PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE SANTO DOMINGO

Coordinación de Tecnologías de la Información y Diseño

SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación

Línea de investigación: Tecnologías de la información y la comunicación

Autoría:

Enrique Javier Olmedo Miranda

Dirección:

Willian Javier Ocampo Pazos, Mg.

Santo Domingo – Ecuador
Abril, 2023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE SANTO DOMINGO

Coordinación de Tecnologías de la Información y Diseño

HOJA DE APROBACIÓN

SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO

Línea de investigación: Tecnologías de la información y la comunicación

Autoría:

Enrique Javier Olmedo Miranda

Revisado por:

Ocampo Pazos Willian Javier, Mg. _____
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Orozco Iguasnia Fausto Ernesto, Mg. _____
CALIFICADOR

Carrasco Ramírez Franklin Andres, Mg. _____
CALIFICADOR

Carrasco Ramírez Franklin Andres, Mg. _____
COORDINADOR DE LA CARRERA DE GRADO

Santo Domingo – Ecuador
Abril, 2023

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Enrique Javier Olmedo Miranda, portador de la cédula de ciudadanía 171728767-4, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del Grado de Ingeniero de Sistemas y Computación son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica. Igualmente, declaro que todo resultado académico que se desprenda de esta investigación y que se difunda tendrá como filiación la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Santo Domingo, reconociendo en las autorías al director del Trabajo de Titulación y demás profesores que amerita.

Además, declaro que el presente trabajo, producto de las actividades académicas y de investigación, forma parte del capital intelectual de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo, de acuerdo con lo establecido en el artículo 16, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior.

En tal razón, autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo, para que pueda hacer uso, con fines netamente académicos, del Trabajo de Titulación, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, siendo el presente documento la constancia del consentimiento autorizado; y, para que sea ingresado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su conocimiento público, en cumplimiento del artículo 103 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Enrique Javier Olmedo Miranda
CI. 171728767-4

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN ESCRITO DE GRADO

PhD, Yullio Cano

Dirección de Investigación y Postgrados

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Santo Domingo

De mi consideración,

Por medio del presente informe en calidad de director del Trabajo de Titulación del Grado de Ingenieria de Sistemas y Computación titulado: SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO, realizado por el estudiante Enrique Javier Olmedo Miranda, portador de la cédula de ciudadanía 171728767-4, previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación, informo que el presente Trabajo de Titulación escrito se encuentra finalizado conforme a la guía y al formato de la Sede vigente.

Además, certifico haber verificado la originalidad y autenticidad del trabajo de titulación por medio del programa anti plagio Turnitin, en respuesta a la normativa institucional vigente.

Santo Domingo, 01/04/2023.

Atentamente,

Mg. Willian Javier Ocampo Pazos

Profesor Titular Auxiliar I

RESUMEN

Internet de las Cosas es un paradigma de la tecnología donde objetos comunes se pueden convertir en dispositivos tecnológicos, adquiriendo la capacidad de comunicarse en red. Esto podría ayudar con el aumento a la productividad de las empresas locales, nacionales y del mundo entero. En este escenario en Campuesa S.A, empresa del cantón Santo Domingo, se ha identificado inconvenientes en el control de iluminación, que van desde la interrupción del flujo de trabajo, hasta la intensidad de la luz que afecta al personal. Para proponer la solución se empleó un enfoque cuantitativo y cualitativo con diseño preexperimental, y la aplicación de los instrumentos para recoger la información necesaria, que fueron la entrevista a gerencia y una encuesta dirigida a los miembros del personal. Una vez obtenida la información, se construyó un diagrama del proceso de la gestión de iluminación en la empresa, el cual sirvió de referencia al desarrollo de un sistema *IoT* para el control de iluminación, el cual emplea un microcontrolador esp8266 como servidor, junto con las librerías *React* y *Material-UI* para el desarrollo del *frontend*. Se finalizó con la validación de la hipótesis con el análisis estadístico de chi cuadrado.

Palabras clave: Tecnología, Red Informática, Internet, Aplicación Informática.

ABSTRACT

The Internet of Things is a technology paradigm where common objects can become technological devices, acquiring the ability to communicate in a network. This could help increase the productivity of local, national and worldwide companies. In this scenario, Campuesa S.A., a company in the canton of Santo Domingo, has identified problems in lighting control, ranging from interruption of workflow, to the intensity of light that affects the staff. In order to propose the solution, a quantitative and qualitative approach was used with a pre-experimental design, and the application of the instruments to collect the necessary information, which were the management interview and a survey directed to the staff members. Once the information was obtained, a diagram of the lighting management process in the company was built, which served as a reference for the development of an IoT system for lighting control, which uses an esp8266 microcontroller as a server, along with the React and Material-UI libraries for the development of the frontend. The validation of the hypothesis was concluded with the statistical analysis of chi-square.

Keywords: Technology, Computer Network, Internet, Application Software.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1. Antecedentes 13

1.2. Delimitación del problema 15

1.3. Preguntas de investigación 16

1.4. Justificación 16

1.5. Objetivos de investigación 17

1.5.1. Objetivo General 17

1.5.2. Objetivos específicos 17

2. REVISIÓN LITERARIA 18

2.1. Fundamentos teóricos 18

2.1.1. Internet de las cosas (IoT) 19

2.1.1.1. Redes Informáticas 19

2.1.1.1.1. Protocolos de Comunicación 20

2.1.1.1.2. Redes Inalámbricas 21

2.1.1.2. Hardware de Control 21

2.1.1.2.1. Microcontroladores 22

2.1.1.2.2. Dispositivos Inteligentes 23

2.1.1.3. Software de Aplicación 23

2.1.1.3.1. Aplicación Móvil 24

2.1.1.3.2. Ampliación Web Progresiva 25

2.1.2. Control de Iluminación 25

2.1.2.1. Modos de Control 26

2.1.2.1.1. Control Manual 26

2.1.2.1.2. Control Automático 27

2.1.2.2. Funciones de iluminación 27

2.1.2.2.1. Interrupción 28

2.1.2.2.2. Atenuación 28

2.1.2.2.1. Temporización 29

2.1.2.3. Consumo eléctrico 30

2.1.2.3.1. Medición eléctrica 30

2.1.2.3.2. Ahorro de energía eléctrica 30
2.2. Predicción científica 31
3. METODOLOGÍA 32
3.1. Enfoque y tipo de investigación 32
3.2. Unidades de análisis 32
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación 33
3.4. Técnica de análisis de datos 33
3.5. Operacionalización de las variables 33
4. RESULTADOS 36
4.1. Primer resultado: Identificación del proceso del control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. 36
4.1.1. Entrevista dirigida a Gerencia 36
4.1.2. Análisis e interpretación de la entrevista 38
4.1.3. Encuesta dirigida al personal 39
4.1.4. Análisis e interpretación de la encuesta 40
4.1.5. Diagrama gestión de iluminación en la empresa Campuesa S.A. 40
4.2. Segundo resultado: Selección de las tecnologías para la creación del prototipo 41
4.2.1. Selección de Microcontrolador: atmega328 vs esp8266 41
4.2.1. Selección de protocolo de comunicación: Websockets vs MQTT 42
4.2.2. Selección de framework de JavaScript: React vs Vue 43
4.2.3. Selección librería de CSS: Material-UI vs Bootstrap 43
4.3. Tercer resultado: Desarrollo del sistema IoT 44
4.3.1. Marco de trabajo Scrum 44
4.3.2. Sprint I 44
4.3.2.1. Planificación del sprint I 44
4.3.2.2. Roles 44
4.3.2.3. Product Backlog 45
4.3.2.4. Velocidad de desarrollo y estimación 45
4.3.2.5. Historias de usuario 46

4.3.2.6. Gestión de tareas de ingeniería 46
4.3.2.7. Sprint Backlog I 46
4.3.2.8. Historia de usuario 1: Conexión de red 47
4.3.2.9. Historia de usuario 2: Autenticación de usuario 50
4.3.2.10. Historia de usuario 3: Interruptores digitales 52
4.3.2.1. Gráfica de trabajo pendiente de Sprint I 54
4.3.3. Sprint II 54
4.3.3.1. Planificación del sprint II 54
4.3.3.2. Historia de usuario 4: Atenuación de Luz 55
4.3.3.3. Historia de usuario 5: Apagado Temporizado 57
4.3.3.4. Historia de usuario 6: Encendido Programado 59
4.3.3.1. Gráfica de trabajo pendiente de Sprint II 61
4.4. Validación de la propuesta 61
4.4.1. Resultados de las encuestas 62
4.5. Validación de la hipótesis 70
5. DISCUSIÓN 72
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
6.1. Conclusiones 74
6.2. Recomendaciones 75
7. REFERENCIAS 76
8. ANEXOS 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Revisión de literatura de la variable independiente ‘Internet de las Cosas’ 18
Figura 2. Revisión de literatura de la variable dependiente ‘Control de Luces’ 18
Figura 3. Proceso de control de luces en Campuesa S.A 40
Figura 4. Tablero Trello 46
Figura 5. nodeMCU en protoboard con relé 47
Figura 6. Inicialización del servidor como punto de acceso 48
Figura 7. Requerimiento del verbo POST del protocolo HTTP 48
Figura 8. Implementación de websockets 49
Figura 9. Implementación de JSON 49
Figura 10. Led encendido en protoboard 50
Figura 11. JSON para la creación de usuarios 50
Figura 12. Estructura de validación de JWT 51
Figura 13. Definición JSON usuario administrador. 51
Figura 14. Pantalla de control de usuarios 52
Figura 15. Variables de estado de las luces 52
Figura 16. Función de actualización 53
Figura 17. Interface del controlador de websocket 53
Figura 18. Interface del controlador de websocket 54
Figura 19. Variables de atenuación 55
Figura 20. Función de cambio de estado 56
Figura 21. Punto de comunicación de atenuación 56
Figura 22. Pantalla de controles de iluminación con atenuación 57
Figura 23. Variables de apagado temporizado 58
Figura 24. Función de apagado temporizado 58
Figura 25. Punto de comunicación de atenuación 59
Figura 26. Opción para el apagado temporizado 59

Figura 27. nodeMCU en protoboard con relé 60
Figura 28. nodeMCU en protoboard con relé 60
Figura 29. nodeMCU en protoboard con relé 61
Figura 30. Gráfico de trabajo pendiente del sprint. 61
Figura 31. Gráfico de barras pregunta 1..... 62
Figura 32. Gráfico de barras pregunta 2..... 63
Figura 33. Gráfico de barras pregunta 3..... 64
Figura 34. Gráfico de barras pregunta 4..... 65
Figura 35. Gráfico de barras pregunta 5..... 66
Figura 36. Gráfico de barras pregunta 6..... 67
Figura 37. Gráfico de barras pregunta 7..... 68
Figura 38. Gráfico de barras pregunta 8..... 69
Figura 39. Recodificación en el software SPSS 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente 34

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente 35

Tabla 3. Expertos en validación de los instrumentos de recolección de información 36

Tabla 4. Pretest 39

Tabla 5. Calificaciones de criterios 41

Tabla 6. Selección de Microcontrolador 42

Tabla 7. Selección de Protocolo 42

Tabla 8. Selección de framework de JavaScript 43

Tabla 9. Selección de framework CSS 44

Tabla 10. Roles Scrum 45

Tabla 11. Product Backlog 45

Tabla 12. Estimación de desarrollo 45

Tabla 13. Sprint Backlog I 47

Tabla 14. Sprint Backlog 2 55

Tabla 15. Escenarios de recodificación 70

Tabla 16. Análisis cruzado de los indicadores en función de la aplicación 71

1. INTRODUCCIÓN

En el escenario de la modernidad, la mayor parte de la interacción humana se da a través de internet, mediante dispositivos informáticos como computadoras y teléfonos inteligentes. El uso de la tecnología se tornó en el aspecto más importante para el desarrollo de la sociedad, que se encuentra en la constante búsqueda de implementar más herramientas tecnológicas que permitan la mejora de cualquier aspecto cotidiano, proceso o servicio. En consecuencia, surge la idea de *IoT*, “el internet de las cosas”, donde objetos comunes se convierten en dispositivos que interactúan con otros equipos en red, intercambiando datos con distintos propósitos como información de estado y comandos.

Entidades de regulación y líderes en redes informáticas y telecomunicaciones como Cisco Networking Academy Netacad (2019), estiman que habrá 26 mil millones de personas conectadas a internet en la década del 2020 en todo el mundo. Además, en la información proporcionada por el INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos (2019), el porcentaje de usuarios de teléfonos inteligentes en Ecuador, alcanza al 59% de la población nacional. El creciente interés por los dispositivos conectados a internet, ha abierto un mundo de posibilidades para mejorar la manera en cómo se desenvuelve la sociedad.

1.1. Antecedentes

Para el desarrollo de este trabajo de grado, fueron exploradas múltiples fuentes de información relacionadas con el tema de interés. El proceso de recopilación de estos antecedentes, implicó una revisión en diversas fuentes académicas, como revistas y artículos científicos en bases de datos en línea, para conseguir información relevante relacionada con el tema de interés. Estas fuentes de información proporcionaron una visión más amplia del estado actual de la tecnología, las mejores prácticas y las tendencias relacionadas con el campo de estudio. Entre los trabajos explorados, se encuentra como foco principal el desarrollo de sistemas afines y la investigación sobre los mismos.

La autora Namirimu (2016), realizó un trabajo de investigación para identificar los desafíos que enfrentan los usuarios en comprender *IoT*, y monitorear el cambio ocurrido a través de la autoadaptación. En este estudio, el cuestionario fue la herramienta para la recopilación de la información buscada. Los usuarios fueron seleccionados con el fin de interactuar con un sistema *IoT*, para posteriormente presentarles un cuestionario que profundice su experiencia. El autor dedujo que faltaban requisitos para la familiarización con el sistema, y los usuarios sugirieron que una guía paso a paso más simple, habría mejorado mucho su experiencia con *IoT.*

De igual forma, los autores Mähler & Holmström-Westergren (2018), estudiaron la implementación y el uso de *IoT* desde la perspectiva de los interesados de una empresa. Se captó la comprensión general de las personas involucradas, acerca de los sistemas *IoT* dentro de las organizaciones y en el lugar de trabajo. Como resultado se pudo identificar el interés por parte de los usuarios, evidenciándose mejoras respecto de la productividad, el monitoreo del desempeño y la atención al cliente.

Por otro lado, los autores Hu et al (2018), propusieron una arquitectura *microIoT* para la atenuación de luces *LED* en hogares inteligentes. La solución que fue propuesta para este trabajo, integra plataformas *open source* colaborativas, además presenta una serie de especificaciones de *hardware* para dispositivos de control de iluminación *LED*. Los resultados demostraron que su diseño puede lograr un bajo consumo de energía, usando servicios de control de iluminación de forma remota.

Así mismo, los autores Vikram et al (2017), proponen en su trabajo, un método para desarrollar sistemas económicos de bajo consumo, que hagan uso de redes inalámbricas. Crearon su propia arquitectura de sistema, que consiste en una red de sensores coordinadas por un nodo central, y son monitoreados mediante una aplicación móvil. Como resultado, fueron capaces de crear un sistema con un costo menor a 100 dólares, el cual controla el nivel del agua, humedad y temperatura dentro del hogar.

Por último, los autores Taştana & Gökozanb (2018), desarrollaron un sistema para controlar las luces y el aire acondicionado de un hogar, utilizando microcontroladores. Mediante la integración de una plataforma en línea de coordinación de *IoT*, fueron capaces de recopilar información de sensores y enviar comandos hacia los microcontroladores conectados con el servidor remoto, a través del *router* del hogar. El resultado obtenido fue un sistema capaz de controlar las luces y el aire acondicionado desde la nube.

1.2. Delimitación del problema

El mundo entero está en búsqueda de aumentar el ahorro y mejorar la eficiencia energética, para esto se han desarrollado varios esquemas de control de iluminación. El autor Saavedra (2017), expresa que el control manual podría ser la mejor forma para conseguir ahorrar energía. Sin embargo, muchas personas tienden a olvidar las luces encendidas en sus residencias u oficinas, quedando así por varias horas, provocando el gasto innecesario de energía y el aumento de las facturas de electricidad. Además, el control manual de la iluminación también puede resultar incómodo, sobre todo en espacios grandes como oficinas o fábricas, donde hay múltiples controles de iluminación, que pueden estar mal conectados o sin etiquetas.

De la misma forma, en América Latina se han registrado problemas y quejas similares en relación con el control manual de la iluminación. Saavedra (2017) explica que, con el aumento del coste de la electricidad, a mucha gente le preocupa el despilfarro que supone el control manual de la iluminación, sobre todo en zonas donde la electricidad es cara. Además, el control manual de la iluminación también puede ser problemático en ciertos espacios, donde la iluminación es esencial para la seguridad. En estos casos, el control manual de la iluminación puede ser poco fiable, dando lugar a puntos oscuros o zonas con iluminación inadecuada, lo que puede crear situaciones de peligro. Por ello, muchas personas están recurriendo a sistemas de iluminación automatizados.

Por otra parte, en la empresa Campuesa S.A., se busca optimizar y modernizar los ambientes laborales, para proporcionar mejoras a la productividad del personal. El control de la iluminación en las instalaciones, es uno de los aspectos más importantes con margen de mejora, pues aún muchas instituciones siguen utilizando controles manuales, que traen con sigo desventajas como: se interrumpe el flujo de trabajo al requerir encender la iluminación en la oficina, gasto de energía al olvidar las luces encendidas y la sobreintensidad de la luz causa afecciones en la vista. Estos inconvenientes perjudican a la eficiencia laboral, el bienestar del personal, y a la economía de la empresa.

1.3. Preguntas de investigación

Los elementos anteriores condujeron a formular el problema de investigación: ¿Cómo optimizar el control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo? Este problema se sistematiza a través de tres preguntas específicas:

- ¿Cómo se gestiona las fuentes de iluminación en la empresa?
- ¿Cuáles son las tecnologías aplicables para el control remoto de la iluminación?
- ¿Qué tipo de sistema es apropiado para el control de iluminación de forma remota?

1.4. Justificación

En la constitución de la república del Ecuador (2008), se reconoce dentro del inciso 3, artículo 385, a la innovación junto a las ciencias de la tecnología y la información como factores clave para el desarrollo económico y social. Este trabajo de grado, se alinea con el mandato constitucional al proponer una solución práctica que aprovecha los avances de las tecnologías modernas. Mediante la integración progresiva de elementos tecnológicos, se espera conseguir un mejor desenvolvimiento de las actividades empresariales, respecto al uso de las fuentes de iluminación, promoviendo de esta manera mejorar la productividad en la empresa.

También, en el objetivo 9.b del “Plan de Creación de Oportunidades” de la Secretaría Nacional de Planificación (2021), se establece la importancia de la tecnología y la innovación para los objetivos de desarrollo sostenible. Este punto resalta la necesidad de promover la investigación y el desarrollo, para fomentar la diversificación económica. Apoyando el desarrollo de tecnologías abiertas, es posible reducir la dependencia de tecnologías privativas y aprovechar mejor los recursos económicos

1.5. Objetivos de investigación

1.5.1. Objetivo General

Implementar un prototipo de un sistema *IoT* para el control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar el proceso del control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. para realizar una propuesta de intervención.
- Seleccionar las tecnologías aplicables para la creación de un prototipo de sistema IoT.
- Desarrollar un prototipo de sistema IoT para de control de iluminación.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Fundamentos teóricos

En este apartado se presenta la revisión literaria, donde se detallan los principales tópicos empleados para el desarrollo del presente trabajo. Los elementos de los epígrafes y subepígrafes que se exponen dentro de la figura 1, corresponden a la variable independiente ‘Internet de las Cosas’, y en la figura 2, los correspondientes a la variable dependiente ‘Control de Iluminación’.

Figura 1. Revisión de literatura de la variable independiente ‘Internet de las Cosas’

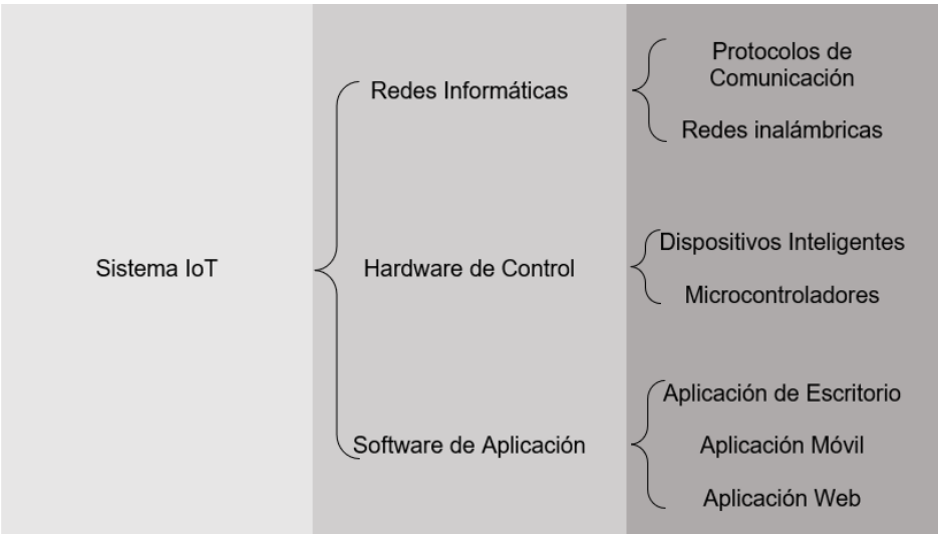
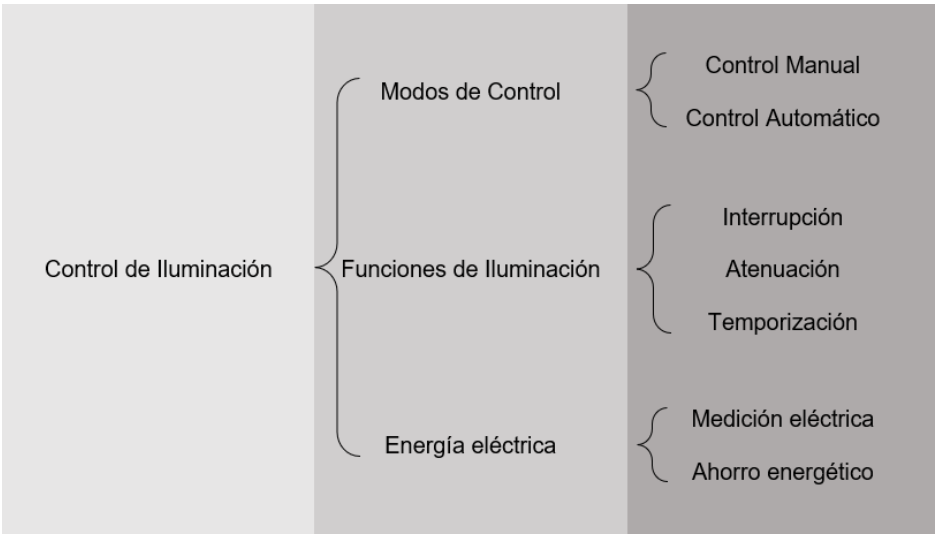


Figura 2. Revisión de literatura de la variable dependiente ‘Control de Luces’



2.1.1. Internet de las cosas (IoT)

Internet de las cosas, abreviado en inglés como *IoT*, es un campo tecnológico en rápido crecimiento, donde propone la integración de objetos cotidianos con la comunicación a través de redes e internet. Indican Flores & Cossio (2021), que la integración de dispositivos físicos en red, permite dar seguimiento y control en tiempo real de diversos sistemas, consiguiendo la optimización de los recursos y del rendimiento. Como resultado, *IoT* ha revolucionado varios sectores como la sanidad, la agricultura, el transporte y la energía, permitiéndoles estar más conectados, con una mayor sostenibilidad y una maximización de la eficiencia.

