



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN INFORMÁTICA**

MODALIDAD: SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS

TEMA:

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE AULAS Y
LABORATORIOS DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN DE LA
ESPAM MFL**

AUTORES:

**MARIO GAETANO VALLEJO REINOSO
ISIDRO SICIFREDO VERA ZAMBRANO**

TUTOR:

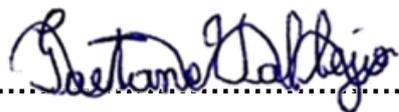
ING. FERNANDO RODRIGO MOREIRA MOREIRA, MGTR.

CALCETA, OCTUBRE 2021

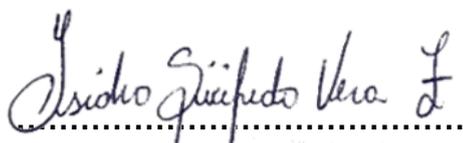
DERECHOS DE AUTORÍA

Mario Gaetano Vallejo Reinoso e Isidro Sicifredo Vera Zambrano, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.



MARIO G. VALLEJO REINOSO



ISIDRO S. VERA ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Fernando Rodrigo Moreira Moreira certifica haber tutelado el trabajo de titulación **SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE AULAS Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN DE LA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollado por Mario Gaetano Vallejo Reinoso e Isidro Sicifredo Vera Zambrano, previa la obtención del título de Ingeniero en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO DE UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. FERNANDO R. MOREIRA MOREIRA, MGTR.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE AULAS Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN DE LA ESPAM MFL**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por Mario Gaetano Vallejo Reinoso e Isidro Sicifredo Vera Zambrano, previa la obtención del título de Ingeniero en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO DE UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

ING. ÁNGEL A. VÉLEZ MERO, MGTR

MIEMBRO

.....

ING. ALFONSO T. LOOR VERA, MGTR

MIEMBRO

.....

ING. LUIS C. CEDEÑO VALAREZO, MGTR

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A la Carrera de Computación, por permitirnos realizar nuestro trabajo de titulación y en particular al Ing. Javier López Zambrano encargado de la UDIV (Unidad de Docencia de Investigación y Vinculación) de Infraestructura, quien nos brindó su colaboración en todo momento, la cual ha sido fundamental para el desarrollo del presente trabajo;

Al Ing. Joffre Moreira Pico director de la Carrera de Computación por la ayuda, tiempo y apoyo prestado,

Al docente tutor el Ing. Fernando Moreira Moreira quien nos guío en el desarrollo del trabajo de titulación, sembrando sus conocimientos y enriqueciéndonos en sabiduría.

A la Ing. Jessica Morales Carrillo por ser nuestra guía en el último semestre académico de la carrera, y

A nuestros profesores por sus enseñanzas y tiempo para atender nuestras inquietudes en el transcurso de la carrera universitaria, gracias a sus conocimientos impartidos, hemos adquiridos conocimientos fundamentales para desenvolvemos en el campo profesional.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

A mis padres Mario Vallejo y Mirian Reinoso quienes con su apoyo, consejos y dedicación me permitieron realizarme como profesional, fueron mi soporte en todo este largo proceso, les dedico mi esfuerzo en reconocimiento a todo el sacrificio puesto en mí.

A mi hermano Steven por ser mi motivación durante estos años de la carrera universitaria, por apoyarme en los momentos buenos y malos.

A mi novia Mildred Vera Zambrano por ese apoyo incondicional que de una u otra manera me impulso para alcanzar esta meta.

A todos aquellos familiares y amigos que me brindaron el apoyo necesario para poder alcanzar esta meta tan anhelada.

MARIO G. VALLEJO REINOSO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a ti padre celestial por tenerme con buena salud y darme sabiduría para ir hacia adelante en cada paso que doy en la vida y nunca dejándome caer,

A mis padres Isidro Vera y Flor Zambrano que me apoyan en todo momento, por ser mis pilares fundamentales, mis confidentes, amigos incondicionales, por ser ese motor que me inspira a luchar día a día por mis sueños y aspiraciones, les dedico este logro alcanzado en forma de agradecimiento por su arduo esfuerzo.

A mis hermanos Carlos y Javier que con sus ánimos me motivan a seguir adelante,

A mi hija Joanny Vera, por ser la razón por la cual lucho día a día por ser un profesional, a mi esposa Ing. Josselyn Morrillo, por apoyarme en cada paso que doy, por compartir conmigo cada experiencia vivida día a día, por darme ánimos cuando siento que no puedo más y ayudarme a cumplir esta meta;

A todos mis familiares y amigos que confiaron en mis capacidades, que estuvieron de una u otra manera en esos momentos, motivándome a seguir adelante y cumplir con mis objetivos.

ISIDRO S. VERA ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

CARÁTULA	i
DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVE.....	xii
ABSTRACT	xiii
KEYWORDS	xiii
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPITULO II. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INTERVENCIÓN	6
2.1. ESTUDIO	6
2.1.1. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN.....	6
2.1.2. ANÁLISIS DE REQUISITOS.....	7
2.2. DISEÑO	7
2.3. EJECUCIÓN	7

2.4. REVISIÓN.....	8
2.4.1. PRUEBAS EN FRÍO	8
2.4.2. PRUEBAS EN CALIENTE	8
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	9
3.1. ESTUDIO	9
3.1.1. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN.....	9
3.1.2. ANÁLISIS DE REQUISITOS.....	11
3.2. DISEÑO	16
3.3. EJECUCIÓN	25
3.4. REVISIÓN	32
3.4.1. PRUEBAS EN FRÍO	32
3.4.2. PRUEBAS EN CALIENTE	32
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1. CONCLUSIONES	34
4.2. RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	39

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

Cuadro 1. Información Obtenida en la entrevista	9
Cuadro 2. Información de los componentes electrónicos de los laboratorios 204 y 205.	11
Cuadro 3. Listado de requisitos	11
Cuadro 4. Preguntas formuladas mediante la entrevista online.	12
Cuadro 5. Evidencias de la búsqueda bibliográfica.	13
Cuadro 6. Componentes electrónicos	14
Cuadro 7. Características de comparaciones de microcontroladores.	15
Cuadro 8. Descripción de los temas seleccionados en la revisión sistemática.	16
Cuadro 9. Modelos de conectividad IoT.	18
Cuadro 10. Protocolos de comunicación IoT.	18
Cuadro 11. Tecnologías de Comunicación IoT.	19
Cuadro 12. Arquitectura y protocolos de comunicación IoT seleccionados para el prototipo.	19
Cuadro 13. Listado de los componentes utilizados en el prototipo con su respectivo funcionamiento.	21
Cuadro 14. Pines de conexión de la placa PN532 RFID	23
Cuadro 15. Pines de Conexión de la placa RTC.	24
Cuadro 16. Pines de Conexión de la placa Modulo SD.	24
Cuadro 17. Pines de Conexión de sensor pir.	24
Cuadro 18. Pines de conexiones al Relay para datos de salida.	24
Cuadro 19. Pines de verificación de acceso	25

FIGURAS

Figura 1. Plano de los laboratorios 204 y 205 en 2D.	10
Figura 2. Arquitectura de Comunicación Gestión de Acceso	20
Figura 3. Diagrama de Flujo del Funcionamiento.	21
Figura 4. Diseño del Prototipo en la Herramienta Fritzing	23
Figura 5. Diagrama de Base de Datos	26

Figura 6. Programación de la Api de abrir aula en Visual Studio.....	26
Figura 7. Librerías de comunicación entre la placa ESP32 DEVKITC y el Módulo PN532 RFID.....	26
Figura 8. Librería para el formato de texto para intercambio de datos para las APIS.....	27
Figura 9. Librería para la comunicación del módulo lector SD con el Controlador ESP32.....	27
Figura 10. Librería para la conexión a internet y envío de datos.....	27
Figura 11. Librería utilizada para comunicación del módulo RTC.....	27
Figura 12. Variables de inicialización de los pines del módulo MFRC522.....	28
Figura 13. Constantes a utilizar para conexión a internet.....	28
Figura 14. Constantes utilizadas en el prototipo para su funcionamiento.....	28
Figura 15. Variable declarada tipo RTC_DS3231.....	29
Figura 16. Función de escribir en el archivo txt.....	29
Figura 17. Función Eliminar.....	29
Figura 18. Función Setup.....	30
Figura 19. Código del Sensor de Movimiento.....	31
Figura 20. Api de verificación del ESP32 DEVKITC.....	31
Figura 21. Api estado del Aula Ocupada o Desocupada.....	32

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el desarrollo de un prototipo de sistema de automatización basado en microcontroladores para gestionar el acceso y control de luminarias en las aulas y laboratorios de la Carrera de Computación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Para cumplir con el desarrollo se utilizó la metodología EDER (Estudio, Diseño, Ejecución y Revisión). Donde en la fase de estudio se realizó la recopilación de información de la organización, así mismo se determinaron los requisitos de funcionamiento. En la fase de diseño se elaboró la arquitectura del prototipo de sistema de automatización con base a una revisión sistemática, posteriormente se desarrolló el diseño electrónico proyectado en la herramienta Fritzing a partir de los requisitos. En la fase de ejecución se realizó la construcción tomando como base el diseño plasmado, integrando los módulos hardware con sus respectivas conexiones y programando el prototipo de sistema de automatización de acuerdo a los requisitos. Por último, en la etapa de revisión se realizaron varias pruebas unitarias para verificar la integración de los diferentes módulos electrónicos, luego de esto se efectuaron las pruebas de integración con los distintos módulos donde se evaluó su correcto funcionamiento mediante la interacción con un sistema multiplataforma. Finalmente, en la implementación, el prototipo de sistema permitió las lecturas de las identificaciones (tags), así como también comprobar el correcto funcionamiento de los sensores y con ello contribuir de forma automatizada en el control de acceso en la Carrera de Computación.

PALABRAS CLAVE

Metodología Eder, control de luminarias, control de acceso, arquitectura, automatización.

ABSTRACT

The objective of this degree work was to develop a prototype of an automation system based on microcontrollers to manage access and control of lights in the classrooms and laboratories of the Computer Science Major at Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. To comply with the development, the EDER methodology (Study, Design, Execution and Review) was used. The compilation of information from the organization was carried out in the study phase, as well as the operating requirements were determined. In the design phase, the architecture of the automation system prototype was elaborated based on a systematic review, later the electronic design projected in the Fritzing tool was developed based on the requirements. In the execution phase, the construction was carried out based on the reflected design, integrating the hardware modules with their respective connections and programming the automation system prototype according to the requirements. Finally, in the review stage, several unit tests were carried out to verify the integration of the different electronic modules, after this integration tests were carried out with the different modules where their correct operation was evaluated through interaction with a multiplatform system. Finally, in the implementation, the prototype of the system allowed the readings of the identifications (tags), as well as to check the correct functioning of the sensors and with it contribute in an automated way in the control of access in the Computing Major.

KEYWORDS

Eder Methodology, lighting control, access control, architecture, automation.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López situada en la Provincia de Manabí, en el Cantón Bolívar, en la ciudad de Calceta, en la avenida universitaria sitio El Limón, desde sus inicios de vida institucional que empezó en el Congreso Nacional y en otras instancias en 1995. Se crea así el Instituto Tecnológico Superior Agropecuario de Manabí, ITSAM, mediante Ley N°, 116, publicadas en el R.O N°. 935, el 29 de abril de 1996. La ESPAM inicia sus labores con las Carreras de Agroindustria, Medio Ambiente, Agrícola y Pecuaria. Asimismo, mediante un estudio de mercado se crea la Carrera de Informática tiempo después. En el año 2003 funcionan dos nuevos programas: Administración Pública y Administración de Empresas los que se cumplen en horarios nocturnos y al igual que la Carrera de Informática e ingeniería en Turismo. (ESPAM, 2012).

La Carrera de Computación de la ESPAM MFL tiene como misión, “la formación de profesionales íntegros que conjuguen ciencia, tecnología y valores en su accionar, comprometidos con la comunidad en el manejo adecuado de programas y herramientas computacionales de última generación. Y su visión ser referentes en la formación de profesionales de prestigio en el desarrollo de aplicaciones informáticas y soluciones de hardware”. (COMPUTACIÓN-ESPAM, 2020).

Mediante una entrevista a Patiño (2020), manifestó que el edificio de la Carrera de Computación se construyó en dos fases, donde la primera fase se llevó a cabo en el 2010 mientras la segunda fase en el 2011. Asimismo, la infraestructura tecnológica se realizó durante el año 2012, fue posterior a la infraestructura física, anhelando hacia un edificio inteligente. Además, el edificio de la Carrera de Computación está construido en tres pisos, el primer piso dispone de 3 aulas de cada lado (aulas de clases y laboratorios) y 3 salas (sala de docentes, auditorio, sala de unidad de desarrollo de computacional), también la primer planta alta del edificio tiene 3 aulas de cada lado y una adicional más pequeña, además, dos baterías sanitarias, oficinas para el área administrativa, oficina del

CAI, sala de profesores y finalmente la segunda planta alta dispone de 3 aulas de cada lado.

Este trabajo de titulación se llevó a cabo en el edificio de la Carrera de Computación de la ESPAM MFL. La implementación del prototipo de sistema de automatización se realizó en los laboratorios 204 (Laboratorio de Redes) y 205 (Laboratorio de programación y análisis de algoritmo) los mismos que son gestionados por la UDIV (Unidad de Docencia Investigación y Vinculación) de Infraestructura.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Según Gutiérrez & Téllez (2017), especifican que con el transcurso del tiempo han aparecido diversas tecnologías de microcontroladores. Por lo que Herranz (2019); determina que la tecnología ESP32 es una solución para microcontroladores que no dispongan de un medio de comunicación (conectividad a internet), ya que mediante a esto se obtiene el acceso a la red o a las soluciones IoT (Internet de las cosas). Una solución con estos controladores es validar los diferentes tipos de identificaciones; entre sus múltiples aplicaciones se puede mencionar el registro del acceso al personal.

Góngora Herrera *et al.*, (2017), manifiesta que el control de acceso es la verificación de un sujeto solicitando el acceso a un recurso que anhela obtener teniendo los permisos necesarios. Además, Vega-Luna *et al.*, (2018), menciona que con el avance de las tecnologías IoT, el control mediante RFID (Identificación por Radio Frecuencia) actualmente se sigue usando en distintos proyectos de identificación. Cáceres & Ossandón (2018), mencionan que los sistemas mediante RFID están conformados básicamente de un lector, un tag (etiqueta), middleware RFID que es un subsistema de procesamiento de datos y su respectiva antena. Por otra parte Pinargote-Ortega *et al.*, (2019), detallan que los diferentes proyectos basados en RFID se están popularizando en diferentes áreas IoT. Uno de ellos es el control a espacios donde se requieren de dispositivos automatizados que identifiquen al personal.

