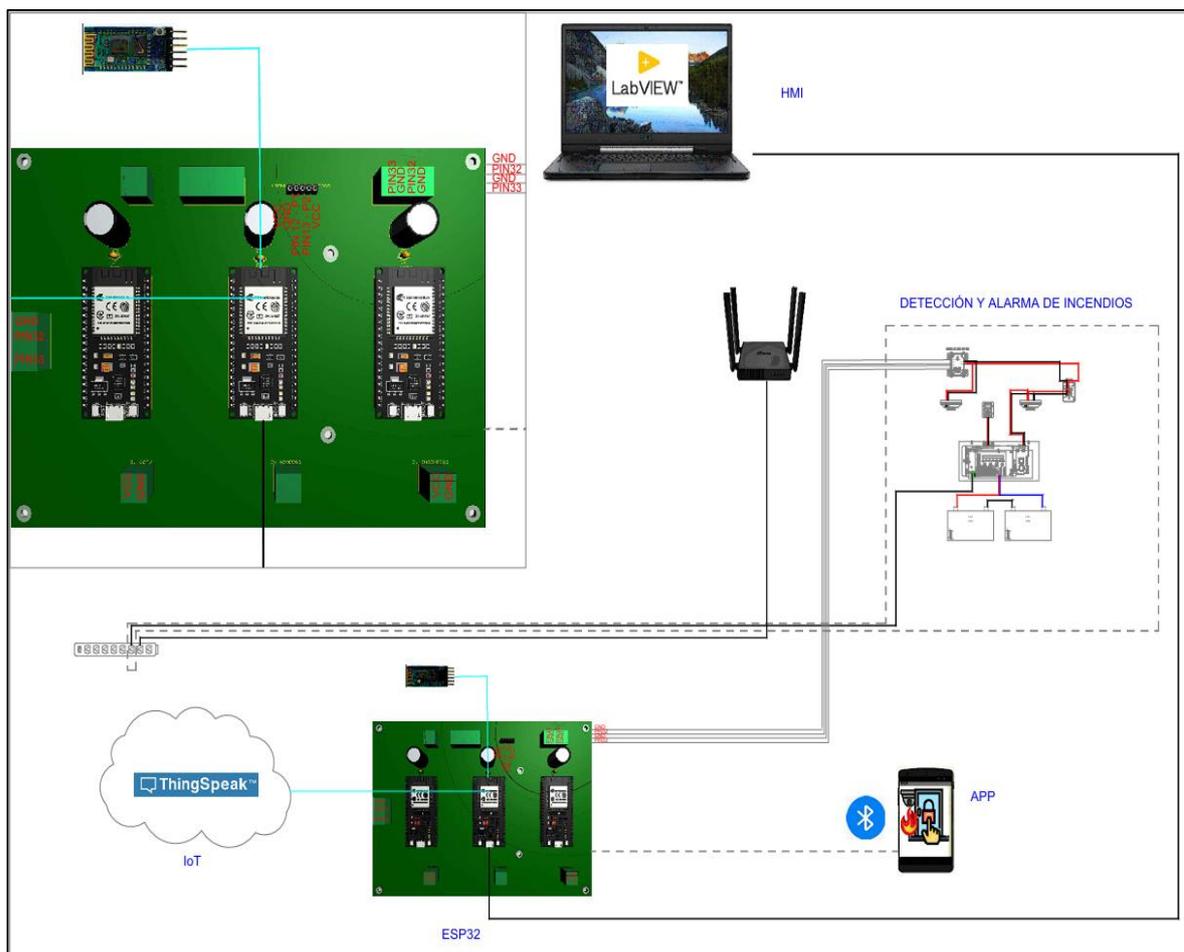
2.1.2. Sistema de detección y alarma de incendios

El diseño del sistema de detección y alarma de incendios dispone de los dispositivos de iniciación y notificación conectados al panel de detección de incendios.

Cuando existe una alerta de incendios, el módulo de relé conectado al lazo activa sus dos salidas (contactos normalmente abiertos pasan a estado normalmente cerrados), las cuales se conectan a las entradas del NVR del sistema de CCTV que la cámara conectada a dicha zona empiece a grabar. Estas señales de alarma

también se conectan a uno de los módulos ESP32 para el envío de dicha información a la nube, a la aplicación desarrollada para celular y a la interfaz HMI.

En la Figura 2.6 se muestra las conexiones del sistema de detección y alarma de incendios a ser implementado.



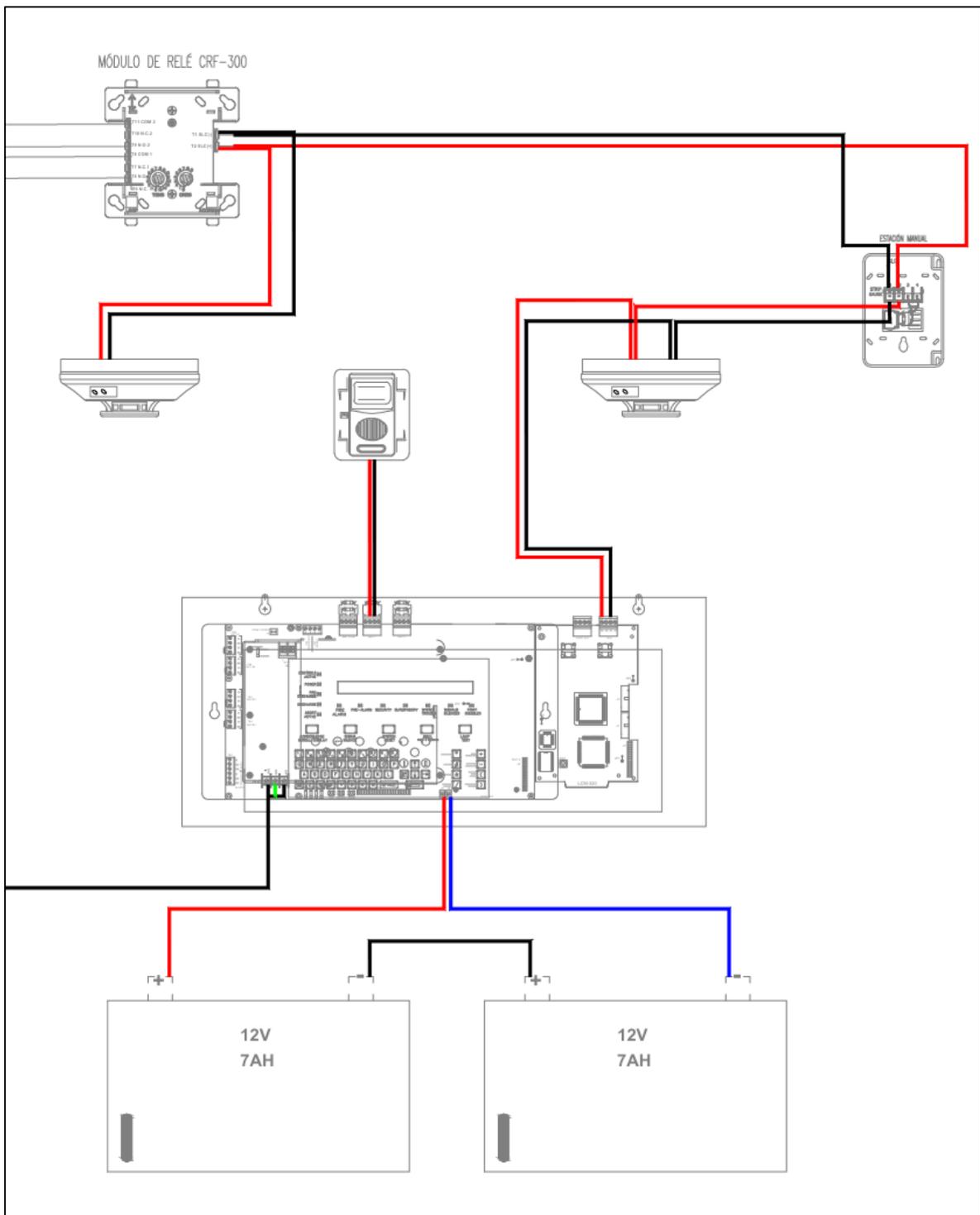


Figura 2.6. Diagrama del sistema de detección y alarma de incendios.

En la Figura 2.7 se observa la arquitectura del sistema de detección y alarma de incendios.