Así pues, en los últimos años, el auge de los hogares, edificios y ciudades inteligentes, trajo la atención hacia el concepto de *IoT*. Expresan Flores & Cossio (2021), que esto genera en las empresas nuevas oportunidades para recopilar datos que permitan tomar decisiones informadas, mejorando su productividad y eficiencia. Sin embargo, con *IoT* también surgen retos de seguridad y privacidad para garantizar la adopción generalizada y el éxito de las aplicaciones. A pesar de los retos, *IoT* tiene el potencial de aportar importantes beneficios a la sociedad, mejorando la forma de trabajar en un futuro próximo.

2.1.1.1. Redes Informáticas

Las redes informáticas son las estructuras fundamentales de las tecnologías de la telecomunicación. Establecen Flores & Cossio (2021), que estas redes juntan diversos equipos informáticos, para que compartan información a través de una multitud de protocolos de comunicación, garantizando una transmisión de datos eficiente y una utilización eficaz de los recursos. Al compartir servicios, recursos y archivos, las redes informáticas proporcionan una forma de colaboración y comunicación sencilla entre los usuarios. La creciente demanda de procesamiento de datos en tiempo real y conectividad sin fisuras, hace que las redes informáticas sen un componente indispensable de la sociedad moderna.

En cuanto a los dispositivos especializados de redes, Flores & Cossio (2021) señalan que estos están diseñados para facilitar la transferencia de datos y recursos, manteniendo al mismo tiempo la seguridad y fiabilidad de la red. Los dispositivos de red, como *routers, switches y hubs*, entre otros, trabajan juntos con el fin de garantizar que los datos se transmitan desde el origen hasta el destino, de la manera más fidedigna y en el mejor tiempo posible. El avanzado nivel de las tecnologías de red actuales, ha abierto numerosas posibilidades para el futuro, incluida la capacidad de la comunicación en tiempo real y el control.

2.1.1.1.1. Protocolos de Comunicación

Los protocolos de comunicación, son la estandarización de los mensajes que permiten la comunicación entre los dispositivos de una red informática. Indican Flores & Cossio (2021) sobre estos protocolos, que son un conjunto de secuencias e instrucciones lógicas que rigen cómo se transmiten, reciben y procesan los datos entre los dispositivos de red. Sin estos protocolos, la comunicación entre dispositivos no sería posible, debido a que cada dispositivo no podría ser capaz de saber cómo deben ser interpretados los datos que envían y reciben, lo que provocaría que distintos tipos de mensajes que circulan en una red serian ilegibles. Los protocolos definen el formato y la estructura de los paquetes de datos, incluida su transmisión, recepción e interpretación.

Cabe mencionar que los protocolos funcionan en pilas, guiadas por un modelo que separa las capas lógicas por las que pasa la información de un punto a otro. El modelo *OSI*, como señalan Flores & Cossio (2021), proporciona un marco para la organización de los protocolos de comunicación. El modelo consta de siete capas, cada una responsable de un aspecto específico de la comunicación en red. Cada capa tiene su propio conjunto de protocolos que trabajan para permitir la comunicación entre dispositivos. Al separar la funcionalidad de la comunicación en capas, el modelo *OSI* permite integrar fácilmente múltiples tecnologías de red y facilita la interoperabilidad entre dispositivos creados por distintos proveedores.

2.1.1.1.2. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten conectarse a internet donde sea, empleando métodos de conexión entre nodos sin la necesidad de cables, lo que ha revolucionado la forma de las comunicaciones sociales. Como señalan Flores & Cossio (2021), las redes inalámbricas utilizan las ondas del espectro electromagnético para transmitir datos entre dispositivos, eliminando la necesidad de cables físicos. Esto permite una mayor flexibilidad y movilidad para los usuarios, que de esta forma pueden conectarse a Internet y compartir información desde cualquier lugar dentro del alcance de la red.

También existen varios estándares sobre las redes inalámbricas. Comentan Flores & Cossio (2021), que cada uno de estos estándares varía en el alcance o rango geográfico que abarcan, esto implica que algún estándar será más idóneo que otro, dependiendo del escenario o de la necesidad de los usuarios. A medida que las redes inalámbricas como las redes celulares y el *WiFi*, se han vuelto cada vez más comunes, la sofisticación de las especificaciones de *hardware* y *software* aumenta, llegando nuevos equipos de red con mejores características, logrando una mayor velocidad de procesamiento y transmisión de cantidades enormes de información.

2.1.1.2. Hardware de Control

Los dispositivos de *hardware* para el control, se tratan de equipos computacionales que ayudan con la automatización de múltiples procesos, tanto en ámbitos cotidianos como industriales. Establecen Sadikin et al (2019), que estos proporcionan la potencia de cálculo necesaria para realizar una amplia gama de tareas. Estos dispositivos suelen estar diseñados para ejecutar un conjunto de instrucciones, conocido como programa, que especifica las operaciones lógicas y aritméticas necesarias para realizar una tarea concreta. Pueden encontrarse en una amplia gama de aplicaciones, desde dispositivos sencillos como calculadoras y relojes digitales hasta sistemas complejos como sistemas de control industrial y vehículos autónomos.

Además, como indican Sadikin et al (2019), el *hardware* de control puede programarse para realizar una amplia gama de tareas complejas, como algoritmos de aprendizaje automático. Esto los hace ideales para diversas aplicaciones, como la investigación científica, el análisis de datos y la automatización. Además, los avances en la tecnología han permitido desarrollar dispositivos de *hardware* de control cada vez más potentes, capaces de ejecutar tareas complejas en tiempo real. A medida que estos dispositivos sigan mejorando, es probable que desempeñen un papel cada vez más importante para el futuro de la sociedad en su conjunto.

2.1.1.2.1. Microcontroladores

Los microcontroladores son un tipo de dispositivo informático capaz de ser programado para alguna clase de tarea. Señalan Sadikin et al (2019), que los microcontroladores cuentan con un procesador, memorias y un conjunto de pines de entrada y salida que les permiten interactuar con dispositivos externos. Un microcontrolador se utiliza de manera habitual en diversas aplicaciones, al ser programable, este puede personalizarse para satisfacer las necesidades específicas de una aplicación concreta, lo que convierte a los microcontroladores en elementos tecnológicos muy versátiles y ampliamente utilizados.

También existen los sistemas en un *chip* o *SoC*, que son un tipo de dispositivo similar a los microcontroladores, pero con funciones y capacidades más avanzadas. Los *SoC*, como Indican Sadikin et al (2019), suelen combinar un microcontrolador con componentes de *hardware* adicionales, como una unidad de procesamiento gráfico o un módulo *WiFi*. Esto los hace ideales para aplicaciones que requieren funciones avanzadas y opciones de conectividad. Los *SoC* se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones, desde teléfonos inteligentes y tabletas hasta sistemas de automoción y dispositivos inteligentes domésticos. Es probable que el uso de *SoC* y otros dispositivos de *hardware* avanzados se generalice aún más, permitiendo aplicaciones nuevas e innovadoras en toda una serie de sectores.

2.1.1.2.2. Dispositivos Inteligentes

Los dispositivos inteligentes se han convertido en la herramienta diaria de la sociedad moderna, pues estos proporcionan a los usuarios una amplia gama de capacidades interactivas y potencia de procesamiento en la palma de la mano. Como señalan Sadikin et al (2019), estos dispositivos están diseñados para conectarse a redes y otros dispositivos, lo que les permite compartir información e interactuar con su entorno a través de sensores. Los tipos más comunes de dispositivos inteligentes incluyen teléfonos inteligentes, tabletas, relojes inteligentes y otros dispositivos electrónicos personales, que están diseñados para ser portátiles y fáciles de usar.

Respecto a la principal característica de los dispositivos inteligentes, Sadikin et al (2019) indican que es la capacidad para comunicarse con otros dispositivos y redes mediante diversos protocolos inalámbricos, como *Bluetooth, WiFi* y redes móviles. Esto permite utilizarlos en una amplia gama de aplicaciones, desde la domótica y los sistemas de seguridad hasta los sistemas de control industrial y los dispositivos médicos. Además, los dispositivos inteligentes pueden diseñarse para que admitan diversas propiedades de *IoT*, lo que permite utilizarlos en entornos de computación distribuida o del mundo físico, centrados en las personas.

2.1.1.3. Software de Aplicación

Un sistema informático está fundamentalmente dividido en dos partes: el *hardware* y el *software*. Señalan Aguirre et al (2019), que el *software* es la parte de la lógica que se ejecutada en los circuitos de los dispositivos computacionales. Es lo que permiten a los usuarios obtener un resultado específico de una tarea u operación, que se está ejecutando dentro de la lógica computacional. El *software* rige a todos los elementos y componentes de un sistema informático, estableciendo en que debe trabajar cada cosa, y como se debe hacerlo. No es posible para las personas operar el *hardware* si no existe el *software*, el cual se puede clasificar en dos tipos según su nivel en un dispositivo informático: *software* del sistema y *software* de aplicación.

Por el lado del *software* de aplicación, señalan Aguirre et al (2019), este es un componente de *software* de alto nivel que permite a los usuarios interactuar con sistemas informáticos. Este tipo de *software* está diseñado para recibir las entradas del usuario, de esta manera proporciona asistencia para completar varios tipos de tareas. Los usuarios finales confían en el *software* de aplicación para tareas como: procesamiento de textos, análisis de datos y edición de vídeo. El *software* de aplicación suele estar adaptado a una industria o profesión específica y puede personalizarse para satisfacer las necesidades de cada usuario.

2.1.1.3.1. Aplicación Móvil

Las aplicaciones móviles son un tipo de *software* creado específicamente para ofrecer servicios a los usuarios a través de plataformas móviles. Señalan Aguirre et al (2019), que debido al tamaño reducido de los dispositivos móviles en comparación con los ordenadores de sobremesa, las aplicaciones móviles tienen un código limitado que proporciona a los usuarios funcionalidades sencillas. Sin embargo, el uso de dispositivos móviles ha aumentado rápidamente en los últimos años, y las aplicaciones móviles se han convertido en una parte crucial de la tecnología moderna. Proporcionan servicios como el comercio electrónico, las redes sociales y los juegos, entre otros, que son accesibles para los usuarios sobre la marcha.

Además, el uso de aplicaciones móviles como señalan Aguirre et al (2019), ha facilitado a las empresas llegar a su público objetivo y mejorar el compromiso de los clientes. Estas aplicaciones pueden adaptarse a las necesidades de sectores específicos, lo que les permite interactuar con los clientes de forma más eficaz. A medida que la tecnología móvil sigue evolucionando, se espera que las aplicaciones móviles sean más sofisticadas y capaces de ofrecer funcionalidades complejas. Las aplicaciones móviles son una parte indispensable del panorama digital moderno, proporcionando a los usuarios, comodidad y simplicidad de manejo

2.1.1.3.2. Ampliación Web Progresiva

Las *PWA* son un tipo de aplicativo de *software* que combina la flexibilidad de las tecnologías web con la funcionalidad de una aplicación móvil. Indican Aguirre et al (2019), que estas son ligeras, lo que proporciona una experiencia de usuario fluida. El hecho de que las *PWA* se basen en tecnologías web, significa que se actualizan fácilmente, y los usuarios pueden acceder a ellas desde cualquier navegador, independientemente del sistema operativo. Además, las *PWA* pueden instalarse en la pantalla de inicio del dispositivo, dando a los usuarios la impresión de que están utilizando una aplicación nativa. Esto también permite que las *PWA* tengan acceso a algunas funciones del dispositivo como la cámara, el micrófono o el *GPS*, que antes eran exclusivas de las *apps* nativas.

Aunque las *PWA* son una gran alternativa, Indican Aguirre et al (2019) que tienen algunas limitaciones. Por ejemplo, no pueden ofrecer funciones avanzadas como gráficos complejos, animaciones o aceleración por *hardware*. Además, las *PWA* requieren una conexión a Internet estable para funcionar correctamente, que puede no estar siempre disponible. Las ventajas de las *PWA* son: menores costes de desarrollo y la compatibilidad multiplataforma las convierten en una opción viable para las empresas que buscan ampliar su alcance a los usuarios móviles.

2.1.2. Control de Iluminación

El control de iluminación se refiere al conjunto de los elementos utilizados para controlar la proyección de luz artificial en un espacio físico de acuerdo al ámbito, ya sea residencial, laboral o espacio público. Tal y como indican los autores Mohan & Gengaje (2015), controlar la luz artificial de forma adecuada, además de mejorar la experiencia y la seguridad, ayuda a ahorrar energía al utilizar iluminación eficiente, lo que conlleva a la mejora de los niveles de bienestar y eficiencia ocupacional, los cuales son factores importantes a la hora de mejorar la productividad laboral en los tiempos modernos.

Respecto a las ventajas que presenta un sistema de control de iluminación, Mohan & Gengaje (2015), indican que los controles de iluminación en un sistema frente a la conmutación manual convencional, sobresalen por la capacidad de controlar luces individuales o grupos de luces desde un solo dispositivo de usuario. Esta forma de controlar múltiples fuentes de luz, permite crear configuraciones de iluminación complejas. El control de iluminación inalámbrico brinda beneficios que incluyen costos de instalación reducidos y una mayor flexibilidad sobre dónde se pueden colocar elementos de control.

2.1.2.1. Modos de Control

Para el manejo de todo tipo de sistemas, se requieren algún tipo de interacción o entradas que produzcan cambios deseados en el estado del sistema. Expresan Mohan & Gengaje (2015), que las entradas pueden clasificarse por el tipo de interacción manual o automática, aunque también es posible realizar una combinación de ambos tipos de entradas. Aunque todas las funciones puedan disponer de control manual y automático, los escenarios en los que se activa alguna entrada, dependerán del usuario.

Así mismo, expresan Mohan & Gengaje (2015), que cuando se trata del control manual, una persona realiza los cambios que desee y en la medida de sus preferencias. Por otro lado, en el control automático se emplea algún circuito lógico que realiza los procesos de ejecución de los cambios, este proporcionará las operaciones correspondientes a la inteligencia del sistema de control. El controlador de iluminación evalúa las señales de control de entrada según su algoritmo, cuándo ajustarla y en qué medida.

2.1.2.1.1. Control Manual

El control manual implica una entrada inmediata por parte del usuario, para realizar cambios en el sistema. Es un tipo de control ideal para personalizar ciertos parámetros en la proyección de la luz en los espacios con iluminación controlada. Como expresan Mohan & Gengaje (2015), el control manual en un sistema de iluminación, es la manera más básica y simple de entradas a disposición de los usuarios en el sistema, estas permiten elegir la ausencia o presencia de luz en un rango con transiciones suaves.

Además, el uso de los controles manuales como indican Mohan & Gengaje (2015), se aplica en situaciones cuando el juicio del usuario es requerido para la entrada de valores a discreción. Los controles manuales también pueden ser utilizados para mantener el monitoreo sobre los controles automatizados. Sin embargo, puede ser que se encuentren ciertos riesgos adicionales con el uso de los controles manuales, pues son susceptibles a errores humanos y menos consistentes que los controles automatizados.

2.1.2.1.2. Control Automático

Las funciones de control automático son esenciales en diversos ámbitos como: las industrias, los edificios y los hogares. Señalan Mohan & Gengaje (2015) sobre el control automático, que en la industria se utiliza habitualmente para el control de procesos, el control de calidad y la gestión de inventarios. En edificios y viviendas, se utilizan automatizaciones para el aire acondicionado, la iluminación y los sistemas de seguridad. El uso de funciones de control automático no sólo proporciona comodidad, sino que también fomenta la eficiencia energética, el ahorro de costes y la reducción de la huella de carbono.

Así mismo, el desarrollo de la tecnología ha permitido la integración de las funciones de control automático en diversos sistemas con redes. Indican Mohan & Gengaje (2015), que es así como permiten que los dispositivos se comuniquen entre sí y compartan datos. Esta integración ha dado lugar al concepto de hogares y ciudades inteligentes, donde los sistemas de control automático se utilizan para gestionar los recursos y la infraestructura de manera más eficiente.

2.1.2.2. Funciones de iluminación

Las funciones de un sistema de control de iluminación son proporcionadas por parte de los componentes de control o controladores, dotando así, de la funcionalidad que permite generar cambios en la proyección de luz artificial en los sitios requeridos. Como expresan Mohan & Gengaje (2015), los sistemas de control de iluminación reciben la información enviada desde dispositivos de usuario hacia los controladores, ejecutando cambios que ajustan las propiedades y la proyección de las luces del sistema.

Además, Mohan & Gengaje (2015), señalan que, a combinación de los múltiples parámetros, da como resultado varias escenas de iluminación únicas disponibles que pueden abordar desde las necesidades visuales, hasta las necesidades de gestión de la energía. Las funciones de control de iluminación se pueden combinar en el mismo espacio para maximizar la conveniencia y el bienestar respecto al uso de un espacio. Entre las funciones más comunes se encuentran: interrupción, atenuación y temporización.

2.1.2.2.1. Interrupción

La interrupción es la función más básica del control de la iluminación. Como indican al respecto Mohan & Gengaje (2015), con la creación de la luz artificial surgió la necesidad de activar o desactivar su proyección. Hasta la actualidad se siguen utilizando interruptores mecánicos colocados entre el paso de la energía. Cuando el interruptor se cierra, el circuito se completa, permitiendo que la energía fluya, de esta manera se enciende la luz. Cuando se abre, el circuito se rompe, lo que interrumpe la alimentación.

Además, como indica Mohan & Gengaje (2015), la interrupción se trata de una función simple pero inflexible. Ésta incluso puede resultar incomoda, especialmente dentro de los espacios que sean ocupados por más de una persona. La implantación de un sistema con esta función, resulta particularmente eficaz en aplicaciones de gestión de energía, dentro de espacios vacíos o en horarios de inactividad, y también en espacios donde los usuarios tienen una expectativa unificada de cuándo se debe cambiar el estado de la luz.

2.1.2.2.2. Atenuación

Una función común en los sistemas de iluminación es la atenuación. Expresan Mohan & Gengaje (2015), que consiste en la regulación del nivel de intensidad de la luz artificial, que es proyectada por una fuente de luz conectada en la instalación eléctrica. Mediante la atenuación, se tiene la posibilidad de alterar la cantidad de corriente que fluye hacia las lámparas eléctricas durante el estado encendido, lo que resultará en un aumento o disminución en la salida de luz.

Además, como indican Mohan & Gengaje (2015), con la atenuación se posibilita realizar transiciones suaves entre los niveles establecidos de la intensidad de la luz en una habitación, lo que da como resultado un alto nivel de flexibilidad. Las funciones que involucran a la atenuación, resultan particularmente adecuadas para las necesidades visuales de los usuarios, pero también lo son para estrategias de gestión de energía y las necesidades ocupacionales, como el control de ajuste por tarea o adaptación a la luz natural en los espacios donde es posible.

2.1.2.2.1. Temporización

Los temporizadores son un componente esencial de los sistemas de control de la iluminación, pues como señalan Mohan & Gengaje (2015), proporcionan una forma cómoda y eficaz de encender y apagar las luces automáticamente. En edificios comerciales, como oficinas, almacenes y tiendas, los temporizadores son especialmente útiles, ya que garantizan que las luces se enciendan sólo cuando es necesario, reduciendo así el derroche de energía y los costes asociados. Por ejemplo, pueden programarse para apagar las luces durante las horas de menor consumo o cuando edificio está desocupado, con lo que se alarga la vida útil de las bombillas y se reducen los costes de mantenimiento.

Respecto a los temporizadores en hogares, como indician Mohan & Gengaje (2015), pueden utilizarse para controlar la iluminación, la calefacción y otros aparatos eléctricos, siendo una forma cómoda y rentable de reducir el consumo de energía y los costes asociados. Por ejemplo, los temporizadores pueden utilizarse para apagar automáticamente las luces y los electrodomésticos cuando no se necesitan, como durante el día o cuando no hay nadie en casa. Esto puede ser especialmente útil en hogares con horarios irregulares o patrones de ocupación variables. Además, los temporizadores pueden utilizarse para proporcionar un nivel adicional de seguridad, encendiendo las luces y otros aparatos a intervalos aleatorios para crear la impresión de que hay alguien en casa. En general, los temporizadores son una herramienta versátil y útil para los hogares, ya que proporcionan ahorro de energía, comodidad y mayor seguridad.

2.1.2.3. Consumo eléctrico

La energía es un aspecto indispensable de la civilización moderna, y su accesibilidad y fiabilidad repercuten significativamente en la economía, el bienestar social y la preservación del medio ambiente. Señala la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL (2020), que el crecimiento de la población y la creciente demanda de bienes y servicios, han disparado el consumo de energía. Por desgracia, los combustibles fósiles han sido la principal fuente para la generación de energía, provocando la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Mejorar la eficiencia de los sistemas actuales y migrar al uso exclusivo de energías limpias es una prioridad mundial.

2.1.2.3.1. Medición eléctrica

La unidad de media del consumo eléctrico del sistema métrico internacional es kilovatio por hora (*kVh*). En las planillas o facturas de energía se registran los kilovatios por hora que se ha consumido. ARCONEL (2020) explica, que para la generación de las planillas de energía eléctrica se cuenta con aparatos llamados medidores, que han ido mejorando con el tiempo, pasando de medidores analógicos mecánicos, a electrónicos de composición mixta y los medidores digitales. Estos últimos cuentan con funciones de medición, cortes y recargas prepago, de manera remota vía internet.