El internet de las cosas IoT se considera un aspecto tecnológico importante y popular en la actualidad (Aziz, 2018). En otras palabras Ceja *et al.*, (2017), manifiestan que el sistema IoT consiste en que diferentes cosas u objetos puedan enlazarse a internet en cualquier momento además en cualquier lugar mediante la integración de sensores y dispositivos que puedan estar conectados a internet. También Amaya *et al.*, (2020), puntualiza que los diferentes proyectos enfocados en IoT han demostrado interés por su eficiencia energética en tiempo real. Igualmente Patnaikuni (2017), menciona que los sistemas IoT se basan en dispositivos que proporcionan actividades de detección, actuación, control y supervisión donde pueden intercambiar datos con otros dispositivos y aplicaciones. Así mismo, Morales *et al.*, (2018), manifiestan que el impulso de

proyectos en infraestructura tecnológica, surgen cada vez más. Todo esto a la necesidad de dar mejoras a las ciencias aplicadas donde la complejidad y el dimensionamiento de la información a procesar, hace el uso de herramientas tecnológicas.

En la actualidad la Carrera de Computación; cuenta con un sistema biométrico de acceso a las aulas y laboratorios, el mismo que ha presentado errores de acceso. Donde en ciertas ocasiones el personal de administración auxiliar (conserje) olvida apagar las luminarias de las aulas, laboratorios causando exceso de consumo de energía eléctrica.

Con los antecedentes mencionados los autores de este trabajo de titulación construyeron un prototipo de sistema de automatización el cual aportó a la Carrera de Computación a tener una mejor gestión en el acceso a sus aulas, laboratorio y control de luminarias, el cual contribuirá a reducir el gasto de consumo energético, con el fin de contribuir a la problemática mencionada.

Este trabajo se integra con otro trabajo de titulación llamado “sistema multiplataforma para el control de acceso a las aulas, luminarias y aires acondicionados del edificio de la Carrera de Computación” el mismo que gestiona los datos y los almacena en una plataforma (software), obtenidos mediante la interfaz de comunicación (Api Rest) con el prototipo de automatización. Cabe recalcar que estos trabajos de titulación se ejecutan mediante la modalidad de sistematización de experiencias y se alinean al objetivo de la UDIV de infraestructura el cual es: "Ofrecer al estudiante politécnico una sólida formación teórica, metodológica, y práctica que lo capacite en el análisis de problemas relacionados con los procesos del computador, auditoria y redes". Además, el alcance de este trabajo de titulación fue realizar una interfaz física (hardware) mediante el desarrollo de un prototipo de sistema de automatización para la gestión de acceso de las áreas de la Carrera de Computación, de este modo controlar el apagado de las luminarias cuando estas quedan encendidas, beneficiando a docentes, estudiantes y al personal administrativo, al igual que al Director de la Carrera que requiere de información para la toma de decisiones en función de la administración de las aulas y laboratorios.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de sistema de automatización basado en microcontroladores, para gestionar el acceso, control de luminarias en aulas y laboratorios de la Carrera de Computación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar las áreas donde se implementará el prototipo de sistema de automatización y los requerimientos para el desarrollo del mismo.
- ❖ Establecer la arquitectura y diseño del prototipo de sistema de automatización para gestionar el acceso y control de luminarias en aulas y laboratorios.
- ❖ Construir el prototipo de sistema de automatización con base a la arquitectura y diseño realizado.
- ❖ Implementar el prototipo de sistema de automatización verificando el correcto funcionamiento a través de pruebas y corrección de errores.

CAPITULO II. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INTERVENCIÓN

El actual trabajo de titulación se realizó con la finalidad de crear un prototipo hardware de automatización para la Unidad de Infraestructura la cual forma parte de la Carrera de Computación, este contribuirá en el mejoramiento de la gestión de acceso a las aulas, laboratorios; además controlar las luminarias. Para la ejecución de este trabajo se utilizó la metodología EDER; la cual dispone de cuatro fases (Estudio, Diseño, Ejecución, Revisión).

2.1. ESTUDIO

Para Morales *et al.*, (2018), la infraestructura tecnológica tiene como propósito satisfacer las necesidades de negocio de una entidad, de tal forma que los procesos sean más eficaces facilitando las comunicaciones y el intercambio de información más rápido. Donde la fase estudio está compuesta de dos etapas, la primera es análisis de la organización y la segunda es análisis de requisitos.

2.1.1. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

En esta fase se recopiló información acerca del edificio de la Carrera de Computación. Para llevar a cabo este proceso se realizó una reunión online con el Mgs. Joffre Moreira Pico persona encargada de la administración de la Carrera mencionada; con el fin de obtener información oportuna cómo objetivo general, misión, visión y también para tratar temas relacionados a las funciones de trabajo que se realizan en dicha Carrera y como está estructurada la misma. Además, se efectuó un conversatorio con el Mgs. Javier López Zambrano para conocer la problemática que subsistía a resolver en la UDIV de Infraestructura con eso establecer los requisitos sobre el funcionamiento del prototipo de sistema de automatización a desarrollar. Por otra parte, se llevó a cabo una observación in situ para el levantamiento de información para conocer el estado de los componentes electrónicos que existen dentro de los laboratorios a cargo de la UDIV de Infraestructura que fueron destinado para la implementación del hardware, con esto conocer si son factibles o no para su reutilización en el prototipo de sistema de automatización.

2.1.2. ANÁLISIS DE REQUISITOS

Según Morales *et al.*, (2018), en esta etapa se “intensifica especialmente los aspectos de servicio de comunicación, soporte a la información, servicios de procesamiento de datos”, entre otros. Para evidenciar lo acontecido se realizó un análisis a las preguntas que fueron formuladas en la reunión online al encargado del UDIV de Infraestructura.

También se realizaron búsquedas bibliográficas relacionadas al desarrollo del prototipo de sistema de automatización, con el fin de visualizar los distintos tipos de microcontroladores y componentes electrónicos utilizados dentro de los mismos; por lo consiguiente se efectuó las comparaciones de las tecnologías investigadas, esta parte fue de suma importancia ya que permitió determinar cuál sería el microcontrolador a utilizar para el desarrollo del prototipo hardware.

2.2. DISEÑO

Según Morales *et al.*, (2018), en esta fase se “traduce los requisitos en una representación técnica de la infraestructura a implantarse mediante una arquitectura que sea robusta pero flexible”. Para cumplir con lo estipulado se realizó una revisión sistemática sobre las arquitecturas y protocolos de comunicación de IoT, con base a la revisión se determinó la arquitectura de comunicación a utilizar entre el prototipo de sistema de automatización y el sistema multiplataforma. Una vez estructurada la arquitectura de comunicación se procedió a seleccionar los componentes electrónicos para el desarrollo del prototipo de sistema obtenidos en la búsqueda bibliográfica. Así mismo se realizó una investigación para seleccionar la herramienta para realizar el modelo de diseño del prototipo de sistema.

2.3. EJECUCIÓN

Para Morales *et al.*, (2018), en la ejecución se debe integrar cada uno de los distintos componentes de hardware y software e implementarlos con base a la arquitectura. En esta fase se llevó a cabo la construcción del prototipo de sistema, para esto se compraron los componentes electrónicos a utilizar, luego se acoplaron los módulos electrónicos de hardware para su posterior programación, de acuerdo a las especificaciones obtenidas en el diseño. Para la

programación del prototipo de sistema de automatización se la realizó en el “software Arduino de código abierto (IDE) que hace que sea fácil de escribir y modificar código para posteriormente subirlo a la placa”. (Arduino, 2019).

2.4. REVISIÓN

Para Morales *et al.*, (2018), la revisión es una fase cuyo objetivo es comprobar el correcto funcionamiento de la solución, tanto en ambiente no productivo como en producción. Donde la fase de revisión dispone de dos actividades:

2.4.1. PRUEBAS EN FRÍO

En esta fase se realizaron varias pruebas unitarias de los distintos módulos para verificar su correcto funcionamiento. Además; se ejecutaron diferentes pruebas para comprobar la integración de cada uno de los módulos programados de acuerdo a los requerimientos especificados.

También, se realizó la instalación del prototipo de sistema de automatización en cada área destinada para su utilización.

2.4.2. PRUEBAS EN CALIENTE

Para realizar estas pruebas se definieron diferentes métricas (comunicación con el sistema multiplataforma, almacenamiento de información) para evaluar las condiciones en las que debe trabajar el prototipo de sistema y así verificar el correcto funcionamiento dentro de los laboratorios.

Luego de realizadas las pruebas antes mencionadas se procedió a corregir los errores que surgieron durante la implementación.

CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. ESTUDIO

En esta primera fase de la metodología Eder que es estudio, se llevó a cabo la ejecución del primer objetivo del trabajo que fue “Determinar las áreas donde se implementará el prototipo de sistema de automatización y los requerimientos para el desarrollo del mismo”.

3.1.1. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

En el (Cuadro 1) se evidencia los datos recabados mediante la reunión online al encargado de la administración de la Carrera de Computación.

Cuadro 1. Información Obtenida en la entrevista

Datos de la Carrera de Computación	
Encargado	Mgs. Joffre Moreira Pico
Ubicación	Carrera de Computación – Sitio “El Limón” del Cantón Bolívar - Manabí
Objetivo General	Formar profesionales que aporten innovaciones computacionales para la solución de problemas sociales, regionales y nacionales, vinculados al modelo constructivista y desarrollador productivo, dentro de equipos multidisciplinares e interdisciplinares, con énfasis en el sector agropecuario y agroindustrial, que actúen con responsabilidad económica, ambiental, ética y social, en sintonía con los planes y políticas públicas.
Misión	Formación de Profesionales íntegros que conjuguen ciencia, tecnología y valores en su accionar, comprometidos con la comunidad en el manejo adecuado de programas y herramientas computacionales de última generación.
Visión	Ser referentes en la formación de profesionales de prestigio en el desarrollo de aplicaciones informática y soluciones de hardware.

Fuente. Los Autores

Además, se llevó a cabo una visita in situ (Anexo 1) para realizar una observación y con esto recopilar información sobre el estado que se encuentran los laboratorios 204 y 205 (Figura 1).

Plano Laboratorio (204-205) UDIV

Isidro Sicifredo Vera Zambrano | January 25, 2021

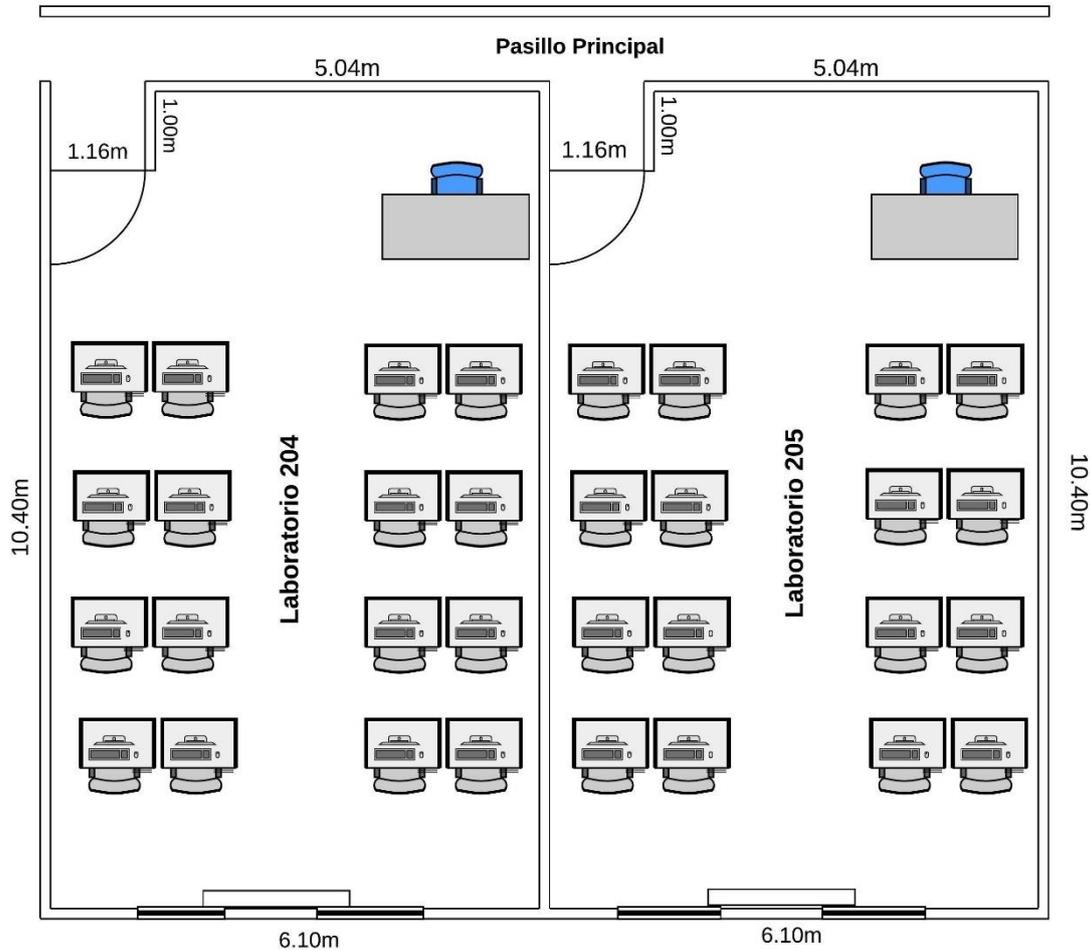


Figura 1. Plano de los laboratorios 204 y 205 en 2D.

Fuente. Los Autores

Asimismo, se verificó el estado de los componentes electrónicos que disponen las áreas que fueron destinadas para la implementación del prototipo de sistema. Una vez obtenida la información de la observación se pudo evidenciar que se cuenta con componentes que si están aptos para ser utilizados para el desarrollo del prototipo donde se evidencia en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Información de los componentes electrónicos de los laboratorios 204 y 205.