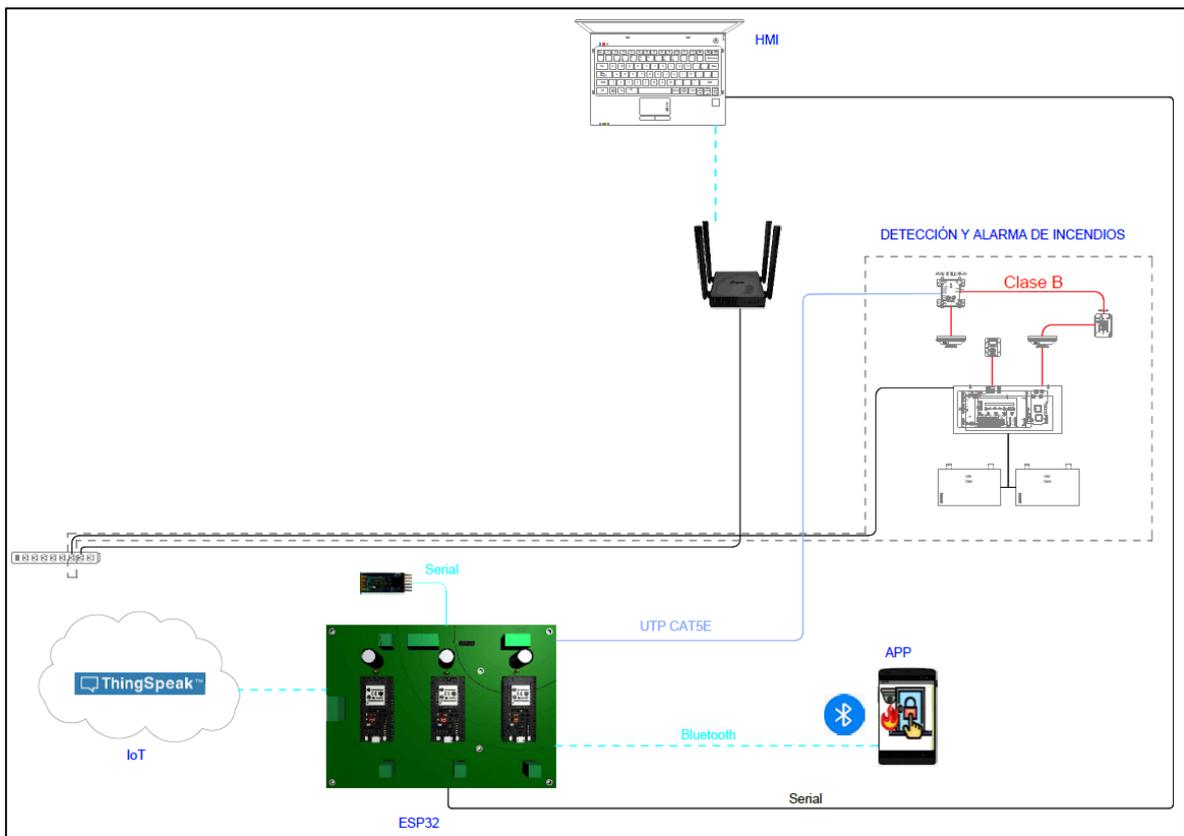


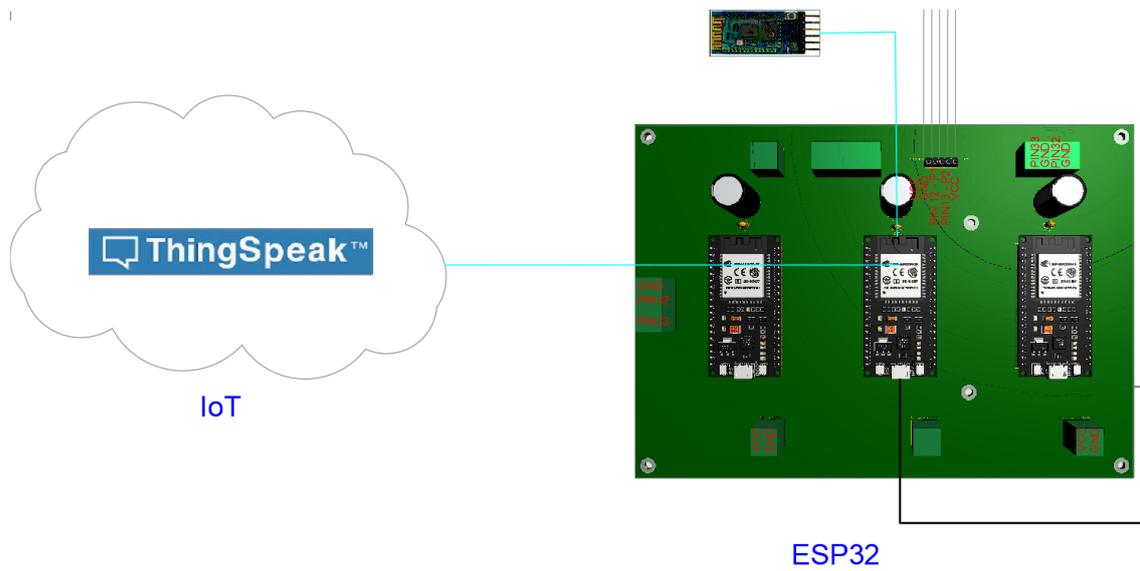
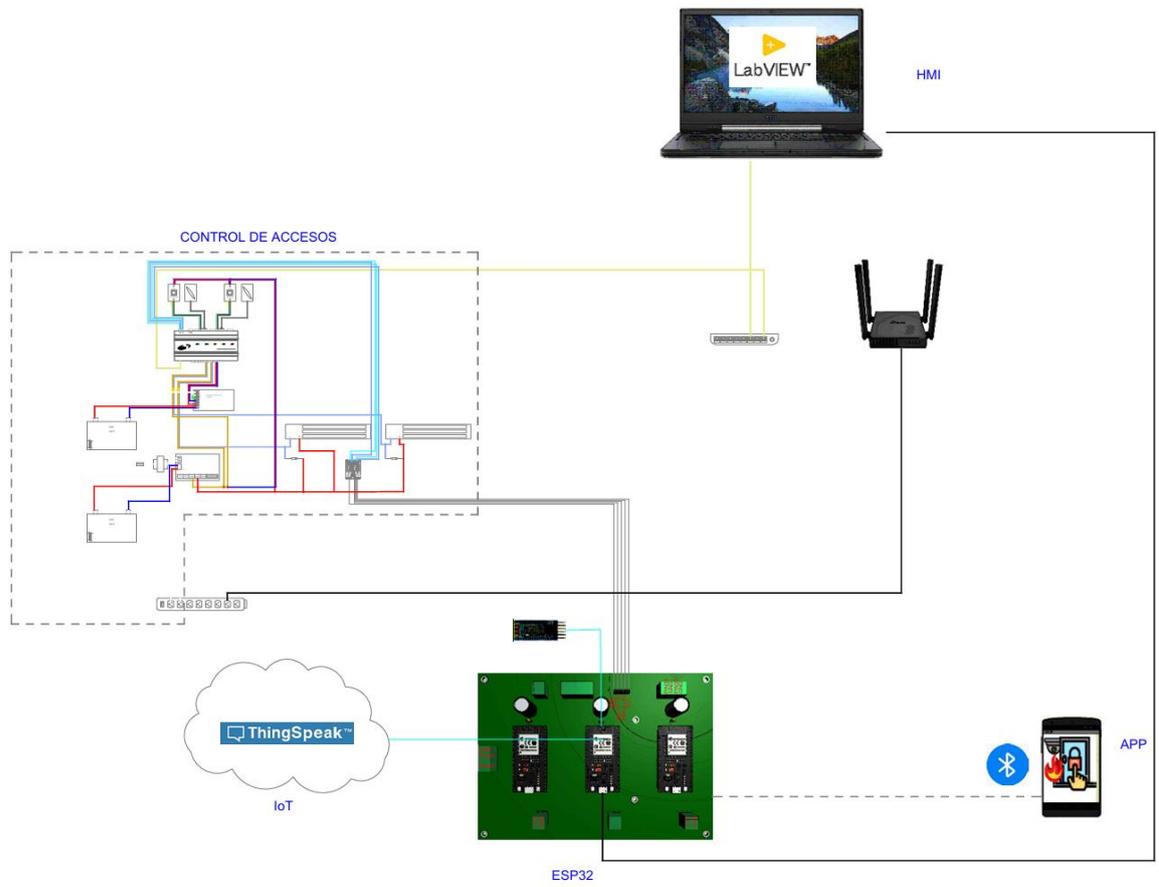
Figura 2.7. Arquitectura de sistema de detección y alarma de incendios.

2.1.3. Sistema de control de acceso

El sistema de control de acceso dispone de una controladora Inbio260. Esta controladora centraliza las señales de las lectoras de tarjetas de proximidad, los pulsadores de salida no-touch, y las cerraduras electromagnéticas. Además, dispone de dos entradas auxiliares, las cuales se conectan a un módulo de relé ESP32 para la apertura y cierre de las cerraduras electromagnéticas.

La vinculación de las entradas auxiliares para apertura o cierre de las cerraduras electromagnéticas se la realizó por medio de la aplicación ZKAccess3.5 de ZKTeco.

En la Figura 2.8 se muestra las conexiones del sistema de control de acceso a ser implementado.



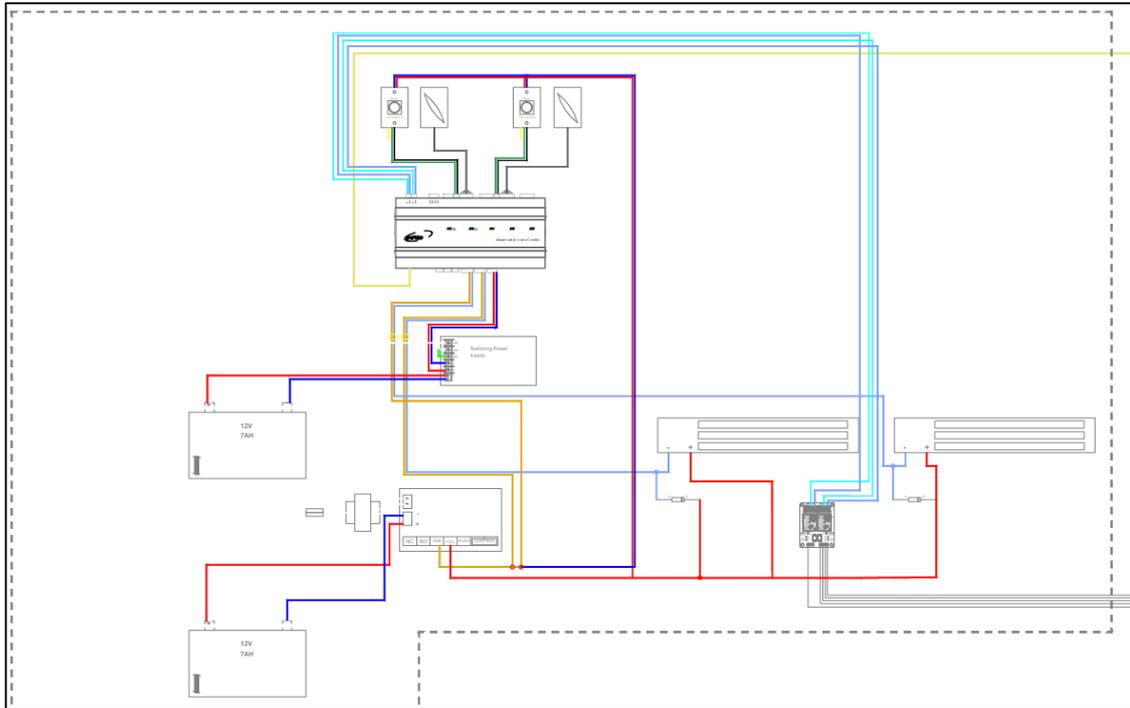


Figura 2.8. Diagrama del sistema de control de acceso.

En la Figura 2.9 se observa la arquitectura del sistema de control de acceso.

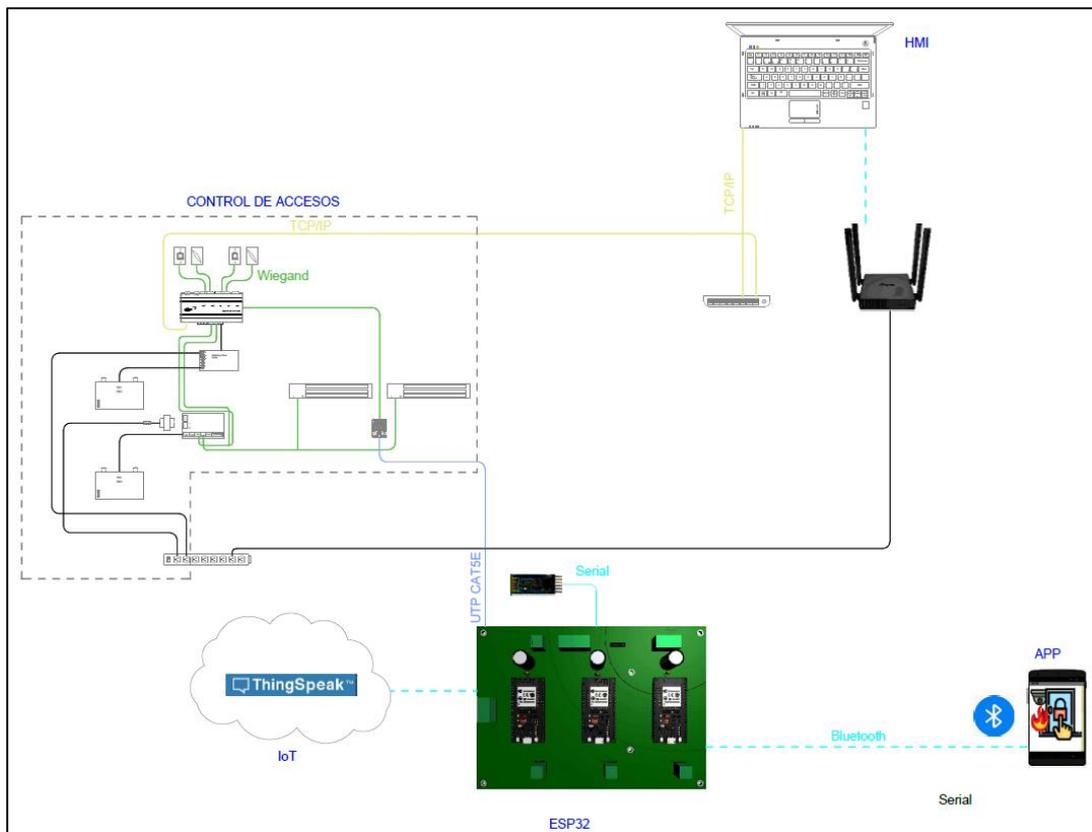


Figura 2.9. Arquitectura de sistema de control de acceso.