2.1.2.3.2. Ahorro de energía eléctrica

El ahorro energético se refiere a la reducción del consumo de energía manteniendo o mejorando el mismo nivel de servicio. ARCONEL (2020) indica que aplicando estrategias de ahorro energético, particulares y organizaciones pueden reducir sus facturas de energía, disminuir su huella de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático. Invertir en fuentes de energía renovables, como la solar o la eólica, también puede ser una buena forma de ahorrar energía a largo plazo. En general, el ahorro de energía no sólo beneficia al medio ambiente, sino que también puede suponer un importante ahorro de costes para particulares y empresas

Ahorro de energía, economía y medio ambiente son conceptos que se encuentran ampliamente ligados, y que tienen importantes implicaciones en la sociedad y el mundo. Explica ARCONEL (2020), que la adopción de prácticas y tecnologías eficientes desde el punto de vista energético, permite reducir el consumo de energía y los costes asociados, a la vez que se resguarda el medio ambiente, evitando emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Las medidas de ahorro energético, pueden ir desde pequeños cambios en los hábitos cotidianos, como apagar las luces y desenchufar aparatos cuando no se utilizan, hasta inversiones en dispositivos y sistemas de iluminación energéticamente eficientes.

2.2. Predicción científica

H0: El sistema *IoT* no influye significativamente en el control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo.

H1: El sistema *IoT* influye significativamente en el control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue realizado con un enfoque cuantitativo y cualitativo, es decir con un enfoque mixto. Tal como exponen Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), en este enfoque se busca obtener un entendimiento profundo del fenómeno de estudio, a través de la recopilación de información del problema en forma de datos de naturaleza numérica, para ejecutar un análisis descriptivo a posteriori. De esta manera es como son encontradas las particularidades y los patrones dentro del fenómeno sometido a estudio.

Se estableció un diseño preexperimental de tipo longitudinal, como indican Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), se trata de un estudio donde las variables trabajadas son manipuladas y la información de estudio debe ser tomados en múltiples ocasiones. En este caso se busca conocer los índices de manejo y aceptación de la tecnología en el ámbito empresarial. En la recogida de la información necesaria para proceder, se precisa de dos momentos, pues los datos reflejan la percepción de los usuarios de un antes y un después de la utilización de la tecnología.

3.2. Unidades de análisis

En este caso, la población de interés son 13 elementos del personal de oficina y gerencia de la empresa Campuesa S.A. del canto Santo Domingo. Debido al tamaño de la población, además de las características de la investigación, como mencionan Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), es apropiado un enfoque no probabilístico, ya que el objetivo no consiste en hacer inferencias estadísticas o generalizaciones sobre la población, sino comprender las experiencias y perspectivas particulares de los involucrados.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Dentro este trabajo se ha empleado una encuesta y una entrevista como herramientas para la recogida de la información pertinente en la investigación. Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), señalan a estos instrumentos como los comunes e importantes para recogida de datos. La entrevista fue dirigida a gerencia para identificar la comprensión y expectativas sobre un sistema capaz de controlar la iluminación en las oficinas de la empresa. La encuesta fue dirigida al personal de oficina de la empresa, buscando indagar acerca de los potenciales inconvenientes del actual control de la iluminación y el contraste con la implementación del sistema.

3.4. Técnica de análisis de datos

Para la validación de la hipótesis, Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018) mencionan la prueba estadística de chi cuadrado. La prueba chi cuadrado consiste en determinar si los datos categóricos observados en fenómenos, difieren significativamente de los datos esperados. Se realizó una prueba estadística de chi cuadrado medite el uso de la herramienta de *software* estadístico SPSS, ingresando información de la encuesta ejecutada dos veces: antes y después de la implementación del sistema.

3.5. Operacionalización de las variables

Dentro de la tabla 1 y la tabla 2, se despliegan las operacionalizaciones de las variables dependiente e independiente respectivamente. Estas fueron empleadas en la producción de los instrumentos para la recopilación de la información.

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Instrumento
Control de Iluminación: Según Mohan & Gengaje **(2015)**, son conjunto de los elementos que son utilizados para controlar la proyección de luz artificial en un espacio físico de acuerdo al ámbito residencial o laboral.	Modos de Control	Manual	¿Qué clase de controles se utiliza actualmente para manejar las luces en las oficinas de la empresa?	Entrevista a Gerencia
		Automático	¿Qué tan conveniente es la forma en la que se controlan las luces en su oficina?	Encuesta al Personal
	Funciones	Interrupción	¿Qué aspectos del control de luces se busca mejorar en las oficinas de la empresa?	Entrevista a Gerencia
		Atenuación	¿Qué tan adecuado es el nivel de luz en su oficina para sus necesidades visuales?	Encuesta al Personal
		Temporización	¿Qué tan eficaces son los controles de luz en su oficina para evitar distracciones?	
	Consumo Eléctrico	Medición	¿Qué área administrativa gestiona el consumo y el ahorro eléctrico dentro de la empresa?	
			¿Cómo se gestiona el uso de las luces en la empresa durante la jornada laboral y como se procede al finalizar el día?	Entrevista a Gerencia
		Ahorro	¿Cómo se procede cuando se olvida una luz encendida en las oficinas de la empresa?	Encuesta al Personal
			¿Qué tan efectivos son los controles de luz en su oficina para asegurar el ahorro?	

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Instrumento
Sistema *IoT*: Según Flores & Cossio **(2021)**, es integración de objetos cotidianos a la comunicación mediante redes e internet, de esta forma interactúan con otros dispositivos enviando y recibiendo datos.	Redes e Internet	Protocolos de Comunicación	¿Conoce los beneficios del Internet de las Cosas para la mejora de procesos empresariales?	Entrevista a Gerencia
		Medios Inalámbricos	¿Consideraría implementar el control de forma remota de la iluminación en su lugar de trabajo mediante internet?	Encuesta al Personal
			¿Qué tan óptimo es el acceso a los controles de iluminación en su oficina?	
	Hardware de Control	Microcontroladores	¿Qué limitantes tendría la modificación en la instalación eléctrica para la implementación de un sistema *IoT*?	Entrevista a Gerencia
		Dispositivos Inteligentes	¿Qué tan apropiada es la organización de los controles de iluminación en su oficina?	
			¿Qué tan práctico es el aspecto de los controles de iluminación en su oficina?	Encuesta al Personal
			¿Qué tan cómodo es el manejo de controles de iluminación en su oficina?	
	Software de Aplicación	Aplicación de Escritorio	¿Qué área administrativa gestiona el consumo y el ahorro eléctrico dentro de la empresa?	
		Aplicación Móvil	¿Cómo se gestiona las luces en la empresa durante la jornada laboral y como se procede al finalizar el día?	Entrevista a Gerencia
		Aplicación Web Progresiva	¿Cómo se procede cuando se olvida una luz encendida en las oficinas de la empresa?	Encuesta al Personal
			¿Qué tan efectivos son los controles de luz en su oficina para asegurar el ahorro?	

4. RESULTADOS

4.1. Primer resultado: Identificación del proceso del control de iluminación en la empresa Campuesa S.A.

Previo a la ejecución de los instrumentos, se solicitó la colaboración de especialistas para la revisión y validación de las preguntas planteadas para la encuesta al personal de oficina y la entrevista a gerencia. En la tabla 3, se encuentran los nombres de los colaboradores en la validación de los instrumentos.

Tabla 3. Expertos en validación de los instrumentos de recolección de información

Nombres	Título académico	Área
Rodolfo Sirilo Córdova Gálvez	Magíster en Redes de Comunicaciones	Tecnología
Oscar Sebastián Sarasty Miranda	Doctor en Agricultura y Economía Aplicada	Investigación

4.1.1. Entrevista dirigida a Gerencia

Pregunta 1: ¿Qué clase de controles se utiliza actualmente, para manejar las luces en las oficinas de la empresa?

Respuesta: El sistema eléctrico tiene varios años en uso, es el que se instala con caja de *breaker* y los interruptores manuales de botón, por supuesto se le da mantenimiento constante y se cumplen las normas de seguridad industrial contempladas por el Municipio y el Cuerpo de Bomberos.

Pregunta 2: ¿Qué área administrativa gestiona el consumo y el ahorro eléctrico dentro de la empresa?

Respuesta: El administrador de la empresa, recibe la información constante del conserje y los señores guardias, dado el caso, se le comunica cualquier novedad al contratista de mantenimiento que siempre se encarga de los locales.

Pregunta 3: ¿Cómo se gestiona el uso de las luces en la empresa durante la jornada laboral y cuál es el procedimiento al finalizar el día?

Respuesta: Al salir de sus puestos de trabajo deben verificar que se apaguen todos los equipos y las luminarias en cada oficina. Solo las luces de los pasillos y el área comunal que se requiere por la seguridad física del edificio, se mantienen encendidas.

Pregunta 4: ¿Cómo se procede cuando se olvida una luz encendida en las oficinas de la empresa?

Respuesta: Si alguna luminaria o foco están encendidos en las áreas de trabajo, fuera de su horario respectivo, el señor guardia encargado de la seguridad física, se encarga de apagarla si tiene el interruptor, hay sectores del edificio, que al salir el personal se bajan los *breakers*.

Pregunta 5: ¿Qué aspectos del control de luces, se busca mejorar en las oficinas de la empresa?

Respuesta: A la empresa le interesa mejorar tres aspectos en el tema: eficiencia energética, mejoramiento de la iluminación para beneficio del empleado y modernización del sistema eléctrico.

Pregunta 6: ¿Conoce los beneficios del Internet de las Cosas para la mejora de procesos empresariales?

Respuesta: Si conozco los beneficios de aplicar el Internet de las Cosas, todos los procesos productivos se encaminan en la aplicación de los adelantos a todo nivel y no perder productividad.

Pregunta 7: ¿Consideraría implementar el control de forma remota de la iluminación en su lugar de trabajo, mediante internet?

Respuesta: Es una inquietud que se comparte entre los asociados, desde hace algún tiempo se han aplicado algunos controles tanto en *software* como en *hardware*. La iluminación es muy importante en la productividad y también para bajar costos por la alta intensidad lumínica.

Pregunta 8: ¿Qué limitantes tendría la modificación/intervención en la instalación eléctrica para la implementación de un sistema *IoT*?

Respuesta: Dado que el tema es prioritario en la sociedad actual con todos los avances tecnológicos, se ha analizado realizar un estudio de factibilidad para aplicarlo paulatinamente, porque hay sectores que requerirán una gran intervención respecto a la modernización de su cableado y la aplicación del nuevo sistema de control de iluminación.

4.1.2. Análisis e interpretación de la entrevista

La entrevista dirigida a la gerencia de la empresa, permitió evaluar el nivel de la integración de la tecnología en el ámbito organizacional y las medidas que se aplican en sus sistemas eléctricos, considerando la seguridad física, salud ocupacional y ahorro energético, evitando el desperdicio y la contaminación lumínica. Los estándares existentes no han sido actualizados y mantienen la tecnología básica en los equipos eléctricos como interruptores e iluminación en las oficinas.

A la empresa le interesa mejorar tres aspectos en particular en relación a la iluminación: la eficiencia energética, el manejo de la intensidad de la luz y modernización de los controles de iluminación. Se busca avanzar a la par de los avances modernos y desarrollo tecnológico, aportando al cuidado del medioambiente, bajando las emisiones de dióxido de carbono. También la modernización en todo sentido potencia la productividad y el mejoramiento del recurso humano y material.

4.1.3. Encuesta dirigida al personal

Se aprecia en la tabla 4, las preguntas planteadas, junto con las respectivas escalas aplicadas para cada pregunta y los porcentajes que fueron obtenidos como resultado en la encuesta a los miembros del personal de la empresa. Esta sección forma parte de la etapa temprana del planteamiento del proyecto.

Tabla 4. Pretest

Preguntas	Escala	Porcentaje
1.- ¿Qué tan conveniente es la forma en la que se controlan las luces en su oficina?	Totalmente conveniente	66,7%
	Conveniente	20,0%
	Medianamente conveniente	13,3%
	Poco conveniente	13,3%
	Nada conveniente	0,0%
2.- ¿Qué tan eficaces son los controles de luz en su oficina para evitar distracciones?	Totalmente eficaces	33,3%
	Eficaces	33,3%
	Medianamente eficaces	6,7%
	Poco eficaces	0,0%
	Nada eficaces	0,0%
3.- ¿Qué tan adecuado es el nivel de luz en su oficina para sus necesidades visuales?	Totalmente adecuado	6,7%
	Adecuado	46,7%
	Medianamente adecuado	20,0%
	Poco adecuado	13,3%
	Nada adecuado	13,3%
4.- ¿Qué tan efectivos son los controles de luz en su oficina para asegurar el ahorro?	Totalmente efectivos	13,3%
	Efectivos	20,0%
	Medianamente efectivos	20,0%
	Poco efectivos	33,3%
	Nada efectivos	13,3%
5.- ¿Qué tan óptimo es el acceso a los controles de iluminación en su oficina?	Totalmente óptimo	6,7%
	Óptimo	33,33%
	Medianamente óptimo	53,3%
	Poco óptimo	6,7%
	Nada óptimo	0,0%
6.- ¿Qué tan apropiada es la organización de los controles de iluminación en su oficina?	Totalmente apropiada	80,0%
	Apropiada	20,0%
	Medianamente apropiada	0,0%
	Poco apropiada	0,0%
	Nada apropiada	0,0%
7.- ¿Qué tan práctico es el aspecto de los controles de iluminación en su oficina?	Totalmente práctico	0,0%
	Práctico	6,7%
	Medianamente práctico	33,3%
	Poco práctico	40,0%
	Nada práctico	20,0%
8.- ¿Qué tan cómodo es el manejo de controles de iluminación en su oficina?	Totalmente cómodo	73,3%
	Cómodo	26,7%
	Medianamente cómodo	0,0%
	Poco cómodo	0,0%
	Nada cómodo	0,0%

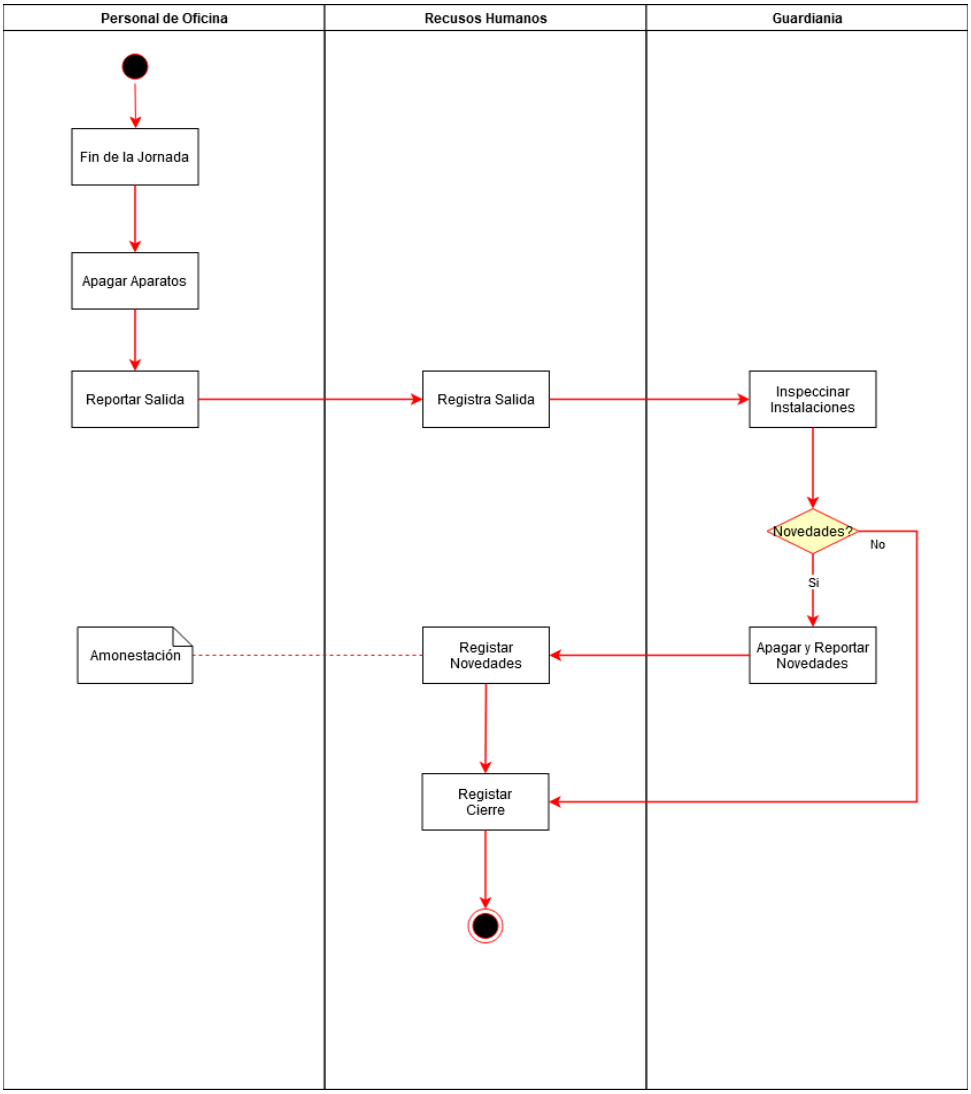
4.1.4. Análisis e interpretación de la encuesta

Al evaluar los resultados de la encuesta al personal de la empresa, se indagó en la percepción al respecto del control de iluminación, descrito como poco conveniente, genera distracciones, la intensad molesta su visión y los controles son confusos en ciertos lugares. Por estas razones, consideran apropiada la implementación de un sistema capaz de controlar la luz desde su lugar de trabajo, que se facilite su uso por medios electrónicos.

4.1.5. Diagrama gestión de iluminación en la empresa Campuesa S.A.

En la figura 3 desplegada, se encuentra definido el diagrama de actividad del proceso para la gestión de luces dentro de la empresa.

Figura 3. Proceso de control de luces en Campuesa S.A



4.2. Segundo resultado: Selección de las tecnologías para la creación del prototipo

En la selección de los elementos tecnológicos para el sistema *IoT* utilizando matriz o método de decisión de Pugh, como enseñan Joshi & Dandekar (2019), consiste en una tabla donde se detallan criterios o parámetros en filas y alternativas en columnas. En la tabla 5, se establece que valores serán utilizados para la calificación de las alternativas por cada parámetro.

Tabla 5. Calificaciones de criterios

Calificación	Valor
Desventaja	-1
Equilibrio	0
Ventaja	1

4.2.1. Selección de Microcontrolador: atmega328 vs esp8266

Esp8266 tiene una velocidad de reloj más rápida y más memoria que el ATmega328, lo que lo hace más potente para manejar aplicaciones complejas.

Esp8266 tiene capacidad *WiFi* integrada, mientras que el ATmega328 requiere un módulo *WiFi* adicional para la conexión en red.

ATmega328 es más eficiente energéticamente que el ESP8266, por lo que es una mejor opción para ser alimentado por batería.

Esp8266 es más pequeño que el ATmega328, lo que puede ser una ventaja en proyectos donde el espacio es limitado.

ATmega328 tiene más pines que el esp266, lo que puede ser una ventaja en aplicaciones requieren más de pines de entrada/salida.

Tabla 6. Selección de Microcontrolador

Parámetros	esp8266	Atmega328
Procesamiento	+1	0
Redes Inalámbricas	+1	-1
Eficiencia energética	0	+1
Tamaño	+1	-1
Pines	+1	0
=	+4	-1

4.2.1. Selección de protocolo de comunicación: Websockets vs MQTT

Websockets puede manejar mensajes más grandes, mientras que *MQTT* es más adecuado para mensajes pequeños.

MQTT está diseñado para ser un protocolo ligero y de poco ancho de banda. *Websockets* requiere más ancho de banda porque tiene cabeceras *HTTP*.

Ambos protocolos soportan el cifrado *SSL/TLS.* Sin embargo, *MQTT* también proporciona mecanismos de autenticación y autorización integrados.

Websockets tiene menor latencia debido a su modelo de comunicación *full-dúplex*, reduciendo el tiempo necesario para la comunicación.

Websockets está integrado normalmente en navegadores web y aplicaciones basadas en *JavaScript*.

Tabla 7. Selección de Protocolo

Parámetros	Websockets	MQTT
Tamaño	+1	0
Ancho de Banda	0	+1
Seguridad	+1	+1
Latencia	+1	0
Integración	+1	0
=	+4	+2

4.2.2. Selección de framework de JavaScript: React vs Vue

React es más rápido que *Vue* debido a su implementación de *DOM* virtual. Esto hace que *React* sea una mejor opción el rendimiento.

React es más adecuado para aplicaciones con requisitos de interfaz de usuario complejos. *Vue*, por otro lado, es más adecuado una arquitectura más simple.

Vue tiene una sintaxis más simple y la *API* más intuitiva, lo tanto más rápido para el desarrollo que *React*, especialmente para proyectos más pequeños.

React proporciona mejores herramientas de depuración y mensajes de error que *Vue*, lo que puede ser útil en aplicaciones complejas donde la depuración es crucial.

React tiene mejores integraciones con otras herramientas *front-end* y *back-end* como *Redux*, *GraphQL* y *Node*.js. *Vue* no tiene integraciones tan amplias.

Tabla 8. Selección de framework de JavaScript

Parámetros	React	Vue
Rendimiento	+1	0
Escalabilidad	+1	0
Simplicidad	+1	0
Depuración	+1	0
Integración	+1	0
=	+5	0

4.2.3. Selección librería de CSS: Material-UI vs Bootstrap

Material-UI tiene una filosofía de diseño moderna y minimalista, mientras que *Bootstrap* sigue una filosofía de diseño más tradicional.

Bootstrap es altamente personalizable, con una amplia gama de temas, plantillas y *plugin* disponibles. *Material-UI* también es personalizable, pero en menor medida.

Material-UI tiene una biblioteca de componentes más amplia y completa que *Bootstrap*, lo que puede hacer que el desarrollo sea más rápido y eficiente.

Material-UI está optimizado para el rendimiento y tiene tamaños de archivo más pequeños en comparación con *Bootstrap*.

Material-UI sigue las directrices de accesibilidad de *Google*, lo que lo hace más accesible para usuarios con discapacidades.

Tabla 9. Selección de framework CSS

Parámetros	Material-UI	Bootstrap
Diseño	+1	0
Personalización	0	+1
Componentes	+1	0
Rendimiento	+1	0
Accesibilidad	+1	0
=	+4	+1

4.3. Tercer resultado: Desarrollo del sistema IoT

4.3.1. Marco de trabajo Scrum

Se optó por el marco de trabajo *Scrum* para el desarrollo de la versión temprana del sistema propuesto. Como mencionan Parsons et Al (2018), con las pautas de este marco de trabajo *Scrum*, sus artefactos y eventos, los avances del proyecto se dieron con un flujo de trabajo veloz y sin tropiezos.

4.3.2. Sprint I

4.3.2.1. Planificación del sprint I

El plan correspondiente al primer *sprint* se realizó en una reunión con los interesados. Se construyó el *product backlog* con 6 historias de usuario que en estimación de desarrollo suman en total 30 puntos (velocidad del equipo). Luego se estableció las historias para esta etapa ubicándolas en el *sprint backlog.*

4.3.2.2. Roles

Para la aplicación de *Scrum*, se establecen los roles de cada uno de los implicados en el proyecto, en la tabla 10 se despliega la información respectiva.