Datos Técnicos de Cada Componente					
Componentes	Características	Evidencia	Tiempo de Uso	Observaciones	Reutilizable
Cerraduras Eléctricas	Marca Viro Funciona con 12V,		7 años	-	Si
Interruptores	Marca Bticino Corriente 110 a 220		6 años	-	Si
Cable Utp	Cable de pares trenzados compuestos por conductores aislantes.		7 años	Cambiar cableado	No

Fuente. Los Autores

3.1.2. ANÁLISIS DE REQUISITOS

Mediante la entrevista online (Anexo 2) dirigida al encargado del UDIV de Infraestructura se dio a conocer las necesidades presentes, información que ayudó a establecer los requisitos (Cuadro 3) para el desarrollo del prototipo sistema de automatización. En el (Cuadro 4) se puede apreciar el análisis realizado a cada una de las preguntas aplicadas mediante la entrevista.

Cuadro 3. Listado de requisitos

REQUISITOS	DESCRIPCIÓN DE LOS REQUISITOS
RF1	Permitir el acceso a las aulas y laboratorios.
RF2	Controlar el apagado y el encendido de las iluminarias.
RF3	Crear una base de datos para la gestión de acceso mediante el sistema multiplataforma y la APP móvil.
RF4	Permitir el acceso a las aulas y laboratorios mediante la APP móvil.
RF5	Permitir conexión con el sistema multiplataforma para intercambio de información.
RF6	Utilizar leds para identificar los diferentes estados de gestión como (Acceder, Denegado).
RF7	Manejar paquetes de información lo más liviano posible al momento de la comunicación mediante las Apis Rest con el sistema multiplataforma.
RF8	Registrar el acceso de quien ingresa al aula o laboratorio cuando no halla comunicación mediante WiFi y Apis Rest con el sistema.

RF9	Crear una base de datos dentro una memoria SD para guardar el registro de ingreso cuando no responda el sistema.
RF10	Validar en la base de datos SD el ingreso de los usuarios en el horario asignado por el sistema.

Fuente. Los Autores

Cuadro 4. Preguntas formuladas mediante la entrevista online.

N	Pregunta	Análisis
1	¿Cuál es el procedimiento actual por parte de los docentes para poder acceder a las aulas de clases?	Cada docente tiene acceso pre configurado en las aulas que correspondan a sus asignaturas, en caso de no tener acceso a un aula, se solicita al personal correspondiente el acceso, y en cualquiera de los casos no se lleva un control o bitácora de acceso.
2	¿El procedimiento actual les permite llevar un control de registro automatizado de quienes son los docentes que accedieron a las aulas de clases?	Se puede de cierta manera controlar el acceso (definido por una pre configuración en el sistema de acceso), pero no se puede saber en qué momento acceden, quienes acceden, cuánto tiempo, si el aula está o no asignada en un horario y denegar acceso a quien no le corresponda tenerlo.
3	¿Existe algún sistema de gestión de acceso para el ingreso a las aulas de clases?	El sistema de acceso que se cuenta en la actualidad permite mediante la huella, un código o tarjeta magnética de proximidad, realizar el acceso siempre y cuando se haya precargado los datos del docente en la/las aulas correspondientes.
4	¿Cuál es el estado actual del sistema de ingreso a las aulas de clases?	Es estado actual es parcialmente funcional, ya que, si el dispositivo está desactualizado con la base de datos de acceso, se debe recurrir al personal correspondiente para solicitar el ingreso.
5	¿Cómo funciona el sistema en la actualidad?	Pre configurando los datos de los docentes que deben tener acceso en cada uno de ellos.
6	¿Cree usted que el actual sistema de ingreso a las aulas de clases cumple con las expectativas de la institución?	El sistema actual no cumple con las expectativas de la Carrera de Computación, ya que solo proporciona un mecanismo de validación de acceso.
7	¿Qué se necesita mejorar del sistema actual?	A más del control de validación de acceso, requiere mejorar la administración propiamente desde un sistema integral y centralizado, que permita no tan solo llevar una bitácora de acceso, sino también un control de otros dispositivos electrónicos que conforman el ecosistema.
8	¿Cuál es el propósito de construir un prototipo de automatización de gestión en el acceso a sus aulas, luminarias, para el área de la UDIV?	La de tener un sistema integral y centralizado para la administración de las aulas.
9	¿Qué problemas debe solucionar el prototipo a desarrollar?	Las limitaciones citadas en respuestas anteriores sobre el sistema actual.
10	¿Qué espera del producto (prototipo)?	Que sea un sistema eficiente y eficaz desde el punto de vista de su funcionalidad y autonomía energética, accesible desde el punto de vista económico, pero sin desmejorar la calidad de los componentes que lo conformen.
11	¿A quiénes beneficiará el prototipo de automatización?	A la dirección de carrera ya que de vez en cuando requiere información para la toma de decisiones en función de quien ingresa y sale del aula de clases, a los docentes y estudiantes además al personal administrativo.
12	¿Quiénes tendrán acceso a manipular el prototipo?	Una vez que la tesis culmine, el prototipo será un producto de la Carrera de Computación, quien por medio de su director designará responsables para el manejo y puesta en producción del prototipo, en primera instancia la UDIV

de Infraestructuras sería la encargada de esta responsabilidad.

Fuente. Los Autores

Además, la búsqueda bibliográfica se realizó en base a la pregunta de investigación la cual es determinar “cuáles son los componentes específicos para la construcción del prototipo”; durante en el proceso de revisión se determinaron algunos artículos científicos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evidencias de la búsqueda bibliográfica.

Búsquedas Bibliográficas			
Año	Autor	Tema	Resultados Alcanzados
2019	Gallego Larry, Carlos Tavera	Diseño de un prototipo para el Control de Acceso y Seguridad usando IoT	Un sistema de acceso y seguridad mediante RFID, INTERNET DE LAS COSA, HARDWARE LIBRE Y PROGRAMACIÓN WEB.
2019	Hernández Sanz, Eva María	Desarrollo de un sistema de monitorización y control de un invernadero aplicando tecnología IoT	El presente proyecto nace de la idea de unir las tecnologías IoT (Internet of Things) con el cultivo hortícola en huertos urbanos, un nuevo mercado en auge especialmente en grandes ciudades en las que cada vez es más común encontrar huertos comunitarios o cultivos modestos en terrazas y balcones.
2018	Dlnya Abdulahad Aziz	Sistema de monitoreo inteligente basado en servidor web Usando el módulo MCU de nodo ESP8266	Este trabajo comparte la información de la calidad del aire, Temperatura y humedad en tres tiendas de alimentos en tres ubicaciones remotas entre sí según el módulo ESP a través del servidor web.
2018	Fabián Pulido, Cristhian Carrillo	Sistema de alerta remota y control de acceso mediante rfid	Implementación de un sistema de alerta remota y control de acceso mediante RFID (Radio Frequency Identification), el cual está destinado para el grupo de investigación INTEGRA de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la Facultad Tecnológica; con el fin de facilitar el ingreso a la sala a todos los estudiantes pertenecientes ha dicho grupo.
2017	Emerson Gabriel Haro Flores	Sistema de control de acceso y monitoreo de estudiantes con el uso de tecnología inalámbrica de identificación automática (RFID) en la Universidad Técnica del Norte.	El sistema de control de acceso permitió llevar un control adecuado de las personas que ingresan a diario a la Universidad, generando una alternativa practica a los problemas relacionados con robos dentro de la institución, ya que no podrán ingresar personas ajenas a la misma, sin antes realizar un respectivo registro de entrada.
2017	Rentería Raúl, Ruelas Rubén Y Ochoa Gustavo	Módulo ESP8266 y sus aplicaciones en el internet de las cosas	En esta investigación se dio a conocer más a fondo sobre un módulo WiFi ESP8266 de bajo costo, ideal para aplicaciones de internet de las cosas (IOT) y saber cómo elegir el más adecuado para proyectos tecnológicos, enfocados en el internet de las cosas.
2017	Mónica Gutiérrez, Rodrigo Villegas	Sistema de control de acceso basado en tecnología Arduino y rfid.	El objetivo de este proyecto fue dar a conocer la importancia de la tecnología RFID como alternativa en la autenticación de la seguridad de las empresas, construyendo un prototipo

de bajo costo, fácil de usar y con mayores ventajas a otras tecnologías que permite el control de acceso dentro áreas importantes de una empresa u organización. El proyecto se deja a disposición de mejoras a futuro ya que las tecnologías se encuentran en evolución constante.

Fuente. Los Autores

Donde, esta información obtenida permitió conocer los diferentes componentes electrónicos (Cuadro 6) y los tipos de placas microcontroladores (Cuadro 7); que se utilizan en proyectos de control de acceso orientados en IoT.

Cuadro 6. Componentes electrónicos

Tarjeta rfid 13.56mhz Mifare 1k imprimible puerta de acceso	Mifare es una tarjeta inteligente debido a que permite leer y escribir, trabaja a una distancia mínima de 10 cm para poder dar lectura(Villamarin & Mejillon, 2017).
Mifare DESFire EV1 2K NFC Clave Fob Etiqueta Azul	Este llavero de acceso también se hará uso ya que viene en el kit del Módulo RC522.
Protoboard	Permite montar rápidamente circuitos electrónicos sin necesidad de soldaduras, ideal para prototipos electrónicos.
Cable plano con terminales macho/hembra 20 cm	Son ideales para realizar conexiones entre cables eléctricos y son utilizados para proyectos en protoboard
Módulo RFID RC522	El MF RC522 utiliza el concepto avanzado de modulación y demodulación completamente integrado en todos los tipos de métodos y protocolos de comunicación sin contacto de 13.56 MHz. (Muguerza & Suárez, 2018).
Módulo sensor de movimiento hc-sr501	Se trata de un sensor PIR (Pasive Infra Red), por lo que es capaz de detectar radiación infrarroja. Para ello utiliza un sensor piro eléctrico que es capaz de detectar la radiación.
Módulo RTC DS3231	Se trata de un reloj en tiempo real muy exacto, que contiene un oscilador de cristal que permite compensar las variaciones de temperatura, el cual garantiza que el reloj no sufrirá desviaciones en la medición del tiempo. Los datos son transferidos a través del bus bidireccional I2C. (Erazo, 2018).
Módulo lector de SD	Este módulo admite el uso de una tarjeta de memoria SD mediante Arduino o alguna otra placa microcontroladora. A través de la programación, se logra el leer y escribir en la tarjeta (Electrónica, 2018).
Memoria micro SD	Una tarjeta micro SD provee un dispositivo digital expandir su memoria, lo que permite agregar más contenido, como fotos y videos.
Relay SRD-05VDC-SL-C	Se trata de un dispositivo capaz de conmutar mediante entrada electrónica la posición del conmutador interno que estará conectado a corriente alterna. La alimentación del relé es de 5v(Herranz, 2019) .
Diodos Leds	Es un diodo emisor de luz ya que es un pequeño chip de material semiconductor que cuando atraviesa corriente eléctrica este nos emite luz monocromática (Plúa, 2017).
Fuente de Voltaje 5 V	Esta fuente de voltaje se utilizará para alimentar al módulo ESP32.
Resistencias	Se entiende por resistencias o resistores los componentes electrónicos que se intercalan en un circuito para modificar el paso de la corriente, oponiéndose a su paso mediante la generación de una resistencia eléctrica (Velasco, 2018).
Placa de Modulo para ESP32	Permite extender fácilmente proyectos ESP32.
Cable de Corriente N° 22	Resistentes a las altas temperaturas, cable de conexión.

Fuente. Los Autores

Cuadro 7. Características de comparaciones de microcontroladores.

Especificaciones y Características de placas Microcontroladores				
Definiciones	Es una computadora en una sola placa diseñado para servir de plataforma para proyectos tecnológicos como el control de dispositivos de bajo nivel (Quito & Ruilova, 2017).	Son controladores que conectan el mundo físico con el mundo virtual que permiten el control de sensores, sistemas y actuadores físicos basados en una placa de circuito impreso de la marca "ATMEL"(Quito & Ruilova, 2017).	Es un poderoso microcontrolador con Wi-Fi y Bluetooth® integrado, diseñado para ser una solución perfecta para dispositivos IoT (Maier et al., 2017).	Es un microcontrolador programable inalámbrico La placa ESP8266 es capaz de albergar una aplicación o descargar todas las funciones de red Wi-Fi (Patnaikuni, 2017)
Características	Raspberry Pi	Arduino	ESP32-DEVKITC	NodeMCU ESP8266
Tipo	Mini computadora	Microcontrolador de placa única	Microcontrolador de placa única	Microcontrolador de placa única
Memoria	1-4 GB	32 KB	520 KB	96KB
Velocidad de Reloj	1,2 GHZ	16 MHz	80Mhz (máximo 240 MHz)	26 MHz – 52 MHz
Procesador	Arm7 Quad COre	Arduino Uno	Tensilisca Xtensa LX6 32 bit Dual Core a 160 MHz (hasta 240 MHz)	Tensilisca L106 32bits
Almacenamiento	Ranura MicroSDHC	1 KB	4 MB	4 MB
Poder	USB, o fuente de alimentación	USB, o fuente de alimentación	USB	USB
WiFi	-	-	Integrado	Integrado
Bluetooth	-	-	Integrado	-
Tensión de funcionamiento	5V	5V	3,3V	3,3V
Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)	Cualquier IDE compatible con Linux	Arduino IDE	Arduino IDE, Lua Loader	Arduino IDE, Lua Loader
Pines GPIO	-	28	38	30
Costo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente. Los Autores

Una vez realizado el cuadro de comparaciones basado en las diferentes características de las placas microcontroladores revisadas con anterioridad, se seleccionó el controlador ESP32-DEVKITC ya que es una solución de Wi-Fi/Bluetooth todo en uno, integrada y certificada que proporciona no solo la radio inalámbrica, sino también un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periféricos, ya que sobresalen en la actualidad en proyectos IoT de bajo costo.

3.2. DISEÑO

En esta fase de la metodología se llevó a cabo el segundo objetivo específico el cual fue “Establecer la arquitectura y diseño del prototipo de automatización para gestionar el acceso a las aulas y el control de luminarias”. Para la ejecución de este objetivo se realizó una revisión sistemática y con base a ello se efectuó una valorización de alternativas de los distintos sistemas IoT con esto se determinó la arquitectura de comunicación a utilizar.

➔ VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE UN SISTEMA IOT

La revisión sistemática se realizó con base a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los modelos de conectividad más utilizados en IoT?
- ¿Cuáles son los protocolos de comunicación más utilizados en IoT?
- ¿Cuáles son las tecnologías de Comunicación más utilizados en IoT?

