

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Implementación de una red inalámbrica de alumbrado automatizado por un microcontrolador para reducir el consumo energético del bloque 11C de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Telecomunicaciones

Presentado por:

Christopher Efrén Murillo Arias

Jorge Francisco Egas Carbo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a toda mi familia, en especial, a mi madre Melania Arias y a mi padre Efrén Murillo, quienes han sido mi pilar fundamental y mi guía a lo largo de todos mis estudios. A mi abuela, Julia Ramón, quien ha sido mi motivación para superarme cada día. A mi tío Francisco Vega y a mi primo Javier Vega, por aconsejarme, escucharme y motivarme durante mis primeros semestres de universidad, actualmente, ya no se encuentran acompañándome, pero cada día que ha pasado, he recordado cada palabras y consejo que me dieron, y me han impulsado a ser cada día un mejor profesional. Este logro se los dedico a todos ustedes.

CHRISTOPHER MURILLO ARIAS

Este proyecto está dedicado a mi familia, a mi madre y mi padre que me han apoyado a lo largo de estos años, que con su ejemplo de amor, perseverancia y honestidad han logrado de mí un hombre que puede demostrar con orgullo de donde viene.

JORGE EGAS CARBO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre Melania Patricia Arias Ramón, a mi padre Manuel Efrén Murillo Cuenca y a mi hermano Gregory Efrén Murillo Arias, por todo su apoyo incondicional, por su paciencia, su perseverancia y su correcta forma de educarme, inculcarme valores y, sobre todo, por toda la confianza que me han depositado y nunca dejar de creer en mí. A mi abuela, Julia Marina Ramón Motoche, por alentarme cada fin de semana que la iba a visitar y por escucharme en mis momentos más difíciles.

Las amistades que me acompañaron durante mi vida estudiantil, siempre fueron esenciales en mi día a día, Jorge Marshall, Jimmy Guillin, Axel Salazar, Kevin Sánchez, Geovin Loja y; mas aún, a unas de los mejores amigos que pude llegar a conocer, Rommel Brand Betancourt Cervantes, quien supo siempre brindarme su ayuda sin esperar nada a cambio.

Un agradecimiento a las docentes que supieron guiarme y proporcionarme las directrices para desarrollar la tesis, el Ing. Alfredo Núñez y Dr. Félix Moncayo.

Quiero realizar un agradecimiento especial para mi enamorada, Paula Giselle Campoverde SanMartín, ella pues, siendo mi mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto que complementó mi vida para poder alcanzar todas mis metas; siempre estaré agradecido por la compañía en los mejores y peores momentos, y porque siempre quiso mi mejor porvenir.

CHRISTOPHER MURILLO ARIAS

A toda mi familia en general, a mis compañeros de aula y amigos que comparten el logro de seguir creciendo como profesional. Y siempre gracias a DIOS.

JORGE EGAS CARBO

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *(nombre de los participantes)* y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Jorge Egas C.

Jorge Egas Carbo



Christopher Murillo Arias

EVALUADORES

M.Sc. Alfredo Núñez

PROFESOR DE LA MATERIA

M.Sc. Félix Moncayo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la actualidad, el consumo energético en exceso es uno de los temas que ha tomado protagonismo e interés en el Ecuador. Hogares, centros comerciales, hospitales, escuelas colegios, universidades, etc., son algunos de los sitios en donde se puede evidenciar esta problemática. Las escuelas, colegios y universidades públicas del Ecuador, que reciben un presupuesto anual para cubrir las necesidades que presenten, muchas de las veces no logran abastecer a totalidad, debido a que una parte importante de estos fondos se ven disminuidos por el excesivo consumo energético; motivo por el cual, se propone un prototipo de red luminarias IoT (Internet de las Cosas), la cual, está conformada por sensores y administradas por un microcontrolador. Esta solución es propuesta en la “Escuela Superior Politécnica del Litoral”, cuya área de enfoque son los pasillos pertenecientes a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería y Computación. El prototipo tuvo como parte fundamental el uso de módulos WiFi ESP 32, para el control tanto del apartado eléctrico (relés SDR) como del apartado electrónico (Sensores PIR); estos módulos a su vez establecieron la comunicación con un dashboard que refleja en tiempo real, la actividad de los apartados mencionados con anterioridad. Un adicional al prototipo, fue establecer la comunicación con la plataforma de Telegram para el envío de mensajes de alerta.

La implementación del prototipo arrojar resultados favorables con respecto al consumo energético, debido a que, refleja una disminución en un 24% del consumo energético previo a la implementación del prototipo LightPOL.

Palabras Clave: Consumo energético, Internet of Things, Módulo WiFi, Dashboard

ABSTRACT

Currently, excessive energy consumption is one of the issues that has taken center stage and interest in Ecuador. Homes, shopping centers, hospitals, schools, universities, etc., are some of the places where this problem can be seen. The public schools, colleges and universities of Ecuador, which receive an annual budget to cover the needs they present, often fail to fully supply, because an important part of these funds is diminished by excessive energy consumption; For this reason, a prototype of an IoT (Internet of Things) lighting network is proposed, which is made up of sensors and managed by a microcontroller. This solution is proposed at “Escuela Superior Politécnica del Litoral”, whose focus area is the corridors belonging to the laboratories of the Faculty of Engineering and Computing.

The prototype had as a fundamental part the use of WiFi ESP 32 modules, for the control of both the electrical section (SDR relays) and the electronic section (PIR sensors); these modules in turn established communication with a dashboard that reflects in real time, the activity of the sections mentioned above. An addition to the prototype was to establish communication with the Telegram platform to send alert messages.

The implementation of the prototype yields favorable results with respect to energy consumption, because it reflects a 24% decrease in energy consumption prior to the implementation of the LightPOL prototype.

Keywords: *Energy consumption, Internet of Things, WiFi module, Dashboard*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	7
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. ESTADO DEL ARTE	5
1.5. ALCANCE	7
1.6. METODOLOGÍA	8
1.6.1 Sistema Eléctrico	9
1.6.2 Sistema Electrónico	9
1.6.3 Sistema de Codificación	11
CAPÍTULO 2	13
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Eficiencia energética en américa del sur	13
2.2 Reducción del presupuesto de las universidades públicas del Ecuador	13
2.3 Campus universitarios inteligentes	13
2.4 Tecnologías necesarias para que IoT funcione como un sistema independiente 14	
2.5 Ahorro energético con el uso de tecnología IoT	15
CAPÍTULO 3	16
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	16
3.1 Diagrama esquemático eléctrico	16
3.2 Diagrama esquemático electrónico	17
3.3 Diagrama esquemático de diseño – dashboard	19

3.4	Fase de armado del prototipo	21
3.5	Zona destinada a implementación.....	25
3.6	Fase de implementación	29
CAPÍTULO 4	32
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
4.1	Conclusiones	32
4.2	Recomendaciones	33
Bibliografía	34
ANEXOS	36

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PIR	Passive Infrared
UNICAMP	Universidad Estatal de Campinas
IoT	Internet of Things

SIMBOLOGÍA

kW/h	KiloWatts por Hora
V	Voltios
A	Amperios
Ω	Ohmios
PHP	Hypertext Preprocessor

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1.1 Tasa de crecimiento de implementos IoT alrededor del mundo desde 2019 hasta 2030 [11]	5
Figura 1.6 Relación de dependencia entre los distintos sistemas que intervienen en LightPOL .	8
Figura 1.6.2 Estructura general del sistema electrónico de LightPOL	10
Figura 1.6.3 Lenguajes utilizados tanto para el ESP32 como para el dashboard.....	11
Figura 3.1.1 Diagrama eléctrico para conexión de prototipo LightPOL	16
Figura 3.1.2 Conexión del relé con la línea de alimentación	17
Figura 3.2.1 Diagrama electrónico correspondiente al prototipo LightPOL	17
Figura 3.2.2 Diagrama de comunicación con la plataforma Ubidots	18
Figura 3.3.1 Diagrama esquemático de diseño.....	19
Figura 3.3.2 Histórico de la actividad de los relés y los sensores PIR	19
Figura 3.3.3 Comunicación con la plataforma de Telegram	20
Figura 3.4.2 Conexión de módulos ESP32	22
Figura 3.4.3 Conexión de los sensores PIR.....	23
Figura 3.4.4 Conexión de los relés al prototipo.....	23
Figura 3.4.5 Historial de respuestas de los sensores PIR y los relés.....	24
Figura 3.5.1 Área destinada para para implementación de proyecto IoT	25
Figura 3.5.2 Ubicación de los sensores PIR	25
Figura 3.5.3 Ubicación de router TP-LINK para salida a internet.....	26
Figura 3.5.4 Canalización y ubicación del sistema IoT – LightPOL.....	27
Figura 3.5.5 Ubicación de las luminarias	28
Figura 3.5.6 Sistema de red IoT	28
Figura 3.6.1 Pasillo a implementar prototipo.....	29
Figura 3.6.2 Instalación y configuración de prototipo para pruebas	29
Figura 3.7.1 Grafica comparativa del consumo energético antes y después de la implementación de LightPOL.....	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Los campos universitarios son uno de los muchos sectores que se están empezando a actualizar la infraestructura mediante la tecnológica para beneficio de la universidad. La implementación de sistemas IoT es un tema que cada vez se va incentivando su uso dentro de centros educativos tanto en países desarrollados y en subdesarrollo.

Un ejemplo claro es la Universidad de Carnegie Mellon, centro de enseñanzas ubicado en Pensilvania, en donde ya han implementado dos sistemas que emplean el Internet de las cosas, cuyas funciones radicaban en la proyección de información educativa mediante smartphones y la obtención de transporte público de manera automática [1]. Otro ejemplo es la Universidad de Chile, la cual realizó la implementación de un sistema de sensores alimentados por paneles solares para el cuidado de un invernadero. Este invernadero cuenta con un sistema de riego inteligente que se enfoca en reducir el consumo de agua y energía pero que optimará el cuidado de los cultivos [2].

En el [3], menciona que Ecuador existe una empresa pionera en los sistemas IoT de tal manera que provee servicios de seguridad y confort a los hogares. La empresa tiene como finalidad potenciar el crecimiento de las casas inteligentes, motivo por el cual poseen un proyecto que beneficiará a más de cien mil hogares ubicados en las zonas alejadas de las ciudades, proporcionando servicios de telecomunicaciones como teléfonos inteligentes, redes con conectividad Wifi, computadoras, etc.

Gracias a la introducción de la tecnología IoT, las universidades del Ecuador han incluido en sus pensum de estudio temas relacionados con el mismo. La domótica es un campo extenso que abarca ámbitos como la gestión energética, el confort, la seguridad, la comunicación y la accesibilidad que se basan en la simplificación de actividades que los seres humanos realizan de manera cotidiana [4]. Dicho esto, LightPOL es una propuesta para un sistema de luminarias basado en el confort y la gestión energética dentro del campus universitario de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

El presente proyecto tiene como objetivo una implementación como punto inicial en un pasillo de los laboratorios de la FIEC, colocando un sistema de control de

luminarias que proporcionará como resultado datos de consumo energético y así mismo se contará con un sistema manual y autónomo de encendido y apagado de las luminarias ante la presencia de personas. Además, se contará con un sistema de alertas que entrará en funcionamiento, ya sea dentro o fuera de las jornadas académicas reportando la presencia de intrusos.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el presupuesto destinado a la educación superior pública ha tomado protagonismo en temas referentes al tema del presupuesto general del estado. Este presupuesto es distribuido con más de 30 universidades en todo el Ecuador siendo la Universidad Central del Ecuador la institución pública que más recibe con un presupuesto de 157.587.356 dólares americanos y el Instituto Superior Tecnológico de Artes del Ecuador con un presupuesto menor a 10.000.000 dólares americanos [5].