2.2. Ensamblaje del prototipo

El prototipo a ensamblarse constituye la identificación y adquisición de todos los componentes individuales de cada uno de los subsistemas a implementarse, estos son los elementos del sistema de CCTV, detección y alarma de incendios, y control de acceso, juntos con las placas de desarrollo y la interfaz HMI en LabVIEW.

Todos los equipos van interconectados en un gabinete metálico de dimensiones 1000x800x250 mm, medidas que han sido tomadas para que se visualicen y se operen cada uno de los equipos a utilizarse en el prototipo. Se ha seleccionado este gabinete de sólida estructura de doble fondo para la colocación de los equipos y su respectiva integración. Para la interconexión de los equipos se han utilizado canaletas de 40x40 mm, así como organizadores de cables y tubería EMT para el sistema de detección y alarma de incendios. Consta de dos puertas metálicas con junta esponjosa de poliuretano y una U central desmontable para la colocación de los equipos.

En la Figura 2.10 se muestra el gabinete metálico elegido para el prototipo.



Figura 2.10. Gabinete metálico de 100x80x25 cm.

El prototipo desarrollado dispone de los sistemas de CCTV, detección y alarma de incendios, control de acceso y dispositivos IoT para comunicación, como se observa en la Figura 2.11.

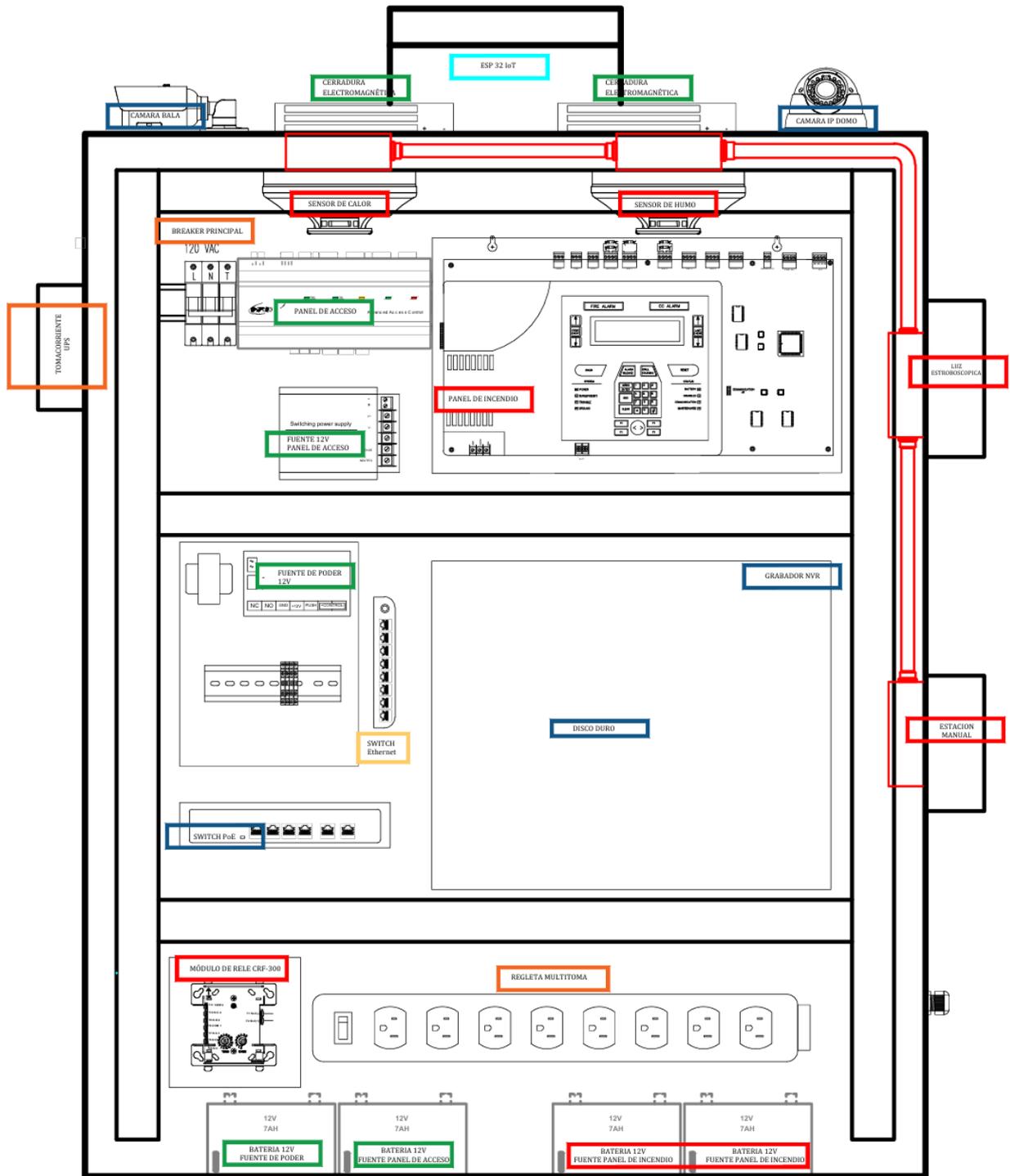


Figura 2.11. Diagrama de ubicación de los componentes del prototipo.

2.3. Implementación del prototipo

La implementación del prototipo está basada en la interconexión de los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de acceso, junto con las placas de desarrollo ESP32 en el gabinete propuesto.

Según los diagramas de conexionado, se ha dispuesto un breaker principal para protección del sistema general, y cada una de las fuentes de los subsistemas se conectan a la regleta cortapicos ubicada en el gabinete. En la parte inferior del mismo, se ubican las baterías para el sistema de control de acceso y detección de incendios.

Adicionalmente, el gabinete consta de una salida regulada de tomacorriente para la conexión de un UPS para alimentación de todo el sistema en caso de corte de energía. En la parte lateral izquierda se encuentran las salidas para cable Ethernet y salidas USB para la comunicación serial con el computador.

En la Figura 2.12 se observa todos los sistemas conectados en el gabinete.



Figura 2.12. Prototipo del sistema en operación.

2.4. Programación de las placas de desarrollo ESP32

La programación de las 3 placas de desarrollo para los sistemas de Circuito Cerrado de Televisión, Control de Acceso y Detección de incendios respectivamente, se las realizó en 3 diferentes entornos para

2.4.1. Programación en el entorno Arduino IDE

En el prototipo desarrollado, se utilizan tres placas ESP32 programadas en el entorno Arduino IDE, cada una de ellas desempeña ciertas tareas para asegurar la funcionalidad integrada del sistema.

La primera placa, designada como el nodo raíz o servidor para el sistema de control de accesos, actúa como el núcleo de la red independiente. Esta placa no solo gestiona la comunicación por Bluetooth con la aplicación móvil, sino que también se encarga de enviar los datos recopilados a la plataforma en la nube Thingspeak.

La segunda placa, dedicada al sistema de detección de incendios como nodo cliente, recibe las señales del módulo de relé por sus pines 32 y 33 configurados como entradas input-pullup, para enviarlas al nodo raíz o servidor y éste a su vez, enviará dichas señales a la tercera placa, destinada al circuito cerrado de televisión, también como nodo cliente, que enviará a activar sus pines de salida 32 y 33 para que las cámaras de video empiecen a grabar cuando exista una alarma de incendios. Dependiendo de las señales detectadas por sus pines de entrada o salida, estas placas transmiten o reciben datos que contribuyen a la supervisión y respuesta del sistema integrado.

Adicionalmente, la placa de desarrollo servidor (Control de Acceso), enviará los datos por comunicación TCP/IP a LabVIEW para su monitoreo en caso de que se abra o cierre las puertas, o en caso de que una alerta de alarma sea activada por uno de los dispositivos de iniciación del sistema de Detección de incendios.

En la Figura 2.13 se puede observar el funcionamiento de las tres placas mediante el diagrama de flujo correspondiente.