Formuladas las preguntas se procedió a la búsqueda de información en distintos repositorios en línea, tanto de universidades como de artículos científicos de los últimos 5 años de publicación.

Una vez extraídas las referencias se seleccionaron aquellos temas los cuales tenían relación entre el tema de estudio y las preguntas establecidas (Cuadro 8). Luego se realizó un análisis de los resultados de los temas seleccionados para conocer cuales estaban siendo más utilizados con esto conocer la arquitectura más utilizada en proyectos IoT.

Cuadro 8. Descripción de los temas seleccionados en la revisión sistemática.

Dato de Revisión Sistemática	
Autor(es)	Michelle Ortiz
Año	2020
Título	Desarrollo de una red de sensores inalámbricos utilizando tecnología lora para el monitoreo de un sistema
Tipo Documento	Trabajo de Titulación
Autor(es)	Cristian Alexander Tinoco
Año	2020
Título	Diseño e implementación de un sistema demótico basado en IoT
Tipo Documento	Trabajo de Titulación
Autor(es)	Nicolás Parra, Juan Moreno
Año	2019
Título	Diseño e implementación de una solución IoT para el sistema de Control de acceso en Ciclo parqueadero inteligente
Tipo Documento	Trabajo de grado

Autor(es)	Kamila Pérez
Año	2019
Título	Estudio y análisis del protocolo de mensajería avanzado en el internet de las cosas para aplicación en el campo de la domótica.
Tipo Documento	Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de ingeniero en telecomunicaciones
Autor(es)	Erick Escobar Gallardo, Alex Villazón
Año	2018
Título	Sistema de monitoreo energético y control domótico basado en tecnología "internet de las cosas"
Tipo Documento	Artículo Científico
Autor(es)	Jorge Pérez
Año	2017
Título	Diseño de una arquitectura IoT para el control domótico basado en Arduino
Tipo Documento	Trabajo de fin de Grado
Autor(es)	Oscar Cárdenas, Jimmy Molina, Rodrigo Morocho, Johnny Novillo, Galo Moreno
Año	2017
Título	Estudio entre las tecnologías WIFI – LIFI en la optimización del servicio de internet
Tipo Documento	Artículo Científico
Autor(es)	Nitin Naik
Año	2017
Título	Choice of Effective Messaging Protocols for IoT Systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP
Tipo Documento	Artículo Científico.
Autor(es)	Carlos Vera, Jhon Barbosa, Diana Pavón
Año	2017
Título	La Tecnología Zigbee estudio de las características de la capa física
Tipo Documento	Artículo Científico
Autor(es)	Víctor Felipe López Ordoñez ,Edward Stiven Rodríguez Moreno,
Año	2017
Título	Diseño e implementación de un sistema inteligente para un edificio Mediante IoT utilizando el protocolo de comunicación lorawan.
Tipo Documento	Trabajo de grado
Autor(es)	Verónica Vega
Año	2016
Título	Diseño de una red ip-ran para el transporte de tráfico de datos de una red de telefonía celular de cuarta generación con tecnología lte para un operador móvil, en la ciudad de Machala, provincia de el oro, ecuador
Tipo Documento	Trabajo de Titulación

Fuente. Los Autores

Esta revisión sistemática permitió conocer la arquitectura de un sistema IoT (hardware, conectividad, software e interfaz de usuario), por lo con siguiente tener en cuenta los diferentes tipos de conectividad, también estar al tanto de los protocolos de comunicaciones más utilizados y por último saber las tecnologías

de comunicaciones que se utilizan para proyectos IoT. En el siguiente paso se muestra un breve análisis de la información obtenida en la revisión sistemática.

➔ **MODELOS DE CONECTIVIDAD IoT.**

Mediante el (Cuadro 9) se da a conocer el análisis de los 4 modelos de conectividad más utilizados para proyectos IoT.

Moreno & Parra (2019), “manifiestan que la implementación de soluciones IoT se basa en diferentes modelos de conectividad, cada uno de los cuales tiene sus propias características en el transporte de información”. Los cuatro modelos de conectividad para arquitecturas IoT.

Cuadro 9. Modelos de conectividad IoT.

MODELOS DE CONECTIVIDAD IOT	REFERENCIAS AUTORES
DISPOSITIVO A DISPOSITIVO	(Tinoco, 2020); (Vega, 2016)
DISPOSITIVO A LA NUBE	(Pérez, 2019); (López & Rodríguez, 2017)
DISPOSITIVO A PUERTA DE ENLACE	(Ortiz, 2020); (Vera Romero <i>et al.</i> , 2017)
INTERCAMBIO DE DATOS A TRAVÉS DEL BACK-END	(Naik, 2017); (Cárdenas <i>et al.</i> , 2017); (Pérez & Barona, 2017); (Gallardo & Villazón, 2018); (Moreno & Parra, 2019)

Fuente. Los Autores

El modelo escogido es “Intercambio de datos a través del back-end” ya que este modelo conectividad exporta y analiza objetos de información a partir de servicios en la nube es decir recoge información de diferentes dispositivos IoT, todo esto mediante el funcionamiento de las APIs. Cabe recalcar que este modelo es el más referenciado en la revisión sistemática.

➔ **PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN IoT.**

Asimismo, en el (Cuadro 10) se evidencia el análisis de 4 protocolos de comunicación más importantes en proyectos IoT. De esta manera elegir el protocolo de comunicación para el prototipo con el sistema multiplataforma.

Cuadro 10. Protocolos de comunicación IoT.

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN IOT	REFERENCIAS AUTORES
MQTT	(Tinoco, 2020); (Moreno & Parra, 2019); (Gallardo & Villazón, 2018); (Naik, 2017)
HTTP	(Ortiz, 2020); (Gallardo & Villazón, 2018); (Pérez & Barona, 2017); (Cárdenas <i>et al.</i> , 2017); (Vera Romero <i>et al.</i> , 2017); (López & Rodríguez, 2017); (Vega, 2016)
AMQP	(Pérez, 2019)

Fuente. Los Autores

El protocolo de comunicación que se utilizó para el prototipo de sistema de automatización es el protocolo HTTP ya que este modelo soporta peticiones solicitud/respuesta, además está por encima de los otros protocolos de comunicación analizados en la revisión sistemática.

➔ TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN IoT

Finalmente, realizado el análisis de los protocolos de comunicación, se procedió a revisar las diferentes tecnologías de comunicación tal como se evidencia en el (Cuadro 11), con esto determinar la tecnología de comunicación para realizar la comunicación con el sistema multiplataforma.

Cuadro 11. Tecnologías de Comunicación IoT.

TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN IOT	REFERENCIAS AUTORES
WIFI	(Moreno & Parra, 2019); (Pérez, 2019); (Gallardo & Villazón, 2018); (Pérez & Barona, 2017); (Cárdenas <i>et al.</i> , 2017);
ZIGBEE	(Tinoco, 2020); (Naik, 2017); (Vera Romero <i>et al.</i> , 2017);
LORA	(López & Rodríguez, 2017)
LTE	(Vega, 2016)

Fuente. Los Autores.

Se eligió la tecnología WiFi ya que es la más utilizada en la actualidad por el avance tecnológico ya que ofrece comodidad al enviar y captar datos sin la necesidad de ningún tipo de medio físico como cables; esta tecnología se encuentra actualmente en múltiples dispositivos electrónicos.

➔ SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA IOT PARA EL PROTOTIPO

Una vez realizada la revisión sistemática y haber valorado las alternativas de un sistema IoT; los autores procedieron a escoger para este proyecto el modelo, protocolo y tecnologías a emplear debido a su eficiencia y eficacia cuando se trabaja en procesamiento de información en proyectos IoT; la cual se muestra en el (Cuadro 12).

Cuadro 12. Arquitectura y protocolos de comunicación IoT seleccionados para el prototipo.

Arquitectura y protocolos de comunicación IoT
<p>Arquitectura: Hardware (Sensores y Dispositivos), conectividad (transmitir/recibir información), software (procesamiento de datos), interfaz de usuario (activar/desactivar sistema manualmente).</p> <p>Intercambio de datos a través del back-end El modelo fue seleccionado ya que este modelo de comunicación exporta y analiza objetos de información a partir de un servicio en la nube, es decir recoge datos de 1 o diversos dispositivos IoT, todo eso se da a través de las APIs ya que estas te proporcionan información obtenida desde la base de datos dependiendo la información que se desee consultar.</p>

Protocolo HTTP:

Se escogió este protocolo de comunicación ya que soporta solicitud/respuesta y la arquitectura web RESTful.

Tecnología WiFi:

Se eligió esta tecnología porque es muy utilizada en la actualidad por el avance tecnológico ya que ofrece comodidad al enviar y captar datos sin la necesidad de ningún tipo de medio físico como cables, esta tecnología se encuentra actualmente en múltiples dispositivos electrónicos tales es el caso de las computadoras, Smart TV, impresoras y demás, concediendo una instantánea vinculación de estos al internet.

Arduino IDE:

Dispone de diferentes herramientas que han dado la desenvoltura adecuada en la programación de proyectos IoT, los cuales son el `setup()` y `loop()`, además permite guardar los datos y se almacenan en archivos. Asimismo, se menciona que, mediante a revisión bibliográfica el Arduino IDE es de fácil manejo e incluso una persona común sin conocimientos técnicos previos pueda aprender durante el proceso.

Fuente. Los Autores.

A continuación, en la Figura 2 se visualiza la arquitectura de comunicación del prototipo, en la cual detalla los datos de entrada y salida respectivamente, asimismo las conexiones a realizar con las diferentes Apis Rest que van a ser consumidas por el prototipo para su posterior funcionamiento.

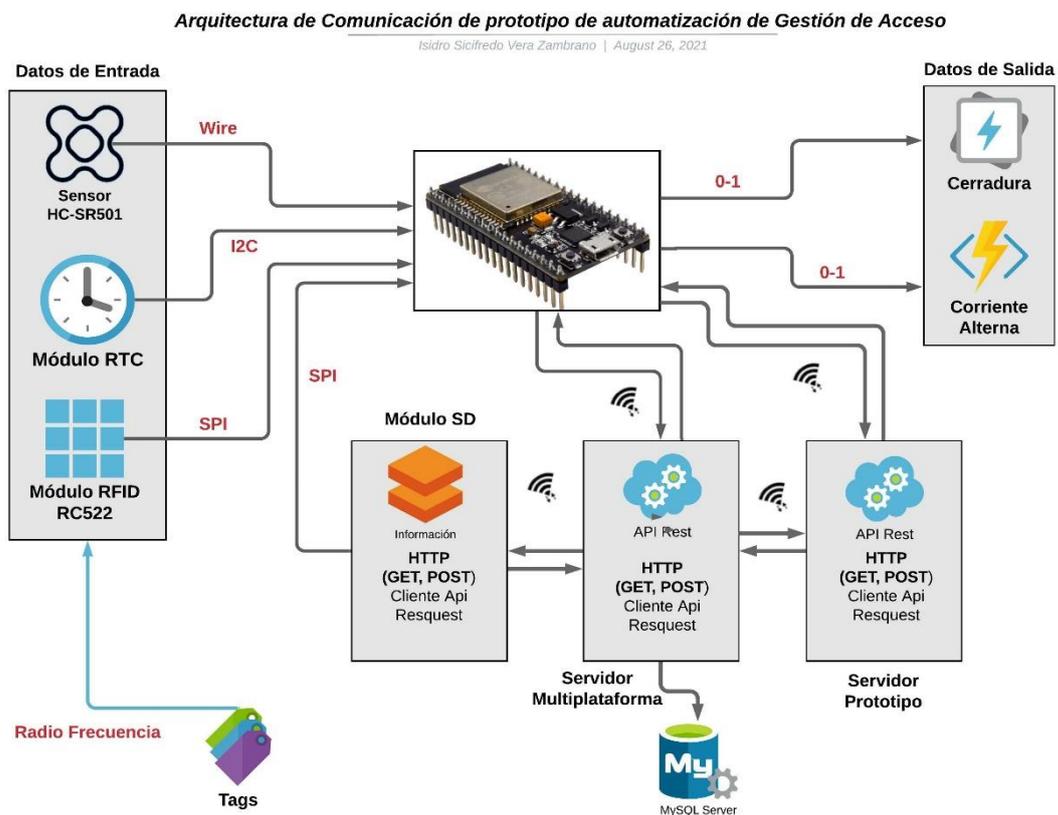


Figura 2. Arquitectura de Comunicación Gestión de Acceso

Fuente. Los autores

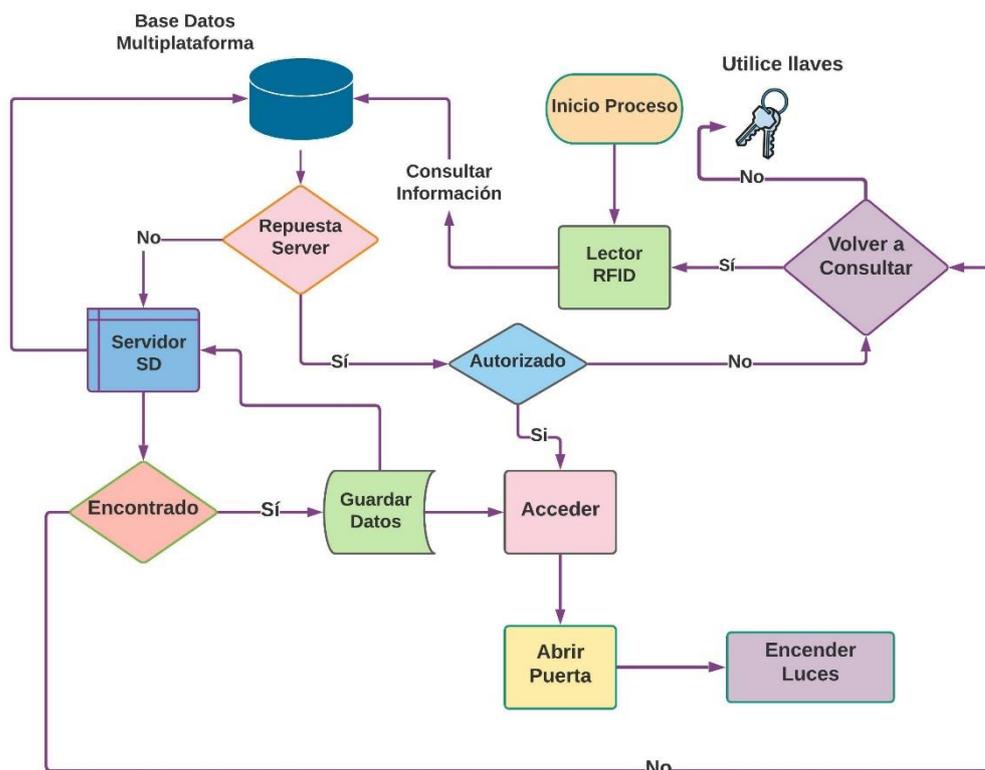


Figura 3. Diagrama de Flujo del Funcionamiento.
Fuente. Los autores

En el siguiente (Cuadro 13) se evidencian los componentes que fueron utilizados para la construcción del prototipo.