El presupuesto destinado a cada universidad es distribuido en gastos de funcionamiento como salarios de los docentes, consumos energéticos de las infraestructuras, seguridad de la institución, entre otros aspectos. Muchos de estos son gastos excesivos en el consumo energético. En el sector de educación privada, la Universidad San Francisco de Quito realiza un consumo mensual de energía de aproximadamente 168560 kWh con un pago aproximado de 13700 dólares americanos; al realizar el cálculo estimado de consumo anual, este costo rondaría por los 165000 dólares americanos. El mayor consumo energético fue reflejado en el uso de las luminarias, debido al uso de luminarias conformadas por tubos fluorescentes cuya potencia de funcionamiento se estima en los 40 watts. [6].

Realizando un enfoque en la educación superior pública, la Universidad Central del Ecuador realizó una medición del consumo energético de sus laboratorios de química en donde evidenciaron consumos mensuales alrededor de 11276 kWh, el cual responde a un valor anual de 120107 USA. Los valores excesivos expuestos con anterioridad nacen por el uso de luminarias antiguas cuyo vatiaje es excesivo en comparación al uso de luminarias LED [7].

El excesivo consumo energético, en el sector de educación superior tanto público como privado es originado por el uso de las luminarias, ya sea por el uso de focos con altos vatiajes o por el funcionamiento de luminarias fuera de horarios necesarios.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, cuenta con sistemas de eléctricos en sus pasillos con una antigüedad de más de 30 años de uso, motivo por el cual, se estima un consumo energético excesivo [8]. En el bloque 11C, correspondiente a los laboratorios de electricidad, los pasillos cuentan con un sistema de luminarias de al menos 6 horas de uso, en donde el consumo energético se ve involucrado en una problemática en el uso innecesario de electricidad en horarios donde existe la ausencia de estudiantes. Este consumo se puede ver influenciado por una la falta de repotenciación de los sistemas eléctricos o por la utilización de luminarias cuyo consumo de potencia es significado comparado con las iluminarias que existen en la actualidad.

Frente a esta problemática se requiere de un sistema de red de sensores inalámbricos administrados por un microcontrolador para el control de apagado y monitoreo de las luminarias que corresponden a los pasillos del bloque 11C.

Además, se debe generar un sistema de alarma que avise cuando existan intrusos en el área, cuando no se encuentren las instalaciones en un proceso de periodo lectivo.

Para alcanzar la implementación del proyecto de debe considerar los siguiente:

- Un sistema electrónico de sensores para obtener un registro del movimiento de las personas que se mueven por el pasillo.
- Debe existir un registro del consumo energético generado de forma semanal para la comparación de la optimización de este.
- Se necesita un servidor para poder manipular el sistema de forma remota.

Actualmente, la Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con un proyecto de sostenibilidad, el mismo que impulsa a los proyectos, grandes o pequeños, a implementar un ambiente eco-amigable dentro de la institución [9]. Estos ambientes realizan un hincapié en la reducción de consumo de agua, reciclaje de los desperdicios por parte del alumnado y, sobre todo, la reducción del consumo energético; dicho esto, la implementación de luminarias con tecnología IoT lo hace un proyecto muy viable dentro del centro educativo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el bloque 11C, los pasillos cuentan con un sistema de luminarias de al menos 6 horas de uso, en donde el consumo

energético se ve involucrado en una problemática en el uso innecesario de electricidad en horarios donde existe la ausencia de estudiantes. Esta problemática nace a raíz de la imprudencia por parte de los estudiantes que utilizan los pasillos del bloque mencionado con anterioridad.

El estudio y consumo energético en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, es un tema que ha tenido relevancia dentro de la institución, ya que se ha registrado valores de potencia consumida en los pasillos del bloque mencionado y esto servirá como punto de partida para el análisis del consumo energético. Los datos recabados de este estudio pueden ayudar a definir el punto de partida para el análisis del consumo energético del bloque 11 C.

Actualmente, la Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con un proyecto de sostenibilidad, el mismo que impulsa a los proyectos, grandes o pequeños, a implementar un ambiente eco-amigable dentro de la institución. Estos ambientes realizan un hincapié en la reducción de consumo de agua, reciclaje de los desperdicios por parte del alumnado y, sobre todo, la reducción del consumo energético; dicho esto, la implementación de luminarias con tecnología IoT lo hace un proyecto muy viable dentro del centro educativo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Implementar una red de sensores controlada por un microcontrolador para el encendido y apagado de las luminarias de los diferentes pasillos pertenecientes al bloque 11C.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el consumo energético del bloque 11C previo a la instalación de la red de sensores.
- Implementación de una red de sensores dentro de un área de pruebas delimitada.
- Presentar el consumo energético en tiempo real mediante el uso de un dashboard de las luminarias con el sistema IoT.
- Comparar resultados de consumo energético pre y post implementación de la red de sensores.

1.4 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, la tecnología ha evidenciado un crecimiento abismal con referencia a los campos de la tecnología aplicados a distintos ámbitos de la vida cotidiana, estos cambios muestran un sin número de áreas de aplicaciones, que van desde el tráfico o alojamiento de información, diseño e implementación de redes inalámbricas, redes de comunicación mediante el uso de sensores, entre otros. El hincapié que se realiza en estos cambios tecnológicos es la facilidad de comunicación que ha dejado medios alámbricos como medio de comunicación, y se han migrado en gran parte a sistemas inalámbricos, permitiendo así su manejo y administración a pequeñas o grandes distancias.

La innovación de las tecnologías es tan rentable que, actualmente, se tiene un registro de instrumentos o dispositivos inteligentes con salida y retorno de internet en un aproximado de treinta billones para el año 2020, en la cual, los datos estadísticos evidencian un aumento del 250% solo 5 años más tarde, dando como resultado setenta y cinco billones de dispositivos inteligentes [10].

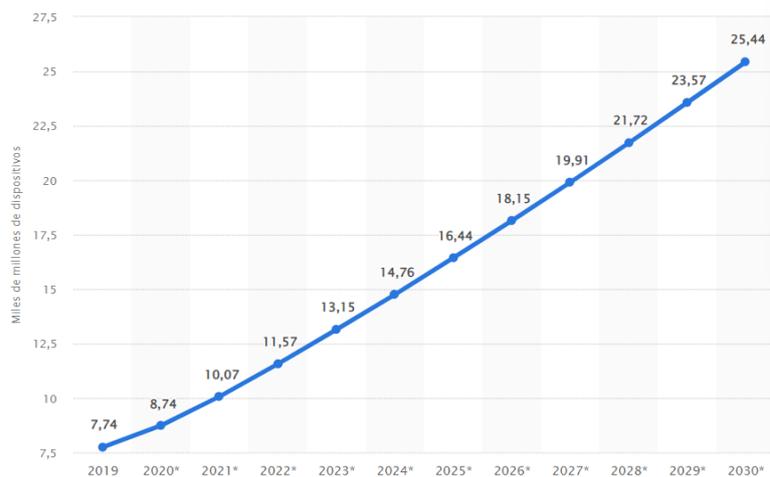


Figure 1.1 Tasa de crecimiento de implementos IoT alrededor del mundo desde 2019 hasta 2030 [11]

En el año 2018, la Universidad Complutense de Madrid publicó una tesis donde sintetizó el diseño con su respectiva implementación de un sistema de iluminación enfocada en las carreteras y autopistas con la finalidad de proporcionar una mejor iluminación de estos espacios y que a su vez, puedan realizar un monitoreo de las variables que intervienen como la cantidad de luz a disposición, el consumo energético.

Todo esto se realizó pensando una reducción de los parámetros como la contaminación lumínica, costes de consumo y mantenimientos de estos servicios de alumbrado, entre otros aspectos. Este sistema se abre paso mediante la utilización de sensores a lo largo de las carreteras, así como su uso conjunto de activadores (actuadores), implementos comúnmente utilizados en las ciudades inteligentes [12].

En [13], se muestra una propuesta de un sistema de control de luminarias en un hogar mediante el uso de un microcontrolador Arduino, que a su vez será administrado mediante el uso de una aplicación con sistema operativo Android. Como en todo sistema de luminarias, es fundamental el uso de sensores que serán programados y controlados por un Arduino. Los conocimientos necesarios en la implementación se basaron en un lenguaje de programación para Arduino, cuya estructura es muy parecida al lenguaje C++, para la configuración del microcontrolador, y el lenguaje Java para la programación desde cero del sistema remoto enfocado al sistema operativo en Android. Un entendimiento básico de electricidad y manejo de sensores también fue indispensable para el acoplamiento de los sistemas electrónicos con el eléctrico.

En [14], se desarrolló un sistema de comunicación inteligente que no solo controlaba el consumo de luminarias, sino también se encargaba de salvaguardar la integridad de los usuarios mediante el control y manejo de un sistema de seguridad para el hogar. Para el año 2019, el proyecto estaba en fase de pruebas del sistema inalámbrico inteligente, en donde sistematizó las conexiones de los aparatos electrodomésticos a la red inteligente, en la cual serán manipulados mediante el uso de una aplicación Android. Las lecturas que ofrecerían estos electrodomésticos responderían a las dudas sobre el consumo energético, los tiempos de encendido y apagado, el brillo de luminarias y las temperaturas de operación de estos. La información recolectada sería enviada a una base de datos creada en la nube, dando paso a temas relacionados con Big Data. Toda la información recolectada, sería un indicador clave para la estimación del consumo energético que producen todos estos aparatos.

En el municipio de Floridablanca, ubicado en Santander, se encuentra ubicado el almacén ABCell Comunicaciones, donde se implementó un proyecto de domótica que sistematiza el uso de las luces del almacén, así como también los sistemas de climatización del lugar de estudio. Su panel de manejo y administración fue reflejado mediante una aplicación móvil, donde se encontrarán mandos como encendido y

apagado tanto de las luces como de los centros de climatización. La reducción de consumo energético mostró resultados favorables, no solo a los controles de encendido y apagado, sino por la utilización de luminarias de reducción de consumo energético como son las luces LED [15].

El uso de plataformas de desarrollo para el control de sistemas domóticos es un tema que tiene papel protagónico en los últimos avances tecnológicos. En la ciudad de Lima, Perú, un estudiante de la carrera de ingeniería industrial, en el año 2018, propuso un prototipo de sistema domótico controlado por una plataforma de desarrollo. Las bases fundamentales de este sistema radican en el control remoto de un sistema de sensores implementados en una vivienda que daría paso al control de actividades relacionadas con los sistemas de seguridad de la vivienda, encendido de luminarias, control de puertas del domicilio, entre otras actividades básicas del inmueble. NodeMCU fue la plataforma de desarrollo utilizada en este prototipo acompañado del uso de un microprocesador Raspberry pi 3 cumpliendo la función de un servidor que permite interconectar a los distintos sensores instalados en el hogar. Adafruit es el programa utilizado para la elaboración de la interfaz de mandos para el sistema, en donde sintetiza de una manera visualmente agradable al usuario [16].