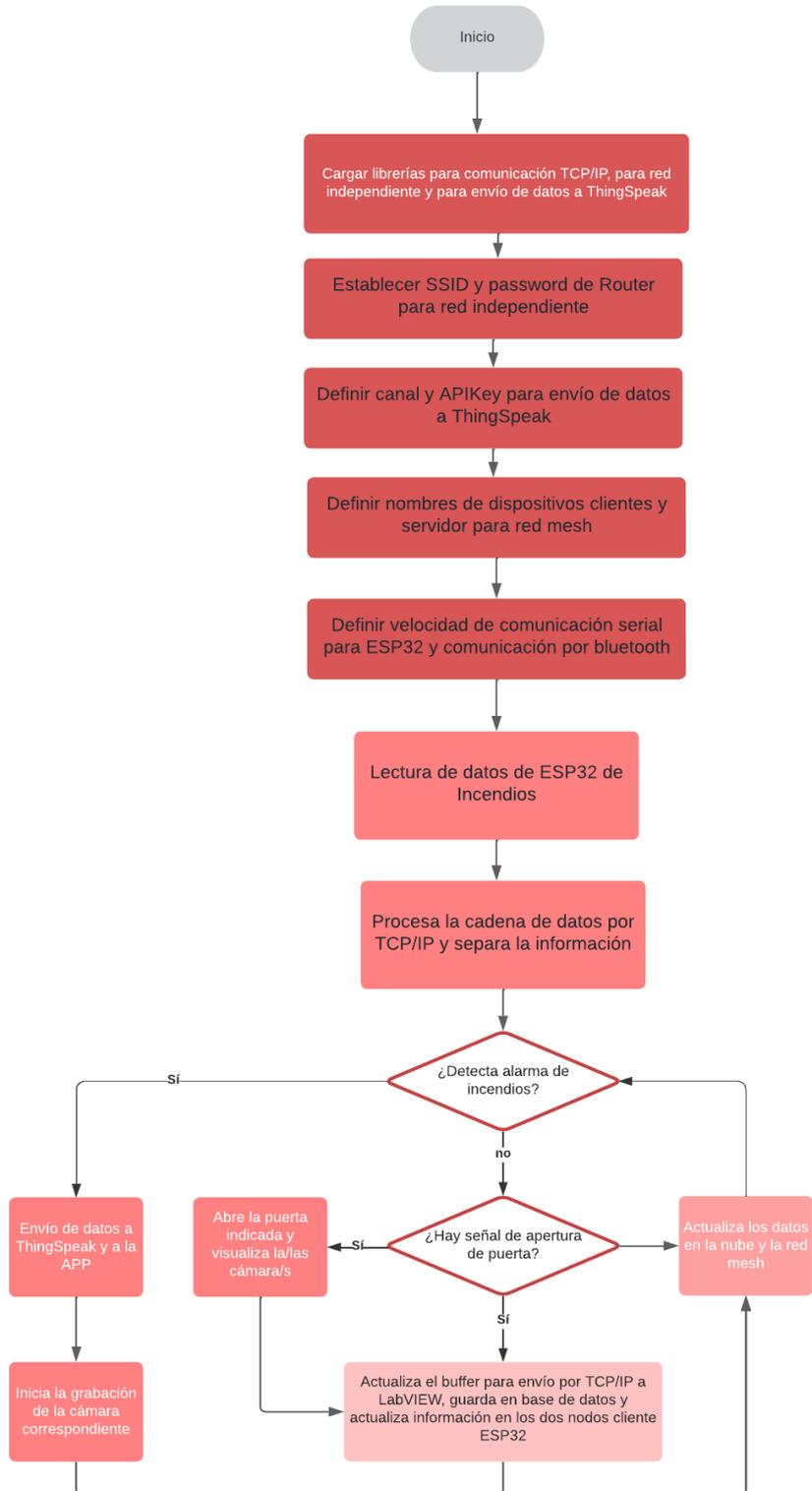


Figura 2.13. Diagrama de flujo de funcionamiento de placas de desarrollo ESP32.

Mediante esta configuración de las tres placas de desarrollo ESP32, se establece una red robusta y colaborativa que permite la seguridad y la gestión de recursos en el prototipo.

2.4.2. Programación en MIT App Inventor

La programación de la aplicación para celular se la desarrolló en el entorno de programación en línea denominado MIT App Inventor. Este entorno, permite crear aplicaciones mediante un código basado en bloques visuales y componentes para definir la lógica y el comportamiento de la aplicación [68].

Para la programación del prototipo se estableció un fondo de pantalla llamativo y se utilizó imágenes de dos puertas abiertas y cerradas como botones para la apertura y cierre de las mismas. Además, se crearon labels para la visualización de los estados de las puertas mediante un contador que actualizaba sus estados por comunicación TCP/IP.

En la Figura 2.14 se observa el área de diseño para la aplicación móvil, y en la Figura 2.15 se visualiza los bloques que se han programado para dicha aplicación.

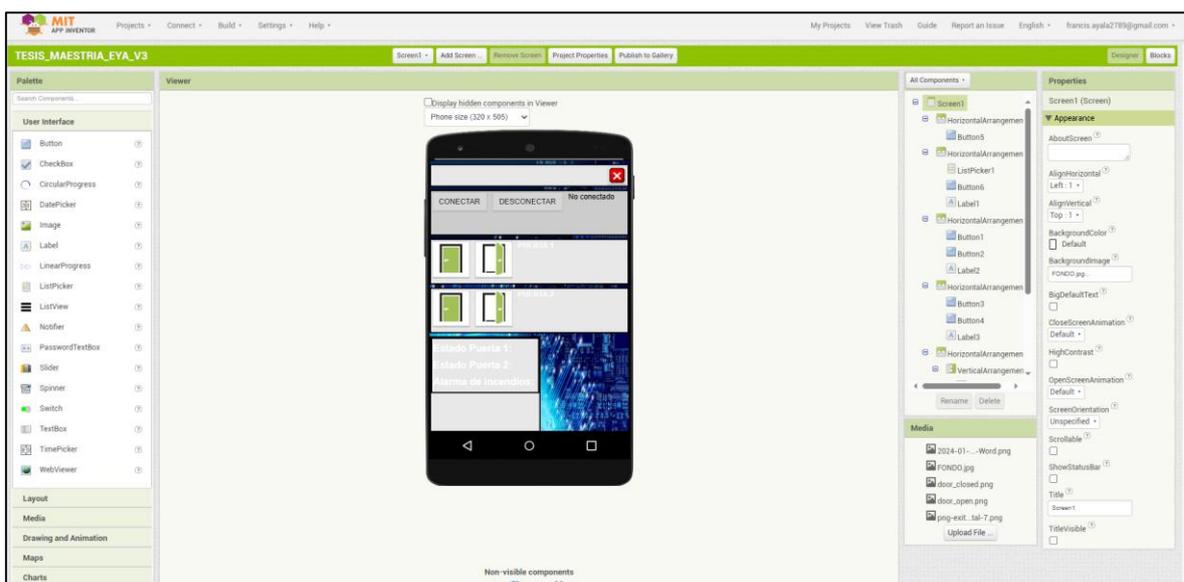


Figura 2.14. Área de diseño de la aplicación para celular.

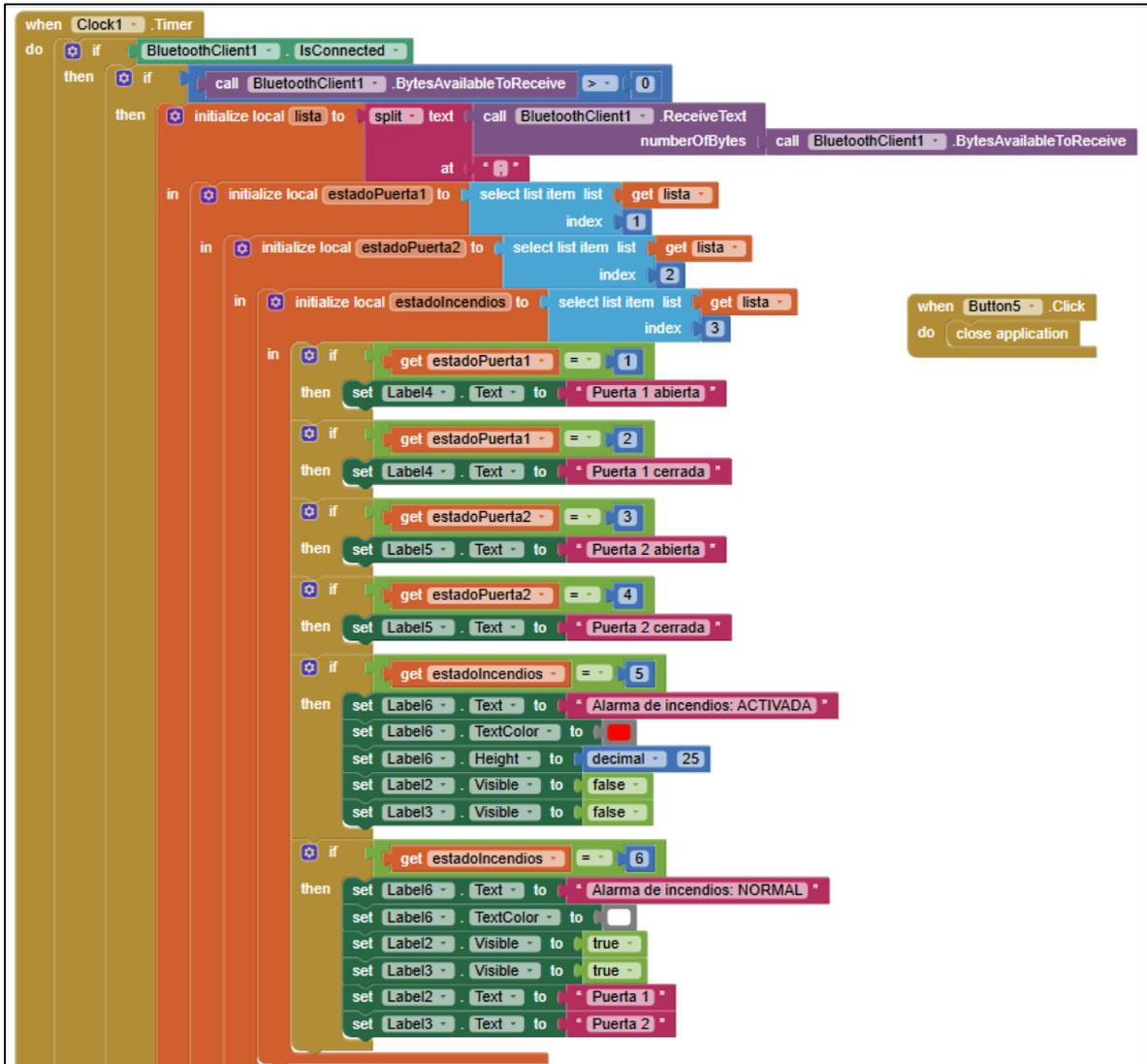


Figura 2.15. Área de programación de bloques para aplicación.

2.4.3. Programación en ThingSpeak

ThingSpeak es un servicio de plataforma para realizar el análisis del Internet de las Cosas (IoT), en el cual se puede añadir, visualizar y analizar flujos de datos en vivo por medio de la nube.

Para implementar la base de datos de los dispositivos IoT ESP32, en el que se puede monitorear los estados de cada una de las variables, se ingresa con el nombre de usuario y contraseña a través de MathWorks. En la Figura 2.16. se observa los canales creados una vez que se ingresa a la plataforma.

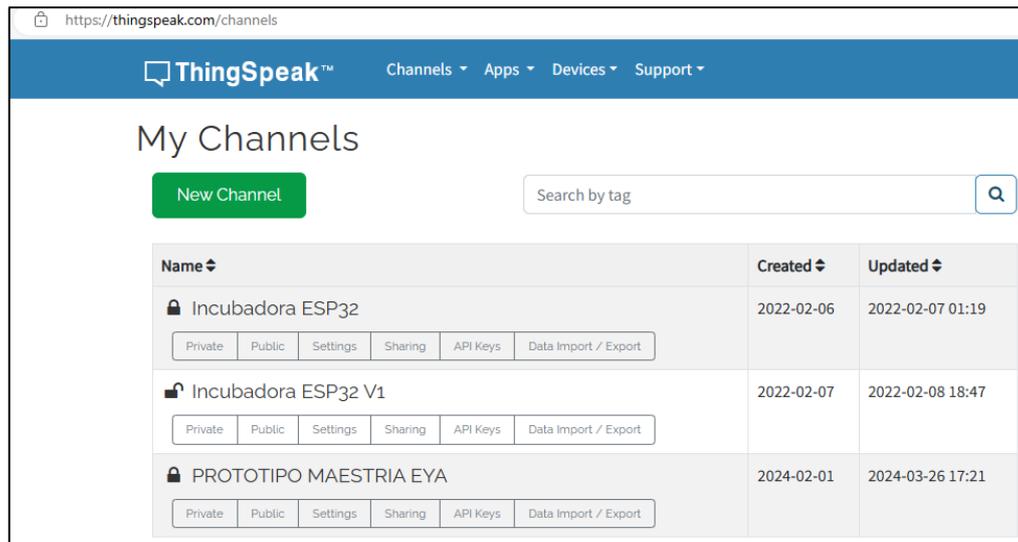


Figura 2.16. Canales creados en la plataforma ThingSpeak.