Cuadro 13. Listado de los componentes utilizados en el prototipo con su respectivo funcionamiento.

COMPONENTES ELECTRONICOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO	
COMPONENTES	FUNCIONAMIENTO
Controlador ESP32 DEVKITC	Este módulo controlador se utilizó para controlar las funciones que se ejecutan del prototipo (Cerebro del prototipo).
Modulo RFID RC522	Se hizo uso de este módulo para las lecturas de los tags identificadores de cada docente para el ingreso al aula de clases.
Modulo Micro SD	Con este módulo se implementó un server para tener almacenado en archivo segundo plano los tags de las identificaciones de cada docente para cuando no responda el server hacer uso de aquello, además guardar el registro de los datos de quien ingreso cuando el server no responde y también al momento se pierda la conectividad a internet.
Módulo rtc ds3231	Mediante el uso de este modulo, el prototipo tendrá la fecha y la hora disponibles al momento de activarse, sin tener que hacer referencia a una fuente externa.
Tarjeta Micro-SD	La tarjeta se utiliza para guardar y almacenar la información cuando el server no responde y se hace uso del módulo SD como server.

Relay de 2 canales de 5v	Este relay se implementó para las salidas tanto para la chapa eléctrica y el encendido de las luces del aula.
Sensor de movimiento PIR	La función del sensor pir en el prototipo es captar el movimiento cuando una persona ingresa al espacio mediante el movimiento recibe una señal que ingresa al controlador ESP32-DevKitC para posteriormente mandar una señal por una canal del relay y automáticamente encender las luces. El sensor guarda en memoria 15 segundos de encendido y si captura movimiento constante lo que hace es ir acumulándolo para mantener las luces encendidas.
Tag de RFID 13.33 MH	El tag es utilizado para el posterior ingreso al aula de clases de cada usuario.
Diodos led	Los diodos leds se utilizaron para dar indicaciones como ver el estado de encendido de la placa ESP32-DevKitC, además la indicación del acceso correcto e incorrecto al momento de pasar la identificación tag.
Resistencias electrónicas	En el módulo RFID RC522 se utilizó una resistencia de 1.5k en el pin MISO para no perder comunicación con el módulo controlador y la otra resistencia de 220 ohmios se utilizó en los diodos leds para debilitar la carga de corriente con esto evitar la quemada de los mismos.
Cables de corriente	Estos cables se utilizaron varios tanto de macho a macho / hembra a macho / hembra a hembra para realizar las conexiones de los módulos mencionados y el relay hacia la placa controladora.
Fuente de voltaje 5v	La fuente de voltaje es utilizada para la alimentación de la placa controlador ESP32-DevKitC.
Circuito Impreso adaptador placa ESP32-DevKitC	El adaptador de la placa fue seleccionado para el mejor de los casos con esto hay mayor seguridad en las conexiones de los módulos con la placa controladora.
Caja plastica PVC 15x15	Se utilizaron 2 cajas plasticas PVC las cuales contienen los modulos para el funcionamiento del prototipo.
Caja plastica PVC 10x5	Se utilizaron 2 cajas plasticas PVC las cuales contienen el modulo RFID y los leds indicadores.
Regletas plasticas	Se utilizaron 10 canaletas para llevar acabo la proteccion de los cables que conectan al sensor de movimiento PIR.
Caja palastica redonda	Se utilizaron 2 cajas redondas las cuales contienen al sensor de movimiento.
Cable de corriente Nº 22x2	Se utilizaron 45 metros de cables para la conexión de ambos sensores en los 2 laboratorios y conexión con las chapas electricas.

Fuente. Los autores

Por lo consiguiente se realizó una investigación la cual permitió seleccionar la herramienta para realizar el modelo de diseño del prototipo de sistema de automatización; en la cual se eligió la aplicación Fritzing (Figura 4) para realizar el diseño lógico de las conexiones del prototipo con los respectivos componentes debido a que es un programa gratuito para diseños electrónicos automatizados el cual ofrece un ambiente de trabajo fácil de utilizar (Figuroa, 2017).

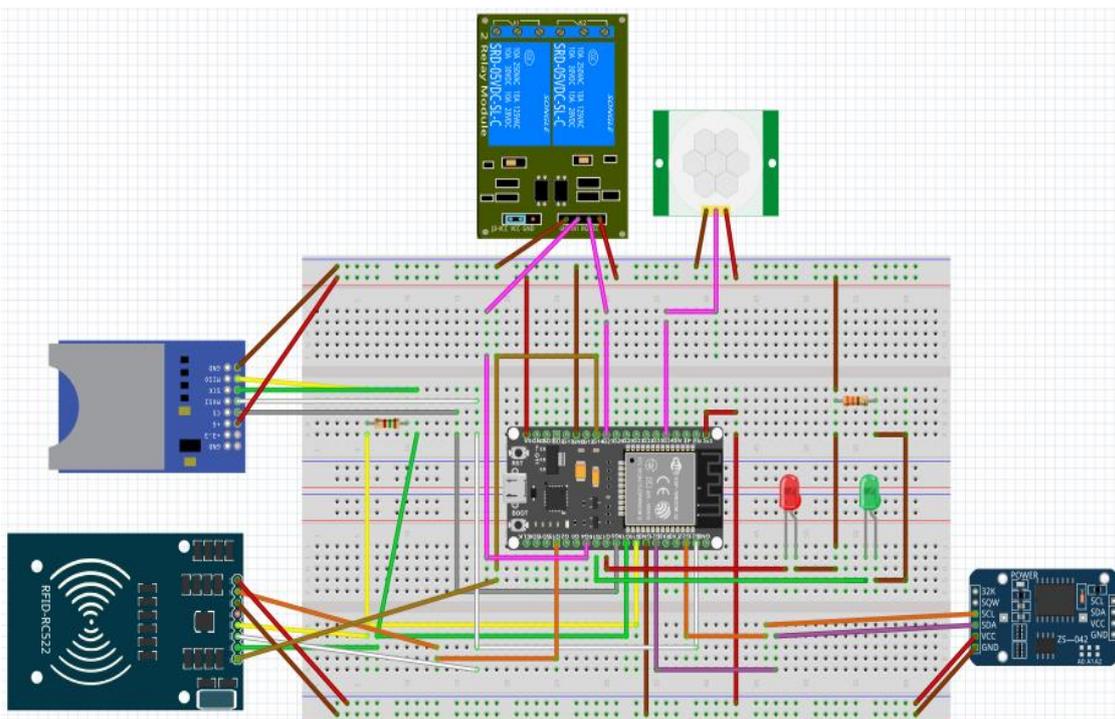


Figura 4. Diseño del Prototipo en la Herramienta Fritzing
Fuente. Los autores

Las conexiones del diseño del prototipo se realizaron de la siguiente manera:

- La comunicación entre el módulo ESP32-DEVKITC y el módulo RFID RC522 se conectó por medio del protocolo SPI para la transmisión de datos. Además, se utilizó una resistencia para conectarla con el pin MISO la conexión de la resistencia se hace para no perder la comunicación. Los pines utilizados en el controlador fueron los siguientes:

Cuadro 14. Pines de conexión de la placa PN532 RFID

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO14	Se conectó al pin SDA del módulo RFID RC522.
GPIO18	Se conectó al pin CSK del módulo RFID RC522.
GPIO23	Se conectó al pin MOSI del módulo RFID RC522.
GPIO19	Se conectó al pin MISO del módulo RFID RC522.
GPIO15	Se conectó al pin RST del módulo RFID RC522.
3.3V	Se conectó al pin VCC del módulo RFID RC522.
GND	Se conectó al pin GND del módulo RFID RC522.

Fuente. Los autores

- Las conexiones del Módulo RTC se hicieron mediante el canal de comunicación I2C.

Cuadro 15. Pines de Conexión de la placa RTC.

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO22	Este pin se conectó al pin SCL del módulo RTC.
GPIO21	Este pin se conectó al pin SDA del módulo RTC.
GND	Pin de tierra o negativo se conectó al negativo GND del módulo RTC.
3.3V	Este se conectó al vcc del módulo RTC.

Fuente. Los autores

- Asimismo, la comunicación del módulo lector SD se realizó por SPI con la placa ESP32-DEVKITC, también se utilizó una resistencia en el pin MISO para no perder comunicación; los pines utilizados:

Cuadro 16. Pines de Conexión de la placa Modulo SD.

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO5	Se conectó al pin CS del módulo lector SD.
GPIO18	Se conectó al pin CSK del módulo lector SD.
GPIO23	Se conectó al pin MOSI del módulo lector SD.
GPIO19	Se conectó al pin MISO del módulo lector SD.
VIN5	Se conectó al pin VCC del módulo lector SD.
GND	Se conectó al pin GND del módulo lector SD.

Fuente. Los autores

- Para las conexiones del sensor Pir se utilizaron los siguientes pines:

Cuadro 17. Pines de Conexión de sensor pir.

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO34	Conectado al pin OUT del sensor Pir.
VIN5	Conectado al pin VCC del sensor Pir.
GND	Conectado al pin GND del sensor Pir.

Fuente. Los autores

- Las conexiones del relay de 2 canales con la placa ESP32-DEVKITC se utilizaron los pines:

Cuadro 18. Pines de conexiones al Relay para datos de salida.

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO27	Conectado al pin In1 salida del Relay / Se utiliza para encendido de luces.
GPIO4	Conectado al pin In2 salida del Relay. /Acceso al aula o laboratorio.
VIN5	Conectado al pin VCC del Relay.
GND	Conectado al pin GND del Relay.

Fuente. Los autores

También se utilizaron 2 diodos leds como salidas para los leds se utilizaron 2 resistencias de 220 ohm para reducir el paso de corriente para prevenir que se quemaran, los pines que se utilizaron:

Cuadro 19. Pines de verificación de acceso

PINES	FUNCIONAMIENTO
GPIO16	Se conecta al pin positivo del diodo led de acceso correcto.
GPIO17	Se conecta al pin positivo del diodo led de acceso incorrecto.

Fuente. Los autores

3.3. EJECUCIÓN

En esta tercera fase de la metodología EDER se ejecutó el tercer objetivo del trabajo que fue “construir el prototipo de automatización con base a la arquitectura y diseño realizado”.

Para llevar a cabo la ejecución de este objetivo se realizó la compra de los componentes que se utilizarían para el desarrollo del prototipo hardware (Anexo 3). Posteriormente se conectaron los componentes hardware (Anexo 4) para luego de esto su programación respectiva de cada componente.

➔ PROGRAMACIÓN AL MÓDULO ESP32-DEVKITC

Se realizó la programación de la placa **ESP32-DEVKITC** en base a los requerimientos obtenidos el cual cumplir múltiples funciones; donde la programación del módulo controlador se empleó en Arduino IDE (Anexo 5) que permite escribir código fácilmente y cargarlo a la placa. (Arduino, 2019).

➔ CREACIÓN DE BASE DE DATOS DE ACCESO REMOTO MEDIANTE EL PROTOTIPO

Se creó una base de datos llamada **Prototipo** la cual contiene una tabla con nombre de **Abrir_Aula** con los respectivos campos.



Figura 5. Diagrama de Base de Datos

Fuente. Los autores

Esta base de datos se comunica mediante la Api **AbrirAula** creada en Visual Studio; para tener acceso mediante el sistema multiplataforma y la App Móvil.

```

Referencias
public class AbrirAulaController : ApiController
{
    CatalogoAbrirAula _CatalogoAbrirAula = new CatalogoAbrirAula();
    // GET: api/AbrirAula
    // Referencias
    public IEnumerable<string> Get()
    {
        return new string[] { "value1", "value2" };
    }

    // GET: api/AbrirAula/5
    // Referencias
    public string Get(int id)
    {
        return "value";
    }

    // POST: api/AbrirAula
    // Referencias
    public object Post([FromBody]Abrir value)
    {
        try
        {
            int f = _CatalogoAbrirAula.postAbrirAula(value);
            if (f != 0)
            {
                return new { codigo = "200", mensaje = "Realizado Corectamente", idAbrir = f };
            }
            else
            {
                return new { codigo = "500", mensaje = "mal peticion", idAbrir = f };
            }
        }
    }
}

```

Figura 6. Programación de la Api de abrir aula en Visual Studio

Fuente. Los autores

LIBRERÍAS UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO

Se utilizaron varias librerías para cada módulo programado.

Módulo MFRC522; se utilizaron las siguientes librerías que se muestran en la figura 7.

```

//LIBRERIAS PARA LA CONEXION DEL MÓDULO RC522 CON EL ESP32 DEVKITC
#include <MFRC522.h>

```

Figura 7. Librerías de comunicación entre la placa ESP32 DEVKITC y el Módulo PN532 RFID.

Fuente. Los autores

Se Utilizaron estas librerías para llevar a cabo el envío y recepción de datos de las Apis Rest.

```
//LIBRERIA ARCHIVOS JSON
#include <ArduinoJson.h>
#include <Arduino_JSON.h>
```

Figura 8. Librería para el formato de texto para intercambio de datos para las APIS.

Fuente. Los autores

Estas librerías se utilizaron para la comunicación del módulo lector SD con el controlador ESP32-DEVKITC.

```
//LIBRERIAS PARA LA CONEXION CON EL LECTOR SD
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
```

Figura 9. Librería para la comunicación del módulo lector SD con el Controlador ESP32.

Fuente. Los autores

Librerías utilizadas para el envío y recepción de datos mediante una conexión WiFi activa.

```
//LIBRERIAS PARA CONEXION A INTERNET y ENVIO DE DATOS
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFi.h>
```

Figura 10. Librería para la conexión a internet y envío de datos

Fuente. Los autores

La librería RTClib.h se utiliza para acoplar el módulo con la placa ESP32-DEVKITC.

```
//LIBRERIA MODULO RTC
#include "RTClib.h" |
#include <Wire.h>
```

Figura 11. Librería utilizada para comunicación del módulo RTC.