La domótica puede presentar escenarios en donde se implemente sistemas de control de manera local como de manera remota. Los sectores de una vivienda como son sala, comedor, cocina, baños, garajes, etc., son los escenarios por implementarse la red de sensores que ayudarán a la automatización de las actividades cotidianas. En la Universidad Autónoma de la Ciudad de México un proyecto desarrollado por un estudiante como tema de grado, denota un diagrama esquemático para un sistema de intercomunicación para los distintos sectores de un inmueble. Los mensajes de comunicación o alertas se los realizaban mediante mensajes de texto al utilizar la banda destinada para Bluetooth, en donde por este medio, el usuario con el dispositivo móvil establecida la conexión, podía realizar actividades dentro de la vivienda otorgando al usuario experiencias de confort y, sobre todo, ahorro energético y seguridad [17].

1.5 ALCANCE

El presente proyecto se enfoca en la implementación de una red de sensores que puedan establecer una comunicación inalámbrica con un servidor en donde, con la ayuda

de un dashboard, se pueda establecer una administración de la red tanto para el control de encendido y apagado de las luminarias de los pasillos del bloque 11C como de el reflejo de los resultados del consumo que producen estas luminarias. Los resultados a mostrarse se basarán en parámetros como hora de encendido, hora de apagado, tiempo de uso y curva de consumo.

El sistema de sensores presenta una modalidad de manejo manual, en donde el usuario podrá controlar las luces de los pasillos mediante el uso de un interruptor reflejado en un dashboard. Por otro lado, el darse el caso que el usuario encargado del manejo de las luminarias se encuentre ausente, el sistema cuenta con un sistema autónomo que previo a tomar acciones sobre las luces, se lo notificará al usuario encargado mediante un correo electrónico que el sistema tomará decisiones en base al consumo energético de las luces y su necesidad de uso.

1.6 METODOLOGÍA

Para definir el proceso de instalación de la red luminaria IoT en su totalidad, se requiere dividir en tres partes: Electrónica, Codificación y Electricidad.

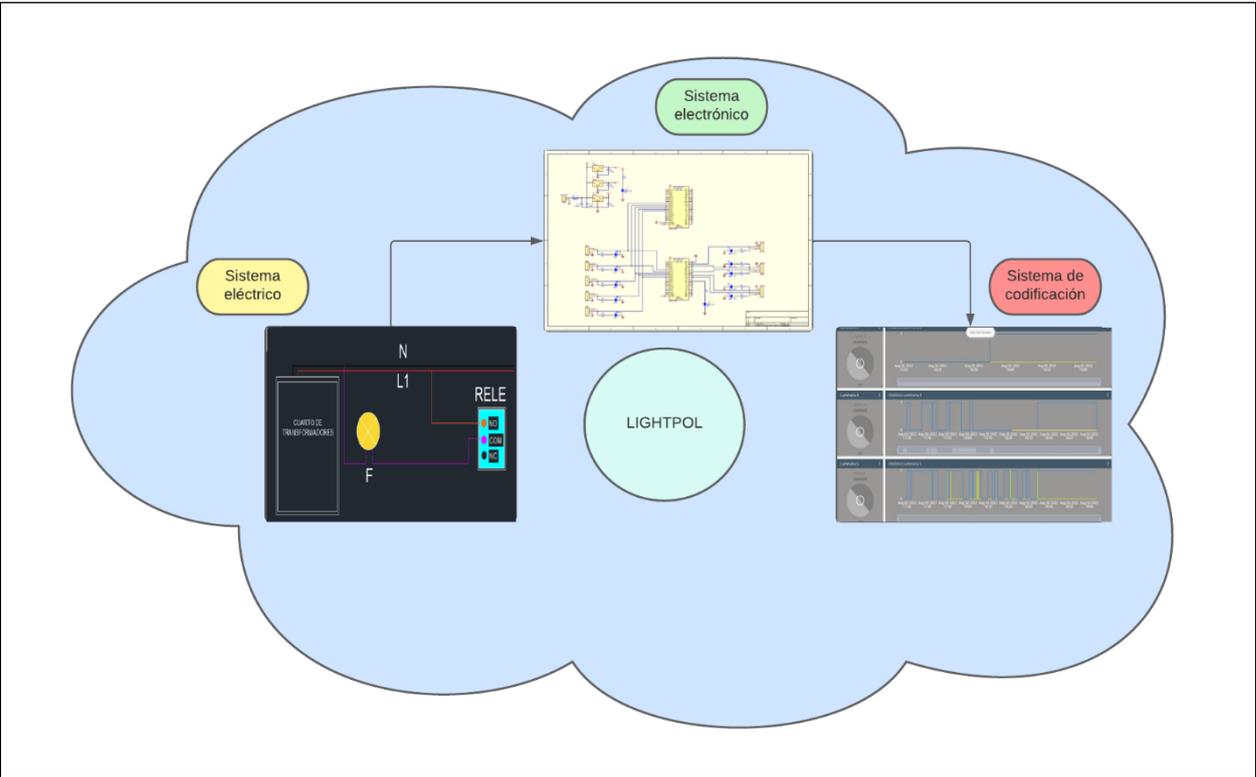


Figura 1.6 Relación de dependencia entre los distintos sistemas que intervienen en LightPOL

1.6.1 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico hace alusión a la conexión de las luminarias pertenecientes al bloque 11C; dicho escenario es un pasillo perteneciente a los laboratorios de FIEC que cuenta con un sistema de implementación de 5 luminarias, de las cuales solo se tomarán 3 para la implementación del prototipo. Las luminarias mencionadas evidencian un trabajo individual cuyos registros, como consumo energético, horarios de funcionamiento, entre otros, se mostrarán de la misma manera. El voltaje con el que trabajan estas luminarias es de 110V, con un cable flexible número 14, el cual facilita la implementación y acoplamiento con el sistema electrónico que cuenta con relés de entrada de borneras [18].

1.6.2 Sistema Electrónico

Los elementos a utilizarse en este apartado son los siguiente:

- Módulo WiFi ESP32 con microcontrolador integrado
- Relés SDR
- Sensores PIR hc-sr501
- Fuente de alimentación 9 [V]
- Borneras de alimentación

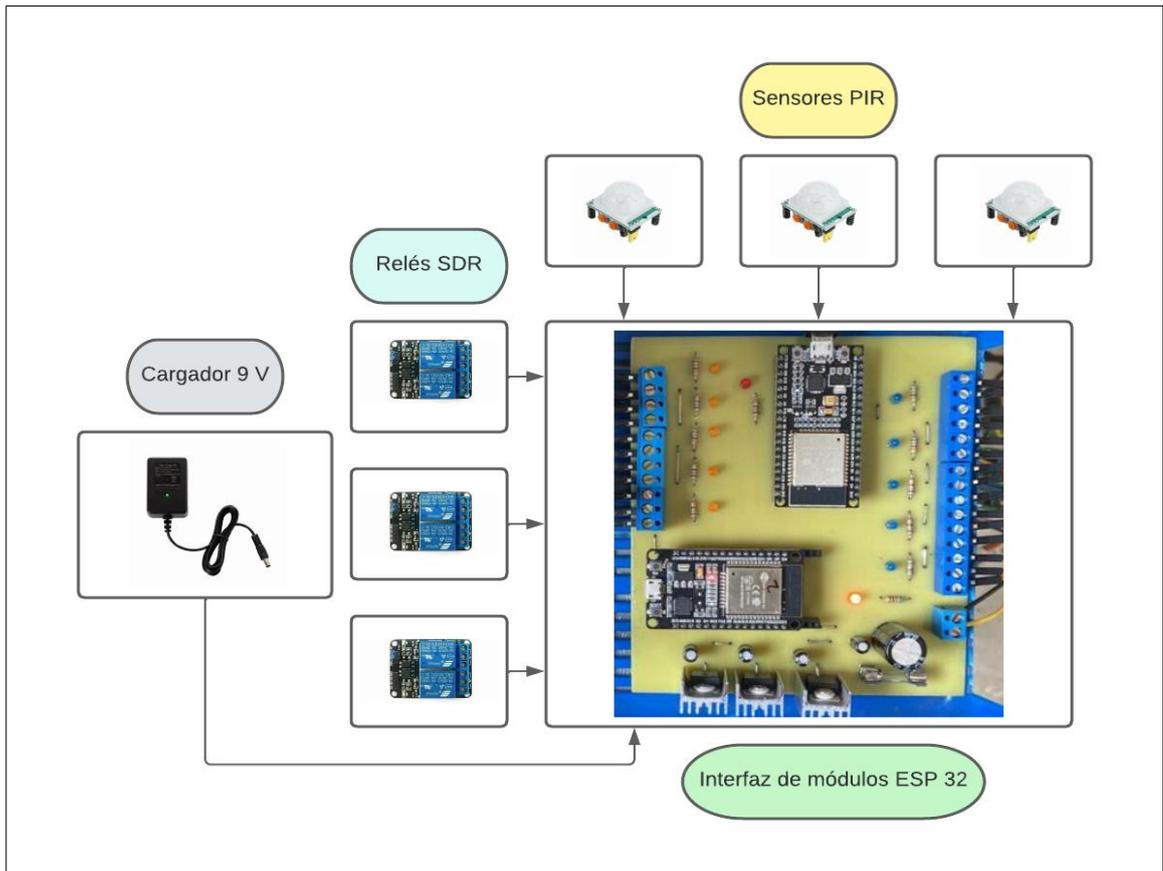


Figura 1.6.2 Estructura general del sistema electrónico de LightPOL

El módulo WiFi ESP32 va a ser el encargado de realizar la conectividad de todos los implementos electrónicos, así como elementos pasivos que conforman el sistema electrónico para el intercambio de información [19].

Los sensores infrarrojos PIR hc-sr501 conectados al ESP32 van a ser los encargados de suministrar la información correspondiente a la presencia de usuarios en los distintos pasillos de los laboratorios de FIEC. La información recolectada de estos sensores va a denotar las limitaciones del funcionamiento del sistema, la misma que se verá reflejada en los Dashboard enlazados a los servidores [20]. Los relés que son destinados para establecer la conexión entre el apartado electrónico que hace alusión a la conexión con el ESP 32 y las luminarias de los pasillos cuyo voltaje de funcionamiento es de 110V. Por último, las borneras de alimentación y las resistencias a los distintos elementos electrónicos mencionados con anterioridad, dando así un funcionamiento del circuito a un voltaje de trabajo de al menos 9[V]; las resistencias ayudarán a impedir el paso de corriente excesivo por el circuito y puedan proteger a los distintos componentes electrónicos [20].