Una vez creado o ingresado en el canal se puede observar todos los campos para monitorear o crear nuevos campos referentes a las variables que se va a escribir o leer. En el caso del prototipo solo se van a monitorear las variables siguientes:

- Puerta 1: indica el estado de la puerta 1.
- Puerta 2: indica el estado de la puerta 2.
- Incendio1: indica el estado de la señal 1 que ingresa al ESP32 de incendios.
- Incendio2: indica el estado de la señal 2 que ingresa al ESP32 de incendios.
- estadoCamaras1: indica si se ha activado la primera cámara para grabación.
- estadoCamaras2: indica si se ha activado la segunda cámara para grabación.
- conexionIncendios: indica si se encuentra conectada la placa ESP32 correspondiente al sistema de detección de incendios.
- conexionCamaras: indica si se encuentra conectada la placa ESP32 correspondiente al sistema de CCTV.

En la Figura 2.17. se observa los campos programados para el monitoreo del prototipo.



Figura 2.17. Campos programados para el monitoreo del prototipo.

2.5. Configuración de los sistemas

Los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de accesos se configuran utilizando diferentes métodos y herramientas según sus características y requisitos específicos.

En el caso de los sistemas de CCTV y control de acceso, la configuración se lleva a cabo principalmente a través del software incluido en el NVR de la marca Hikvision, o a través del software instalado en una PC para el sistema de control de acceso (ZKAccess).

Este software permite al administrador, instalador u operador configurar y personalizar diversos aspectos del sistema. Por ejemplo, en el caso del sistema de CCTV, es posible definir la resolución y calidad de las imágenes, establecer horarios de grabación, configurar zonas de detección de movimiento, y establecer notificaciones, alarmas, etc. Para el control de acceso, el software ZKAccess permite definir permisos de acceso para usuarios específicos, programar horarios de acceso, configurar registros de eventos y generar informes de actividad, entre otras funciones.

En la Figura 2.18 se observa el software para configuración del NVR de la marca Hikvision por medio de su dirección IP en el web browser de la PC, en donde se realizan las configuraciones de las cámaras.

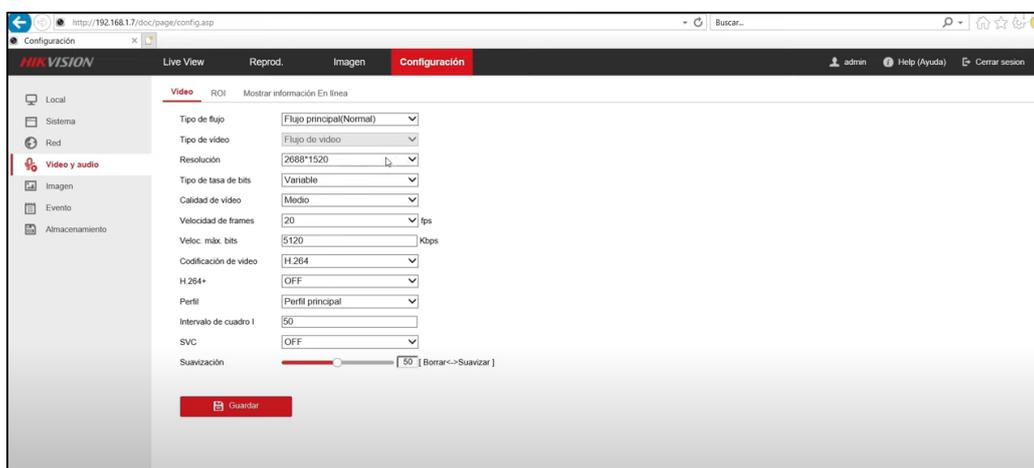


Figura 2.18. Software para configuración del sistema de CCTV.

En la Figura 2.19 se observa el software ZKAccess3.5 en donde se configura la controladora Inbio260 para el sistema de control de accesos.



Figura 2.19. Software para configuración del sistema de control de acceso.

Por otro lado, el sistema de detección de incendios se configura principalmente desde el panel de control del sistema. Este panel proporciona una interfaz física que permite al operador configurar y ajustar diversos parámetros del sistema. Por ejemplo, desde el panel de control se pueden definir zonas de detección de incendios, configurar alarmas (dispositivos de notificación), silenciar alarmas y realizar pruebas de funcionamiento del sistema.

Posterior a la configuración de cada uno de los sistemas, se procede a enlazarlos a las placas de desarrollo ESP32 para su integración con la nube (Thingspeak) y la interfaz HMI realizada en LabVIEW.

Finalmente, se realiza el aplicativo para celular en la plataforma de desarrollo para aplicaciones móviles MIT App Inventor utilizando la metodología de bloques, en la que se programarán las funciones de monitoreo y control desde el celular hacia el prototipo.

2.6. Interconexión de los sistemas a las placas de desarrollo ESP32

La integración de los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de acceso se efectúa mediante tres placas de desarrollo ESP32. En primer lugar, la placa inicial recibe las señales del sistema de CCTV a través de sus entradas digitales, situadas en los pines G32 y G33, configuradas como entradas pull-up. La segunda

placa, por su parte, recibe las señales de apertura de puertas del sistema de control de accesos mediante Bluetooth y se vincula a un módulo de relé utilizando los pines G12 y G13, los cuales están establecidos como salidas. La tercera placa recibe las señales del módulo de relé del sistema de detección de incendios, también en los pines G32 y G33.

Todas las placas transmiten la información recolectada mediante comunicación serial hacia la interfaz HMI desarrollada en LabVIEW. Además, la primera placa funcionará en Modo Estación (Station Mode), encargada de enviar la información recolectada a la nube a través de conexión Wi-Fi con un router. La segunda placa operará en Modo Punto de Acceso Suave (SAP Mode), ofreciendo una conexión Wi-Fi a dispositivos externos, incluida la tercera placa configurada en Modo Estación. Esto permitirá establecer una red IP independiente de otras redes Wi-Fi, con la opción de definir el nombre de la red y su correspondiente contraseña.

La alarma de grabación en las entradas digitales del NVR será generada por medio del módulo de relé del sistema de detección de incendios, de esta forma la placa de desarrollo ESP32 (sistema de CCTV) recibe esas señales y se comunica a la interfaz HMI de LabVIEW por medio de comunicación serial. Adicionalmente, se envía esta información a la nube a la plataforma Thingspeak, y a la APP del celular o tablet.

2.7. Implementación de la interfaz HMI en LabVIEW

La interfaz HMI desarrollada en LabVIEW consta de una pantalla principal en la que se ingresa con un nombre de usuario y una clave. En la Figura 2.20 se observa el menú principal de la interfaz de programación en LabVIEW.

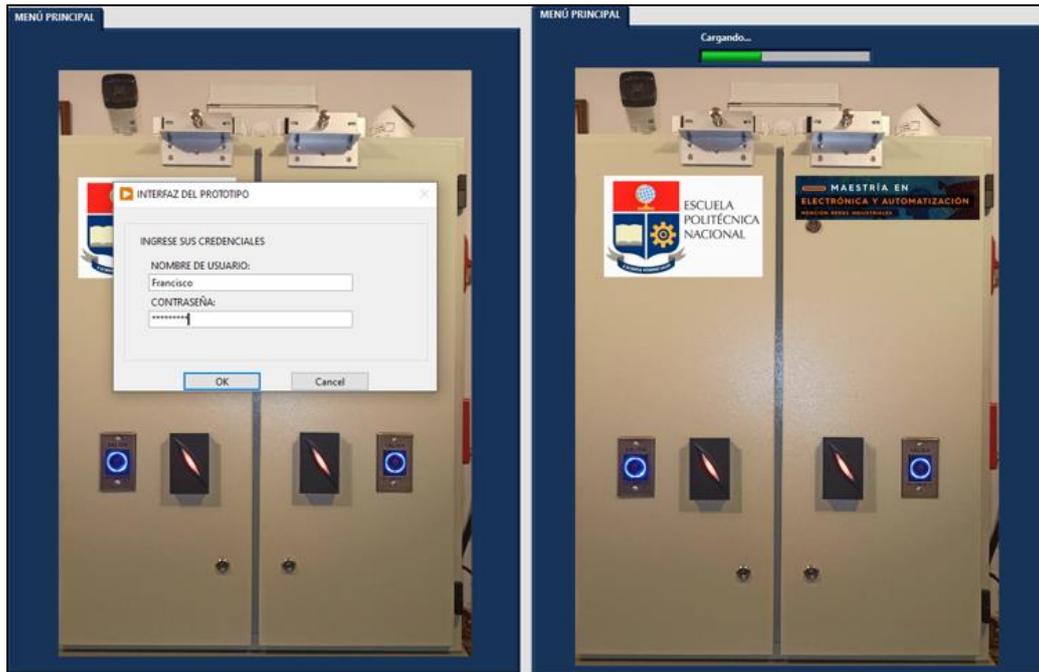


Figura 2.20. Menú principal de la interfaz de programación.

Al ingresar a la interfaz, se observa un bloque slide para ingresar a la siguiente ventana con un menú, en el cual se elige el modo de operación como Administrador, Instalador o Usuario. Cada uno de los modos de operación constan de privilegios establecidos en los cuales se visualizarán los subsistemas del prototipo.

En caso de presentarse una alerta de alarma del sistema de detección de incendios o apertura de puertas del sistema de control de accesos, en cualquiera de los modos de operación, se visualizará automáticamente el streaming de video de las cámaras, notificando de manera visual al usuario que ha habido un evento de alarma y se pueda monitorear las áreas.

En la Figura 2.21 se observa el panel frontal del menú administrador en el cual se puede visualizar los tres subsistemas con sus respectivos botones para visualizar los estados de cada uno de los sistemas y las alertas de alarma que presenten.