Tabla 10. Roles Scrum

Rol	Persona	Área
Product Owner	Danilo Changuin	Gerencia
Scrum Master	Mg Willian Ocampo	Docente
Equipo de desarrollo	Enrique Olmedo	Programador

4.3.2.3. Product Backlog

En la lista de *product backlog* se colocan y priorizan los detalles para todas y cada tarea para el producto. El dueño de producto o *product owner* es quien define el contenido, prioridad y orden de los elementos para la producción. En la tabla 11 se encuentra la pila de desarrollo.

Tabla 11. Product Backlog

Historias	Estimación	Prioridad	Riesgo
Conexión en red *WiFi*	6	Alta	Alto
Autenticación de Usuario	4	Media	Bajo
Interruptores digitales	5	Alta	Medio
Atenuación de luces	5	Alta	Bajo
Temporizado de luces	6	Media	Alto
Horario de luces	4	Baja	Medio

4.3.2.4. Velocidad de desarrollo y estimación

En la aplicación del marco de trabajo ágil, se realiza la estimación de las tareas para el orden de desarrollo y se realiza en base a la velocidad del equipo, tal y como mencionan Parsons et al (2018). En el presente caso, se empleó la técnica de estimación conocida como Fibonacci y la métrica de puntos de historias. De tal manera que se valoraron las historias de usuario para disminuir la incertidumbre del desarrollo. En la tabla 12 se despliegan la escala aplicada.

Tabla 12. Estimación de desarrollo

Valor de escala	Dificultad
>34	Épica
21-31	Alta
8-13	Media

Fuente: Resumido de Parsons et al (2018).

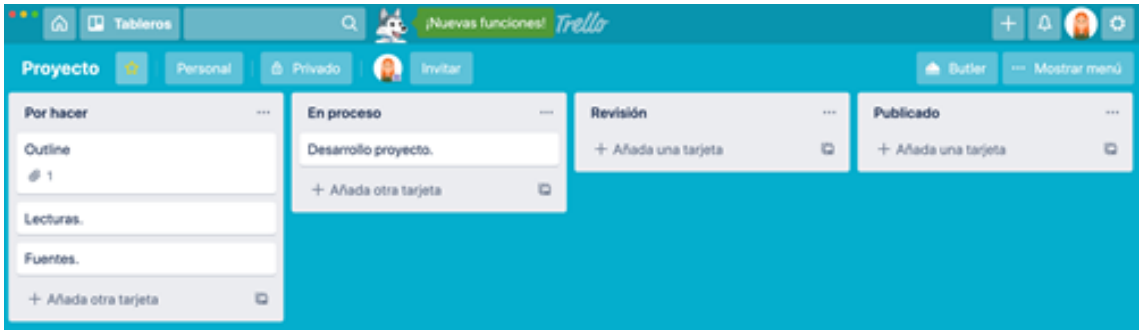
4.3.2.5. Historias de usuario

Las historias de usuario son instrumentos para la recogida de requerimientos *agile*. Parsons et al (2018), lo detallan como una de una tarjeta que contiene: número de historia, prioridad en el sistema, dificultad de desarrollo. Se detalla la necesidad del usuario redactadas en formato: “Como <rol> Quiero <evento> Para <función>”. En la parte inferior van los criterios de aceptación que se tratan de varias frases que indican el o los compartimentos deseados de un requisito de usuario en el sistema desplegado. Los casos de prueba están redactados en formato: Dado <contexto> Cuando <acción> Entonces <efecto>.

4.3.2.6. Gestión de tareas de ingeniería

Trello se trata de una aplicación web que brinda la creación de tableros virtuales dividido en columnas, con los estados en los que se puede encontrar una tarea durante el desarrollo. Señalan Parsons et al (2018), que la utilidad de esto consiste en monitorear el flujo de trabajo que debe ser continuo. Para este proyecto el tablero está dividido en: en cola, en curso, en comprobación y concluido. En la figura 4 se encuentra la primera versión del tablero Trello.

Figura 4. Tablero Trello



4.3.2.7. Sprint Backlog I

La tabla 13 corresponde al trabajo del primer periodo de desarrollo. Las historias de usuario son separadas en tareas de ingeniería, categorizadas para simplificar el trabajo total, además de permitir un mayor control de las tareas de desarrollo pendientes.

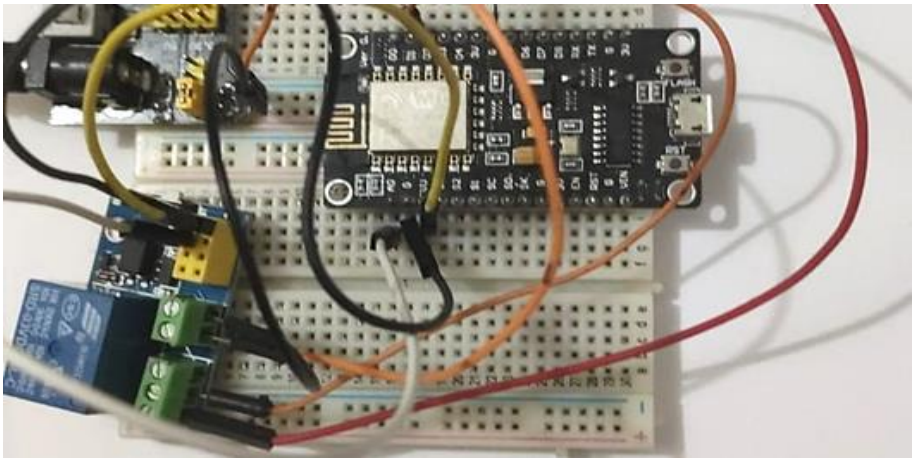
Tabla 13. Sprint Backlog I

Objetivo del *sprint:* Desarrollar la primera versión del prototipo.					
Sprint	Historia	Est.	Categoría	Tarea de ingeniería	Est.
1	HU1 – Conexión en red *WiFi*	6	Diseño	Conectar esp en *protoboard*	0.5
			Desarrollo	Crear punto de acceso	1.5
			Desarrollo	Crear cliente *wifi*	1.5
			Desarrollo	Establecer *endpoints*	2.0
			Pruebas	Comprobar conexiones	0.5
	HU2 – Autenticación de Usuario.	4	Diseño	Crear esquema usuarios	0.5
			Desarrollo	Programar lógica *auth*	1.0
			Desarrollo	Configurar *token* seguro	2.0
			Desarrollo	Construir pantalla de *login*	1.0
			Pruebas	Comprobar autenticación	0.5
	HU3 – Interruptores digitales	5	Diseño	Definir pines de salida	0.5
			Desarrollo	Crear variables interruptoras	1.5
			Desarrollo	Programar funciones *update*	1.5
			Desarrollo	Construir interfaz controles	1.0
			Pruebas	Comprobar interruptores	0.5

4.3.2.8. Historia de usuario 1: Conexión de red

El punto de partida es el montaje del proyecto sobre una placa de pruebas o *protoboard*, donde se conecta el microcontrolador a un circuito que permite controlar las luces. El circuito utilizado tiene como pieza principal un relé, que es un tipo de interruptor electromecánico. Las luces son controladas mediante un pequeño circuito integrado que puede recibir señales del microcontrolador para cambiar el estado del relé. En la figura 5 se aprecia la placa *nodeMCU* conectada al circuito con relé.

Figura 5. nodeMCU en protoboard con relé



Después, es necesario realizar la programación y configuración de la conexión de red *WIFI* 802.11ac en el *firmware*, para esto son empleadas ciertas librerías de *Arduino* compatibles con esp8266. También se establecen las conexiones como punto de acceso *WiFi* y cliente *WiFi*. Como punto de acceso el microcontrolador creará su propia red, lo que permite acceder al momento de realizar una nueva instalación o comprobaciones del sistema, de esta forma ser capaz de conectarlo como un cliente en una nueva red. En la figura 6 se aprecia la inicialización del servidor como punto de acceso.

Figura 6. Inicialización del servidor como punto de acceso

```
// create access point
while (!WiFi.softAP(SSID, PASSWORD, 6, false, 15)) {
    delay(500);
}
```

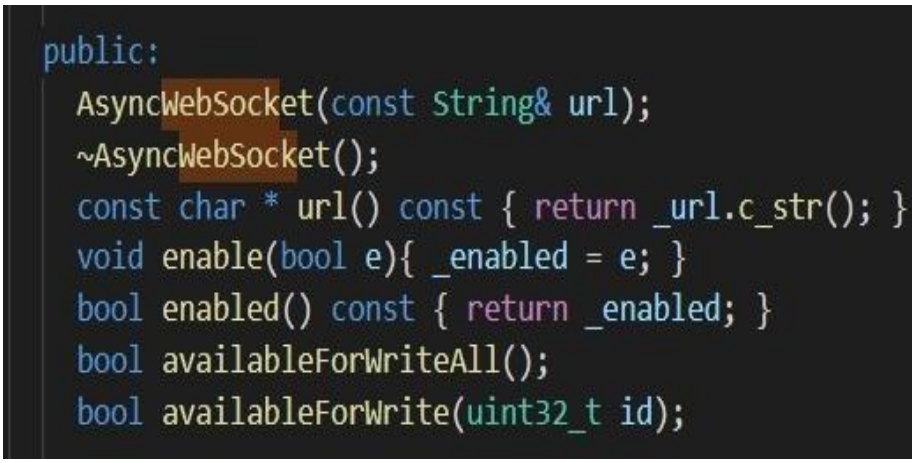
Para este proyecto se estableció que la información del estado del sistema será una interfaz de programación de aplicación, en inglés abreviado *API*, que emplea una estructura de comunicación principal por medio de *websockets* y alternativamente por *http* con arquitectura *REST*. Esta estructura es agnóstica del estado de la aplicación en ambos extremos, por lo que las peticiones del cliente al servidor, deben contener los datos precisos para continuar con el proceso correctamente. En la figura 7 se presenta un requerimiento del verbo *POST* del protocolo *HTTP*.

Figura 7. Requerimiento del verbo POST del protocolo HTTP

```
server.on("/post", HTTP_POST, [](AsyncWebServerRequest *request){
    String message;
    if (request->hasParam(PARAM_MESSAGE, true)) {
        message = request->getParam(PARAM_MESSAGE, true)->value();
    } else {
        message = "No message sent";
    }
    request->send(200, "text/plain", "Hello, POST: " + message);
});
```

Es este caso se implementó *websockets*, que consiste en crear un canal bidireccional entre las dos partes del sistema, este utiliza la capa de trasporte con el protocolo *TCP*. El objetivo de la implementación de *websockets* es nunca inundar la red de peticiones *HTTP* para interactuar y generar cambios en el sistema. En la figura 8 está la implementación de *websockets* en el microcontrolador.

Figura 8. Implementación de websockets

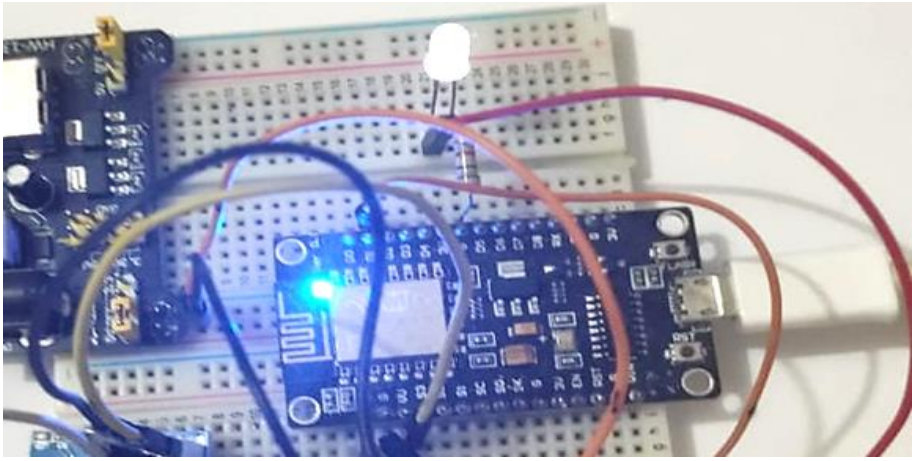


El esquema de comunicación cliente-servidor utilizó formato *JSON*, que es la notación de objetos de *JavaScript*, un formato de fácil lectura y muy utilizada para la internación de *apis*. Mediante *JSON* las variables dentro del microcontrolador y la interface de usuario estarán conectadas. En la figura 9, se puede apreciar la implementación en esp8266 para la comunicación mediante *JSON*.

Figura 9. Implementación de JSON

Posteriormente, para las pruebas de la *API*, fue cargado el *firmware* dentro del microcontrolador, y de esta manera se pudo llevar a cabo unas cuantas pruebas para verificar el funcionamiento. Fue verificado que el dispositivo está listo para el control remoto a través de una red inalámbrica estándar, también se verificó la correcta conexión entre el relé y el microcontrolador esp266. En la figura 10 se aprecia la inicialización del servidor como punto de acceso.

Figura 10. Led encendido en protoboard



4.3.2.9. Historia de usuario 2: Autenticación de usuario

Se debe brindar un ingreso ordenado a los usuarios, y a su vez algunas cuantas medidas de seguridad al sistema con autenticación de usuario. Solo el personal autorizado podrá interactuar y hacer cambios dentro del mismo. Para el sistema de autenticación de usuario se ha definido un *JSON*, donde se apila el usuario maestro y el resto de usuarios. Solo el encargado administrador del sistema podrá dar permisos de acceso al resto de usuarios. En la figura 11, están los objetos *JSON* para la creación de usuarios.

Figura 11. JSON para la creación de usuarios

```
JsonArray users = root.createNestedArray("users");
for (User user : settings.users) {
  JsonObject userRoot = users.createNestedObject();
  userRoot["username"] = user.username;
  userRoot["password"] = user.password;
```

El sistema de autenticación de usurario será usado dentro de toda la aplicación para brindar y restringir el acceso correspondiente. Esta acción se realiza con una validación mediante la implementación de *JWT*, que se trata de un *token* o valor secreto con el cual se comprueba periódicamente las actividades desde el *frontend,* durante la entrada de un usuario al sistema para disponer de cierta información, como que usuario es o si es lícita una petición realizada. En la figura 12 la estructura de validación de *JWT*.

Figura 12. Estructura de validación de JWT

```
Authentication SecuritySettingsService::authenticateJWT(String& jwt) {
  DynamicJsonDocument payloadDocument(MAX_JWT_SIZE);
  _jwtHandler.parseJWT(jwt, payloadDocument);
  if (payloadDocument.is<JsonObject>()) {
    JsonObject parsedPayload = payloadDocument.as<JsonObject>();
    String username = parsedPayload["username"];
    for (User _user : _state.users) {
      if (_user.username == username && validatePayload(parsedPayload, &_user))
        return Authentication(_user);
```

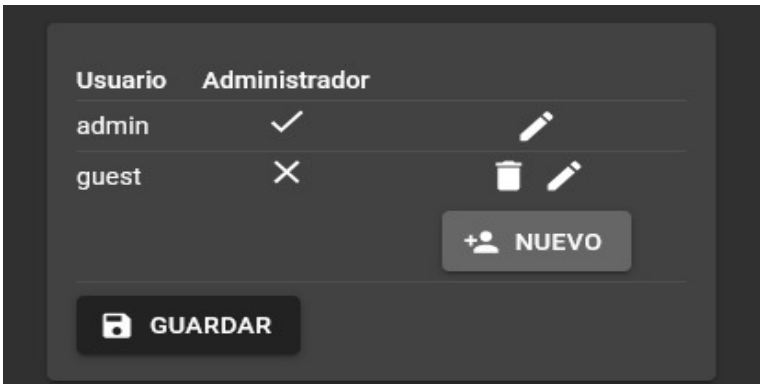
Se deben establecer un usuario maestro que se le otorguen permisos para que todas las sesiones puedan ser visualizadas, también para acceder a configuraciones críticas del sistema. El usuario administrador, tiene acceso al sistema entero, por esta misma razón es que, en algunas pantallas existen alertas en el caso de que se cambien configuraciones que repercuten sobre otras. En la figura 13, se puede apreciar los objetos *JSON* para la creación de usuarios, junto con la definición de un usuario administrador.

Figura 13. Definición JSON usuario administrador.

```
JsonArray users = root.createNestedArray("users");
for (User user : settings.users) {
  JsonObject userRoot = users.createNestedObject();
  userRoot["username"] = user.username;
  userRoot["password"] = user.password;
  userRoot["admin"] = user.admin;
}
```

Para culminar con el sistema de autenticación, hacen falta ciertas pantallas como la de inicio y el control de usuarios. La pantalla de autenticación va a desplegarse al iniciar la aplicación, y todos los usuarios que deseen acceder al sistema tendrán que pasar por esta. En lo que respecta a la pantalla del control de usuarios, esta tendrá que ser validada para que los usuarios invitados no puedan crear usuarios con permisos superiores. Tras integrar la autenticación y sus pantallas al sistema, se comprobó su correcto funcionamiento. En la figura 14 se puede ver la pantalla de control de usuarios.

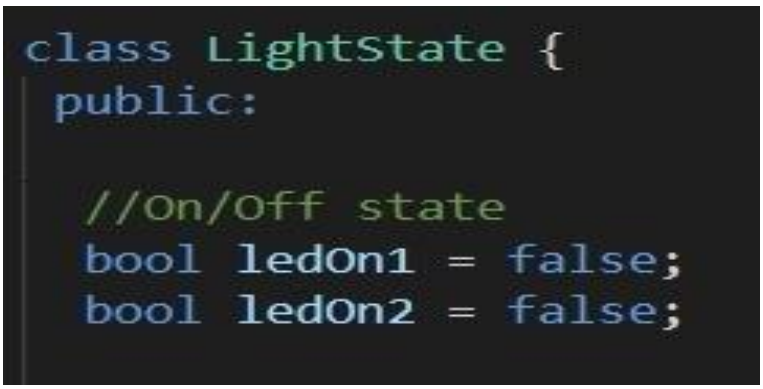
Figura 14. Pantalla de control de usuarios



4.3.2.10. Historia de usuario 3: Interruptores digitales

Los atributos o variables a controlar son unos valores booleanos, se encargan de contener el estado de una fuente de luz. Las variables describen la fuente de luz a la que están asociadas. En la figura 15 se muestra las variables que serán empeladas para mantener el estado de las luces en el microcontrolador.

Figura 15. Variables de estado de las luces



```
class LightState {
 public:

  //On/Off state
  bool ledOn1 = false;
  bool ledOn2 = false;
```

Se emplean las funciones: actualización y lectura. La función de actualización es desencadenada cuando se realiza alguna acción que implican cambios en el estado del sistema, ya sea en las luces o alguna configuración. La función de lectura se desencadena para coordinar la interface con el controlador, el cual es agnóstico de los procedimientos del cliente. En la figura 16 está la función de actualización con su estructura para la primera variable.

Figura 16. Función de actualización

```
static StateUpdateResult update(JsonObject& root,
  Serial.println("Update Occurred");
  if (lightState.ledOn1 != root["led_on1"])
  {
    lightState.ledOn1 = root["led_on1"];
    lightState.wh = 1;
    return StateUpdateResult::CHANGED;
  }
```

Ahora se establece la comunicación con la aplicación, esto se logra a través de los puntos de acceso creados en tareas anteriores. Para los implementar los controles de iluminación, se da uso del protocolo *websocket*, lo que permite una latencia menor, además de un menor tráfico *http* en la red. Para esto se debe crear un controlador en el *frontend* que contenga las funciones y variables que utiliza *websocket* para conseguir el intercambio de información con el *back-end* en el microcontrolador. En la figura 17 se encuentra la interface del controlador de *websocket* con las funciones y variables que se implementa.

Figura 17. Interface del controlador de websocket

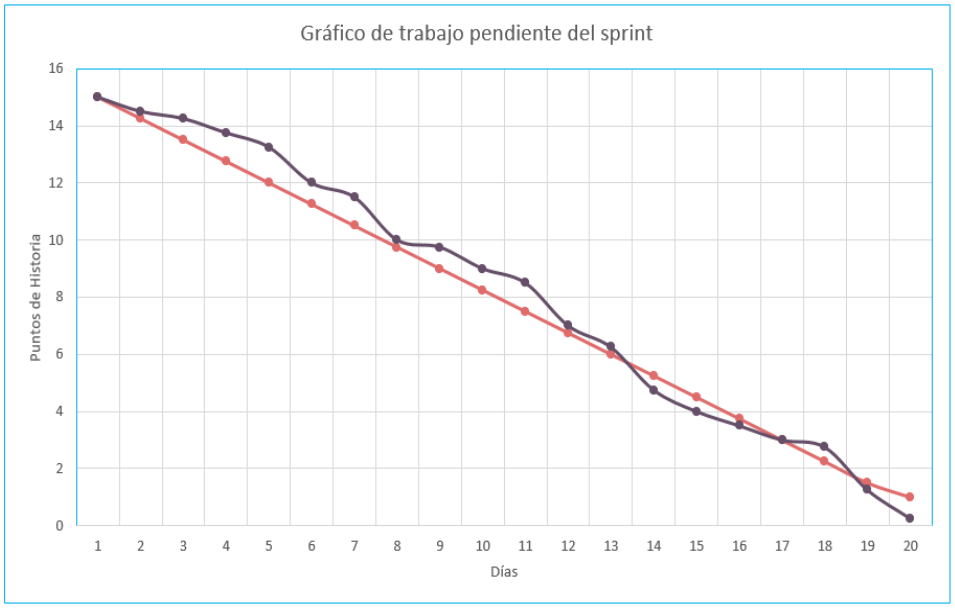
```
export interface WebSocketControllerProps<D> extends
  handleValueChange: (name: keyof D) => (event: React

  setData: (data: D, callback?: () => void) => void;
  saveData: () => void;
  saveDataAndClear(): () => void;

  connected: boolean;
  data?: D;
}
```

La parte visual e interactiva que corresponde a la aplicación web está siendo construida con la librería *React*, la cual es desarrollada y aplicada dentro de la compañía *Meta*, antes llamada *Facebook*, y es empleada para la creación y manteniendo de aplicaciones de *frontend*. Respecto a los elementos gráficos a ser utilizados, estos fueron tomados de una la biblioteca de *CSS Material-UI*, la cual cuenta con una gran variedad de utilidades personalizables con *React.*

4.3.2.1. Gráfica de trabajo pendiente de Sprint I

En la figura 18 está la gráfica de trabajo pendiente correspondiente al *sprint* I, en la que se plasmó el flujo de desarrollo. Los valores verticales representan los puntos de historia, mientras que los horizontales cantidad de días de desarrollo.