1.6.3 Sistema de Codificación

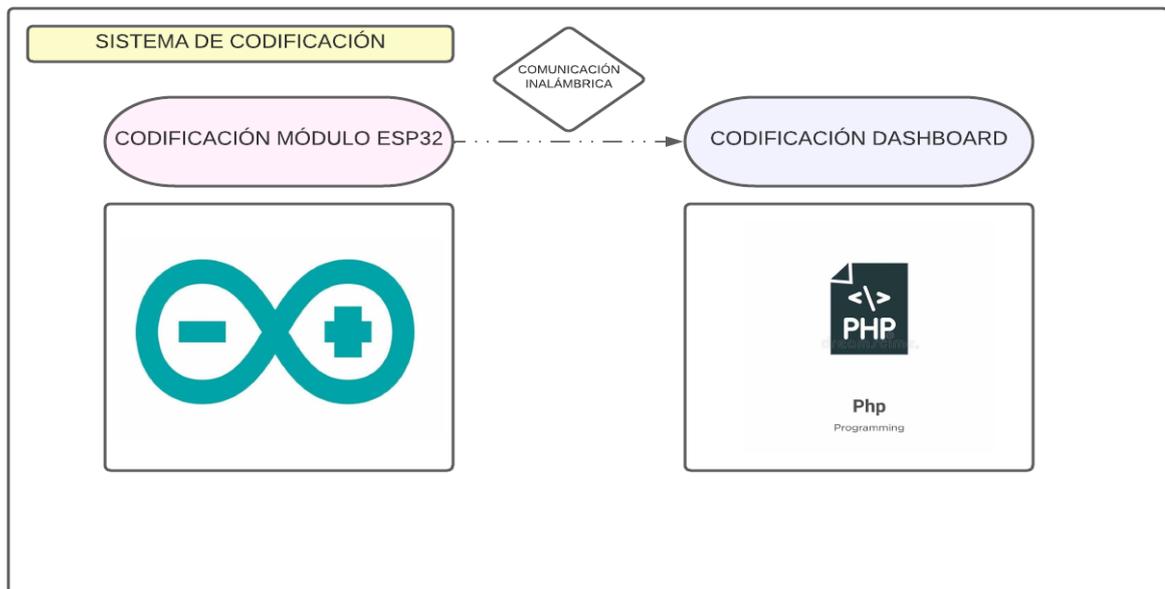


Figura 1.6.3 Lenguajes utilizados tanto para el ESP32 como para el dashboard

La parte de codificación va a realizarse tanto para la configuración del módulo WiFi ESP32 como para el Dashboard, este último refleja la información recaudada por el servidor. La codificación a emplearse en el módulo WiFi es la utilizada en Arduino cuya sintaxis es similar a la codificación C++; por otro lado, para la configuración del Dashboard y el servidor se utiliza el lenguaje PHP [21].

La síntesis de la información recolectada por el servidor va a ser reflejada en un Dashboard. Este Dashboard va a otorgar gráficas de funcionamientos que especificará los horarios de trabajo de las luminarias, el consumo energético y cuando el sistema trabaje con autonomía de presentarse el caso que se encuentren ausentes el personal a cargo del Dashboard. Cabe recalcar, que este Dashboard no solo se encargará de reflejar información, sino también enviar órdenes de trabajo para las luminarias, ya sea de encendido o apagado [22].

Ahora, la codificación que corresponde al ESP32, se realizará con el fin de otorgar funciones relacionadas al establecimiento de conexión a internet mediante el uso de una red WiFi local. Los pines del módulo WiFi van a tener una función específica para cada luminaria asignada, que podrán ser divididas también por borneras; gracias a esto, se facilita la recolección de información de manera individual de las luminarias y la recepción de los comandos de funcionamiento por

parte del Dashboard [21]. Al utilizar un Dashboard con servicio gratuito, la recolección de información en intervalos de tiempo se convierte en un tema limitante, ya que, al establecer una recolección de información en pequeños intervalos de tiempo, los Dashboard va a tener a llenar su capacidad de información y convertirse en un servicio de pago; motivo por el cual, se pretende establecer recolección en intervalos para la toma de muestras [23].

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Eficiencia energética en américa del sur

Según la secretaría de energía del ministerio de Panamá, se ha tratado de llevar un apoyo al programa de energía sostenible y eficiencia energética y fortalecimiento de la SNE que se llevaría a cabo desde el año 2009-2023, después de muchos procesos por largos años en el año 2021 se inicia la Estrategia de Eficiencia Energética y se adopta este esquema para las instituciones públicas. Con los planes impuestos del ministerio se logrará ahorrar hasta 370 GWh por año es decir se reduce un 14% anual, y con un ahorro de hasta 100 millones de USD, esto tomando en cuenta un ambiente de sector residencial y representando un caso optimista. [24]

Ahora tomando en cuenta el consumo energético nacional del Ecuador es de 133.3 kW/h en el 2018 y para el 2019 termino siendo 138.3 kW/h según el INEC donde se denota que este valor va a subir considerablemente cada año, para cual se tomaron medidas para suplir esta demanda [25]. Ecuador cuenta con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica del Ecuador que hace promoción a la eficiencia energética, haciendo uso de fuentes energéticas renovables como es el caso de las centrales hidroeléctricas, los proyectos fotovoltaicos y eólicos ubicados es varios sectores del país, para satisfacer la demanda energética del país, donde se logró subir de 200 MW a 500 MW. [26]

2.2 Reducción del presupuesto de las universidades públicas del Ecuador

La reducción del presupuesto a la educación superior pública afecta de forma negativa la calidad y viabilidad de recursos, donde se deberá realizar ajustes internos para equilibrar las perdidas, parte de este presupuesto va destinado al pago de la factura eléctrica, y es aquí donde juega un papel fundamental el cómo se puede disuadir este escenario usando la tecnología IoT. [27]

2.3 Campus universitarios inteligentes

Los campus inteligentes se personalizan para satisfacer las necesidades de la institución, con los avances tecnológicos y del Internet de las cosas, las

universidades en el extranjero y de forma nacional están optando por la optimización de las salas de clases, laboratorios y espacios comunes, así mismo se espera que los dispositivos conectados a IoT vayan siendo más de 75 mil millones para el año 2025. Muchos campus están optando rápidamente por tener una infraestructura basada en IoT gracias a que dichos dispositivos producen datos valiosos cuando se realizan operaciones de monitoreo ya sea en el uso de las aulas, pasillos y áreas comunes, entonces estos datos sirven para tomar decisiones asertivas en procesos automáticos.

Un ejemplo de Latinoamérica es la Unicamp en São Paulo, Brasil. Su smart campus surgió como proyecto en el 2016 gracias a la planificación estratégica del ayuntamiento, y recién en 2021 pasó a ser una célula fundamental ligada al área de informática del ayuntamiento usando IoT, los proyectos implementados hasta ahora son los Housing Buses, parqueo inteligente, smart locks, filas de restaurantes y sus futuros proyectos no implementados aún, que son de infraestructura ligado al ahorro de energía en luminarias e irrigación del campo. Para el área de iluminación fue instalada una red de tipo malla creada a los 26 postes de alumbrado público como plan piloto en el cual los datos de funcionamiento como consumo eléctrico ayuda al saneamiento de energía y se puede dar gestión al control de iluminación, lo que sirve de ejemplo de cómo IoT puede resolver problemas reales como un sistema independiente. [28]

2.4 Tecnologías necesarias para que IoT funcione como un sistema independiente

Las tecnologías para que IoT funcione sin problema y como un sistema independiente son privacidad y seguridad, estándares de interoperabilidad, hosting, captura de datos incorrecta, escalabilidad.

El área de seguridad IoT tendrá un gran desafío por los nuevos nodos que se agregan a las redes, habrá gente maliciosa intentando llegar por los agujeros de fallas de seguridad de los dispositivos, los proveedores de servicios IoT deben asegurarse que los datos de las empresas estén seguros. En el área de interoperabilidad se debe asegurar que todas las partes manejadas en el sistema IoT deben trabajar al unísono, además de considerar compatibilidad con más sistemas operativos como Ethernet, LAN o ZigBee. La conectividad de datos trata

de cómo los dispositivos se pueden conectar a la nube a través de una línea segura y poder usar un enlace abierto con los usuarios involucrados, las puertas de enlace son compatibles por paquete WIFI y controladores lógicos programables. Hay que considerar desde el principio la escalabilidad del proyecto para que se pueda desarrollar con más facilidad cuando sea pertinente. [29]

2.5 Ahorro energético con el uso de tecnología IoT

Uno de los muchos usos en IoT es el ahorro energético que pueden brindar en un campus, edificio o domicilio, para esto se pueden implementar sensores que envíen datos reales sobre el consumo energético y enviarlos a un centro de datos para su respectivo análisis, es decir se tendría un monitoreo de todos los dispositivos o máquinas que operen con electricidad, gracias a algoritmos de producen histogramas y con esos datos estrategias para optimizar la energía. En la actualidad hay 2 tipos de sensores que usan IoT para reducir el consumo energético y estos son los termostatos inteligentes y los sistemas de iluminación. [30]

Para este tipo de tecnología en la actualidad existen luces LED habilitadas por Wi-Fi y estas mismas se pueden controlar por función de horarios predeterminados, haciendo uso del sonido o movimiento para activarse y desactivarse. Esto actúa de forma positiva en las instituciones que permanecen iluminadas todo el día incluso si no hay personas presentes, lo que genera un desperdicio de electricidad. [30]

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Diagrama esquemático eléctrico

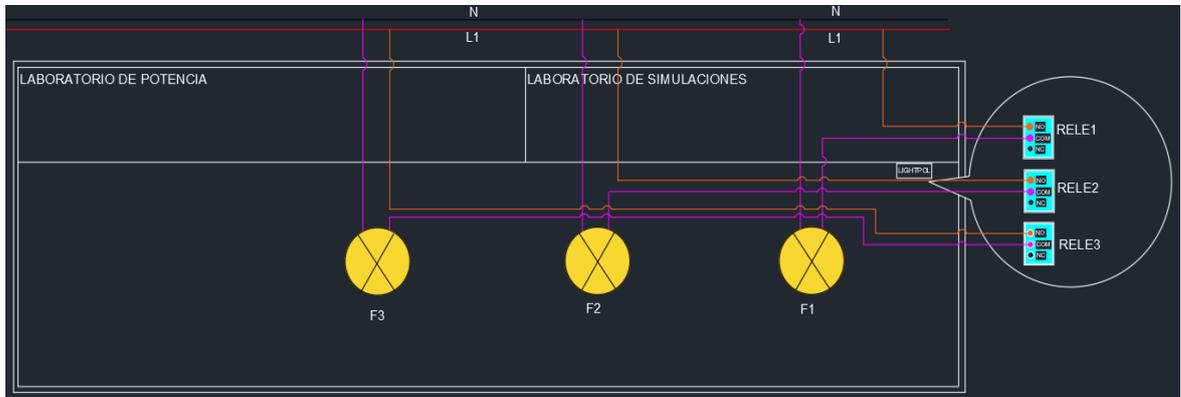


Figura 3.1.1 Diagrama eléctrico para conexión de prototipo LightPOL

La Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con un banco de transformadores que alimentan los distintos bloques de la institución. En el bloque 11C se cuenta con línea de alimentación de 120[V], cuyas polaridades corresponde a la fase y neutro de la misma. En la Figura 3.1.1 se puede evidenciar la representación de estas líneas, siendo de color rojo la línea que corresponde a la fase (L1) y de color negro la línea que corresponde al neutro (N).