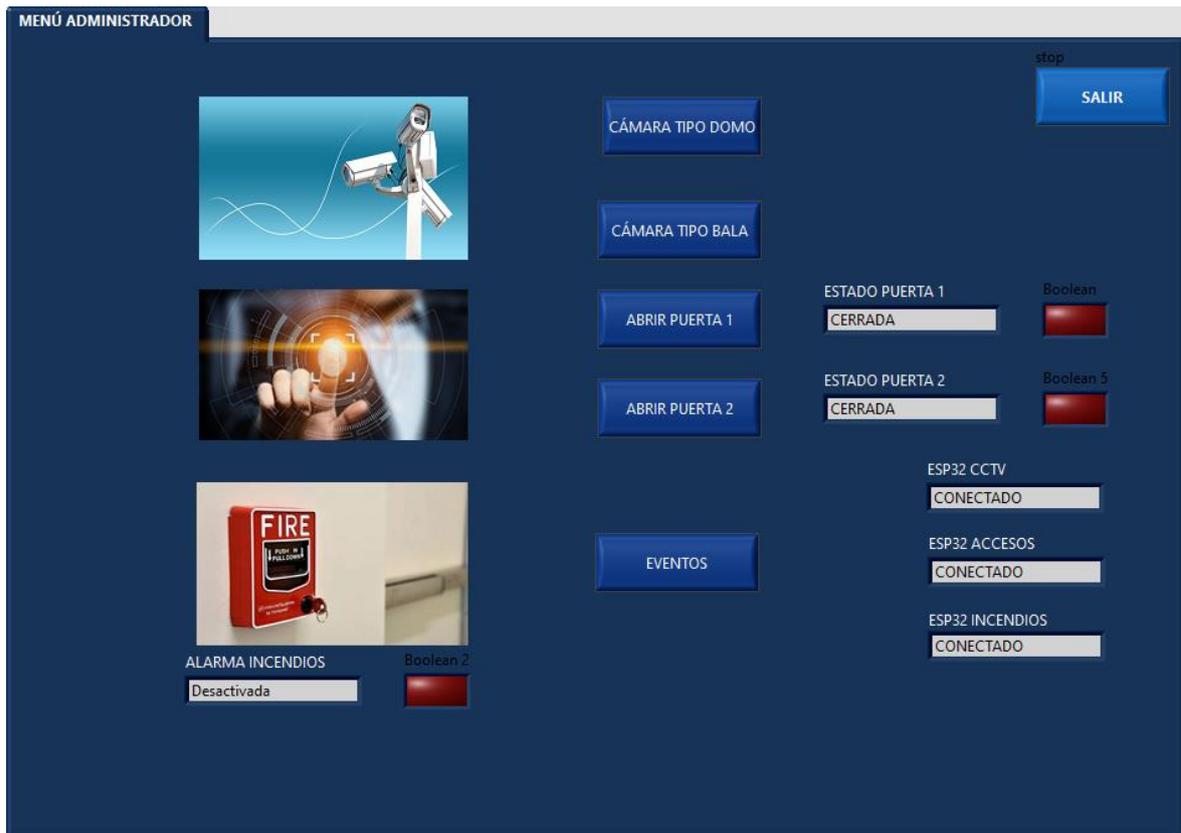


Figura 2.21. Panel frontal del menú administrador.

La comunicación del sistema de CCTV a la interfaz HMI, se la realiza mediante Ethernet a sus dos cámaras mediante los drivers implementados, en los que se pueden configurar sus parámetros y visualizar el video en vivo.

Para la comunicación con las placas de desarrollo ESP32, se utiliza los bloques de TCP/IP mediante el puerto 55000, el cual se programó anteriormente en el ESP32 del sistema de control de accesos, para la comunicación mediante este protocolo. Es importante considerar que, como es un bucle de programa, va a leer y escribir cada 100 [ms], y se va a actualizar en caso de que se ingrese un valor por medio de la aplicación móvil, monitoreando los estados de las puertas y las alertas de incendio.

En la Figura 2.22 se observa el Diagrama de bloques para la comunicación por medio del protocolo TCP/IP de la interfaz.

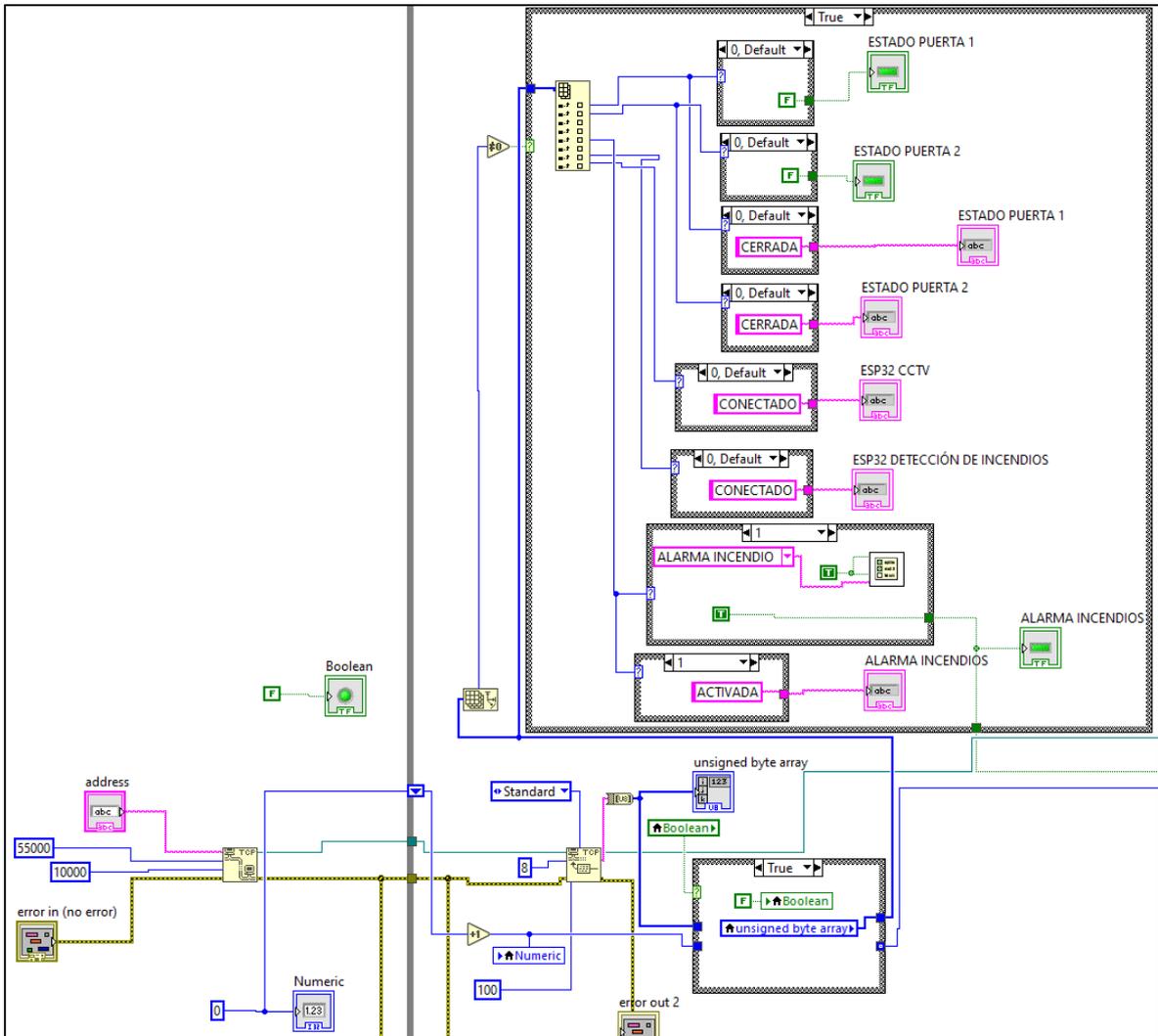


Figura 2.22. Diagrama de bloques de comunicación por medio de TCP/IP con ESP32 servidor.

Al ingresar por medio de cualquiera de los dos botones de cámara tipo domo o cámara tipo bala se visualiza cada una de las cámaras con sus respectivas configuraciones.

En la Figura 2.23 se observa el menú de la cámara domo con sus respectivos controles para realizar la configuración de sus parámetros.



Figura 2.23. Panel frontal de la cámara tipo domo.

En la Figura 2.24 se observa el panel frontal de la cámara tipo bala en la que se observa su video en vivo, así como sus respectivos controles para su configuración.

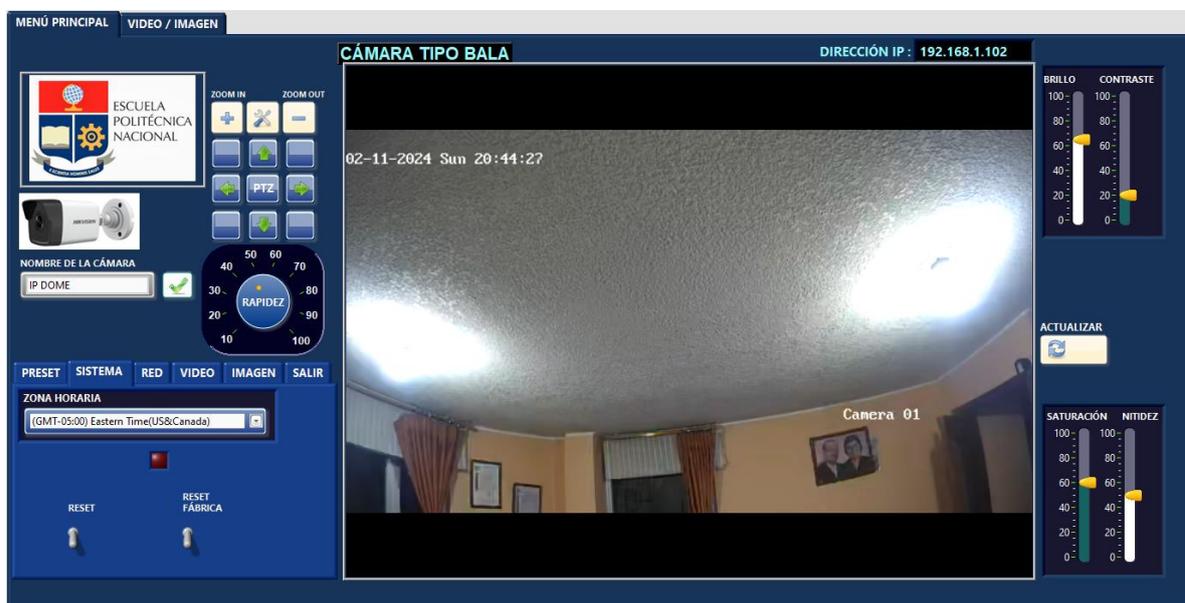


Figura 2.24. Panel frontal de la cámara tipo bala.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los resultados obtenidos mediante la ejecución y puesta en marcha del prototipo para el sistema integrado de CCTV, detección de incendios y control de accesos con dispositivos IoT ESP32, mediante la interfaz de programación en LabVIEW.

3.1. Pruebas de interconexión de los sistemas con las placas de desarrollo ESP32 y la interfaz HMI

Una vez interconectados los sistemas a las placas de desarrollo, se verifica que las señales enviadas a través de los sistemas sean recibidas, tanto en la nube como en la interfaz HMI en LabVIEW. Las señales que se visualizan en la nube son las alarmas del sistema de control de accesos y las alarmas del sistema de detección de incendios, y en la interfaz HMI se observan las cámaras para el monitoreo de las zonas en estado de alarma.

Las señales de alarma, así como la apertura o cierre de puertas por medio de Bluetooth se envían a la nube y se visualizan como 1 lógico, tal como se observa en la Figura 3.1. Estos datos se almacenan en la nube y en la base de datos de la interfaz HMI.