Figura 18. Interface del controlador de websocket



Puntos de historia		
Día	Pendiente	Ideal
1	15	15
2	14.5	14.25
3	14.25	13.5
4	13.75	12.75
5	13.25	12
6	12	11.25
7	11.5	10.5
8	10	9.75
9	9.75	9
10	9	8.25
11	8.5	7.5
12	7	6.75
13	6.25	6
14	4.75	5.25
15	4	4.5
16	3.5	3.75
17	3	3
18	2.75	2.25
19	1.25	1.5
20	0.25	1

4.3.3. Sprint II

4.3.3.1. Planificación del sprint II

La tabla 14 corresponde al trabajo del segundo periodo de desarrollo.

Tabla 14. *Sprint Backlog 2*

Objetivo del sprint: Desarrollar la segunda versión del prototipo.					
Sprint	Historia	Est.	Categoría	Tarea de ingeniería	Est.
2	HU3 – Atenuación de luces.	5	Diseño	Definir esquema atenuadores	0.5
			Desarrollo	Crear variables nivel brillo	1.5
			Desarrollo	Programar función atenuar	1.5
			Desarrollo	Incluir barra atenuadora	1.0
			Pruebas	Comprobar atenuación	0.5
	HU4 – Temporizado de luces.	6	Diseño	Establecer arreglo de tiempos	0.5
			Desarrollo	Crear estados de tiempo	1.5
			Desarrollo	Programar manejo tiempo	3.0
			Desarrollo	Incorporar seleccionar lapso	1.5
			Pruebas	Comprobar temporizador	0.5
	HU5 – Horario de luces	4	Diseño	Determinar selección horarios	0.5
			Desarrollo	Crear agregar horarios	1.0
			Desarrollo	Crear cuadro de horas	1.0
			Desarrollo	Integrar ingresó periodo hora	1.0
			Pruebas	Comprobar acción de horario	0.5

4.3.3.2. Historia de usuario 4: Atenuación de Luz

La implementación de atenuación requiere nuevas variables para contener los valores numéricos que representen los porcentajes del nivel de iluminación de cada una de las distintas luces indexadas al sistema. También fueron agregadas variables para restringir el uso del control de atenuación. Las variables que son empleadas para los estados de la función de atenuación estas desplegadas en la figura 19.

Figura 19. Variables de atenuación

```
//Bringhtness% state      //Let brightness state
uint8_t ledb1 = 100;      bool letb1 = false;
uint8_t ledb2 = 100;      bool letb2 = false;
```

Las variables de atenuación que fueron implementadas, ahora deben de ser implementas dentro funciones para generar los cambios en los valores que representan dentro de la aplicación, entonces deben ser enviados al microcontrolador, y en consecuencia cambiar el nivel de iluminación. Se puede apreciar el a figura 20 la función que cambia el estado dentro de microcontrolador.

Figura 20. Función de cambio de estado

```
void LightStateService::onConfigUpdated() {
  Serial.println("State Occurred");
  switch (_state.wh)
  {
  case 1:
    analogWrite(5, _state.ledOn1? 1020*_state.ledb1/100 : 0);
    break;
```

Los mecanismos de comunicación con los que cuenta la aplicación para enviar comandos al microcontrolador, deben ser establecidos en las funciones que se encarguen de la tarea de llamen a los manejadores creados para los puntos de acceso que han sido construidos en tareas anteriores. La función que implementa el punto de comunicación para los controles de atenuación está en la figura 21.

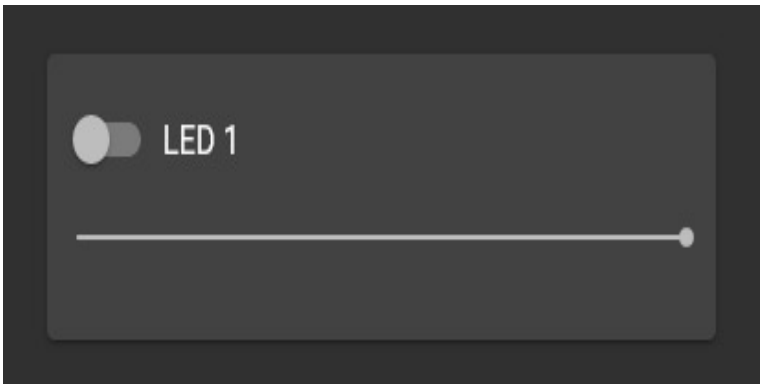
Figura 21. Punto de comunicación de atenuación

```
function LightStateWebSocketControllerForm(props:

  const { data, saveData, setData } = props;

  const changeLedb1 =  (event: React.ChangeEvent<{
    data.led_b1 = value;
    setData(data, saveData);
```

La integración de las funciones para la atenuación en la interfaz gráfica requiere de generar un renderizado condicional en la sección de controles. Dependiendo del estado de las variables booleanas antes establecidas, se mostrará o no la barra de desalimento que es el control que cambia la atenuación en porcentaje dentro de la aplicación.

Para esto la librearía *React* dispone de una clase para el renderizado condicional de *HTML*, mediante un lenguaje conocido como *JSX*, el cual permite escribir sentencias HTML como parte nativa del código de JavaScript. En la figura 22 se encuentra la pantalla de controles de iluminación con una barra de atenuación desplegada pero deshabilitada.

Figura 22. Pantalla de controles de iluminación con atenuación

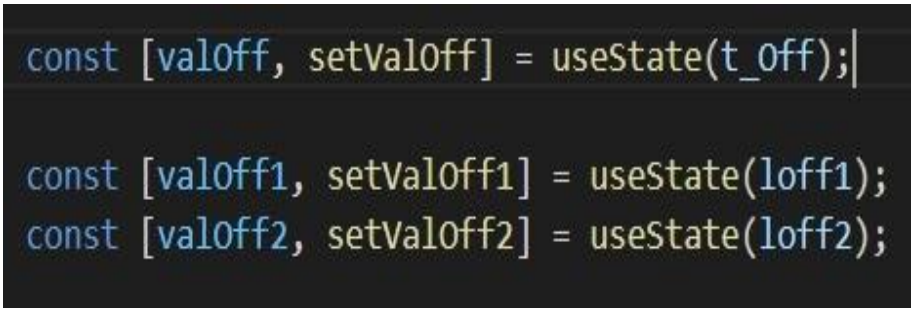


4.3.3.3. Historia de usuario 5: Apagado Temporizado

La opción de apagado temporizado, permite establecer un intervalo de tiempo tras el cual se apagará una o varias luces, en caso de estar encendidas. La implementación de esto requiere de la integración de variables que permitan distinguir las luces es que desean asignar para ser apagadas.

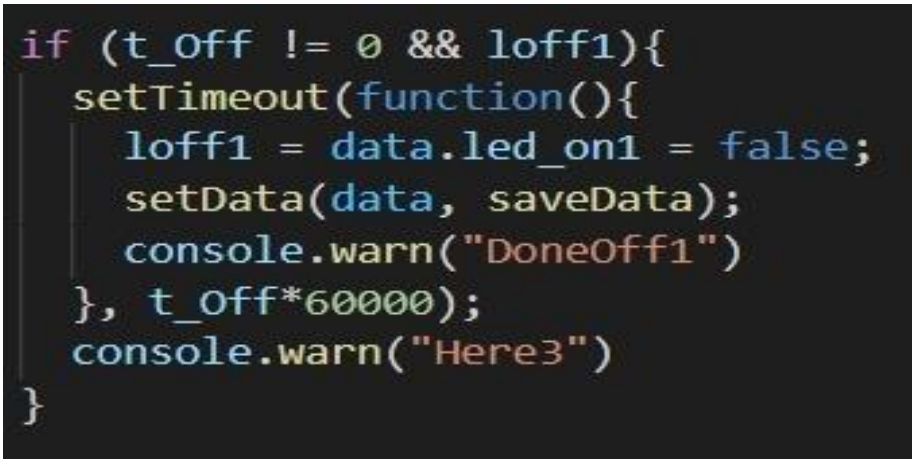
El proceso de esta función es tomar el valor de una caja de texto y distinguir si este valor es válido para establecer un tiempo de apagado, de ser el caso, se transforma la cantidad expresada en minutos a milisegundos y se envía hacia el microcontrolador para apagar las luces establecidas en ese tiempo. En la figura 23 están las variables utilizadas para el apagado temporizado.

Figura 23. Variables de apagado temporizado



La opción de apagado temporizado, permite establecer un intervalo de tiempo tras el cual se apagará una o varias luces establecidas en caso de estar encendidas. La implementación de esto requiere de la integración de variables, que permitan distinguir las luces es que desean asignar para ser apagadas. En la figura 24 se muestra la función que establece el apagado temporizado.

Figura 24. Función de apagado temporizado



El apagado temporizado utilizara *websockets* como punto de comunicación para la comunicación entre la aplicación y el microcontrolador, esto se debe a que esta sección no interactúa directamente con las luces indexas al sistema, sino que forma parte de las opciones del control de luces que son enviadas como una configuración. Esto se debe implementar con los controladores de los puntos de comunicación. La función que se implementa el punto de comunicación para la opción de apagado temporizado de los controles de luces se puede ver en la figura 25.

Figura 25. Punto de comunicación de atenuación

```
handleValueChange = (name: keyof D) => (event:
  const data = { ...this.state.data!, [name]:
  this.setState({ data });
  console.warn([data]);
}
```

Se requiere unos cuantos elementos para desplegase en la interfaz gráfica. Primero un cuadro de texto con etiquetas y valores, en este caso las etiquetas serán establecidas con su valor en minutos. Otro elemento es un renderizado condicional, en caso asignar un tiempo en la caja de texto, se muestra casillas de selección de las luces del sistema que deberán ser seleccionadas para determinar si estas deben ser apagadas. En la figura 26 se muestra como luce la opción para el apagado temporizado en la aplicación.

Figura 26. Opción para el apagado temporizado

4.3.3.4. Historia de usuario 6: Encendido Programado

En el encendido programado, se establece una hora del día para que las luces se enciendan. Primero hace falta cargar los valores de tiempo actual en una variable local. Usando la clase *Date* que manejan hora y fecha para *React*. Una de las mejores cosas de esta clase en general es que simplifica el manejo de tiempo y tienen integración como la misma librería de elementos gráficos que está siendo utilizada. En la figura 27 se aprecia las variables empleadas para el encendido programado en la aplicación.

Figura 27. nodeMCU en protoboard con relé

```
t1.setHours(data.tm_up1h, data.tm_up1m, 0, 0);
t2.setHours(data.tm_up2h, data.tm_up2m, 0, 0);

const [hourer1, exhourer1] = useState(t1);
const [hourer2, exhourer2] = useState(t2);
```

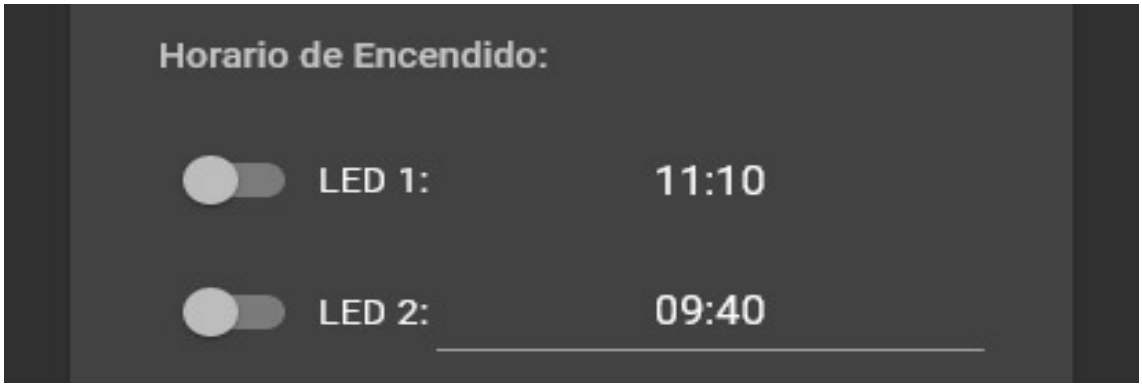
Las variables de encendido programado, se deben implementar en funciones para una entrada de hora y minuto del día en un formato de veinticuatro horas. Con este valor establecido, al guardar la configuración se distingue si la casilla de correspondiente está seleccionada, de ser el caso, mediante unas variables auxiliares se realiza un cálculo entre el tiempo actual y el establecido en milisegundos para ser enviado al microcontrolador. En la figura 28 está la función que establece el encendido programado.

Figura 28. nodeMCU en protoboard con relé

```
if (valtivT2){
  var hrr = new Date(now.getFullYear(), now.getMonth(),
  var millis = hrr.getTime() - now.getTime();
  setTimeout(function(){
    data.led_on2 = true;
    setData(data, saveData);
  }, millis);
  console.warn("Here2")
}
```

Una vez creadas las funciones de encendido programado, se implementan los elementos en la interfaz gráfica. Empezando por unos selectores de tiempo, que fueron sacados de la librería *Material-UI*, y mediante estos selectores se podrá escoger con mayor comodidad la hora y minuto específico para el encendido de las luces. Junto a los selectores, se necesita de unos botones que permitan establecer si es necesario ejecutar el encendido establecido. En la figura 29 se muestra como luce la opción para el encendido programado en la aplicación.

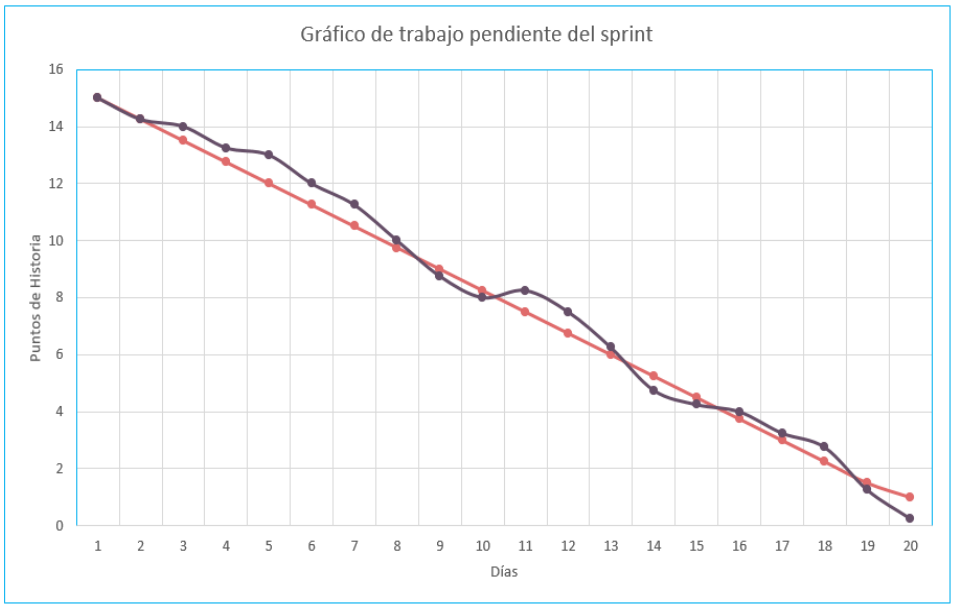
Figura 29. nodeMCU en protoboard con relé



4.3.3.1. Gráfica de trabajo pendiente de Sprint II

En la figura 30 están las gráficas de trabajo pendiente correspondiente al *sprint* II.

Figura 30. Gráfico de trabajo pendiente del sprint.



Puntos de historia		
Día	Pendiente	Ideal
1	15	15
2	14.25	14.25
3	14	13.5
4	13.25	12.75
5	13	12
6	12	11.25
7	11.25	10.5
8	10	9.75
9	8.75	9
10	8	8.25
11	8.25	7.5
12	7.5	6.75
13	6.25	6
14	4.75	5.25
15	4.25	4.5
16	4	3.75
17	3.25	3
18	2.75	2.25
19	1.25	1.5
20	0.25	1

4.4. Validación de la propuesta

El diseño *pretest* y *postest* ayudó a medir las percepciones y actitudes de los participantes antes y después de la aplicación de la tecnología. Este enfoque permitió evaluar el impacto de la tecnología de control de la iluminación respecto a los usuarios, y valorar su eficacia para mejorar su eficiencia y productividad. Al evaluar la eficacia de las implementaciones tecnológicas en la mejorara de la productividad, el consumo de energía y la satisfacción de los usuarios, se puedo comprobar la hipótesis planteada.

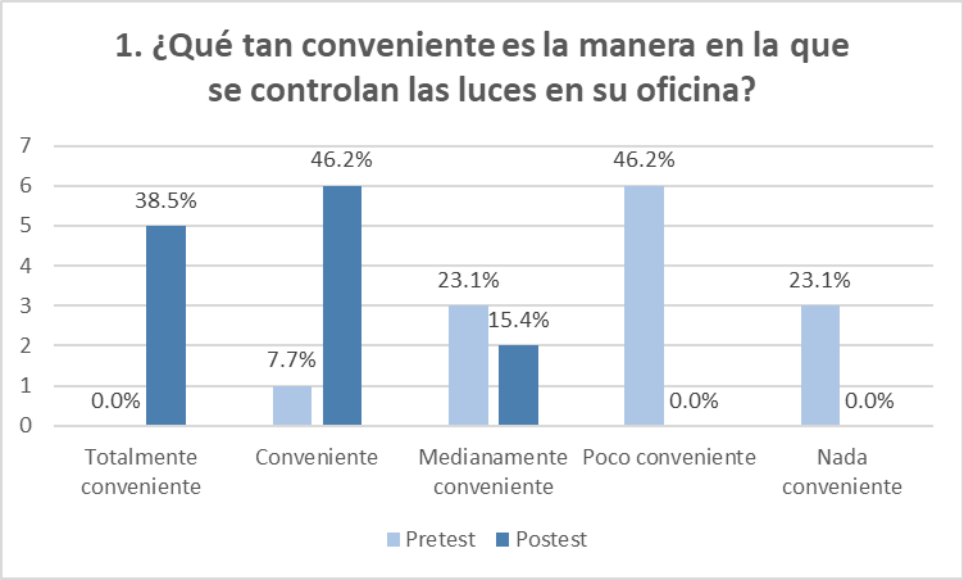
4.4.1. Resultados de las encuestas

Pregunta 1: ¿Qué tan conveniente es la manera en la que se controlan las luces en su oficina?

Análisis e interpretación: La figura 31 de la pregunta uno, permite apreciar la conveniencia que percibe el usuario respecto al control de las luces en la oficina. Evidenciando que, en el *pretest*, se encuentra un nivel de percepción de “poco conveniente” con 46.20%, “nada conveniente” y “medianamente conveniente” con un porcentaje de 23.10%, seguido de un nivel “conveniente” con 7.70% y “totalmente conveniente” con 0%, por tanto, los encuestados opinan en su mayoría que controlar las luces en su oficina es poco conveniente.

Posterior a la aplicación del modelo, para el *postest* se comprobó como el nivel “conveniente” aumentó en un 46.20%, el nivel “totalmente conveniente” aumentó en 38.50%, y también “medio conveniente” bajó a 15.40%. Con estos datos obtenidos, es posible evidenciar como el personal en la empresa, aumentó su percepción de la conveniencia del uso de la iluminación, provocando que las cifras del “poco conveniente” y “nada conveniente” descendieran a 0%, evidenciando el beneficio de la aplicación.

Figura 31. Gráfico de barras pregunta 1.

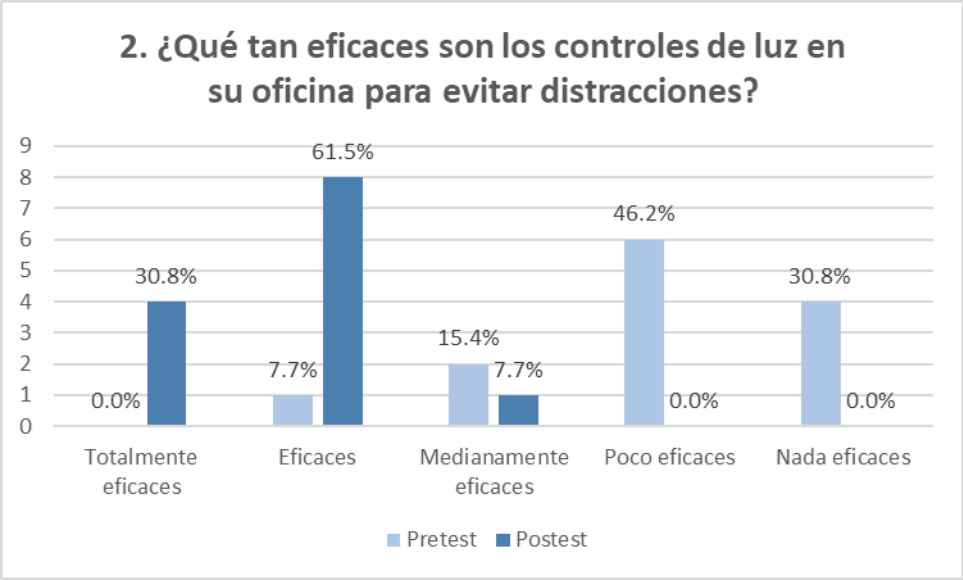


Pregunta 2: ¿Qué tan eficaces son los controles de luz en su oficina para evitar distracciones?

Análisis e interpretación: En la figura 32 de la pregunta dos, se verifica la eficacia de los controles de las luces en la oficina para evitar que el empleado se distraiga de sus ocupaciones. En el *pretest*, se plantea un nivel de aceptación de “poco eficaces” con 46.20%, “nada eficaces” con un porcentaje de 30.8%, seguido de un nivel “medianamente eficaces” con 15.4%, “eficaces” con 7.7% y “totalmente eficaces” con 0%, entonces la eficacia de los controles de luz para evitar distracciones, fue de poco eficaz para la mayoría de los encuestados que trabajan en oficina, siendo que los encuestados que tienen otras actividades que realizar fuera de oficina constantemente, no se sentían afectados mayormente.

Con el sistema propuesto en marcha, para el *postest* se comprobó como el nivel “eficaces” aumentó en un 61.5%, el nivel “totalmente eficaces” aumentó en 30.8% y a su vez el nivel “medianamente eficaces” bajó a 7.7%. Al procesar la información recolectada, se evidencia como los oficinistas aceptaron la eficacia de la aplicación propuesta, instando a que las cifras de “poco eficaces” y “nada eficaces” descendieran a 0%.

Figura 32. Gráfico de barras pregunta 2.