Para la realización correcta de la conexión se tiene que tener presente el funcionamiento de los relés SRD (RELE1, RELE2 y RELE3), los mismos que cumplen la función de un interruptor con la diferencia que este recibe pulsos eléctricos para su activación. Los puertos de los relés SRD utilizados son el puerto NO (Normalmente Abierto) y el COM que corresponde al puerto común del Relé. El puerto NO contará con una conexión directa con la línea viva de fase (L1), esta se representa mediante el cable de color naranja conectado a los puertos de la placa alimentados con dicha línea; de la misma manera se encuentran conectadas las demás luminarias. Para cerrar el circuito de funcionamiento y pueda existir el flujo de corriente, el cable que corresponde al neutro (N) se conectará a un extremo de la luminaria (F1) (representado con el cable color magenta); mientras que el otro extremo, se conectará al puerto COM del relé. Este proceso se lo realiza para las demás luminarias del pasillo (F2 y F3)

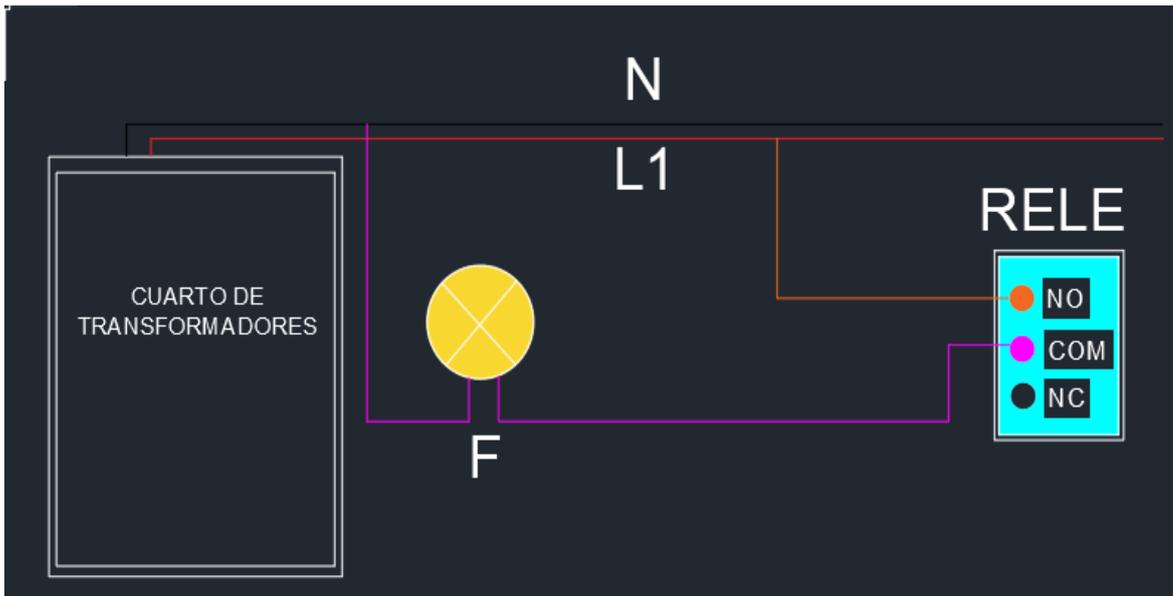


Figura 3.1.2 Conexión del relé con la línea de alimentación

El voltaje de funcionamiento del relé es de 5[V] en su puerto VCC, el mismo que da paso a la activación de su configuración normalmente abierto (NO) demostrada en la Figura 3.1.2. Las líneas de alimentación de energía forman un circuito en serie con el relé y la luminaria. El relé corta el flujo de energía cuando este recibe su voltaje de operación.

3.2 Diagrama esquemático electrónico

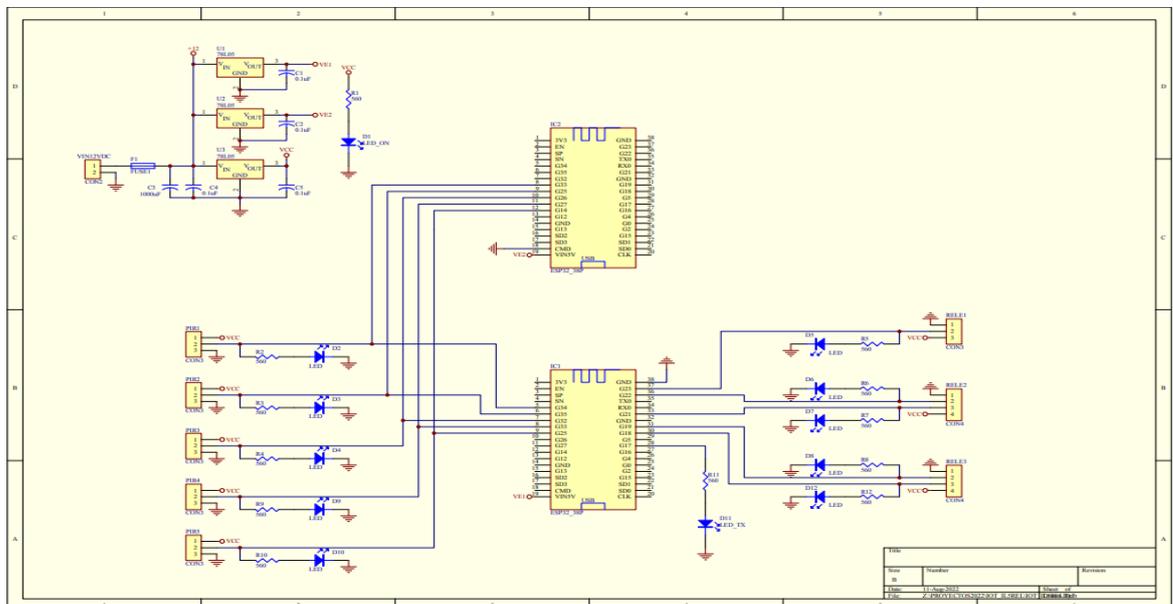


Figura 3.2.1 Diagrama electrónico correspondiente al prototipo LightPOL

En la figura 3.2.1, se puede apreciar los componentes electrónicos que conforman el cuerpo del prototipo LightPOL. El componente de mayor relevancia en el circuito es el módulo ESP 32, el cual, además de establecer una conexión a internet con previa conexión a un Gateway (router), cuenta con un microcontrolador que sirve para controlar las distintas acciones de los relés y la toma de datos relacionadas tanto para los relés SDR como para los sensores PIR. Su nomenclatura correspondiente es IC1 y IC2, siendo SC1 el módulo WiFi de mayor importancia, debido a que se encarga en un 80% del funcionamiento del circuito, y el otro 20%, corresponde al IC2.

Los sensores PIR HC-sr501 (PIR1, PIR2, PIR3, PIR4 y PIR5) cuenta con un voltaje de operación de 5[V], en donde para denotar su funcionamiento, se estableció la conexión de un diodo LED y una resistencia de 500 [Ω] (R3, R4, R9 y R10); cuando el LED se encuentre encendido, este comportamiento denotará el funcionamiento correcto de los sensores. De la misma manera, se realizaron las conexiones con los relés SDR (RELE1, RELE2, RELE3).

El 80% del trabajo corresponde al módulo IC1, debido que además que controlar el funcionamiento de los relés y adquirir parte de los datos recaudados por los relés, se encarga de recolectar la información de la parte interactiva del dashboard; es decir, de la información recolectada cuando se están utilizando los interruptores pertenecientes al dashboard.

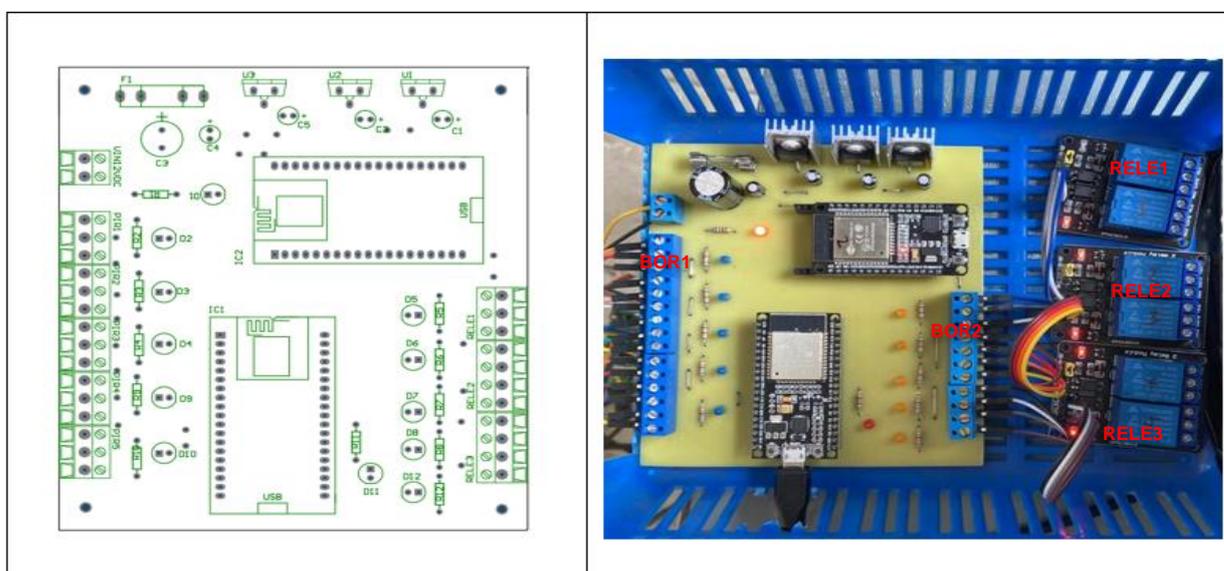


Figura 3.2.2 Diagrama de comunicación con la plataforma Ubidots

Las dimensiones asociadas a la placa del prototipo son de 13 cm de largo y 12 cm de ancho. La conexión entre el apartado eléctrico y electrónico se lo realiza mediante el uso de los relés SDR (RELE1, RELE2 y RELE3). Las borneas ubicadas en sus laterales son tanto la entrada como la salida de la información de los sensores PIR y los relés respectivamente (BOR1 y BOR2).

3.3 Diagrama esquemático de diseño – dashboard

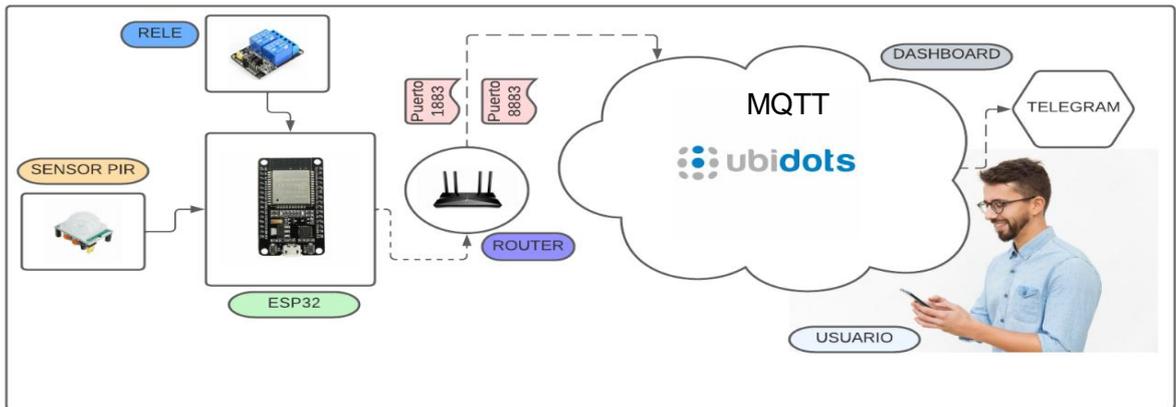


Figura 3.3.1 Diagrama esquemático de diseño

La comunicación entre el dashboard de la plataforma Ubidots y el prototipo LightPOL se lo realiza utilizando el protocolo MQTT. Una vez establecida la comunicación da paso a la interacción entre ellos. Los datos recolectados por los relés y los sensores se logran plasmar en el dashboard mediante la utilización de gráficas de pulso de color azul y amarillo, en la cual, el ensanchamiento de la gráfica de pulso denota el tiempo de operación o funcionamiento de esto. El ingreso de las muestras obtenidas se las realiza mediante la comunicación por los puertos 1883 y 8883.