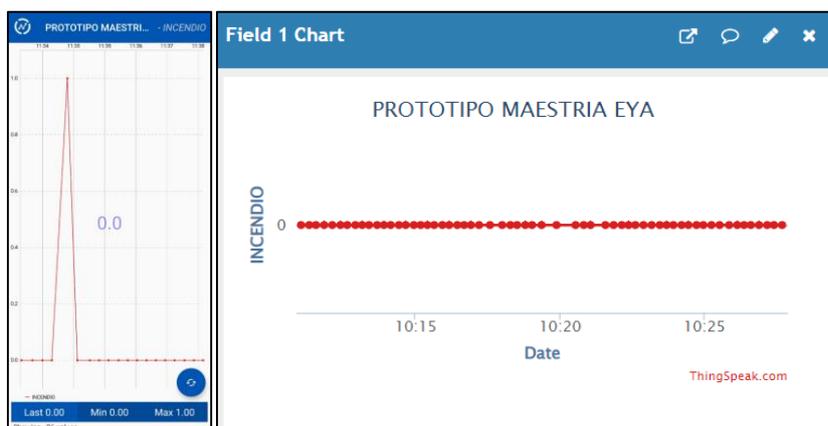


Figura 3.1. Señal de alarma enviada por ESP32 y visualizada en la plataforma ThingSpeak en la nube.

En la Figura 3.2 se observa las señales de alarma en la interfaz HMI en el menú principal. Se observa los estados de las puertas del sistema de control de accesos, la alarma de incendios cuando se encuentra activada y la comunicación con las placas de desarrollo ESP32.



Figura 3.2. Recepción de datos enviados de estados de alarma.

Adicionalmente, se ha comprobado la apertura de puertas del sistema de control de acceso por medio de la aplicación desarrollada para celular cuya comunicación es vía Bluetooth, como se observa en la Figura 3.3.



Figura 3.3. Apertura de puertas mediante aplicativo móvil.

3.2. Resultados de la implementación de los sistemas con las placas de desarrollo ESP32 y la interfaz HMI

El sistema de CCTV, detección de incendios y control de acceso se enlazan entre sí por medio del cableado hacia las placas de desarrollo ESP32 y desde éstos hacia la interfaz HMI en LabVIEW.

Los resultados observados corresponden 3 aspectos fundamentales:

1. El funcionamiento de cada sistema en particular.
2. La interconexión de los tres sistemas a las placas de desarrollo.
3. La comunicación de los sistemas a la interfaz HMI en LabVIEW.

El sistema de CCTV comunica sus alertas de alarma configuradas previamente hacia las placas de desarrollo ESP32, y consecuentemente hacia la nube y la aplicación del celular.

Adicionalmente, el sistema de detección y alarma de incendios detecta con exactitud el sensor que ha sido activado y lo muestra en su panel frontal de acuerdo con la dirección asignada a dicho dispositivo de iniciación activando a su salida NAC la sirena con luz estroboscópica y el módulo de relé para el envío de las señales hacia los ESP32.

El sistema de control de accesos gestiona el registro de actividad de acceso a través de la controladora, permitiendo la apertura y cierre de cada una de las puertas del gabinete gracias a la lectura de tarjetas de proximidad o por medio de los pulsadores de salida no-touch. Además, se puede abrir o cerrar las cerraduras electromagnéticas por medio del aplicativo para celular e informar esta actividad a la interfaz HMI en LabVIEW.

En las pruebas realizadas se evidencia que las placas de desarrollo envían la información vía Bluetooth y hacia la nube en la plataforma ThingSpeak, como se visualiza en las pruebas realizadas.

La interfaz HMI en LabVIEW recibe las señales de los sistemas por medio de Ethernet y comunicación serial hacia las placas de desarrollo ESP32. Es importante destacar que, para el envío de la información a la nube, se configuran los ESP32 con el nombre de usuario y contraseña del router para obtener resultados satisfactorios. Dependerá también del ancho de banda y la distancia a la que se coloquen las placas de desarrollo junto con sus antenas receptoras.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

La interfaz HMI desarrollada en LabVIEW, permitió visualizar las alarmas de todos los sistemas que se implementaron en el prototipo, centralizando dicha información por medio de Ethernet definiendo las direcciones IP fijas de los dispositivos conectados a la red y comunicándose a las placas de desarrollo a través de TCP/IP. Esto permitió cumplir con los requerimientos del prototipo en lo referente a la comunicación e integración.

Es indispensable considerar que las placas de desarrollo ESP32 se encuentren en un área cercana al router al cual se van a conectar para que exista una mejor transmisión de información a la nube y se disminuya la latencia o retardo producido, que son normales, pero se los pude reducir al mínimo con la selección adecuada de su respectiva ubicación.

El estudio de normativas, lineamientos y estándares de la industria y a nivel residencial para los sistemas de CCTV, detección de incendios y control de accesos permite obtener resultados satisfactorios tanto para el instalador, como para el cliente, logrando brindar una instalación de calidad en proyectos relacionados con automatización de sistemas multidisciplinarios.

La integración de sistemas de CCTV, detección de incendios, y control de accesos mediante las placas de desarrollo ESP32 en un prototipo permite su implementación en proyectos de la construcción, debido a su compatibilidad con sistemas de varios fabricantes y el adecuado uso de ingeniería de acuerdo a lo que solicite el contratante.

La implementación de una interfaz de operador en LabVIEW, así como aplicaciones móviles que permitan un tener accesibilidad a cualquier usuario, permiten una mejor gestión de los sistemas de seguridad que requieren una o varias pantallas de visualización para el monitoreo y control.

Es importante considerar las configuraciones a realizarse en cada uno de los equipos que constituyen en prototipo para poder integrarlos a su subsistema (CCTV, Incendios, Accesos), y posteriormente a la interfaz hombre-máquina considerando los protocolos de comunicación para el cableado o para la transmisión y recepción inalámbrica.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar la integración de sistemas de CCTV, detección y alarma de incendios, y control de accesos con equipos que cumplan con características similares a los propuestos en el prototipo debido a que no todos los modelos de estos equipos disponen de salidas y entradas con las que se puedan comunicar a otros subsistemas o placas de desarrollo para integrarlos al internet de las cosas IoT.

Se recomienda considerar todas las normativas para las instalaciones de cableado estructurado en caso de implementarse el prototipo en un proyecto a gran escala, siguiendo los lineamientos para la comunicación entre sistemas y su integración entre ellos, tales como número de equipos a conectarse, protocolos de comunicación, tipos de cámaras, topología de sistema de detección de incendios, tipos de controladoras de acceso, etc.

Se sugiere disponer de una tabla de datos donde consten todas las direcciones IP fijas de los dispositivos conectados, así como sus respectivos nombres de usuario y contraseñas para su respectivo acceso desde la interfaz HMI. De la misma forma, para proyectos en instalaciones residenciales o industriales, se recomienda proveer al administrador del contrato o proyecto, el respectivo manual de usuario para su funcionamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. C. Welsh, E. L. Piza, A. L. Thomas and D. P. Farrington, "Private Security and Closed-Circuit Television (CCTV) Surveillance: A Systematic Review of Function and Performance," Sage Journals, vol. 36, no. 1043-9862, pp. 56-69, 1 Febrero 2020.
- [2] SOLER, "¿Qué es un CCTV o Circuito Cerrado de Televisión?," 26 Febrero 2024. [Online]. Available: <https://seguridadsoler.com/que-es-un-cctv-o-circuito-cerrado-de-television/>
- [3] D. Escobar, "CCTV – Guía completa: Todo lo que necesitas saber," 16 Abril 2023. [Online]. Available: <https://datamercantil.com/cctv-sistemas-de-seguridad/>
- [4] ISO, "ISO 22311:2012(en) Societal security — Video-surveillance — Export interoperability," Febrero 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22311:ed-1:v1:en>. [Accessed 12 Enero 2024].
- [5] J.Lardear. (2017). Normas NFPA 730 y NFPA 731. [Online]. Available: <http://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/otros/937-normas-nfpa-730-y-nfpa-731>
- [6] NFPA 730, *Guide for Premises Security*, 2023. [Online]. Available: <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-730-standard-development/730>
- [7] NFPA 731, *Standard for the Installation of Electronic Premises Security Systems*, 2006. [Online]. Available: <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-731-standard-development/731>
- [8] Wifimotril, "Usar cable UTP para transmitir corriente: Una solución eficiente y segura," 16 Julio 2024. [Online]. Available: <https://wifimotril.es/cable/usar-cable-utp-para-corriente/> [Accessed Junio 2024].
- [9] PlugInc, "Power Over Ethernet (Poe)," 3 Julio 2024. [Online]. Available: <https://pluginc.mx/power-over-ethernet/> [Accessed Junio 2024].
- [10] CISCO, "What Is Power over Ethernet (PoE)?," 11 Julio 2020. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/what-is-power-over-ethernet.html#~benefits>. [Accessed 19 Enero 2024].

- [11] Inasis, "Descubre qué es un sistema de CCTV y sus características principales," 26 Febrero 2024. [Online]. Available: <https://inasis.com/que-es-un-sistema-de-cctv/> [Accessed Junio 2024].
- [12] Diseño De Un Sistema De Video Vigilancia Para El Barrio Chaupimolino De Pifo. Proyecto de Titulación (Tecnología En Electrónica Y Telecomunicaciones) Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020. Por Ipiates Cáceres Carlos Hernán.
- [13] Segurilatam, "¿Qué es una cámara de seguridad IP, cómo funciona y cuáles son sus ventajas?," 2 Junio 2024. [Online]. Available: https://www.segurilatam.com/actualidad/camara-de-seguridad-ip-que-es-como-funciona-y-ventajas_20240510.html. [Accessed Junio 2024].
- [14] Revista Innovación Seguridad, "Color Vu de Hikvision," Innovación Seguridad, 17 Mayo 2021.
- [15] J. Rojas Campo, "Funciones básicas para el procesamiento de imágenes en videovigilancia," 30 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://www.tecnoseguro.com/analisis/pro/funciones-basicas-procesamiento-imagenes-videovigilancia>. [Accessed Junio 2024].
- [16] Fortinet, "Wide Dynamic Range (WDR) in IP Surveillance Cameras," p. 5, 17 Julio 2020.
- [17] N. Webcams, "Backlight Compensation," 29 Octubre 2020. [Online]. Available: <https://www.networkwebcams.co.uk/blog/2008/07/02/backlight-compensation/>. [Accessed Diciembre 2023]
- [18] UNIFORE, "HLC (Highlight Compensation) vs BLC (Backlight Compensation)," 15 Julio 2020. [Online]. Available: <https://www.burglaryalarmsystem.com/technology-news/hlc-highlight-compensation-vs-blc-backlight-compensation.html>. [Accessed Diciembre 2023].
- [19] Hikvision, "2 MP ColorVu Fixed Turret Network Camera," 04 Octubre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/value-series/ds-2cd1327g0-l-uf-/>.
- [20] IPVcam Smart IoT Security Solutions, "¿Cuál es la diferencia entre las cámaras interiores y exteriores?," 10 Agosto 2019. [Online]. Available:

<https://camarasdeseguridadvallarta.com/2019/08/10/difencias-camaras-interiores-exteriores>. [Accessed 12 Diciembre 2023].