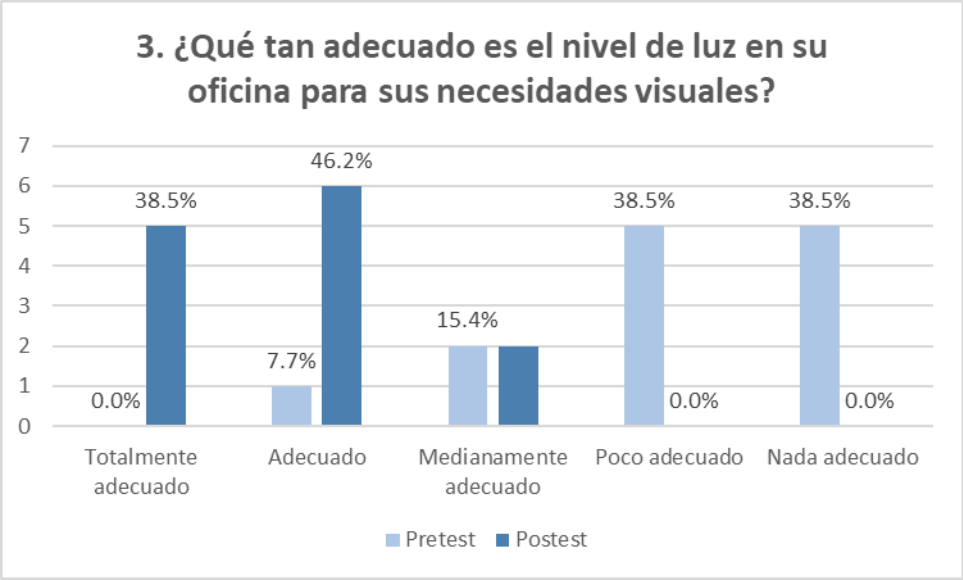


Pregunta 3: ¿Qué tan adecuado es el nivel de luz en su oficina para sus necesidades visuales?

Análisis e interpretación: En el gráfico 33 de la pregunta tres, se identifica como perciben el nivel de luz en la oficina para las necesidades visuales de sus ocupantes. En el *pretest*, se establece un nivel de aceptación de “poco adecuado” y “nada adecuado” con un porcentaje de 38.5%, seguido de un nivel “medianamente adecuado” con 15.4%, “adecuado” con 7.7% y “totalmente adecuado” con 0%. Se presenta entonces que los usuarios durante el día lo consideran poco o nada adecuado para la salud visual, en la mayoría de los encuestados que trabajan en oficina, porque no utilizan otra forma de iluminación que no sea la artificial.

Para el *postest,* se probó el nivel “adecuado” como el más alto con 46.2%, y el nivel “totalmente adecuado” subió a 38.5%, se verificó también que el nivel “medianamente adecuado” mantiene el mismo rango en las dos encuestas con un 15.4%. Los empleados de la oficina en la empresa consideran que la aplicación, al poder regular la iluminación mejora su visibilidad y mitiga sus necesidades lumínicas, logrando que las cifras de “poco adecuado” y “nada adecuado” descendieran a 0% en la encuesta.

Figura 33. Gráfico de barras pregunta 3.

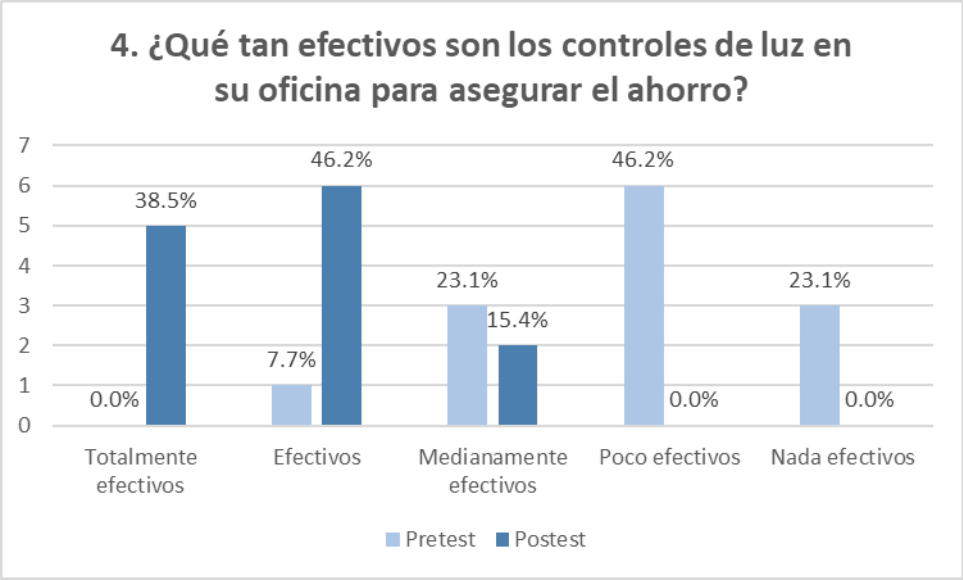


Pregunta 4: ¿Qué tan efectivos son los controles de luz en su oficina para asegurar el ahorro?

Análisis e interpretación: En la figura 34 de la pregunta cuatro sobre los controles electrónicos, el *pretest* reveló el nivel “poco efectivo” con un 46.2%, llegando a un nivel “medianamente efectivo” y “nada efectivo’’ con 23.1%, “efectivo” con 7.7% y 0% para el nivel “totalmente efectivo”. Los sujetos encuestados opinan que: en un 46.2 % no se cumple con un real propósito de ahorro energético, un 23.1% consideran que esta en un nivel de medio a abajo y los califican como nada efectivos o medianamente efectivos. Un 7.7% considera que producen ahorro energético en su desempeño, es decir son eficaces.

Durante el *postest*, se observó como el nivel “efectivo” tuvo un repunte de 46.2%, siguiéndole de cerca el nivel “totalmente efectivo” con 38.5%, lo que demuestra que se considera el tema del ahorro como mejorado. A su vez el nivel “medianamente efectivo” decreció a 15.4% y los niveles “poco’’ o “nada efectivo” no tuvieron apoyo ante la perspectiva de un ahorro eficaz de luz. Por consiguiente, se logró unificar criterios, gracias a la aplicación propuesta del modelo *IoT* en un 46% de aceptabilidad, en comparación a la efectividad del sistema previo.

Figura 34. Gráfico de barras pregunta 4.

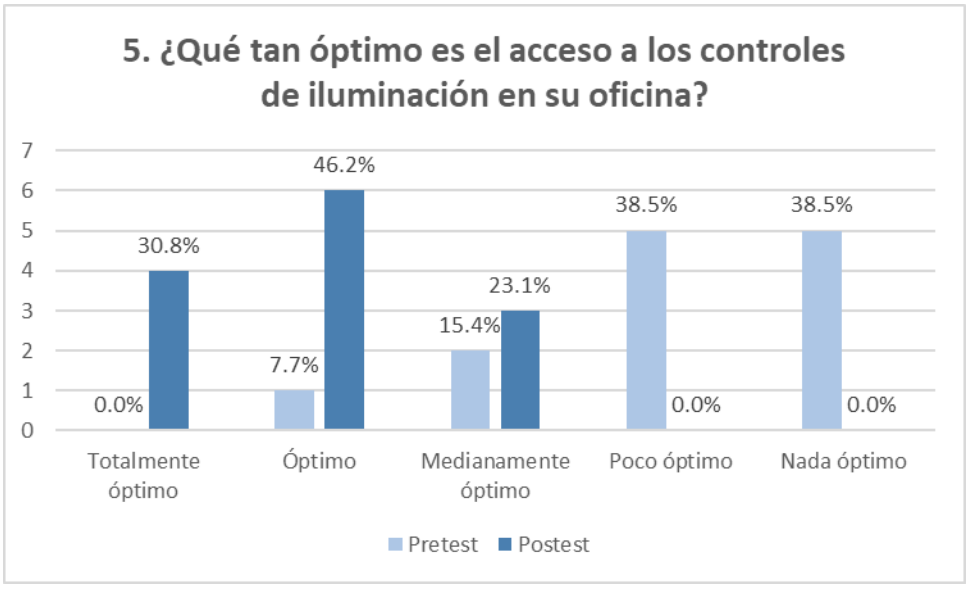


Pregunta 5: ¿Qué tan óptimo es el acceso a los controles de iluminación en su oficina?

Análisis e interpretación: La figura 35 muestra que de acuerdo a la encuesta realizada en el *pretest* al grupo de usuarios, se constató que el 38.5% considera a partes iguales “poco” o “nada” óptimo su acceso a los controles de iluminación en sus puestos de trabajo, lo cual no permite calibrar la cantidad de luz que requieren sus labores y necesidades visuales individuales, de igual manera con el 15.4% en su nivel de percepción contestaron que es poco óptimo su acceso a los controles de iluminación, “óptimo” con 7.7% está de acuerdo al acceso. Por tanto, no existe aceptación en su mayoría entre los usuarios, pues no encuentran optimo su uso y acceso a los controles de iluminación.

Para el *postest*, se presenta el escenario de la aplicación de iluminación *IoT*, con el porcentaje de respuestas del nivel “óptimo” que subió a 46.2%, “totalmente óptimo” se posicionó con 30.8%, “medianamente optimo’’ subió a 23.1%, mientras que ‘’poco óptimo” y “nada óptimo” se encontraron teniendo nula aceptación de los usuarios. Por consiguiente, mejora el nivel de optimización al aplicar el sistema que permite el acceso comprensible y adecuado a los controles de iluminación de cada oficina.

Figura 35. Gráfico de barras pregunta 5.

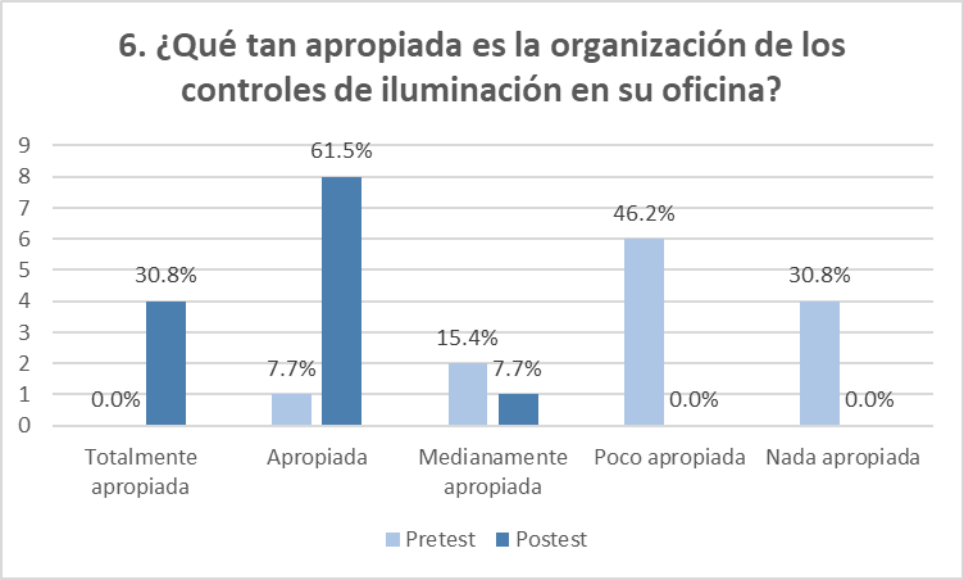


6. ¿Qué tan apropiada es la organización de los controles de iluminación en su oficina?

Análisis e interpretación. En la figura 36 muestra que el 46.2% del total opinaron que es poco apropiada la organización de los controles de iluminación en sus sitios de trabajo, advirtiendo una estructura ambigua, que dificulta su utilización. Con un porcentaje ligeramente menor de 30.8%, sostiene que es “nada apropiada” la organización de los controles de luz, el resto sostiene que los controles están ‘’apropiados” y ‘’medianamente organizados” en un 15.4%. Por tanto, se encontró un nivel alto de usuarios con dificultad para interactuar con los sistemas de iluminación.

En el *postest*, al plantear el nuevo formato de control mediante el modelo de iluminación *IoT*, el 61.5% lo encontró “apropiado”, un 30.8% lo vio “totalmente apropiado”, un miembro del personal que seguramente conocía la estructura de los controles consideró que estaría “medianamente apropiado”. Por lo tanto, las dos opciones que en el *pretest* tuvieron más votación quedaron con 0% al conocer cómo se producen las mejorar en la organización de los controles de iluminación, con el sistema propuesto para reemplazar el actual formato.

Figura 36. Gráfico de barras pregunta 6.

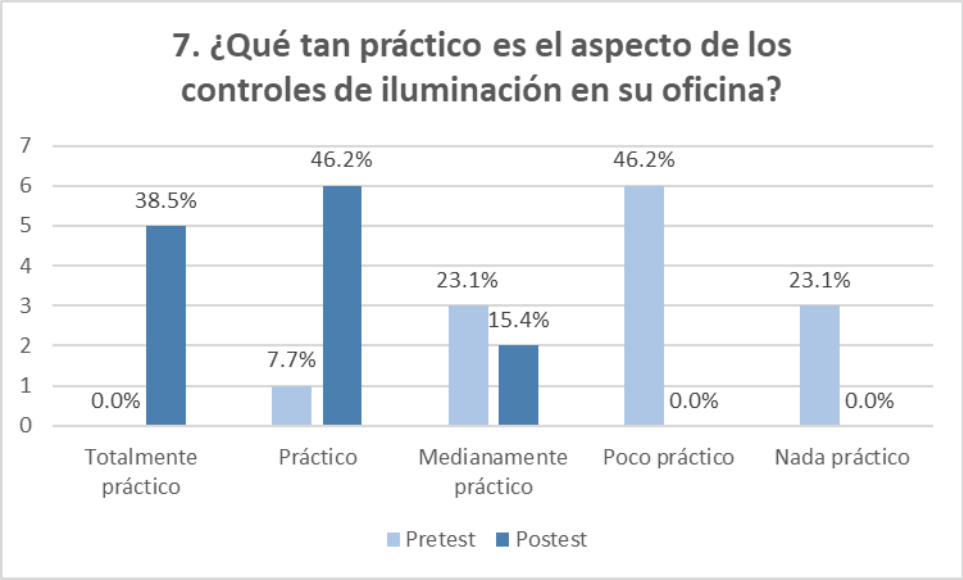


7. ¿Qué tan práctico es el aspecto de los controles de iluminación en su oficina?

Análisis e interpretación: En el *pretest*, mostrado en la figura 37 el grupo de personas consultadas contestó sobre el aspecto de los controles de iluminación y su practicidad en las labores cotidianas. En un nivel alto de desacuerdo considerándolo ‘’poco práctico” salió un 46.2%, otra opinión mayoritaria tuvo el mismo nivel en ‘’nada práctico” y ‘’medianamente práctico’’ con un 23.1% del aspecto de los controles de iluminación, pues no da paso para utilizarlos correctamente a simple vista, lo que denota al constatar que solo el 7.7% lo consideró ‘’práctico’’. Por lo tanto, se evidencia que el sistema actual para controlar la iluminación en las oficinas no les permite utilizarlos de manera práctica y cómoda.

Al realizar el *postest*, un elevado porcentaje escogió la opción “práctico’’ en un 46%, ‘totalmente práctico’’ en un 38,5%, ‘medianamente práctico’’ en un 15.4%, demostrando la aceptación de la aplicación propuesta. Las opciones que en el *pretest* fueron mayoría, en el *postest* fueron de 0%. Por consiguiente, al conocer las bondades de sistema de iluminación, que está alejado de los inconvenientes del modo tradicional, el 46% aceptó el cambio a las nuevas tecnologías.

Figura 37. Gráfico de barras pregunta 7.

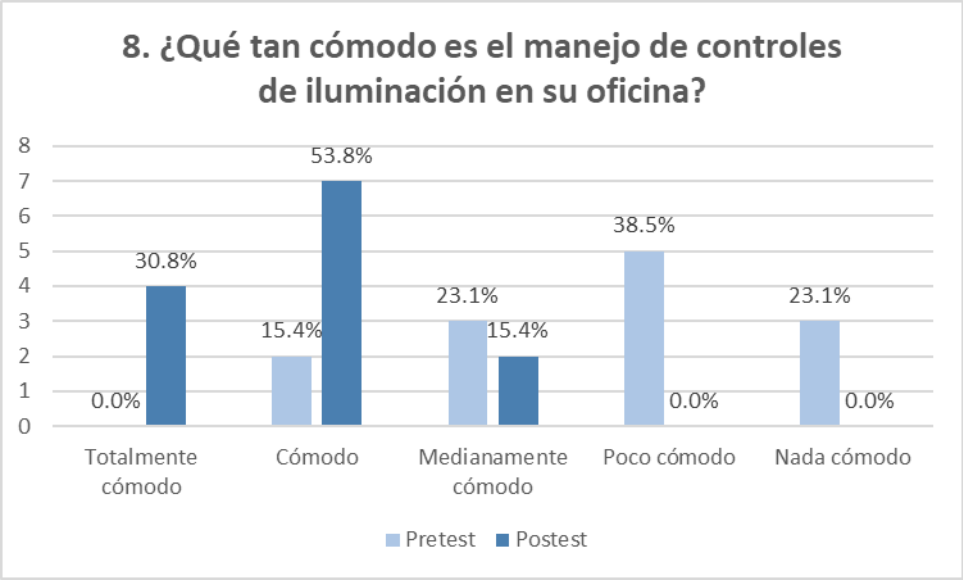


8. ¿Qué tan cómodo es el manejo de controles de iluminación en su oficina?

Análisis e interpretación: La figura 38 muestra que, durante la ejecución del *pretest*, en un porcentaje del 38.5% opinó que el manejo de los controles de iluminación en sus sitios de trabajo es ‘’poco cómodo’’, de dificultoso acceso y baja operatividad, un 23.1% lo considera ‘’nada cómodo’’, y un 23.1% lo consideran “medianamente cómodo’’, pero ya reconocen el sistema porque lo ocupan diariamente, el 15,4% evidencia que lo considera ‘’cómodo”. Por lo tanto, la mayoría encuentran poco cómodo el manejo del sistema de interruptores.

Al conocer la aplicación del sistema *IoT*, para el *postest*, los porcentajes de aceptación por su manejo fueron del rango de “cómodo” en un 53.8%, ‘’totalmente cómodo’’ en un 30.8%, los que le consideraron “medianamente cómodo” fueron los mismos que el *pretest* estaban acostumbrados a su uso con un porcentaje de 15.4%. Los porcentajes de ’poco cómodo’’ y ‘’nada cómodo’’ no se tomaron en cuenta por los participantes con 0%. Por consiguiente, los encuestados que votaron en el *pretest* con un alto nivel de insatisfacción, ahora se sienten cómodos en un porcentaje del 53%, superior a la mitad de los encuestados.

Figura 38. Gráfico de barras pregunta 8.



4.5. Validación de la hipótesis

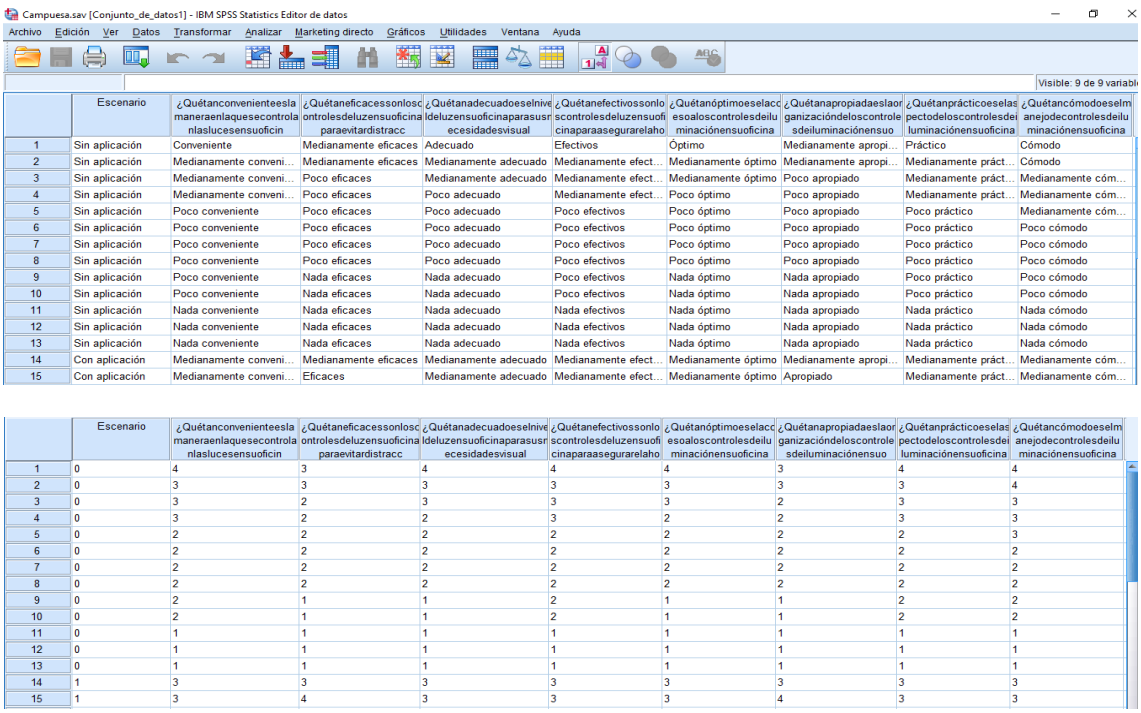
La validación de la hipótesis se consiguió con el planteamiento de los escenarios: sin sistema *IoT* y con sistema *IoT*, que cuentan con los valores de 0 y 1 respectivamente como se parecía en la tabla 15. Se enfatiza que cada pregunta planteada en la investigación contaba con su respectiva escala de Likert, lo que permitió medir la comprensión y opinión de cada encuestado.

Tabla 15. Escenarios de recodificación

Escenarios	Recodificación
Sin aplicación	0
Con aplicación	1

Las respectivas escalas de asignadas a cada pregunta, fueron recodificadas de cualitativas a cuantitativa con valores del 1 al 5, para ejecutar sobre estos valores la prueba estadística necesaria y validar la hipótesis. En la figura 39 se encuentra el ingreso de la información que fue valida mediante el *software SSPS*.

Figura 39. Recodificación en el software SPSS



De este modo, se comprueba la validez de la hipótesis H1: El sistema *IoT* influye significativamente en el control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo. En la tabla 16 se presentan los resultados.