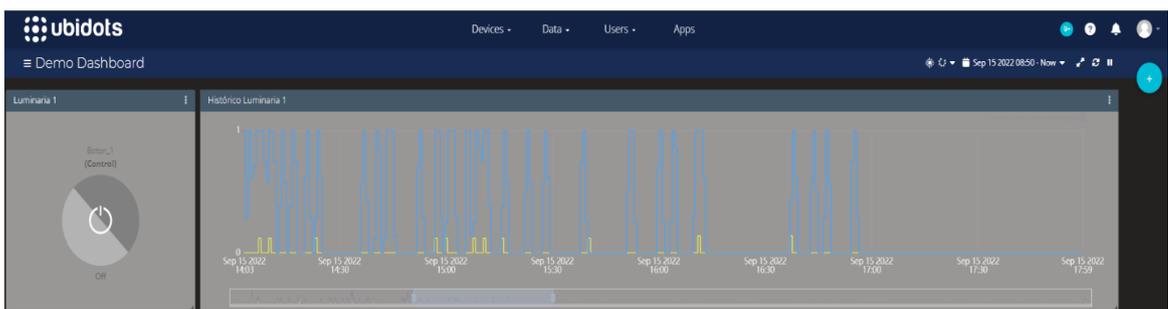


Figura 3.3.2 Historico de la actividad de los relés y los sensores PIR

El usuario al ingresar a la plataforma Ubidots se encontrará con una interfaz similar anexada en la Figura 3.3.2. En esta se puede apreciar el decrecimiento de las gráficas rectangulares asociadas a los relés se da gracias a la codificación programada al dashboard para que pueda actuar con autonomía. El tiempo de operación de los sensores para que estos registren inactividad es de 60 segundos. Una vez pasado este tiempo, comienza una cuenta regresiva de 20 segundos, tiempo necesario para que el dashboard pueda mandar un mensaje de alerta mediante el uso de la plataforma Telegram y luego pueda tomar las debidas acciones.

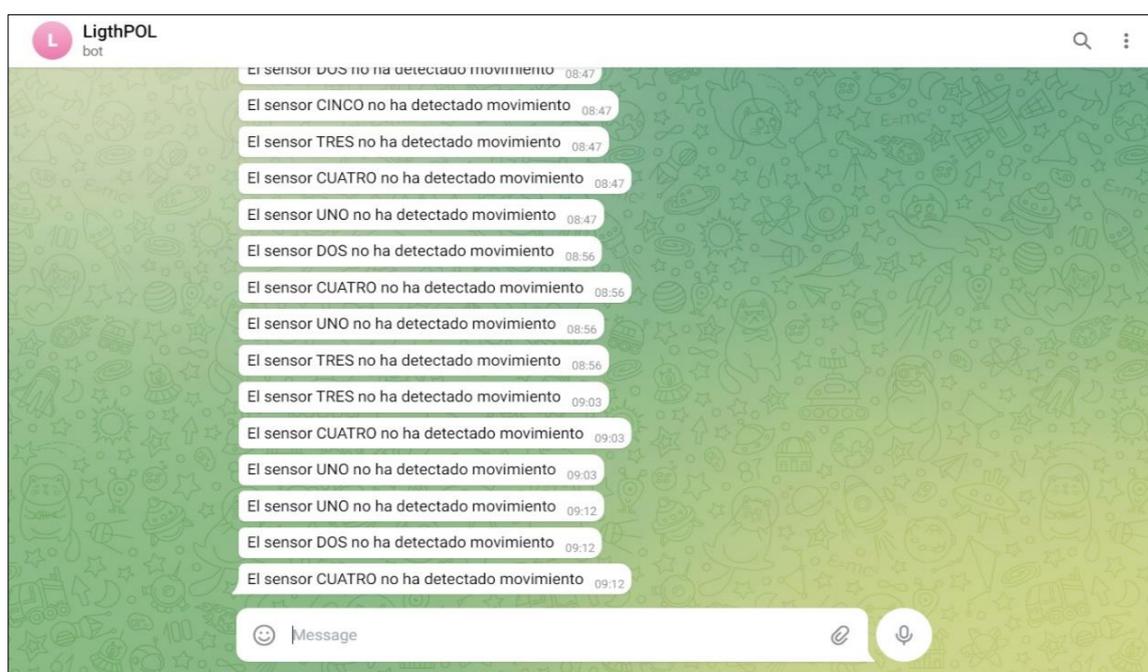


Figura 3.3.3 Comunicación con la plataforma de Telegram

Los mensajes de advertencia se reflejan mediante el uso de la plataforma de Telegram. Se realizó la creación de un Bot denominado como LightPOL, el cuál al ofrecer el código de vinculación con el Bot, se lo introduce a la codificación del ESP 32 y puedan enviar sus mensajes de advertencia después de los 60 segundos de inactividad de los sensores.

3.4 Fase de armado del prototipo

3.4.1 Alimentación de LightPOL

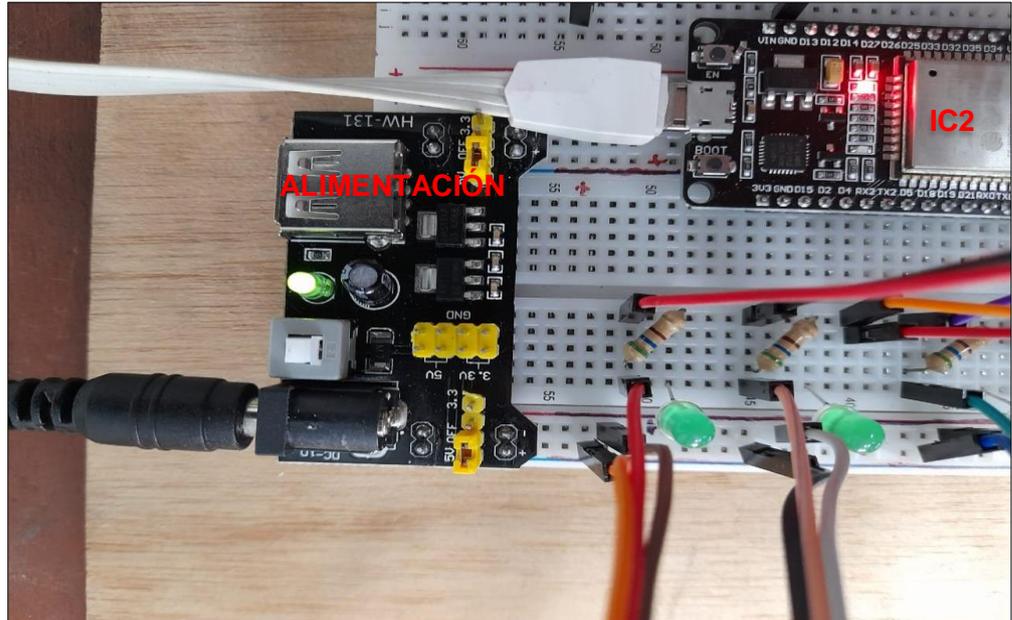


Figura 3.4.1 Puerto de alimentación energética HW-131 para LightPOL

El puerto utilizado para energizar el circuito correspondiente al prototipo LightPOL es el HW-131 (Alimentación), el mismo que puede otorgar alimentaciones de voltaje de 5 y 3.3 voltios. Se utilizó un cargador que trabaja con corriente alterna lo transforma a corriente continua lo que produce un voltaje de operación de 9[V] que ayudarán a energizar al módulo de alimentación HW-131, y que posteriormente, otorgó un voltaje de operación de 5 voltios para los módulos WiFi ESP32 (IC1 e IC2) y el demás componente electrónicos que conformaron el circuito; entre estos componentes se tuvieron resistencias, diodos led, sensores PIR (PIR1, PIR2 y PIR3) y relés SDR de doble puerto (RELE1, RELE2 y RELE3). Además, este módulo de alimentación cuenta con una entrada USB que cumple los mismos fines que el cargador de corriente alterna.

3.4.2 Instalación de módulos WiFi ESP32

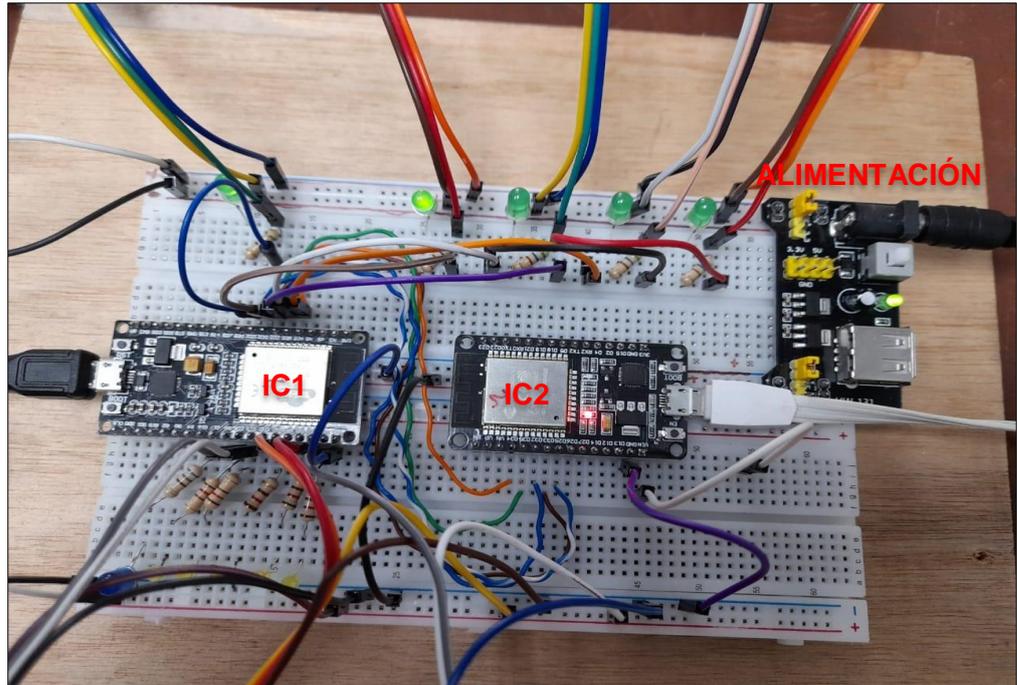


Figura 3.4.2 Conexión de módulos ESP32

Los módulos ESP 32 (IC1 e IC2) establecerán una conexión con la plataforma Ubidots, en la cual se detallará un historial que serán proporcionado por las respuestas tanto de los sensores PIR como de los relés SDR conectados a las luminarias. La comunicación con la plataforma se la realizará utilizando el protocolo MQTT, cuya salida será por los puertos 1883 y 8883; la red a la cual se conectarán los módulos posee una dirección IP 200.126.14.167, la misma que dará paso con la conexión a internet no sin antes pasar por una NAT.