Fuente. Los autores

Inicialización de los pines del módulo MFRC522.

```

//PINES CONEXION RC522
#define pinRST 15//
#define pinSDA 14//
//INICIALIZACION DEL MODULO RC522
MFRC522 rfid(pinSDA,pinRST);
// CONSTANTES UTILIZADAS PARA LA INICIALIZACION DEL MODULO SD
const int chipSelect=5;

```

Figura 12. Variables de inicialización de los pines del módulo MFRC522

Fuente. Los autores

➔ CONSTANTES UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO

Se utilizaron varias constantes para diferentes usos para el funcionamiento del prototipo.

Las constantes utilizadas son para conectar la placa ESP32-DEVKITC a internet.

```

// CONSTANTES UTILIZADAS PARA LA CONEXION A INTERNET
const char* ssid      = "*****";
const char* password = "*****";

```

Figura 13. Constantes a utilizar para conexión a internet.

Fuente. Los autores

Los constantes de la figura 3.11 son utilizadas para diferentes usos dentro de la programación del prototipo para su respectivo funcionamiento.

```

//CONSTANTES LAS CUALES DEFINEN LOS PINES A UTILIZAR
const int aprobado = 16; // pin 16 va a la salida de acceso correcto
const int reprobado =17; // pin 17 va a la salida de acceso denegado
const int cerradura = 27; // pin 27 va a la salida 1 del relay
int pir = 34; // pin 34 va a la señal del sensor de movimiento
int lamparas = 4; //pin 4 va a la salida 2 del relay
int pir_lectura=0;//variable que inicializa en 0
int pir_estado = LOW; // iniciar estado del pir como no detección (señal baja)
unsigned long lastTime = 0;
unsigned long timerDelay = 200000;
unsigned long lastTime1 = 0;
unsigned long timerDelay1 = 30000;

```

Figura 14. Constantes utilizadas en el prototipo para su funcionamiento.

Fuente. Los autores

Variable de tipo RTC_DS3231 utilizada para el formato de la hora en tiempo real.

```
//Utilizada para obtener la hora y fecha
RTC_DS3231 rtc;
```

Figura 15. Variable declarada tipo RTC_DS3231

Fuente. Los autores

➔ FUNCIONES UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO

Esta función permite crear un archivo de texto (txt) para su posterior edición dentro de la memoria SD.

```
//Funcion la cual permite escribir en la sd
void escribir_sd(char myFilename[], String datosregistroSD){
  myFile= SD.open(myFilename, FILE_WRITE);
  if(myFile)
  {
    myFile.println(datosregistroSD);
    //Serial.println("Escribiendo");
    solicitud=true;
    myFile.close();
  }else{
    Serial.println("No se puede escribir");
    solicitud=false;
  }
}
```

Figura 16. Función de escribir en el archivo txt.

Fuente. Los autores

Esta función permite eliminar los archivos de textos txt almacenado en la memoria SD.

```
//Funcion Eliminar archivo sd
void Eliminar_Registro_sd(char myFilename[]){
  if(SD.remove(myFilename)){
    //Serial.println("Archivo Eliminado");
  } else {
    //Serial.println("Archivo no Eliminado");
  }
}
```

Figura 17. Función Eliminar

Fuente. Los autores

En la función setup se declararon los pines a utilizar por el prototipo; además de añadir la inicialización de todos los módulos con lo que trabaja la placa ESP32 DEVKITC.

```

void setup() {
//Declaracion de pines para leds y sensor de movimiento
pinMode(cerradura,OUTPUT);//pin 2
pinMode(aprobado,OUTPUT);//pin 16
pinMode(reprobado,OUTPUT);//pin 17
pinMode(lamparas, OUTPUT); // Configurar Lamparas como salida o OUTPUT
pinMode(pir, INPUT); // Configurar pir como entrada o INPUT
//Inicializacion de comunicacion SPI e Inicializacion del RC522
SPI.begin();
rfid.PCD_Init();
//Monitor Serie
Serial.begin(115200);
//Inicializacion WIFI
WiFi.begin(ssid,password);
//Chapa electrica
digitalWrite(cerradura,HIGH);

//Inicializacion SD
if (!SD.begin(chipSelect)) {
    //Serial.println("Módulo SD no Inicializado");
}else{
    Serial.println("Módulo SD Inicializado");
}
//Inicializacion de los pines del LECTOR sd
pinMode(chipSelect,OUTPUT);
digitalWrite(chipSelect,HIGH);
//Inicializacion RTC
if (!rtc.begin()) {
    //Serial.println("Módulo RTC no Inicializado");
}else{
    //Serial.println("Módulo RTC Inicializado")
}
//Extrae la Hora y Fecha del Computador
rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
//Llamada a la MAC
mac=WiFi.macAddress();
}

```

Figura 18. Función Setup.

Fuente. Los autores

La línea `rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)))`; solo se debe ejecutar una sola vez al momento de cargar el código a la placa; luego es recomendable comentar la línea al momento de volver a subir el código en otra ocasión.

Dentro de la función Loop se creó un do while el cual se estará ejecutando mientras no se efectuó ninguna lectura de tag por medio del módulo RFID RC522.

```
void loop() {
do{
  uint8_t cardType = SD.cardType();
  ///sensor de movimiento
  pir_lectura = digitalRead(pir);
  if (pir_lectura == HIGH) {
    digitalWrite(lamparas, HIGH); //
  if (pir_estado == LOW) {
  //   Serial.println("Movimiento detectado");
    pir_estado = HIGH;
  }
  }
  else {
    digitalWrite(lamparas, LOW); //
  if (pir_estado == HIGH) {
  //   Serial.println("No hay movimiento");
  }
  pir_estado = LOW;
  }
}
```

Figura 19. Código del Sensor de Movimiento.

Fuente. Los autores

Se utilizó una condición para verificar la conexión a internet; dentro de esta se ubicaron las diferentes APIs utilizadas para el prototipo.

```
if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){
```

➔ APIS UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO

```
//Api estado del controlador ESP32 DEVKITC
http1.begin("http://192.168.1.19:81/api/ArduinDisponible");
http1.addHeader("Content-Type", "application/json");
http1.POST("{\"MacArduino\":\""+mac+"\"}");
RespuestaHttp1=http1.getString();
http1.end();
StaticJsonDocument <256> doc1;
DeserializationError err1= deserializeJson(doc1,RespuestaHttp1);
String RespuestaApi1=doc1["codigo"];
```

Figura 20. Api de verificación del ESP32 DEVKITC.

Fuente. Los autores

```

//Api estadoAula
if ((millis() - lastTime) > timerDelay) {
    http3.begin("http://192.168.1.19:81/api/EstadoAula");
    http3.addHeader("Content-Type", "application/json");
    http3.POST("{\"Mac\":\"" + mac + "\", \"EstadoAula\":\"" + pir_lectura + "\"}");
    http3.end();
    lastTime = millis();
}

```

Figura 21. Api estado del Aula Ocupada o Desocupada

Fuente. Los autores

3.4. REVISIÓN

Mediante la revisión se cumplió con el último objetivo de trabajo el cual fue “implementar el prototipo de automatización verificando el correcto funcionamiento a través de pruebas y corrección de errores”.

3.4.1. PRUEBAS EN FRÍO

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento del prototipo con respecto a la programación de cada módulo; con la ayuda del monitor serie del IDE de Arduino se pudo corroborar las lecturas tomadas a los distintos tags a una determinada distancia (Anexo 6). Como resultado se obtuvo que el tiempo de respuesta promedio de las lecturas de los tags es de 5 segundos a una distancia de 4 cm aproximadamente de lectura con su respectivo estado (Autorizado y no Autorizado). Además, se verificó el funcionamiento de las Apis. Cabe recalcar que se realizaron estas pruebas de funcionamiento de las Apis mediante una VPN para el consumo de las mismas, por lo que el tiempo de respuesta en un entorno real podría variar.

3.4.2. PRUEBAS EN CALIENTE

En esta última etapa se llevó a cabo la implementación del prototipo de sistema de automatización en los laboratorios 204 y 205 de la Carrera de Computación donde se evidencia en el (Anexo 7). Así mismo, se realizaron varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento del prototipo. Como resultado se obtuvo que el tiempo de respuesta promedio de las lecturas de los tags es de 3 segundos a una distancia de 4 cm aproximadamente de lectura con su respectivo estado (Autorizado y no Autorizado). Para llevar a cabo las pruebas con el

sistema multiplataforma se utilizó una laptop la cual funcionaba como servidor ya que en esta reposaba la base de datos del sistema y las respectivas Apis de comunicación con el prototipo. Cabe mencionar que se cumplió con lo requerido por la Unidad de Infraestructura; tal como se certifica en el (Anexo 8).

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el desarrollo del prototipo hardware de gestión de acceso y control de luminarias, los autores declaran las siguientes conclusiones:

- Mediante las entrevistas realizadas al encargado del UDIV de Infraestructura permitió a los autores conocer la necesidad que existía y posterior a ello obtener los requisitos, con la visita in situ se identificó las áreas para la implementación, realizando la toma de medidas métricas de las mismas. Esto permitió establecer la ubicación correcta del sensor de movimiento, además de identificar los componentes electrónicos para su posterior reutilización.
- Con la información obtenida en la revisión sistemática se realizó la arquitectura del prototipo de sistema de automatización para comunicarlo con el sistema multiplataforma, se diseñaron 2 diagramas de flujos tanto de la arquitectura como el funcionamiento; así mismo el diseño lógico el cual permitió tener una guía detallada a lo largo de la construcción e implementación del prototipo.
- Con base a la arquitectura y diseño lógico realizado se construyó el prototipo de sistema de automatización con las debidas conexiones de cada módulo a la placa programable, por medio del Arduino IDE se programó el funcionamiento lógico en base a los requisitos establecidos.
- En la implementación del prototipo de sistema de automatización se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento las cuales cumplían con los requisitos establecidos donde se observó su comportamiento en un entorno real comunicándose con el sistema multiplataforma, realizando las respectivas correcciones.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que:

- Es necesario que al iniciar cualquier investigación o proyecto se emplee información con relación al estudio de investigación o al problema, con esto se recomienda realizar encuestas, entrevistas, observaciones entre otras técnicas permitan obtener información que facilite la ejecución del proyecto.
- Antes de empezar a crear el diseño lógico se recomienda hacer una revisión sistemática de los tipos de arquitecturas de comunicación, además analizar la ficha técnica de cada componente a utilizar para determinar las condiciones de comunicación y operatividad de los mismos.
- En el proceso de ensamblaje es beneficioso realizar análisis electrónicos, que permitan verificar datos como la continuidad con esto realizar la correcta instalación de cualquier componente electrónico. Asimismo, al momento de programar los componentes electrónicos (módulos sensores o actuadores); es recomendable instalar librerías originales de los componentes electrónicos o las que recomiendan las hojas de datos.
- Se recomienda realizar las pruebas en entorno real para verificar el correcto funcionamiento y por ende analizar los datos generados por el prototipo. Asimismo, es recomendable realizar una correcta instalación para proteger los componentes que estén a salvo de manipulación que puedan obstruir su funcionamiento óptimo; además es recomendable utilizar una fuente de voltaje (UPS) con esto prevenir que los componentes no tiendan a quemarse cuando se genere un sobre voltaje de corriente eléctrica y disponer de buen servicio de internet para los módulos controladores ya que un mal servicio tiende a perder comunicación con el sistema donde se esté almacenando la información.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, L., Mendoza, B., Reyes, A., Tumbaco, A., & Villón, T. (2020). El IoT aplicado a la Domótica. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(1), 22. <https://doi.org/10.26423/rctu.v7i1.507>
- Arduino. (2019). Arduino - Software-IDE. Retrieved January 28, 2020, from <https://www.arduino.cc/en/main/software>
- Aziz, D. (2018). Webserver Based Smart Monitoring System Using ESP8266 Node MCU Module. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(6), 801.
- Cáceres, L., & Ossandón, A. (2018). Desarrollo de una aplicación móvil para reconocimiento de personas después de una catástrofe natural utilizando la tecnología NFC. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 31. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052018000500028&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v26s1/0718-3305-ingeniare-26-00028.pdf
- Cárdenas, O., Molina, J., Morocho, R., Novillo, J., & Moreno, G. (2017). Estudio entre las tecnologías WIFI – LIFI en la optimización del servicio de internet. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 2(8), 50. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss8.2017pp50-53>
- Ceja, J., Renteria, R., Ruelas, R., & Ochoa, G. (2017). Módulo ESP8266 y sus aplicaciones en el internet de las cosas. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 1(2), 25.
- COMPUTACIÓN-ESPAM. (2020). Carrera de Computación. Objetivos, misión, visión. Formato HTML. Disponible en: <http://espam.edu.ec/web/oferta/grado/computacion.aspx>
- ESPAM. (2012). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Manual del Sistema de Investigación Institucional (2nd ed.). Calceta - Manabí, EC.
- Electrónica, A. (2018). Módulo de lectura y escritura de tarjeta sd (Vol. 1). <http://www.agspecinfo.com/pdfs/O/OKY3001.PDF>
- Erazo, H. (2018). Desarrollo e Implementación de un Prototipo para la Obtención y Gestión de la Información de Parámetros Físicoquímicos del Agua Aplicado a Acuicultura para la Parroquia Yangana. [Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21554/1/ErazoGranda%2C%20Hugo%20Javier.pdf>
- Figuroa, C. (2017). UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Universidad de Guayaquil.