Tabla 16. Análisis cruzado de los indicadores en función de la aplicación

Preguntas	x^2	gl	p
¿Qué tan conveniente es la manera en la que se controlan las luces en su oficina?	16,554	1	0,001
¿Qué tan eficaces son los controles de luz en su oficina para evitar distracciones?	20,480	1	0,001
¿Qué tan adecuado es el nivel de luz en su oficina para sus necesidades visuales?	16,503	1	0,001
¿Qué tan efectivos son los controles de luz en su oficina para asegurar el ahorro?	16,554	1	0,001
¿Qué tan bueno es el acceso a los controles de iluminación en su oficina?	16,333	1	0,001
¿Qué tan apropiada es la organización de los controles de iluminación en su oficina?	20,480	1	0,001
¿Qué tan práctico es el aspecto de los controles de iluminación en su oficina?	16,554	1	0,001
¿Qué tan cómodo es el manejo de controles de iluminación en su oficina?	14,182	1	0,001

5. DISCUSIÓN

Tal y como se plantea en el primero de los objetivos específicos, se examinaron los datos conseguidos con la encuesta y la entrevista realzada a la empresa. Se puede distinguir los puntos débiles en las etapas del proceso para la gestión y control del uso de la iluminación. Entonces, mediante la utilización del sistema *IoT* para el control de iluminación, se consiguió brindar una mejora al proceso descrito, y solventar las necesidades de los oficinistas. De la misma manera que Namirimu (2016); Mähler & Holmström-Westergren (2018) en sus respectivos trabajos, fue posible conocer el desenvolvimiento con el uso de *IoT* respecto a las particularidades de cara al usuario, además de las ventajas empresariales con la adaptabilidad de *IoT*.

En concordancia con el segundo de los objetivos específicos planteados, fueron escogidas las tecnólogas aplicables para la creación un prototipo de sistema *IoT,* mediante una matriz de selección de Pugh, con criterios de adaptabilidad al sistema propuesto. Fueron puestos a comparación los elementos: el microcontrolador, *framework* de *JavaScript*, *CSS* y el protocolo para la comunicación. Los elementos escogidos son una mezcla de los que fueron utilizados por Hu et al (2018); Vikram et al (2017); Taştana & Gökozanb (2018), que construyeron sistemas similares y evidenciaron en sus resultados la versatilidad de la aplicación de *IoT* en los hogares. A diferencia de este estudio, los anteriores no reflejan los desafíos y particularidades de *IoT* en empresas.

Respecto al tercero de los objetivos específicos, se aplicó la metodología de desarrollo ágil *Scrum*, su propósito es determinar un plan de desarrollo relevante para los objetivos del proyecto. Mediante la planificación se priorizó tareas de desarrollo principales del producto desde la perspectiva de los interesados. Tal y como indica Parsons et al (2018), a través de los artefactos y eventos establecidos por la metodología de trabajo *Scrum*, se puede asegurar el progreso apropiado de un proyecto, incorporando todas las facetas, así como con sus desafíos técnicos y costos asociados.

Para desarrollar el sistema, se empleó el editor de código *Visual Studio Code* con el cual se organizaron las librearías *React*, y *Material-UI*, en la construcción de la interfaz de usuario para organizar las funciones y controles del sistema, con un diseño limpio y moderno. También fue instalada la extensión *Platformio,* que permite manejar de manera óptima las librerías y configuraciones del microcontrolador esp8266, se consiguió de esta manera que el microcontrolador sea capaz de correr un pequeño servidor, que utilice los protocolos de comunicación *websockets* para la interacción entre dispositivos.

La interfaz de usuario se comunica con el servidor a través de *websockets*, lo que permite manejar en tiempo real el estado de las luces. Fueron añadidas funcionalidades al servidor para gestionar las solicitudes entrantes de la interfaz de usuario y enviar comandos al microcontrolador para ajustar las luces en consecuencia. Por último, se comprobó el sistema a fondo, asegurando de que las luces respondían correctamente con interfaz de usuario en todas sus funciones. El sistema resultó siendo una forma fácil para controlar las luces utilizando tecnologías modernas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Contando con la información obtenida de la entrevista, se generó un diagrama de procesos que permitió visualizar el manejo de las luces dentó de la empresa, mediante el cual se propuso un sistema *IoT* para controlar las luces en las instalaciones de la empresa, este es manejado con una aplicación web desde teléfonos inteligentes y computadoras. Se vio reflejado un gran interés por parte de los usuarios en las ventajas que proporciona el uso de este tipo de sistema. Así mismo, se pudo conocer los desafíos que existen en la implementación de estos sistemas.

En el apartado de selección de las tecnologías aplicables, se contrastaron las alternativas principales para crear un sistema de control de iluminación remoto aplicando conceptos de *IoT* y tecnologías web. De esta manera es como fueron tomadas las tecnologías más adecuadas que formaron parte el proyecto. Basándose en múltiples criterios de cada elemento, se consiguió la creación y montaje del sistema.

Bajo las pautas obtenidas de los objetivos previos, se desarrolló el prototipo del sistema, que permitió demostrar el potencial que tiene *IoT* para optimizar el control de luces. El prototipo consistió en un microcontrolador conectando *leds* en una *protoboard* para ser controlados desde un navegador en dispositivos como teléfonos inteligentes o computadoras. Las funciones conseguidas con este prototipo fueron: interrupción y atenuación remota de luces, temporizar apagado y encendido programado.

Finalmente, la información conseguida con los instrumentos de recogida de datos en 2 escenarios, antes y después del sistema, se procesó con el *software SPSS*, para ser sometido a un análisis estadístico chi cuadrado. Como resultado es posible concluir que dentro de la empresa Campuesa S.A., el sistema *IoT* impacta de manera significativa en el uso de la iluminación.

6.2. Recomendaciones

Cuando se ejecuten las herramientas como encuestas y entrevistas en la recopilación de información para desarrollar un sistema informático, es recomendable que se dé a conocer previamente a los participantes e interesados, acerca de las características del sistema propuesto e identificar el nivel de entusiasmo, y así detallar de forma adecuada la redacción de los cuestionarios y las indicaciones para efectuar la obtención de la información.

Al momento de realizar una selección entre alternativas de tecnología para la creación de un proyecto, es recomendable realizar una lista de prioridades respecto de los elementos sujetos a comparación, para que estos tengan una mejor adecuación al proyecto en lugar de la superioridad técnica con la que estos puedan contar, además es posible conseguir una mayor objetividad si los elementos son seleccionados juzgando por pares, es decir comparar únicamente entre dos elementos a la vez.

Para proyectos que involucren sistemas *IoT*, más allá de creación de prototipos o desarrollo de fases beta, se recomienda hacer uso de componentes de bajo consumo para incrementar la vida útil de los circuitos y el rendimiento de las baterías en escenarios donde se requiera su utilización.

7. REFERENCIAS

Agencia De Regulación Y Control De Energía Y Recursos Naturales No Renovables ARCONEL. (2020). Metodología Operación Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Dirección de Estudios e Información del Sector Eléctrico.

Aguirre, V., Ortu, A., Delía, L., Thomas, P., Corbalán, L., Cáseres, G., & Pesado, P. (2019). PWA para unificar el desarrollo Desktop, Web y Mobile. La Plata, Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-688-377-1

Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la Republica del Ecuador. Obtenido de OAS: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Cisco Networking Academy Netacad. (2019). Introduction to IoT. Recuperado el Nov de 2022, de https://www.netacad.com/courses/iot/introduction-iot

Flores, F., & Cossio, E. (2021). Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura. Academia Journals. ISSN online 1946-5351

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa ,cualitativa y mixta. Mexico D.F., Mexico: Mc Graw Hill Education. ISBN: 978-1-4562-6096-5

Hu, C.-L., Chan, T.-K., Wen, Y.-C., Tantidham, T., Sanghlao, S., Yimwadsana, B., & Mongkolwat, P. (2018). IoT-Based LED Lighting Control in Smart Home. Chiba, Japan: IEEE. doi:10.1109/ICASI.2018.8394405

Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC . (2019). Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC 2019. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic-2019.

Joshi, A., & Dandekar, I. (2019). Pugh Matrix and Kano Model-The Significant Techniques for Customer's Survey. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.

Mähler, V., & Westergren, U. (2018). Working with IoT: A Case Study Detailing Workplace Digitalization Through IoT System Adoption. En Springer, IFIP International Internet of Things Conference (págs. 178-193). Poznan, Poland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15651-0_15

Mohan, M., & Gengaje. (2015). Implementation of Lamp Dimmer And Fan Controller System: A PSoC Approach. Madhura Mohan Arole. ISSN 2229-5518

Namirimu, V. (2016). User requirements for Internet Of Things (IoT) applications: An Observational Study. Karlskrona, Sweden: LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN: 3659879290

Parsons, D., Thorn, R., Inkila, M., & MacCallum, K. (2018). Using Trello to Support Agile and Lean Learning with Scrum and Kanban in Teacher Professional Development. En IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (págs. 720-724). Wollongong, Australia: IEEE. doi:10.1109/TALE.2018.8615399

Saavedra, E., J, R., & J, L. (2017). Sistemas de Iluminación, situación actual y perspectivas. doi:DOI:10.21754/tecnia.v26i2.57

Sadikin, N., Sari, M., & Busye, S. (2019). Smarthome Using Android Smartphone, Arduino. Journal of Physics: Conference Series. doi:10.1088/1742-6596/1361/1/012035

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan Nacional 2021 – 2025. http://oportunidades.planificacion.gob.ec/Plan2125/

Taştan, M., & Gokozan, H. (2018). An Internet of Things Based Air Conditioning and Lighting Control System for Smart Home. American Scientific Research Journal for Engineering, 181-189. doi:ISSN: 2313-440

Vikram, N., and Harish, K., Nihaal, M., Umesh, R., & Kumar, S. (2017). A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things (IoT). Hyderabad, India: IEEE. doi:10.1109/IACC.2017.0048

8. ANEXOS

Anexo 1. Carta de asignación y aprobación, tabla de recursos y cronograma

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Santo Domingo
Dirección de investigación

PUCE

Santo Domingo, 16 de septiembre de 2021

Señor
Danilo Changuin, Ing.
Gerente General de Campuesa S.A. del cantón Santo Domingo.

Presente. -

Reciba un atento saludo de quienes formamos parte de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo.

Por medio del presente informo a usted que el Sr. **Enrique Javier Olmedo Miranda** con C.C. 171728767-4, es estudiante del noveno nivel, asignatura TA-III, Escuela de Ingeniería de sistemas.

Actualmente se encuentra elaborando su Trabajo de Titulación denominado: **SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO**, por tal motivo, solicito muy comedidamente, se le permita desarrollar en su Institución las siguientes actividades:

ACTIVIDADES:

- Solicitar información relacionada al estudio a los departamentos respectivos.
- Aplicación de la encuesta a todos los Socios y secretarias de la compañía Camuesa S.A.
- Aplicación de la entrevista al Gerente General de la compañía Camuesa S.A.
- Presentación de los avances de las funcionalidades del producto (productos mínimos viables).

El estudiante deberá mantener la disciplina durante su estancia en la Institución, así como acogerse a las normativas necesarias para su desempeño.

Es necesario aclarar que los resultados de la investigación serán difundidos, mismos que previamente deberán ser comunicados a su persona a partir de lo cual le emitirá una carta que avale el impacto generado.

De antemano le agradezco su amable atención y ayuda en formar profesionales idóneos para servir a la sociedad.

Cordialmente,

Mg. Francisco Sánchez Parrales
DIRECTOR INVESTIGACIÓN PUCE SD
C.I.: 1756702669
investigacion@pucesd.edu.ec
(02)3702868 Ext. 204

Vía A Chone Km. 2, Calle San Cristóbal e Isla Santa Cruz
Apartado postal 230105
Teléfono: (+593 02) 3702868 ext. 105
Santo Domingo - Ecuador www.pucesd.edu.ec

PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
Personal			
Programador	1	$ 800.00	$800.00
Oficina			
Computadora	1	$ 1,300.00	$1,300.00
Router	1	$ 100.00	$100.00
Cable ethernet	1	$ 10.00	$10.00
Escaner	1	$ 100.00	$100.00
Impresra	1	$ 200.00	$200.00
Tinta	2	$ 15.00	$30.00
Servicios			
Servicio de Internet	12	$ 31.00	$372.00
Alimentacion	12	$ 60.00	$720.00
Transporte	12	$ 15.00	$180.00
Proyecto			
Microcontrolador	2	$ 15.00	$30.00
Circuito de pruebas	2	$ 5.00	$10.00
Juego de Cables	1	$ 5.00	$5.00
		TOTAL	$3,857.00

N°	ACTIVIDADES	2022							
		JUNIO				JULIO			
		1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
1	Reunion Sprint 1								
1	Conexión de red WiFi								
2	Login de Usuario								
3	Interuptores Digital								
4	Reunion Sprint 2								
5	Atenuación de luces								
6	Temporizado de Luces								
7	Horario de Luces								

Anexo 2. Carta de impacto, Acta de entrega, Consentimiento informado

CAMPUESA
DISTRIBUCIÓN Y VENTAS

Santo Domingo, 31 de marzo de 2023

PhD. Yullio Cano
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE SANTO DOMINGO

Presente. -

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo y deseos de éxitos en sus delicadas funciones.

Por medio del presente, pongo en su conocimiento que el proyecto de disertación de grado titulado "**SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO**"; elaborado por el **Sr. Enrique Javier Olmedo Miranda**, ha favorecido al desarrollo de esta entidad privada, generando un impacto en los procesos laborales de la entidad.

Por la atención dada a la presente, me suscribo a usted.

Atentamente,

Ing. Danilo Changuin
GERENTE GENERAL

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Santo Domingo
Dirección de Investigación y Postgrados

PUCE

ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN

En la ciudad de Santo Domingo de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador, siendo las 09 horas del día 18 de noviembre de 2022, en las instalaciones del establecimiento compañía Campuesa S.A., comparecen:

El gerente general Ing. Danilo Changuin y el señor Enrique Olmedo, estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo, y una vez culminado el Trabajo de Titulación de Grado "**SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO**" se procede a la entrega de:

- Aplicación web
- Manual de usuario
- Manual Técnico
- Capacitación a los Usuarios

Para constancia de lo actuado, en conformidad y aceptación, firma el interviniente la presente acta de entrega-recepción en dos ejemplares.

Entrega:

Sr. Enrique Olmedo
Estudiante de la PUCE-SD

Recibe:

Ing. Danilo Chonguin
GERENTE GENERAL

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Santo Domingo
Dirección de Investigación y Postgrados

PUCE

Consentimiento Informado

En la compañía Campuesa S.A., libre y voluntariamente participa en el proyecto de Trabajo de Titulación de Grado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Santo Domingo. con el título " SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO ", elaborado por Enrique Olmedo, estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas.

Luego de firmar este documento certifico lo siguiente:

- Recibimos una copia de este documento de consentimiento informado.
- Estamos de acuerdo en que los datos recopilados. fotografías y resultados de este proyecto de Trabajo de Titulación de Grado se publiquen en artículos académicos. conferencias. en páginas web institucionales y en otros medios de comunicación.
- No esperamos recibir beneficios o pago por la participación.

Y a los efectos que procedan. firmamos el presente consentimiento informado. Santo Domingo. 20 de noviembre del 2021.

Firma del gerente general de la compañía la internacional Interneiti:

Ing. Danilo Changuin

Firma del autor del Trabajo de Titulacion de Grado:

Sr. Enrique Olmedo

Anexo 3. Validación de los instrumentos de recolección de información

Santo Domingo, 12 de agosto del 2021

Estimado Mg. Rodolfo Córdova,

De mi consideración:

Deseándole salud y éxitos en su día a día, me dirijo a usted en esta ocasión para solicitar su colaboración, dada su experiencia profesional, en la validación de instrumentos de recolección de datos para una investigación.

A continuación, encontrará las preguntas planteadas para la entrevista y encuesta dirigidas a gerencia y al personal de oficina de la empresa Campuesa S.A. Estos instrumentos permitirán recolectar información de acuerdo al trabajo de titulación de grado **"SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO"**, dirigida al personal de oficina y gerencia.

Para la validación de los instrumentos se adjunta la operacionalización de variables, con la finalidad de que se visualice la relación de las preguntas con las categorías e indicadores. Además, se encuentran divididos los instrumentos en dos partes, la primera corresponde a la entrevista (preguntas de fondo verde para las dos variables) y la segunda a la encuesta (preguntas de la variable independiente de fondo turquesa y las preguntas de la variable dependiente fondo gris).

Gracias por su valiosa colaboración en este trabajo de titulación de grado.

Atentamente,

Enrique Javier Olmedo Miranda
CI: 171728767-4
ejolmedom@pucesd.edu.ec

Santo Domingo, 13 de agosto del 2021

Estimado Dr. Oscar Sebastián Sarasty,

De mi consideración:

Deseándole salud y éxitos en su día a día, me dirijo a usted en esta ocasión para solicitar su colaboración, dada su experiencia profesional, en la validación de instrumentos de recolección de datos para una investigación.

A continuación, encontrará las preguntas planteadas para la entrevista y encuesta dirigidas a gerencia y al personal de oficina de la empresa Campuesa S.A. Estos instrumentos permitirán recolectar información de acuerdo al trabajo de titulación de grado **"SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN EN LA EMPRESA CAMPUESA S.A. DEL CANTÓN SANTO DOMINGO"**, dirigida al personal de oficina y gerencia.

Para la validación de los instrumentos se adjunta la operacionalización de variables, con la finalidad de que se visualice la relación de las preguntas con las categorías e indicadores. Además, se encuentran divididos los instrumentos en dos partes, la primera corresponde a la entrevista (preguntas de fondo verde para las dos variables) y la segunda a la encuesta (preguntas de la variable independiente de fondo turquesa y las preguntas de la variable dependiente fondo gris).

Gracias por su valiosa colaboración en este trabajo de titulación de grado.

Atentamente,

Enrique Javier Olmedo Miranda
CI: 171728767-4
ejolmedom@pucesd.edu.ec

Tabla 1
Operacionalización variable dependiente Control de Iluminación

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Instrumento
Control de Iluminación	Tipos de Control	Manual	¿Qué clase de controles se utiliza actualmente para manejar las luces en las oficinas de la empresa?	Entrevista a Gerencia
		Automático	¿Qué tan satisfecho se encuentra con la forma de controlar la iluminación en su oficina?	Encuesta al Personal
	Funciones	Interrupción	¿Qué aspectos del control de luces se busca mejorar en las oficinas de la empresa?	
		Atenuación	¿Considera que su flujo de trabajo es interrumpido al necesitar encender la luz en su oficina?	Encuesta al Personal
		Temporización	¿Considera que la intensidad de la luz en su oficina se ajusta a sus necesidades visuales?	
	Consumo Eléctrico	Medición	¿Cómo se gestiona durante y al final de la jornada el uso de las luces en la empresa? ¿Qué departamento gestiona el consumo eléctrico en la empresa?	Entrevista a Gerencia
		Ahorro	¿Cómo se procede cuando se abandona una luz encendida en las oficinas de la empresa? ¿Qué tan seguido se percata del gasto eléctrico en su oficina?	Encuesta al Personal

Tabla 2
Operacionalización variable independiente Sistema IoT

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Instrumento
Sistema IoT	Redes e Internet	Protocolos de Comunicación	¿Cómo le parece tener el control de forma remota de la iluminación en su lugar de trabajo mediante internet?	Entrevista a Gerencia
		Medios Inalámbricos	¿Cómo le resulta el acceso a los controles de iluminación en su oficina?	Encuesta al Personal
	Dispositivos Tecnológicos	Dispositivos Inteligentes	¿Conoce los beneficios del Internet de las Cosas para la mejora de procesos empresariales? ¿Qué limitantes tendrían la modificación/intervención en la instalación eléctrica para la implementación de un sistema IoT?	Entrevista a Gerencia
		Dispositivos Programables	¿Qué tan satisfecho está con funcionamiento de los dispositivos de control de iluminación en su oficina?	Encuesta al Personal
	Aplicaciones Informáticas	Aplicación de Escritorio	¿Qué tan adecuada le resulta la organización de los controles de iluminación en su oficina?	Entrevista a Gerencia
		Aplicación Móvil		
		Aplicación Web Progresiva	¿Cómo le resulta la interacción con los controles de iluminación en su oficina?	Encuesta al Personal

PUCE

Entrevista dirigida a la gerencia de la empresa Campuesa S.A.

Las preguntas formuladas para la siguiente entrevista buscan identificar el proceso del control de iluminación en la empresa Campuesa S.A. para realizar una propuesta de intervención.

Baremo:

Claridad: Se refiere si la pregunta está comprendida por los destinatarios.

Pertinencia: Se refiere si la pregunta corresponde con lo que se quiere indagar.

Explique la escala utilizada de las preguntas en cuanto a su claridad y pertinencia tienen una escala valorativa Likert del 1 al 5 (donde 1 es el menor valor y 5 el mayor). Podrá añadir una formulación alternativa y observación, en caso que considere necesario.

Marque con una cruz (X) el tramo del baremo que exprese mejor su juicio "Claridad" y "Pertinencia" sobre los ítems propuestos:

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Tipos de Control)

1. ¿Que clase de controles se utiliza actualmente para manejar las luces en las oficinas de la empresa?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Consumo Eléctrico)

2. ¿Cómo se gestiona durante y al final de la jornada el uso de las luces en la empresa?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Consumo Eléctrico)

3. ¿Qué departamento gestiona el consumo eléctrico en la empresa?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

PUCE

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Consumo Eléctrico)

4. ¿Cómo se procede cuando se abandona una luz encendida en las oficinas de la empresa?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable independiente: Sistema IoT **(Categoría:** Dispositivos Tecnológicos)

5. ¿Cómo le parece tener el control de forma remota de la iluminación en su lugar de trabajo mediante internet?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable independiente: Sistema IoT **(Categoría:** Redes)

6. ¿Conoce los beneficios del Internet de las Cosas para la mejora de procesos empresariales?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable independiente: Sistema IoT **(Categoría:** Dispositivos Tecnológicos)

7. ¿Qué limitantes tendrían la modificación/intervención en la instalación eléctrica para la implementación de un sistema IoT?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Funciones)

8. ¿Qué aspectos del control de luces se busca mejorar en las oficinas de la empresa?

CLARIDAD					PERTINENCIA					FORMULACIÓN ALTERNATIVA	OBSERVACIÓN
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

PUCE

Encuesta dirigida al personal de oficina de la empresa Campuesa S.A.

Tema del Trabajo de Titulación de Ingeniería de Sistemas: Sistema Iot Para El Control De Iluminación En La Empresa Campuesa S.A. Del Cantón Santo Domingo

Objetivo: Identificar las necesidades de la empresa respecto al control de iluminación para realizar una propuesta que permita optimizar este aspecto.

Instrucciones al público objetivo: Conteste las siguientes preguntas de acuerdo a su criterio personal basado en su experiencia con el control de iluminación en su oficina.