- [21] Hikvision, "2 MP Fixed Bullet Network Camera," 09 Agosto 2022. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/value-series/ds-2cd1023g0e-i/>.
- [22] M. Kamini Kanta and M. Kumar Gellaboina, "A semi-automatic relative calibration of a fixed and PTZ camera pair for master-slave control," IEEE, p. 6, 2011.
- [23] Hikvision, "7-inch 4 MP 32X Powered by DarkFighter IR Network Speed Dome," 3 Diciembre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/en/products/IP-Products/PTZ-Cameras/Pro-Series/ds-2de7a432iw-aeb-t5-/>.
- [24] J. Rojas Campo, "NVR: qué es, sus principales características y diferencias con el DVR," 4 Julio 2024. [Online]. Available: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/almacenamiento/nvr-que-es-caracteristicas-diferencias-dvr>. [Accessed Junio 2023].
- [25] K. JavedAkhtar, "Identification of Duplicate Frame In CCTV DVR by Correlation Coefficient Factor," Octubre 2018.
- [26] Hikvision, "4-ch 4K 1U H.265 DVR," 22 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/Turbo-HD-Products/DVR/Pro-Series/DS-7204HTHI-K2/?q=ds-7204hthi-k2&pageNum=1&position=1&hiksearch=true>.
- [27] S. Seguridad, "Nvr – ¿Qué es un NVR para cámaras IP?," 18 Enero 2014. [Online]. Available: https://web.archive.org/web/20240000000000*/https://www.seguridadsos.com.ar/nvr/.
- [28] Hikvision, "Video recorders and data analyzers," 16 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/en/products/IP-Products/Network-Video-Recorders/>. [Accessed 13 Diciembre 2023].
- [29] SSR TRADING LTD, "Hikvision 32 Channel NVR - DS-7732NI-I4/16P 12MP 16 PoE Port CCTV NVR with 4 SATA Interface, HDMI Video output at up to 4K Resolution," 2024. [Online]. Available: <https://ssrtrading.co.uk/hikvision-32->

channel-nvr-ds-7732ni-i4-16p-12mp-16-poe-port-cctv-nvr-with-4-sata-interface-hdmi-video-output-at-up-to-4k-resolution/.

- [30] Western Digital, "5 Essential Components of CCTV Camera System," 29 Octubre 2023. [Online]. Available: <https://www.westerndigital.com/en-in/solutions/cctv/blog/5-essential-components-of-cctv-camera-system>. [Accessed 14 Diciembre 2023].
- [31] GVision, "C32BD – 32" 1080p Full HD Security CCTV Monitor," 27 Noviembre 2022. [Online]. Available: <https://gvision-usa.com/product/c32bd-a6-4000/>. [Accessed 15 Diciembre 2023].
- [32] Nosteal, "Todo Lo Que Debes Saber Sobre Analítica De Video Cctv," 27 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://nosteal.cl/todo-debes-saber-analitica-video/>. [Accessed 16 Diciembre 2023].
- [33] Implementación De Un Sistema De Alarma Para Detección De Incendios, En El Edificio De La Carrera De Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico En El Campus Universitario El Olivo, Ibarra, 2019. Por: Oswaldo Gabriel Chugá Meneses
- [34] NFPA, NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code. National Fire Protection Association, 2022., 2022.
- [35] F. Argüello, "NFPA 72 Código de alarma y señalización de incendios," 27 Julio 2023. [Online]. Available: <https://www.infoteknico.com/nfpa-72/>. [Accessed 16 Diciembre 2023].
- [36] J. Controls, "Panel de incendios: ¿qué es y cómo funciona?," 31 Mayo 2023. [Online]. Available: <https://blog.johnsoncontrols-latam.com/panel-de-incendios-que-es-y-como-funciona/>. [Accessed Junio 2024].
- [37] F. Argüello, "Dispositivos de Iniciación de Alarma de Incendios," 16 Abril 2024. [Online]. Available: <https://www.infoteknico.com/dispositivos-de-iniciacion/>. [Accessed Junio 2024].
- [38] Artis Ingeniería, "Notificación de Incendios," 20 Junio 2024. [Online]. Available: <https://www.artisingeneria.com/post/notificaci%C3%B3n-de-incendios>. [Accessed Junio 2024].
- [39] Web. Sh., "Detección de Incendio Direccional VS Convencional ¿Cuál es mejor?," 3 Marzo 2024. [Online]. Available:

<https://shingenieria.com/deteccion-de-incendio-direccionable-vs-convencional-cual-es-mejor/>. [Accessed Junio 2024].

- [40] Diseño e Implementación De Un Sistema De Detección Y Alarma Contra Incendio Basado En Detectores Fotoeléctricos Para El Supermercado Tottus Ubicado En El Distrito De Villa El Salvador – Lima, El Salvador, 2017, p. 99. Por: Coronado Chumpitaz Yuri Leonard Andree
- [41] Gestión De La Prevención. Proyecto de Titulación (Máster en Prevención de Riesgos Laborales), 2016. Por: Mora Pérez Arantxa
- [42] Safe and Sound Security, “5 Access Control System Components & How They Work (2024),” 12 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://getsafeandsound.com/2020/10/components-of-access-control/>. [Accessed Junio 2024].
- [43] Arquero Sistema Corporativo, “Solución de Seguridad Integrada e Integral,” 21 Mayo 2024. [Online]. Available: <https://www.sci-spain.com/que-es-arquero>. [Accessed Junio 2024].
- [44] ZKTeco Latinoamérica. (2021, Ene. 27). ZKBioSecurity 3.0. [Online]. Available: <http://www.zktecolatinoamerica.com/zkbiosecurity>.
- [45] Hikvision. (2024, Jul. 10). Una configuración más sencilla a su alcance. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es/support/download/software/ivms4200-series/>
- [46] Hikvision, “iVMS-4200 VS HIKMICRO,” 21 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/support/tools/hitools/clc9d4f58f9c177526/>. [Accessed 17 Diciembre 2023].
- [47] National Instruments, “Comunicación TCP/IP básica en LabVIEW,” 15 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://www.ni.com/es/support/documentation/supplemental/06/basic-tcp-ip-communication-in-labview.html>. [Accessed Junio 2024].
- [48] National Instruments, “VLC scripting in LabVIEW,” 26 Junio 2024. [Online]. Available: <https://forums.ni.com/t5/Example-Code/VLC-scripting-in-LabVIEW/ta-p/3515450>. [Accessed Junio 2024].
- [49] National Instruments, “Selecione su edición de NI LabVIEW,” 23 Julio 2024. [Online]. Available: <https://www.ni.com/es/shop/labview/select-edition.html>

- [50] Hikvision, "2 MP Fixed Bullet Network Camera," 09 Agosto 2022. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/value-series/ds-2cd1023g0e-i/>.
- [51] Hikvision, "2 MP ColorVu Fixed Turret Network Camera," 04 Octubre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/value-series/ds-2cd1327g0-l-uf-/>.
- [52] Hikvision, "8-ch 1U 4K NVR," 06 Junio 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Video-Recorders/Pro-Series/ds-7608ni-i2/>. [Accessed 18 Diciembre 2023].
- [53] Hikvision, "Optimización De La Transmisión De Video En Tiempo Real Con Tecnologías De Transmisión Fluida," 23 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/core-technologies/high-definition-and-stable-imaging/smooth-streaming/>. [Accessed 19 Diciembre 2023].
- [54] Honeywell, "ES-50X Addressable Fire Alarm Control Panel With Communicator," 28 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/fire-life-safety/control-panels/fire-alarm-control-panels/es-50x-addressable-fire-alarm-control-panel-with-communicator>. [Accessed 20 Diciembre 2023].
- [55] Honeywell, "SD365 Series Addressable Photoelectric Smoke Detector," 25 Marzo 2023. [Online]. Available: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/fire-life-safety/sensors-and-detectors/intelligent-detectors/smoke-detectors/sd365-series-addressable-photoelectric-smoke-detector>. [Accessed 21 Diciembre 2023].
- [56] Honeywell, "H365 Series Addressable Heat Detector," 29 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/fire-life-safety/sensors-and-detectors/intelligent-detectors/heat-detectors/h365-series-addressable-heat-detector#resources>. [Accessed 4 Enero 2024].
- [57] Firelite Alarma by Honeywell, "BG-12LXSP Addressable Pull Station," 19 Diciembre 2023. [Online]. Available: <https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/hbt/en->

us/documents/manuals-and-guides/installation-guides/156-3663-000_A.pdf?download=false. [Accessed 5 Enero 2024].

- [58] Honeywell, "CRF-300 Addressable Relay Module," 27 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/fire-life-safety/i-o-modules/relay-modules/crf-300-addressable-relay-module>. [Accessed 09 Enero 2024].
- [59] Honeywell, "L-Series Low Frequency Wall Sounder Strobe," 30 Septiembre 2023. [Online]. Available: <https://buildings.honeywell.com/us/en/products/by-category/fire-life-safety/notification-appliances/combo-strobes/l-series-low-frequency-wall-sounder-strobe#resources>. [Accessed 10 Enero 2024].
- [60] ZKTeco, "inBio160/260/460," 30 Noviembre 2023. [Online]. Available: <https://www.zkteco.com/en/BiometricControlPanel/OAh/inBio160-260-460>
- [61] ZKTeco, "KR100E/M," 20 Enero 2021. [Online]. Available: <https://www.zkteco.com.me/download-file/1516>. [Accessed 12 Enero 2024].
- [62] ZKTeco, "TLEB102," 5 Mayo 2023. [Online]. Available: <https://www.zkteco.com/en/ExitButton/TLEB102>. [Accessed 15 Enero 2024].
- [63] ZKTeco, "Cerraduras Eléctricas," 7 Diciembre 2023. [Online]. Available: <https://www.zkteco.com.pe/documentos/accesorios/cerraduras/cerraduras.pdf>. [Accessed 17 Febrero 2024].
- [64] ZKTeco, "Power Supply," 7 Diciembre 2023. [Online]. Available: <https://www.zkteco.com.me/download-file/1479>. [Accessed 17 Enero 2024].
- [65] Espressif, "ESP32 Modules and Boards," 7 Diciembre 2022. [Online]. Available: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.3/esp32/hw-reference/modules-and-boards.html>. [Accessed 18 Enero 2024].
- [66] Espressif, "ESP Product Selector," 12 Abril 2021. [Online]. Available: <https://products.espressif.com/#/product-selector?names=>. [Accessed 22 Enero 2024].
- [67] Espressif, "ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide," 12 Julio 2020. [Online]. Available: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html>. [Accessed 25 Enero 2024].
- [68] MIT APP Inventor, "About us," 7 Julio 2024. [Online]. Available: <https://appinventor.mit.edu/about-us>. [Accessed Junio 2024].

ANEXOS

ANEXO A. Panel frontal para interfaz HMI en LabVIEW.

ANEXO B. Hojas de datos de equipos y dispositivos del prototipo.

ANEXO C. Planos de prototipo y diseño de PCB.

ANEXO D. Manual de funcionamiento.