- Gallardo, E., & Villazón, A. (2018). Sistema De Monitoreo Energético Y Control Domótico Basado En Tecnología "Internet De Las Cosas." *Investigacion & Desarrollo*, 18(1), 110–111. <https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-8i>
- Góngora Herrera, R. A., Ruiz Rubiano, B. D., & Mosquera Palacios, D. J. (2017). Embedded system for staff access control using NFC and MIFARE technologies. *Sistemas y Telemática*, 15(40), 10. <https://doi.org/10.18046/syt.v15i40.2403>
- Gutiérrez, M., & Téllez, R. (2017). Sistema De Control De Acceso Basado En Tecnología Arduino Y Rfid. *Jóvenes En La Ciencia*, 3(1), 548. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articulo/view/934>
- Herranz, J. (2019). Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32. Universidad de Alcalá.
- Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 143. <https://doi.org/10.1109/ITECHA.2017.8101926>
- Morales, J., Cedeño, L., Párraga - Álava, J., & Molina, B. (2018). Methodological proposal for technological infrastructure projects in degree thesis. *Informacion Tecnologica*, 29(4), 250. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400249>
- Moreno, J., & Parra, N. (2019). Diseño e implementación de una solución IoT para el sistema de control de acceso en cicloparqueadero inteligente [Universidad Santo Tomás]. In Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19025>
- Muguerza, J., & Suárez, A. (2018). Diseño e implementación de un sistema de control de acceso y monitoreo de sensores para data center de la empresa Quifatez. S.A., utilizando hardware libre. Universidad politécnica salesiana.
- Naik, N. (2017). Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. *2017 IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE)*, 4. <https://doi.org/10.1109/SysEng.2017.8088251>
- López, F., & Rodríguez, S. (2017). Felipe López ,Stiven Rodríguez. Un diseño e implementación de un sistema inteligente para un edificio mediante iot utilizando el protocolo de comunicación lorawan (Vol. 4).
- Ortiz, M. (2020). Desarrollo de una Red de Sensores Inalámbricos Utilizando Tecnología LoRa para el Monitoreo de un Sistema.
- Patiño, D. (10 de septiembre de 2020). Historia de la Carrera de Computación. (J. Moreira, Entrevistador) Calceta, Manabí, Ecuador

- Patnaikuni, D. (2017). A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5), 2350. <http://www.ijarcs.info/index.php/ljarcs/article/view/3959>
- Pérez, K. (2019). Estudio y análisis del protocolo de mensajería avanzado en el internet de las cosas para aplicación en el campo de la domótica [Universidad católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13368>
- Pérez, J., & Barona, S. (2017). Diseño de una arquitectura IoT para el control domótico basado en Arduino.
- Pinargote-Ortega, J., Cruz-Felipe, M., Demera Ureta, G., Escobar-Moreira, R., & Medranda-Cobeña, G. (2019). RFID en el servicio bibliotecario de la UTM. *Revista Científica*, 3(36), 342. <https://doi.org/10.14483/23448350.15090>
- Plúa, E. (2017). Implementación de un circuito de iluminación inteligente mediante el control programable para la iglesia san Lorenzo de jipijapa. [Universidad estatal del sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2305>
- Quito, K., & Ruilova, J. (2017). Prototipo de telecontrol de una red inalámbrica de sensores para seguridad y acciones básicas del hogar, aplicado a personas con discapacidad motriz en extremidades inferiores, basado en tarjetas de desarrollo. Escuela superior politécnica de Chimborazo.
- Tinoco, C. (2020). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN IOT. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15069>
- Vega-Luna, J., Sánchez-Rangel, F., Salgado-Guzmán, G., & Lagos-Acosta, M. (2018). Sistema de acceso usando una tarjeta RFID y verificación de rostro. *Ingenius*, 20(20), 110. <https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.10>
- Vega, V. (2016). Diseño de una Red IP-RAN para el Transporte de Tráfico de Datos de una Red de Telefonía Celular de Cuarta Generación con Tecnología LTE para un Operador Móvil, en la Ciudad de Machala, Provincia de El Oro, Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Velasco, M. (2018). La tecnología RFID y el Hardware de bajo coste para el control de procesos: aplicación para el control de la jornada laboral. Universidad de Valladolid.
- Vera Romero, C., Barbosa Jaimes, J., & Pabón González, D. (2017). La Tecnología ZigBee estudio de las características de la capa física. *Scientia et Technica*, 22(3), 238–245. <https://doi.org/10.22517/23447214.9831>
- Villamarin, M., & Mejillon, F. (2017). Seguridad en tecnología rfid (radio frequency identification) y nfc (near field communication). Caso práctico: clonación de tarjetas de proximidad. Universidad de Guayaquil

ANEXOS

ANEXO 1

**Fotografías de la Observación in Situ Carrera de Computación
ESPAM MFL**

Fotografía 01 Observación Directa en las áreas de los laboratorios del UDIV.



Fotografía 02 Conversatorio para la selección de los laboratorios donde se implementará el prototipo hardware.



ANEXO 2

Entrevista dirigida al Mgs. Javier López Zambrano; persona encargada del Área del UDIV (Unidad de Docencia de Investigación y Vinculación) de la carrera de Computación de la ESPAM MFL.

Fotografía 01 Entrevista aplicada al encargado del UDIV.



ENTREVISTA DIRIGIDA A: Mgs: Javier López Zambrano; persona encargada del Área del UDIV (Unidad de Docencia de Investigación y Vinculación) de la carrera de Computación de la ESPAM MFL.

OBJETIVO DE LA ENTREVISTA: Recopilar información para los requerimientos necesarios para determinar el alcance del “SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE AULAS Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE COMPUTACION DE LA ESPAM MFL”.

1. ¿Cuál es el procedimiento actual por parte de los docentes para poder acceder a las aulas de clases?

Cada docente tiene acceso preconfigurado en las aulas que correspondan a sus asignaturas, en caso de no tener acceso a un aula, se solicita al personal correspondiente el acceso, y en cualquiera de los casos no se lleva un control o bitácora de acceso.

2. ¿El procedimiento actual les permite llevar un control de registro automatizado de quienes son los docentes que accedieron a las aulas de clases?

Se puede de cierta manera controlar el acceso (definido por una preconfiguración en el sistema de acceso), pero no se puede saber en qué momento acceden, quiénes acceden, cuánto tiempo, si el aula está o no asignada en un horario y denegar acceso a quien no le corresponda tenerlo.

3. ¿Existe algún sistema de gestión de acceso para el ingreso a las aulas de clases?

El sistema de acceso que se cuenta en la actualidad permite mediante la huella, un código o tarjeta magnética de proximidad, realizar el acceso siempre y cuando se haya precargado los datos del docente en la/las aulas correspondientes.

4. ¿Cuál es el estado actual del sistema de ingreso a las aulas de clases?

Es estado actual es parcialmente funcional, ya que, si el dispositivo está desactualizado con la base de datos de acceso, se debe recurrir al personal correspondiente para solicitar el ingreso.

5. ¿Como funciona el sistema en la actualidad?

Preconfigurando los datos de los docentes que deben tener acceso en cada uno de ellos.

6. ¿Cree usted que el actual sistema de ingreso a las aulas de clases cumple con las expectativas de la institución?

Desde el punto de vista de administración de las aulas con respecto al personal que accede, el sistema actual no cumple con las expectativas de la Carrera de Computación, ya que solo proporciona un mecanismo de validación de acceso.

7. ¿Qué se necesita mejorar del sistema actual?

A más del control de validación de acceso, requiere mejorar la administración propiamente desde un sistema integral y centralizado, que permita no tan solo llevar una bitácora de acceso, sino también un control de otros dispositivos electrónicos que conforman el ecosistema en cada una de las aulas del edificio de la Carrera de Computación.

8. ¿Cuál es el propósito de construir un prototipo de automatización de gestión en el acceso a sus aulas, luminarias, para el área de la UDIV?

La de tener un sistema integral y centralizado para la administración de las aulas.

9. ¿Qué problemas debe solucionar el prototipo a desarrollar?

Las limitaciones citadas en respuestas anteriores sobre el sistema actual.

10. ¿Qué espera del producto (prototipo)?

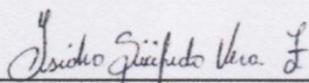
Que sea un sistema eficiente y eficaz desde el punto de vista de su funcionalidad y autonomía energética, accesible desde el punto de vista económico, pero sin desmejorar la calidad de los componentes que lo conformen.

11. ¿A quiénes beneficiará el prototipo de automatización?

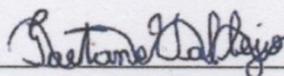
A los docentes y estudiantes, al personal administrativo en general, al igual que al Director de la Carrera que requiere de información gerencial para la toma de decisiones en función de la administración de las Aulas.

12. ¿Quiénes tendrán acceso a manipular el prototipo?

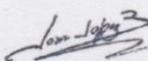
Una vez que la tesis culmine, el prototipo será un producto de la Carrera de Computación, quien por medio de su Director designará responsables para el manejo y puesta en producción del prototipo, en primera instancia la UDIV de Infraestructuras sería la encargada de esta responsabilidad.



Isidro S. Vera Zambrano
Postulante

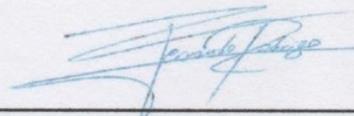


Mario G. Vallejo Reinoso
Postulante



Firmado digitalmente por
JAVIER
HERNAN
LOPEZ
ZAMBRANO

Mgs. Javier López Zambrano
Encargado del UDIV

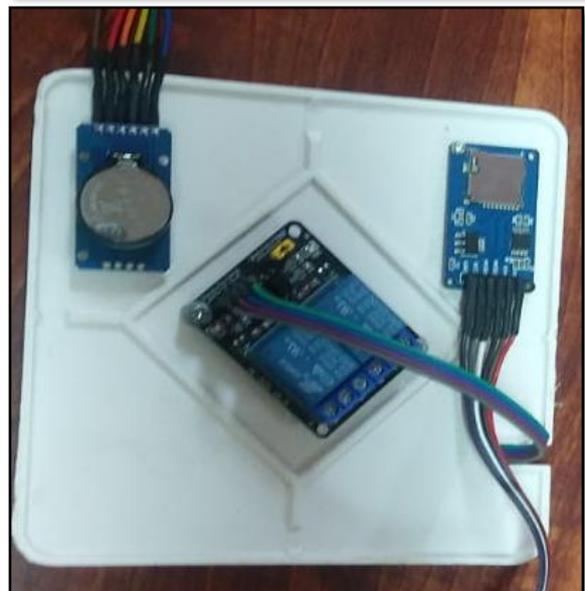


Mgs. Fernando Moreira Moreira
Tutor

Anexo 3

Fotografía de la Adquisición de los Componentes

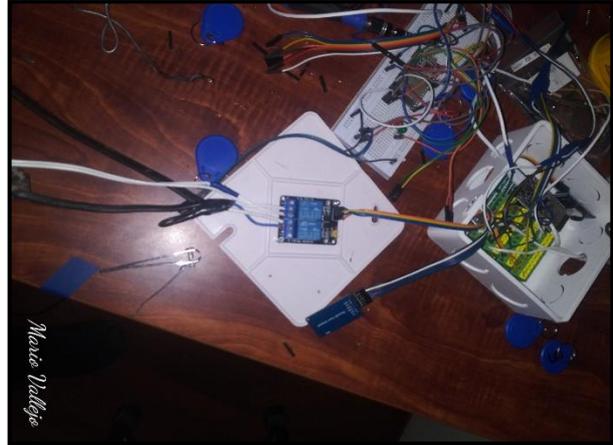
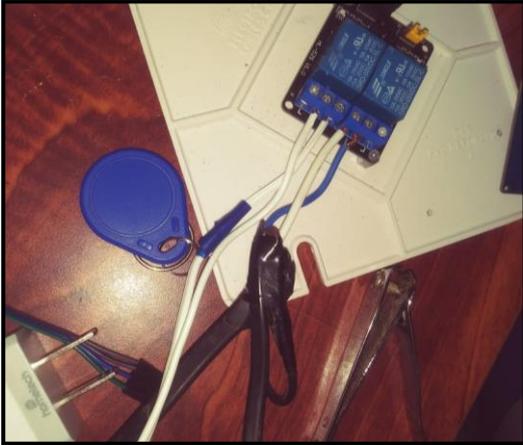
Fotografía 01 Adquisición de los componentes.



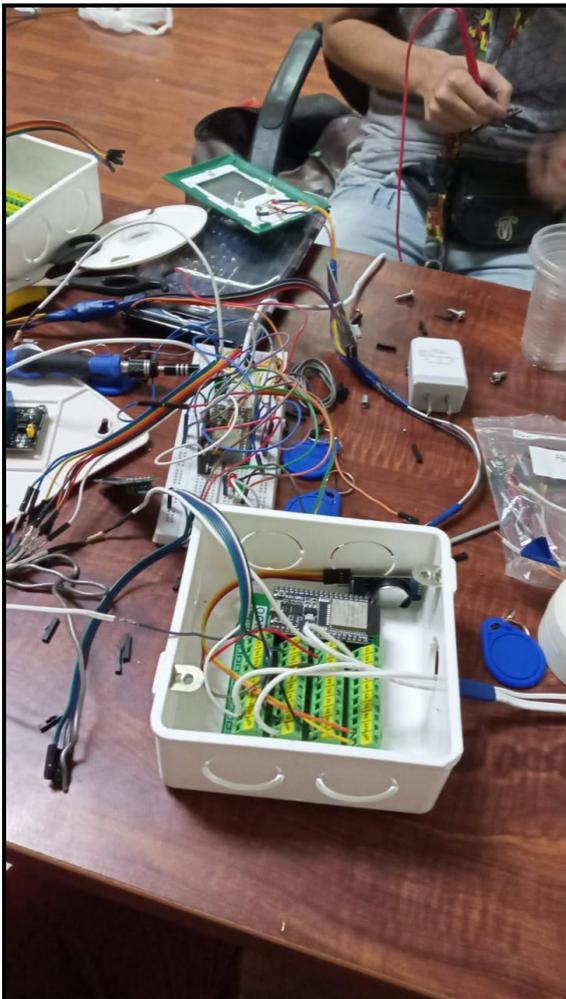
Anexo 4

Fotografía de la construcción e integración de los componentes para el prototipo.

Fotografía 01 Construcción e integración de los componentes.