PREGUNTAS

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Tipos de Control)

1. ¿Que tan satisfecho se encuentra con la forma de controlar la iluminación en su oficina?
   a) Totalmente satisfecho
   b) Satisfecho
   c) Medianamente Satisfecho
   d) Algo satisfecho
   e) Nada Satisfecho>

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Funciones)

2. ¿Considera que su flujo de trabajo es interrumpido al necesitar encender la luz en su oficina?
   a) Totalmente de acuerdo
   b) De acuerdo
   c) Medianamente de acuerdo
   d) Algo de acuerdo
   e) Nada de acuerdo>

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

PUCE

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Funciones)

3. ¿Considera que la intensidad de la luz en su oficina se ajusta a sus necesidades visuales?
   a) Totalmente de acuerdo
   b) De acuerdo
   c) Medianamente de acuerdo
   d) Algo de acuerdo
   e) Nada de acuerdo>

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

Variable dependiente: Control de Iluminación **(Categoría:** Consumo Eléctrico)

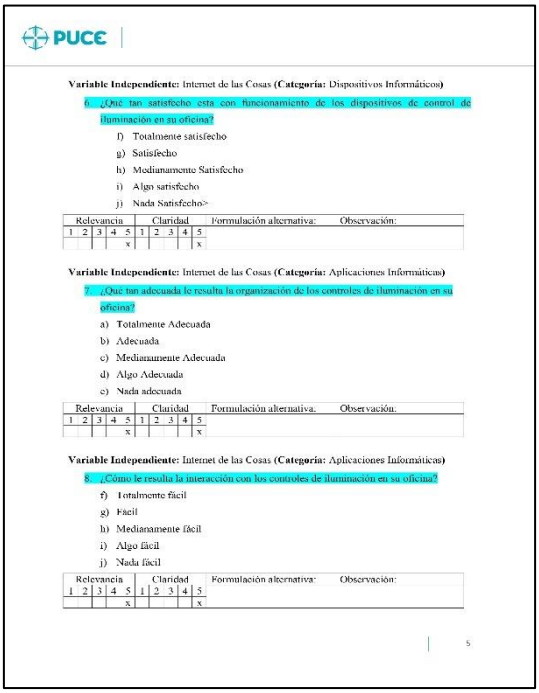
1. ¿Qué tan seguido se percata del gasto eléctrico en su oficina?
   a) Siempre
   b) Casi siempre
   c) En ocasiones
   d) Casi Nunca
   e) Nunca

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

Variable Independiente: Internet de las Cosas **(Categoría:** Redes e Internet)

5. ¿Cómo le resulta el acceso a los controles de iluminación en su oficina?
   a) Totalmente fácil
   b) Fácil
   c) Medianamente fácil
   d) Algo fácil
   e) Nada fácil

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		



PUCE

Variable Independiente: Internet de las Cosas **(Categoría:** Dispositivos Informáticos**)**

6. ¿Qué tan satisfecho esta con funcionamiento de los dispositivos de control de iluminación en su oficina?

f) Totalmente satisfecho
g) Satisfecho
h) Medianamente Satisfecho
i) Algo satisfecho
j) Nada Satisfecho>

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

Variable Independiente: Internet de las Cosas **(Categoría:** Aplicaciones Informáticas**)**

7. ¿Qué tan adecuada le resulta la organización de los controles de iluminación en su oficina?

a) Totalmente Adecuada
b) Adecuada
c) Medianamente Adecuada
d) Algo Adecuada
e) Nada adecuada

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

Variable Independiente: Internet de las Cosas **(Categoría:** Aplicaciones Informáticas**)**

8. ¿Cómo le resulta la interacción con los controles de iluminación en su oficina?

f) Totalmente fácil
g) Fácil
h) Medianamente fácil
i) Algo fácil
j) Nada fácil

Relevancia					Claridad					Formulación alternativa:	Observación:
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
			x						x		

5

PUCE

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Una vez finalizada su validación, puede realizar comentarios, sugerencias o la aprobación, además, es pertinente que agregue sus datos personales.

Comentarios de validación:

Datos informativos del experto

Nombres y Apellidos: Rodolfo Sirilo Córdova Gálvez

Profesión y cargo: Profesor tiempo completo

Título universitario: Magíster en Redes de Comunicaciones

Email: rscordovag@pucesd.edu.ec

Fecha y hora de validación: 12 de agosto del 2021 a las 22h00

Firma

6

PUCE

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Una vez finalizada su validación, puede realizar comentarios, sugerencias o la aprobación, además, es pertinente que agregue sus datos personales.

Comentarios de validación:

Datos informativos del experto

Nombres y Apellidos: Oscar Sebastián Sarasty Miranda

Profesión y cargo: Asistente de Investigación

Título universitario: Ph.D en Agricultura y Economía Aplicada

Email: oscar.s.sarasty@rmu.edu

Fecha y hora de validación: 13 de agosto del 2021 a las 21h00

Firma

6

Anexo 4. Historias de usuario

Historias de Usuario	
Numero:4	Usuario: Empleado
Nombre historia: Atenuación de luces	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 5	Sprint asignado:2
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO empleado, QUIERO bajar el nivel de brillo de la luz en mi puesto de trabajo PARA mejorar mi comodidad y bienestar visual	
Criterio de Aceptación: DADO la visualización del slider de atenuación de luz CUANDO se deslice hacia la izquierda ENTONCES se disminuye la intensidad actual de luz. DADO la visualización del slider de atenuación de luz CUANDO se deslice hacia la derecha ENTONCES se incrementa la intensidad actual de luz.	

Historias de Usuario	
Numero:5	Usuario: Empleado
Nombre historia: Temporizado de luces	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Alto
Puntos estimados: 6	Sprint asignado:2
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO empleado QUIERO establecer un lapso de tiempo el que se apague la luz de mi oficina PARA asegurar que su estado al retirarme	
Criterio de Aceptación: DADO la visualización del cuadro de selección con los lapsos disponibles CUANDO seleccione uno de ellos, ENTONCES se confirma la operación exitosa	

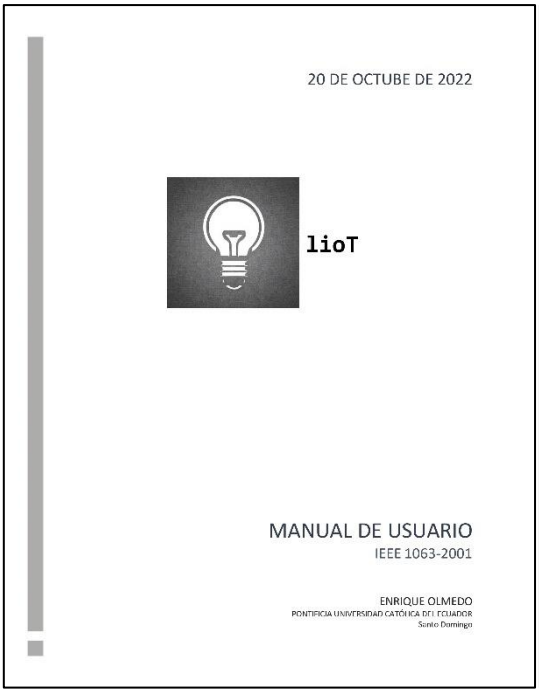
Historias de Usuario	
Numero:6	Usuario: Gerente
Nombre historia: Horarios de luces	
Prioridad en negocio: Baja	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados: 4	Sprint asignado:2
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO gerente QUIERO crear, editar y eliminar horarios PARA asegurar el ahorro de energía en áreas en desuso.	
Criterio de Aceptación: DADO el ingreso de la información de un horario, CUANDO presione el botón, ENTONCES se confirma la operación exitosa. DADO la edición de la información de un horario, CUANDO presione el botón, ENTONCES se confirma la operación exitosa. DADO la eliminación de la información de un horario, CUANDO presione el botón, ENTONCES se confirma la operación exitosa.	

Historias de Usuario	
Numero:1	Usuario: Gerente
Nombre historia: Conexión en red Wifi	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alto
Puntos estimados: 6	Sprint asignado:1
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO gerente QUIERO visualizar la red Wifi de la empresa PARA realizar la gestión las luces desde la computadora o el teléfono	
Criterio de Aceptación: DADO la visualización de las redes Wifi, CUANDO falte una red Wifi de la empresa, ENTONCES el sistema entrará en modo punto de acceso. DADO la visualización de las redes Wifi, CUANDO seleccione la red Wifi de la empresa, ENTONCES el sistema entrará en modo cliente.	

Historias de Usuario	
Numero:2	Usuario: Gerente
Nombre historia: Autenticación de usuario	
Prioridad en negocio: Medio	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 4	Sprint asignado:1
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO gerente QUIERO crear, editar y eliminar usuarios PARA acceder al sistema de manera organizada	
Criterio de Aceptación: DADO el ingreso de la información de usuario, CUANDO presione el botón confirmar, ENTONCES se confirma la operación exitosa. DADO la edición de la información de usuario, CUANDO presione el botón confirmar, ENTONCES se confirma la operación exitosa. DADO la eliminación de la información de usuario, CUANDO presione el botón confirmar, ENTONCES se confirma la operación exitosa.	

Historias de Usuario	
Numero:3	Usuario: Empleado
Nombre historia: Interruptores digitales	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados: 5	Sprint asignado:1
Programador responsable: Enrique Olmedo	
Descripción: COMO empleado QUIERO encender las luces en mi oficina sin levantarme PARA mantener la concentración en mis tareas.	
Criterio de Aceptación: DADO la visualización de los interruptores digitales CUANDO se interactúa con el control, ENTONCES cambiara el estado de la luz seleccionada. DADO la visualización de los interruptores digitales CUANDO se interactúa con múltiples controles, ENTONCES cambiara el estado de la luces.	

Anexo 5. Manual de Usuario



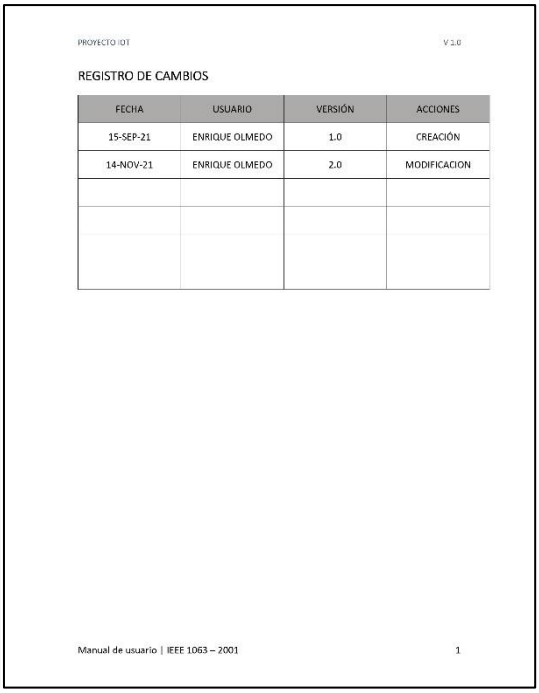


Tabla de Contenidos

1 INTRODUCCIÓN 3
2 CONCEPTO DE LAS OPERACIONES 3
3 PROCEDIMIENTOS 4
3.1 Ingreso a Sistema 4
3.2 PANTALLA PRINCIPAL Y MENÚ 4
3.3 USUARIOS 5
3.3.1 CREACION DE USUARIOS 5
3.3.2 MODIFICAR USUARIO 6
3.4 CONTROLES DE ILUMINACION 6
3.4.1 INTERUPTORES ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.2 ATENUADORES ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.3 TEMPORIZADOR 7
3.4.4 HORARIOS 7
3.5 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA 8
3.5.1 ZONA HORARIA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.5.2 SEGURIDAD ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4 GLOSARIO 9
5 REFERENCIAS 9

1 INTRODUCCIÓN

La tecnología IoT en para el control de la iluminación es una solución innovadora que le permite controlar a distancia las luces del hogar o la oficina utilizando una computadora o teléfono inteligente. De esta manera, es posible encender o apagar fácilmente las luces, ajustar su brillo e incluso crear horarios personalizados para automatizar la iluminación.

El sistema está diseñado para ser fácil de usar y fácil de configurar, incluso sin alguna experiencia previa con la tecnología IoT. En este manual encontrará instrucciones paso a paso sobre cómo configurar su sistema IoT para el control de la iluminación, cómo conectar sus dispositivos y cómo utilizar el sistema para controlar sus luces.

Los apartados detallados en este documento sirven de ayudar con la utilización de sistema IoT para control de luces y proporciona toda la información que necesaria para manejar las funciones del sistema de forma inteligente y eficiente.

Con este manual, la expectativa es a sacar el máximo partido del sistema IoT para el control de luces y a mejorar la experiencia de iluminación de una forma cómoda, energéticamente sostenible.

2 CONCEPTO DE LAS OPERACIONES

Los requisitos para la instalación del sistema IoT para el control de luces son los siguientes:

- Micro controlador esp8266
- Firmware del sistema
- Placa electrónica con relé para esp8266
- Dispositivos con conectividad Wifi

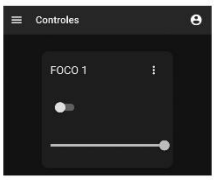
3 PROCEDIMIENTOS

3.1 Ingreso a Sistema

- Para ingresar al sistema introduzca correctamente su usuario y contraseña en los espacios de texto correspondientes.

3.2 PANTALLA PRINCIPAL Y MENÚ

- Se mostrará por defecto la pantalla de interruptores y en el símbolo ☰ está el menú principal



3.3 USUARIOS

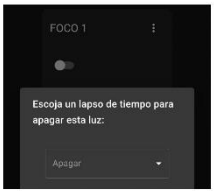
La pantalla de usuarios solo puede ser modificada por el usuario administrador

3.3.1 CREACION DE USUARIOS

Se establece un nombre de usuario y contraseña

3.4.2 TEMPORIZADOR

En este módulo se modifica los datos de los vehículos



3.4.3 HORARIOS

En este apartado permite eliminar al vehículo

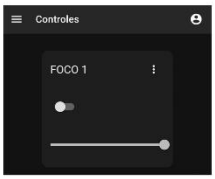
3.3.2 EDITAR USUARIO

Cada usuario puede cambiar su nombre y contraseña

3.4 CONTROLES DE ILUMINACION

3.4.1 CARTAS DE LUCES

Cuentan con un switch interruptor y un slider atenuador para cada luz o foco



3.5 CONFIGURACIONES CONTROLES

Las configuraciones solo pueden ser establecidas por el usuario administrador

4 GLOSARIO

- **Conectividad Internet:** Se denomina la capacidad de establecer una conexión a internet, es decir es una tecnología que permite la transmisión de datos a una alta velocidad.
- **Memoria RAM:** Es la Memoria principal de un dispositivo, donde se almacenan de forma temporal los programas y datos que se utilizan, la cual sirve para mejorar la velocidad de respuesta al momento de utilizar algún programa.
- **Procesador (CPU):** Es la parte más importante de una computadora, por ende, se encarga de la ejecución de las instrucciones de los programas a utilizar.
- **Sistema Operativo:** Conjunto de órdenes y programas que controlan los procesos básicos de una computadora y permiten el funcionamiento de otros programas.
- **Tecnología:** Conjunto de instrumentos, recursos técnicos o procedimientos empleados en un determinado campo o sector.

5 REFERENCIAS

- IEEE (2001). *1063-2001 - IEEE Standard for Software User Documentation* [Internet]. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/974401

Anexo 6. Manual de Técnico

20 DE OCTUBE DE 2022

lioT

MANUAL DEL TECNICO

IEEE 1063-2001

ENRIQUE OLMEDO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Santo Domingo

REGISTRO DE CAMBIOS

FECHA	USUARIO	VERSIÓN	ACCIONES
15-SEP-21	ENRIQUE OLMEDO	1.0	CREACIÓN
14-NOV-21	ENRIQUE OLMEDO	2.0	MODIFICACION

Tabla de Contenidos

1 Objetivos 3
1.1 General 3
1.2 Especifico 3
2 INTRODUCCIÓN 3
3 CONCEPTO DE LAS OPERACIONES 3
4 HERRAMIENTAS Y PLATAFORMA UTILIZADAS 4
4.1 Visual Studio Code 4
4.2 PLUGIN PLATFORMIO 4
4.3 ESP8266 5
5 INICIALIZAR COMPONENTES 5
5.1.1 INSTALACIÓN DE VISUAL STUDIO CODE 5
5.1.2 INSTALACIÓN DE PLATFORMIO 5
6 PROGRAMAR ESP8266 5
6.1.1 COMPILACION DEL CODIGO 5
6.1.2 ESCRITURA DEL FIRMWARE 5
7 CONFIGURACION DEL SISTEMA 5
7.1.1 CONEXIÓN DEL SISTEMA CON LA RED WIFI 6
7.1.2 ACTUALIZACION DEL SISTEMA 6
8 REFERENCIAS 6

1 Objetivos

1.1 General

Establecer las instrucciones necesarias para el despliegue del proyecto IoT y procurar su correcto funcionamiento

1.2 Especifico

Concretar los puntos requeridos para la instalación y uso apropiado del sistema

2 INTRODUCCIÓN

El siguiente documento está diseñado para proporcionar orientación para administradores y técnicos responsables de la instalación y el mantenimiento del sistema IoT para el control de luces. Con esto se pretende ayudar a los técnicos a comprender los aspectos técnicos del sistema, incluida su arquitectura, protocolos de comunicación, requisitos de hardware y configuraciones de software.

En este manual encontrará información detallada sobre cómo instalar y configurar IoT System para el control de la iluminación, cómo solucionar problemas comunes y cómo realizar tareas de mantenimiento rutinarias para garantizar un rendimiento y una fiabilidad óptimos.

3 CONCEPTO DE LAS OPERACIONES

Los requisitos para la instalación del sistema IoT para el control de luces son los siguientes:

- Micro controlador esp8266
- Firmware del sistema
- Placa electrónica con relé para esp8266
- Dispositivos con conectividad Wifi

4.3 ESP8266

esp8266 es un SoC que incorpora un potente microprocesador y un set completo del estándar wifi.

5 INICIALIZAR COMPONENTES

5.1.1 INSTALACIÓN DE VISUAL STUDIO CODE

Descargué de la página oficial https://code.visualstudio.com/

5.1.2 INSTALACIÓN DE PLATFORMIO

Descargué en la tienda de plugin de vscode

6 PROGRAMAR ESP8266

6.1.1 COMPILACION DEL CODIGO

Abra el terminar de platformio y use el comando platformio run

6.1.2 ESCRITURA DEL FIRMWARE

Al completar el proceso anterior use el comando platformio build

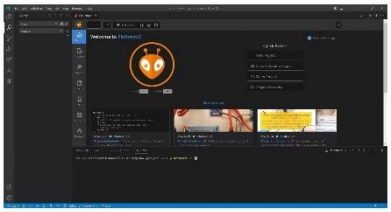
4 HERRAMIENTAS Y PLATAFORMA UTILIZADAS

4.1 Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código gratuito y de código abierto muy utilizado por los desarrolladores para crear y depurar diversas aplicaciones de software. Es una herramienta multiplataforma que funciona en Windows, Linux y macOS, y es compatible con múltiples lenguajes de programación, como C++, Python, JavaScript y muchos otros.

4.2 PLUGIN PLATFORMIO

PlatformIO es un complemento para VS Code que permite a los desarrolladores crear, depurar y desplegar firmware para una gran variedad de microcontroladores y sistemas embebidos. Proporciona una interfaz unificada para trabajar con distintas plataformas de hardware, como Arduino, ESP32 y STM32, y ofrece una serie de funciones para agilizar el proceso de desarrollo, como gestión de proyectos, finalización de código y herramientas de depuración.



7 CONFIGURACION DEL SISTEMA

7.1.1 CONEXIÓN DEL SISTEMA CON LA RED WIFI

En la pantalla de redes se puede establecer conexión a la red Wifi privada

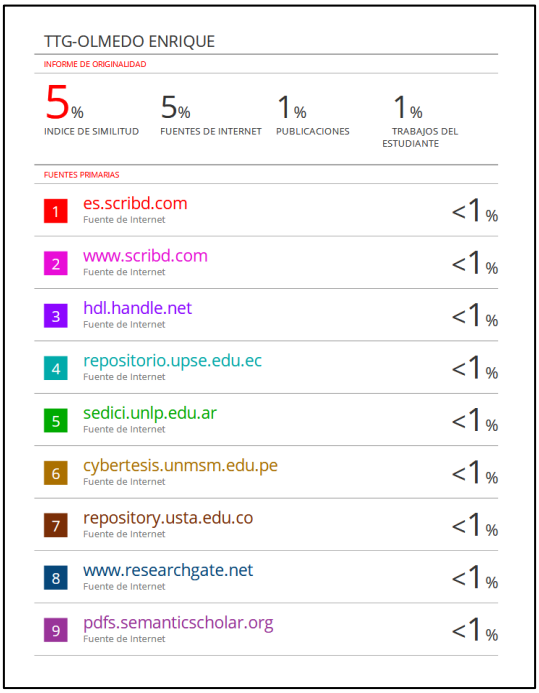
7.1.2 ACTUALIZACION DEL SISTEMA

En la pantalla de actualización se puede arrastrar un archivo compilado de nueva versión

8 REFERENCIAS

- IEEE (2001). *1063-2001 - IEEE Standard for Software User Documentation* [Internet]. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/974401

Anexo 7. Reporte del Turnitin

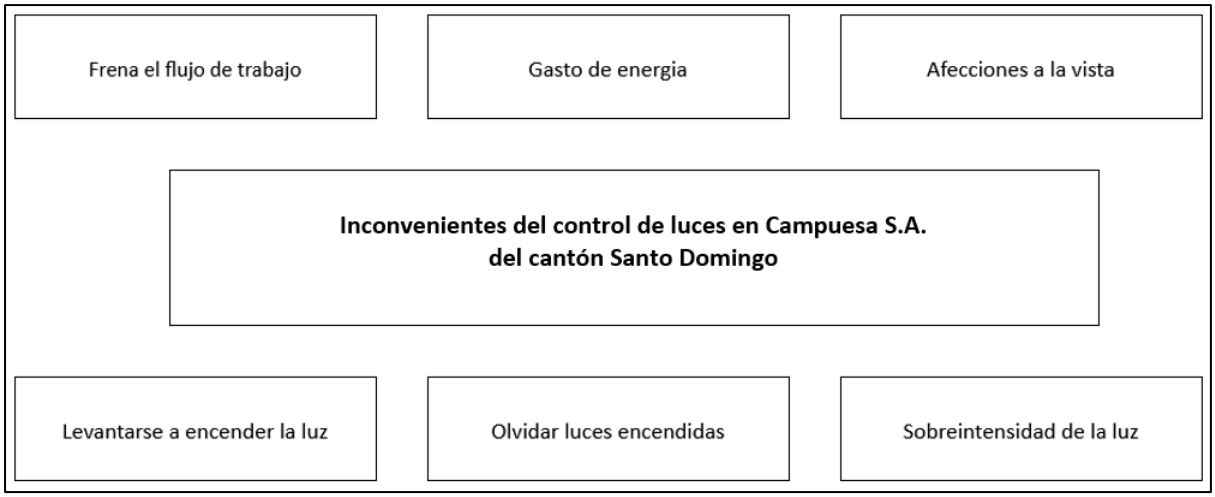


TTG-OLMEDO ENRIQUE

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
2	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
6	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
9	pdfs.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1%

Anexo 8. Árbol del problema