3.4.3 Conexión de sensores PIR

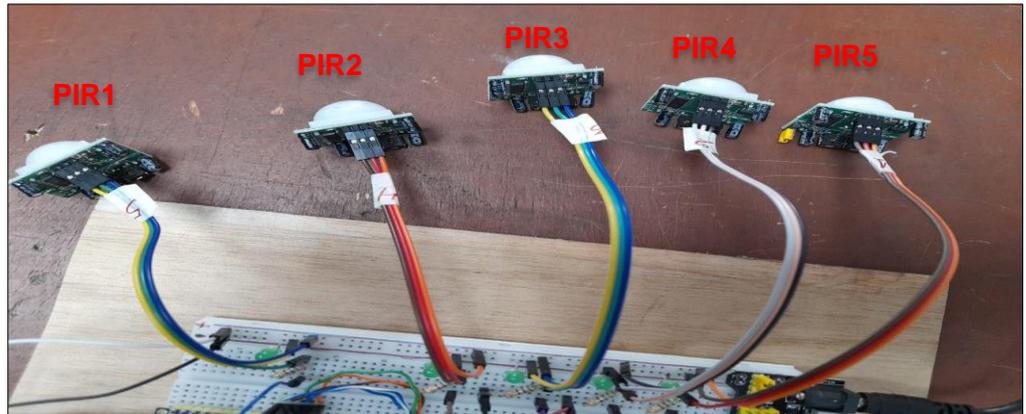


Figura 3.4.3 Conexión de los sensores PIR

Los sensores PIR (PIR1, PIR2 y PIR3) poseen tres entradas, de las cuales dos corresponde a las entradas de alimentación tanto positiva como negativa y su pin central que corresponde al voltaje de respuesta que reflejará la actividad en el dashboard. Estos sensores poseen un reflejo de respuesta de aproximadamente 1 segundo, debido a que tarde 500 ms en mandar información al dashboard y 500 ms en recibir la respuesta del mismo. Cada sensor es asignado de manera individual a cada una de las borneras desinadas para la conexión de los relés conectados a las luminarias.

3.4.4 Conexión de relés de doble puerto

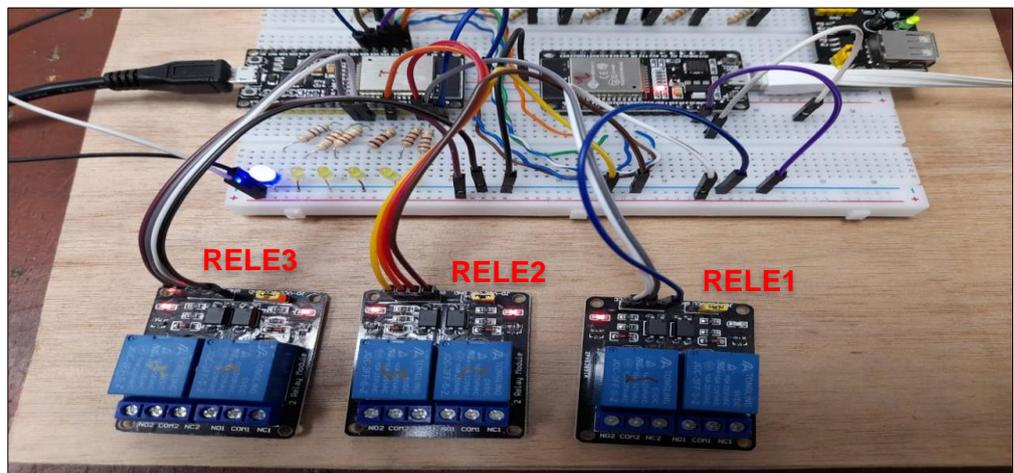


Figura 3.4.4 Conexión de los relés al prototipo

Los relés que cumplirán la función de interruptores para cortar el flujo de energía poseen un voltaje de funcionamiento de 9 [V], que además de funcionar como interruptores, ofrecen respuestas que serán plasmadas en el dashboard de la plataforma Ubidots. Los relés SDR utilizados son relés de dobles borneras, los mismos que se utilizaron para optimizar el espacio dentro del prototipo.

3.4.5 Lectura de prueba en dashboard

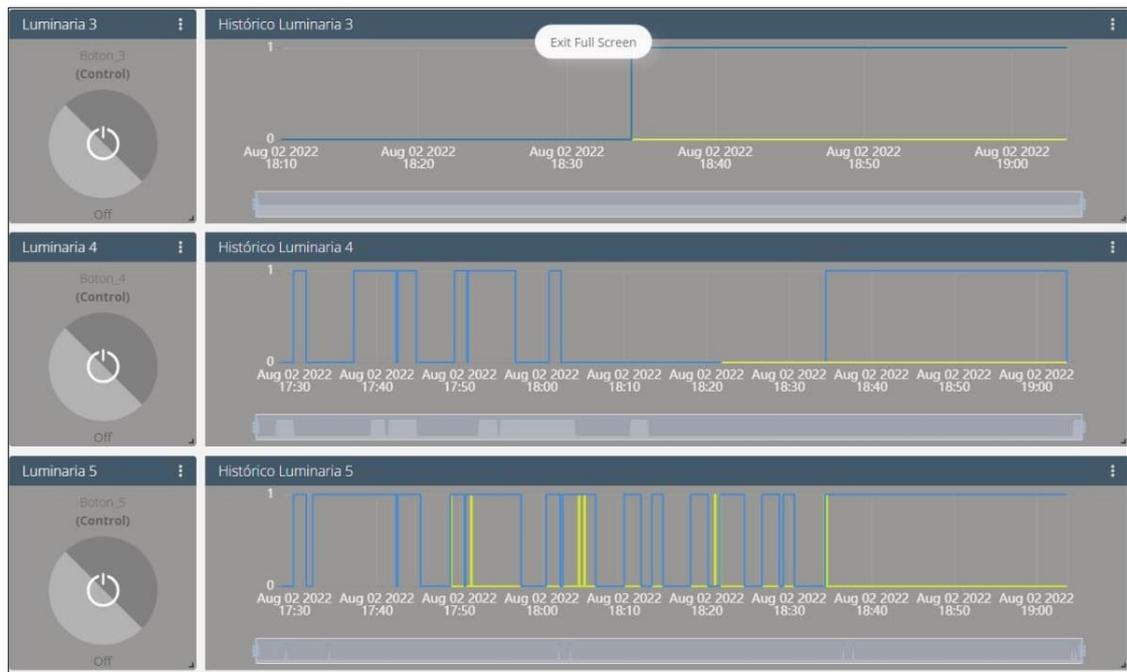


Figura 3.4.5 Historial de respuestas de los sensores PIR y los relés

El dashboard contratado de la plataforma Ubidots, cuenta con un plan denominado IoT Entrepreneur, el cual proporcionará una tasa de datos de hasta 2 millones de muestras al día, muestras suficientes para registrar toda la actividad en tiempo real durante 24 horas. La actividad en el dashboard se detallada mediante gráficas rectangulares denotadas tanto de color azul como de amarillo, las mismas que corresponde a las respuestas de los relés como de los sensores PIR respectivamente. Además, se cuenta con un botón de encendido/apagado de manera individual para las distintas luminarias. Este mecanismo sirve como respaldo cuando los sensores muestren fallas en su funcionamiento o se necesite realizar un apagado de emergencia.

3.5 Zona destinada a implementación

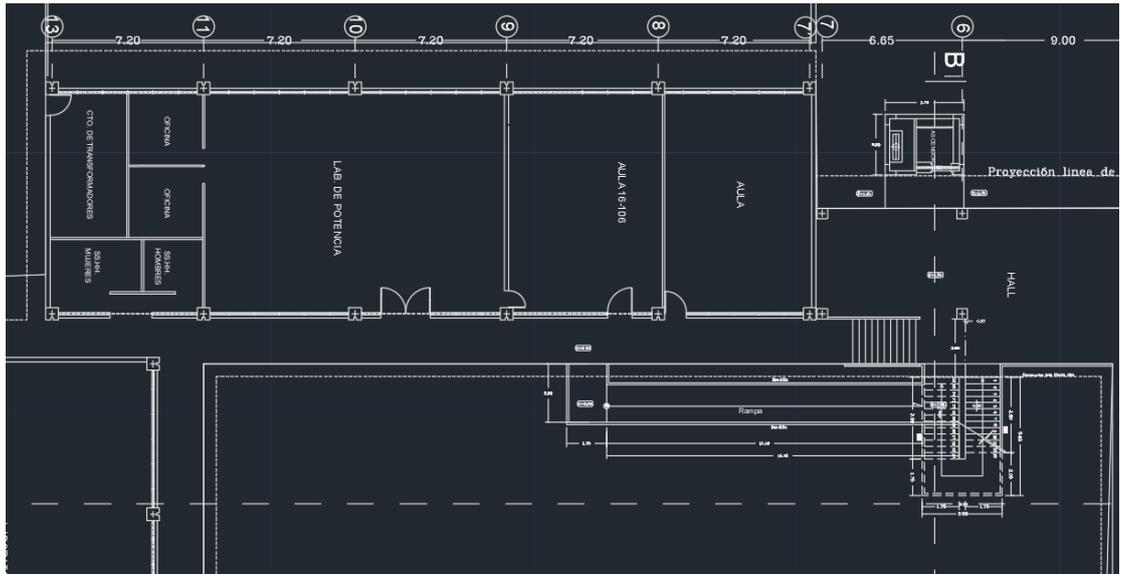


Figura 3.5.1 Área destinada para para implementación de proyecto IoT

El Bloque 11C, que corresponde al área de laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, es el sector destinado para la implementación del sistema IoT denominado como LightPOL. LightPOL se lo implementó en la zona norte del bloque 11C, para ser específicos, en el pasillo que comprende las áreas académicas como el laboratorio de simulación para electricidad y electrónica y el laboratorio de computación de sistemas de potencia. El pasillo mencionado con anterioridad cuenta con una longitud 30,5 metros de largo.



Figura 3.5.2 Ubicación de los sensores PIR

Los sensores PIR, también conocidos como sensores infrarrojos, se encuentran representados de color amarillo en la Figura 3.5.2. El pasillo al contar con una longitud de 30,5 metros de longitud se ubicó de manera estratégicas a los 3 sensores HC-SR501 con una distancia de 3.5 metros de distancia entre ellos. Los rangos de operación de los sensores PIR utilizados varía de 3 a 7 metros de distancia y un cono de detección de movimiento de 110 grados. El voltaje de operación que alimenta a los sensores es de 5 voltios y un amperaje menor a 1[mA].