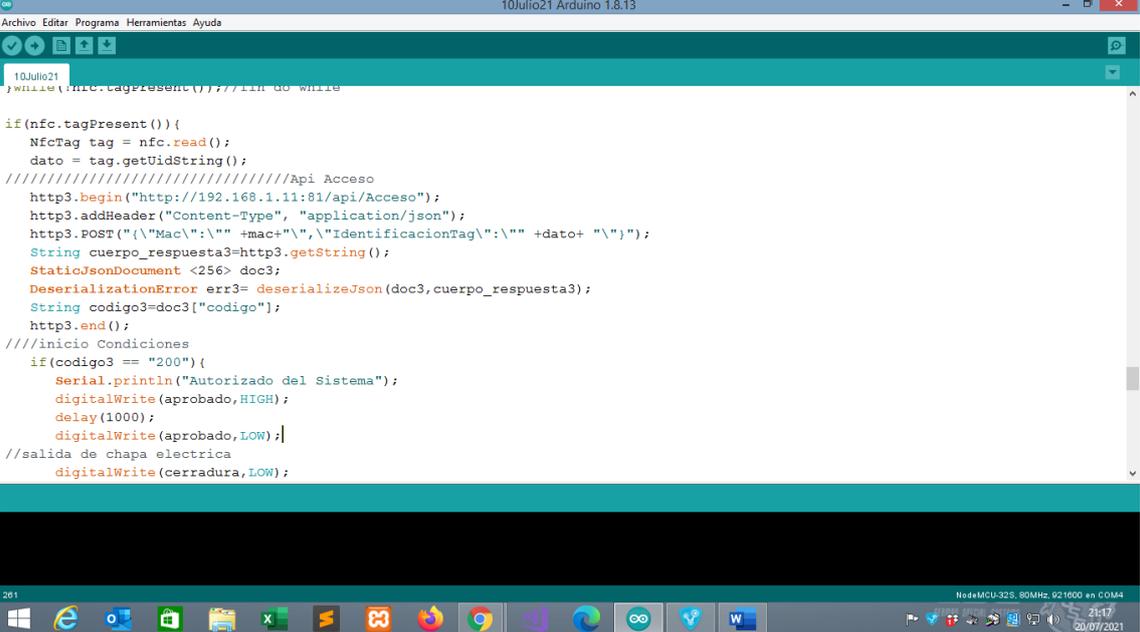
Fotografía 02 Construcción del prototipo.



Anexo 5

Fotografía de la programación de cada uno de los componentes de prototipo y verificación de Api.

Fotografía 01 Programación del prototipo.



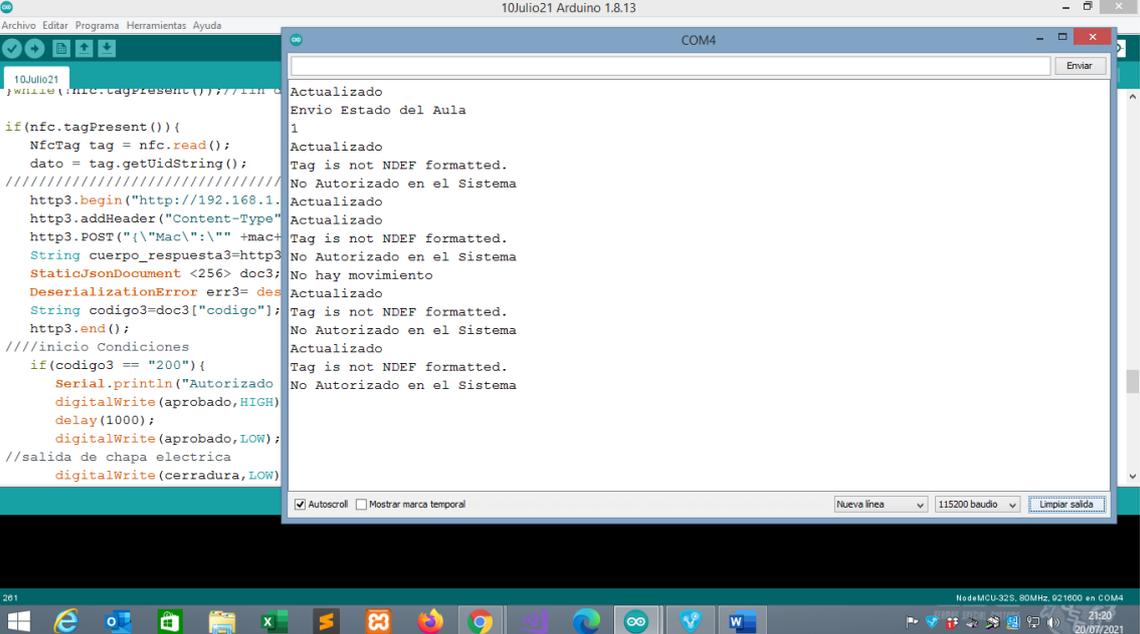
```

10Julio21
} while (!nfc.tagPresent()); // Fin de while

if (nfc.tagPresent()) {
  NfcTag tag = nfc.read();
  dato = tag.getUidString();
  ////////////////////////////////////Api Acceso
  http3.begin("http://192.168.1.11:81/api/Acceso");
  http3.addHeader("Content-Type", "application/json");
  http3.POST("{\"Mac\":\"" + mac + "\", \"IdentificacionTag\": \"" + dato + "\"}");
  String cuerpo_respuesta3 = http3.getString();
  StaticJsonDocument <256> doc3;
  DeserializationError err3 = deserializeJson(doc3, cuerpo_respuesta3);
  String codigo3 = doc3["codigo"];
  http3.end();
  ////////////////////////////////////Inicio Condiciones
  if (codigo3 == "200") {
    Serial.println("Autorizado del Sistema");
    digitalWrite(aprobado, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(aprobado, LOW);
  }
  //salida de chapa electrica
  digitalWrite(cerradura, LOW);
}

```

Fotografía 02 Prueba de la programación realizada.



```

10Julio21
} while (!nfc.tagPresent()); // Fin de while

if (nfc.tagPresent()) {
  NfcTag tag = nfc.read();
  dato = tag.getUidString();
  ////////////////////////////////////Api Acceso
  http3.begin("http://192.168.1.11:81/api/Acceso");
  http3.addHeader("Content-Type", "application/json");
  http3.POST("{\"Mac\":\"" + mac + "\", \"IdentificacionTag\": \"" + dato + "\"}");
  String cuerpo_respuesta3 = http3.getString();
  StaticJsonDocument <256> doc3;
  DeserializationError err3 = deserializeJson(doc3, cuerpo_respuesta3);
  String codigo3 = doc3["codigo"];
  http3.end();
  ////////////////////////////////////Inicio Condiciones
  if (codigo3 == "200") {
    Serial.println("Autorizado del Sistema");
    digitalWrite(aprobado, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(aprobado, LOW);
  }
  //salida de chapa electrica
  digitalWrite(cerradura, LOW);
}

```

Actualizado
Envio Estado del Aula
1
Actualizado
Tag is not NDEF formatted.
No Autorizado en el Sistema
Actualizado
Actualizado
Tag is not NDEF formatted.
No Autorizado en el Sistema
No Autorizado en el Sistema
No hay movimiento
Actualizado
Tag is not NDEF formatted.
No Autorizado en el Sistema
Actualizado
Tag is not NDEF formatted.
No Autorizado en el Sistema

Fotografía 03 Prueba de Api Realizada.

http://192.168.1.13:82/api/AbrirAula

POST http://192.168.1.13:82/api/AbrirAula

Params Auth Headers (8) **Body** Pre-req. Tests Setti

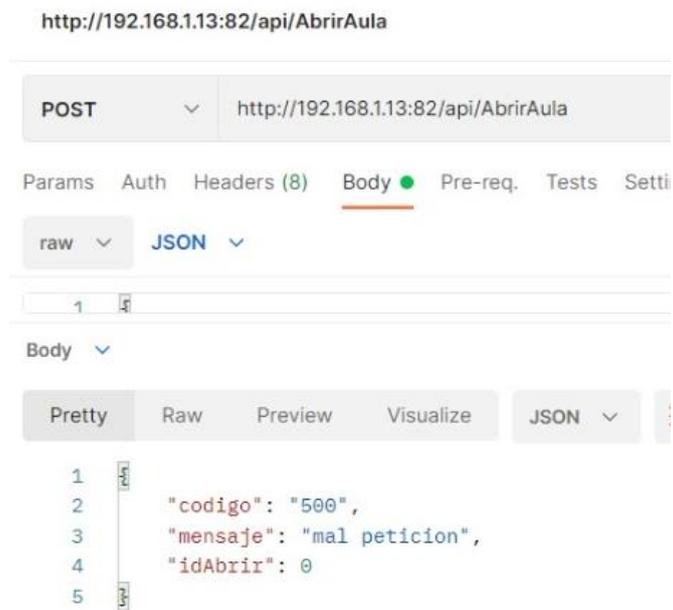
raw JSON

1

Body

Pretty Raw Preview Visualize JSON

```
1
2   "codigo": "500",
3   "mensaje": "mal peticion",
4   "idAbrir": 0
5
```



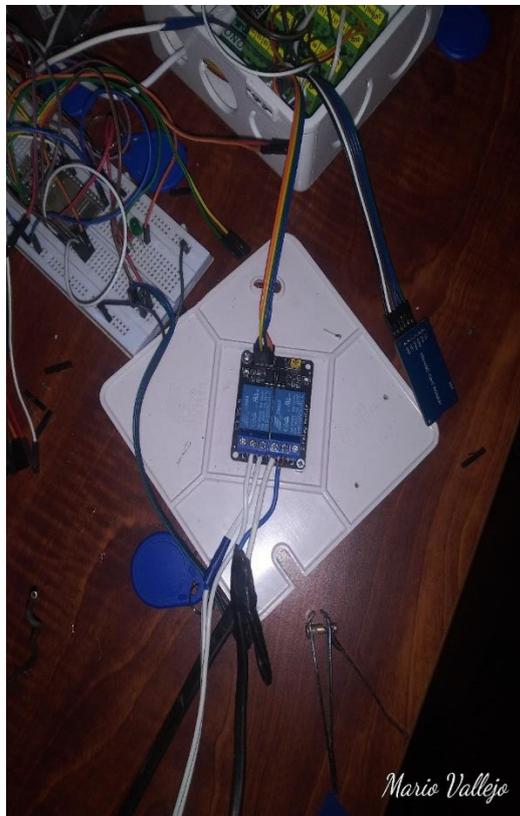
Anexo 6
Pruebas en Frio

PRUEBAS EN FRIO					
N°	Tiempo de Repuesta (seg)	Identificación	Alcance de Lectura (cm)	Estado	Repuesta Api
1	9	B6 91 46 F9	3	Autorizado	ok
2	4	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
3	3	B6 91 46 F9	5	Autorizado	ok
4	4	B6 91 46 F9	5	Autorizado	ok
5	4	A6 32 64 F8	4	Autorizado	ok
6	5	A6 32 64 F8	3	Autorizado	ok
7	5	D9 8B 17 10	2	No Autorizado	ok
8	8	D9 8B 17 10	8	No Autorizado	ok
9	5	A6 32 64 F8	7	Autorizado	ok
10	4	D9 8B 17 10	9	No Autorizado	ok
11	4	A6 32 64 F8	2	Autorizado	ok
12	4	A6 32 64 F8	2	Autorizado	ok
13	4	D9 8B 17 10	3	No Autorizado	ok
14	4	D9 8B 17 10	4	No Autorizado	ok
15	6	A6 32 64 F8	5	Autorizado	ok
16	5	A6 32 64 F8	2	Autorizado	ok
17	8	D9 8B 17 10	3	No Autorizado	ok
18	4	B6 91 46 F9	2	Autorizado	ok
19	4	B6 91 46 F9	5	Autorizado	ok
20	4	D9 8B 17 10	4	No Autorizado	ok
21	5	D9 8B 17 10	2	No Autorizado	ok
22	5	A6 32 64 F8	5	Autorizado	ok
23	5	A6 32 64 F8	2	Autorizado	ok

Anexo 7

Pruebas en Caliente – Instalación del prototipo

Fotografía 01 Instalación de cables de corrientes y caja contenedora del controlador del prototipo



Fotografía 02 Evidencias de la implementación del prototipo.



PRUEBAS EN CALIENTE					
N°	Tiempo de Repuesta (seg)	Identificación	Alcance de Lectura (cm)	Estado	Repuesta Api
1	4	46 3C 48 F9	4	No Autorizado	ok
2	2	6B 2B 3A 09	4	No Autorizado	ok
3	3	B6 91 46 F9	5	Autorizado	ok
4	5	93 F8 18 16	4	No Autorizado	ok
5	3	A6 32 64 F8	4	No Autorizado	ok
6	3	6B 2B 3A 09	5	No Autorizado	ok
7	3	46 3C 48 F9	4	No Autorizado	ok
8	4	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
9	4	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
10	2	B6 91 46 F9	3	Autorizado	ok
11	4	93 F8 18 16	3	No Autorizado	ok
12	4	A6 32 64 F8	5	No Autorizado	ok
13	4	6B 2B 3A 09	5	No Autorizado	ok
14	2	46 3C 48 F9	4	No Autorizado	ok
15	4	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
16	3	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
17	3	A6 32 64 F8	4	No Autorizado	ok
18	3	93 F8 18 16	3	No Autorizado	ok
19	2	B6 91 46 F9	3	Autorizado	ok
20	3	6B 2B 3A 09	3	No Autorizado	ok
21	3	46 3C 48 F9	4	No Autorizado	ok
22	4	A6 32 64 F8	4	No Autorizado	ok
23	3	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
24	3	B6 91 46 F9	4	Autorizado	ok
25	3	46 3C 48 F9	4	No Autorizado	ok
26	3	6B 2B 3A 09	3	No Autorizado	ok

Anexo 8
Certificado de Cumplimiento



Carrera de
COMPUTACIÓN

Calceta, 25 de agosto de 2021

Ingeniero
Joffre Moreira Pico, MGS.
Director Carrera de Computación - ESPAM MFL
En su despacho. -

Asunto: CARTA AVAL

En mi calidad de encargado de la UDIV de Infraestructuras, comunico que una vez verificada la instalación y funcionamiento de los equipos de la tesis titulada: "**SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE AULAS Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN DE LA ESPAM MFL**", doy constancia de la entera satisfacción al cumplimiento de los requerimientos técnicos solicitados por esta unidad, por tal motivo cumpla con el proceso de la emisión del aval correspondiente a los estudiantes: **ISIDRO SICIFREDO VERA ZAMBRANO** y **MARIO GAETANO VALLEJO REINOSO**, destacando sus excelentes competencias y colaboración en el desarrollo de este proyecto de sistematización de experiencia.

Para los fines legales pertinentes, me suscribo a usted.

Atentamente,

Firmado digitalmente
por JAVIER HERNAN
LOPEZ ZAMBRANO

Mgtr. Javier Hernán López Zambrano
Encargado de la UDIV de Infraestructuras
Carrera de Computación
ESPAM MFL
Correo: jlopez@espam.edu.ec