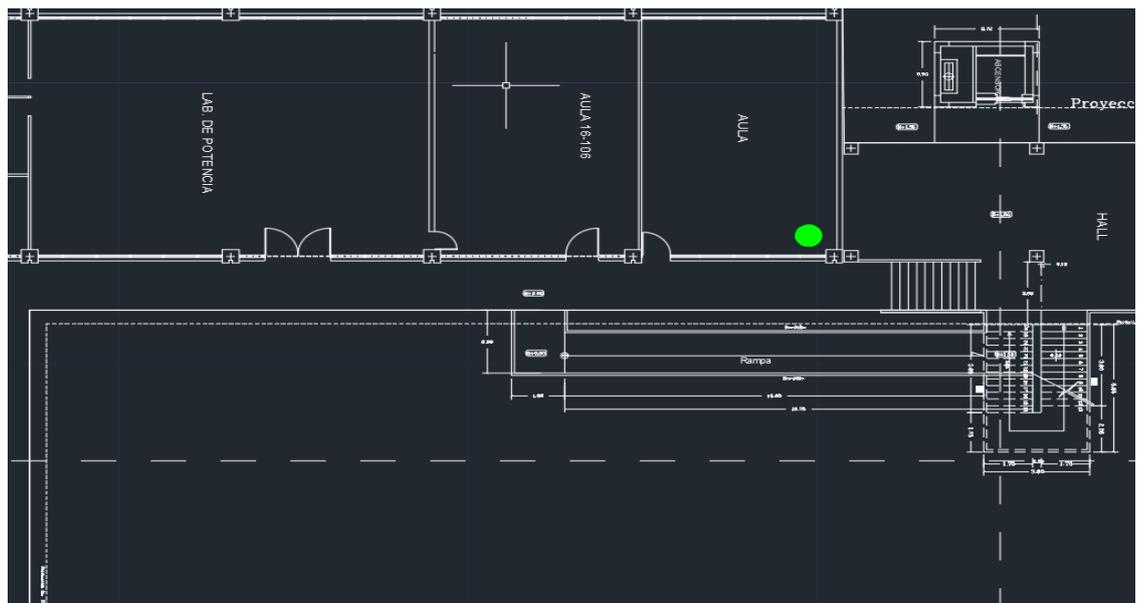


Figura 3.5.3 Ubicación de router TP-LINK para salida a internet

El pasillo del ala sur bloque 11C, cuenta con un router inalámbrico NWR840N, el mismo que otorgó salida a internet y establecer la comunicación en entre el módulo WiFi ESP32 y el dashboard que contiene los registros de consumo energético del pasillo en cuestión. Su ubicación aproximada se da entre las oficinas de docencia y las bodegas de implementos por el motivo que se encuentran tomacorrientes de alimentación y líneas energizadas que pueden alimentar al sistema LightPOL y además al punto de acceso. La representación del punto de acceso se encuentra denotado de color verde fosforescente y se puede apreciar en la Figura 3.5.3

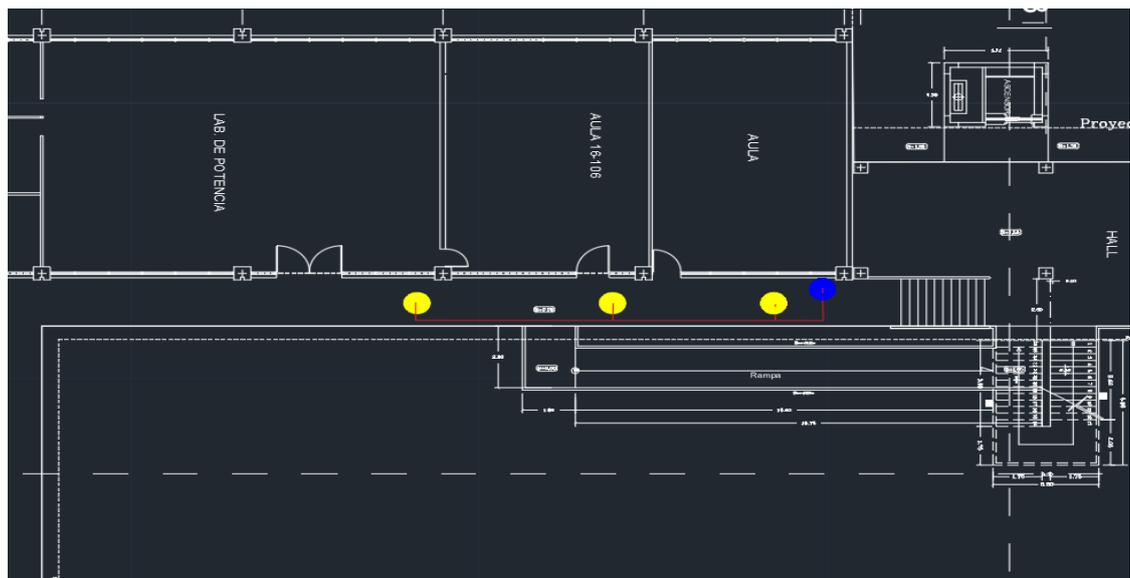


Figura 3.5.4 Canalización y ubicación del sistema IoT – LightPOL

El prototipo de luces inteligentes LightPOL se encuentra representado de color azul en la Figura 3.5.4, el mismo que se ubicó en el laboratorio de circuitos impresos. Se destinó esta zona con la finalidad de tener una buena climatización del prototipo y evitar los posibles sobrecalentamientos del mismo. La canalización se representa de color rojo, en donde se utilizó cable flexible de cobre calibre 18 para la conexión de los sensores PIR con las borneras en el circuito electrónico de LightPOL. La cantidad de cable utilizada es de 120 metros aproximadamente para realizar las conexiones previamente descritas.

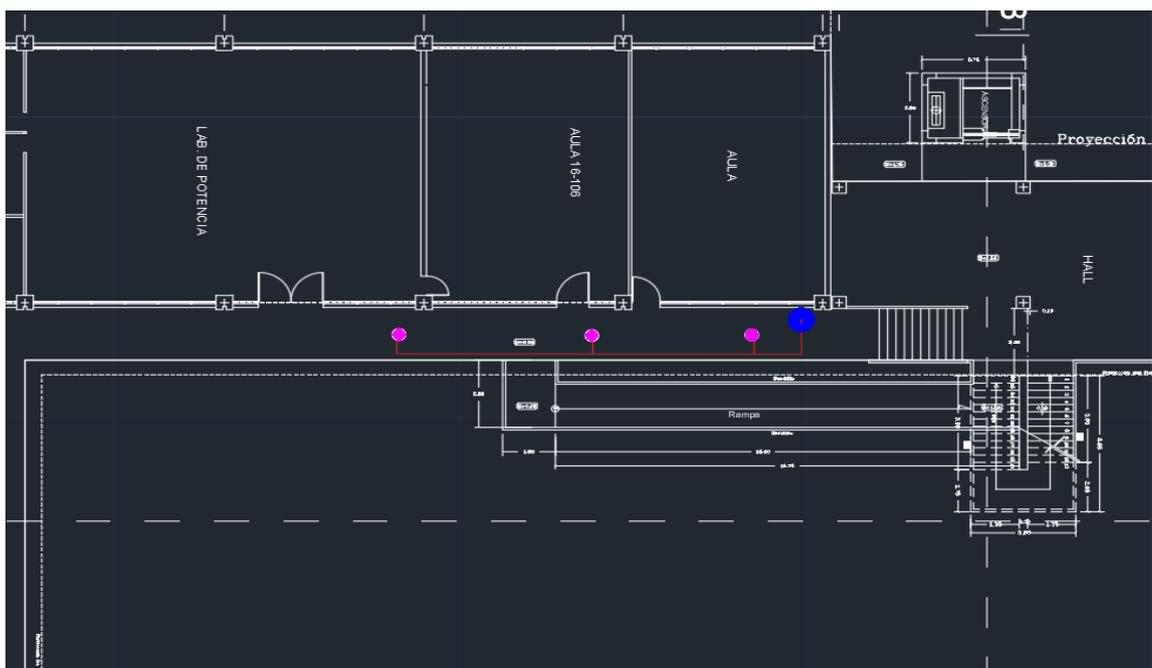


Figura 3.5.5 Ubicación de las luminarias

La figura 3.5.5 denota la ubicación de las luminarias donde serán ubicadas al instalar el prototipo LightPOL, las misma que utilizarán un cable calibre 14 flexible para realizar las respectivas conexiones. La longitud total de cable a utilizarse es de 135 metros aproximadamente desde el prototipo hasta los puntos de luz.

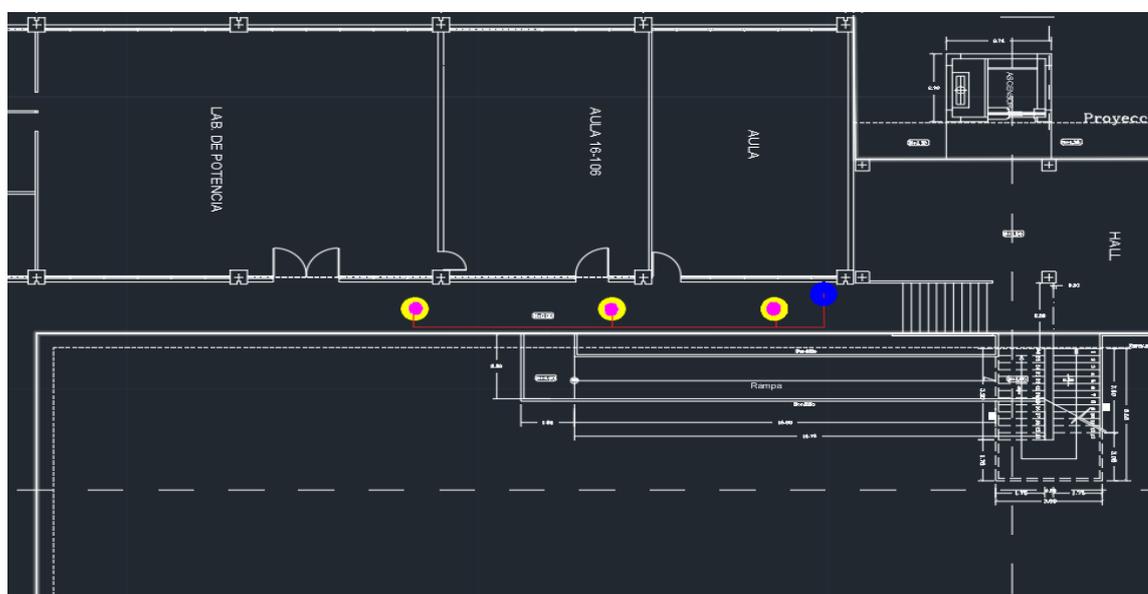


Figura 3.5.6 Sistema de red IoT

La figura 3.5.6 muestra la ubicación que se destinó para todos los sensores PIR, punto de acceso WiFi, canalización de los cables de energización, luminarias y el prototipo LightPOL.

3.6 Fase de implementación



Figura 3.6.1 Pasillo a implementar prototipo

El pasillo que se eligió para implementar el prototipo tiene 7 luminarias de largo en los cuales, por limitantes de infraestructura, cantidad de equipos que tiene la facultad, el consumo energético de las luminarias es mucho mayor en los pasillos, en vista de esas 3 componentes solo se tomaron para la prueba 3 luminarias las cuales son las primeras que se distinguen en la figura 3.6.1



Figura 3.6.2 Instalación y configuración de prototipo para pruebas

El prototipo se colocó en la parte superior lateral del pasillo para que no incomode a las personas que pasen y queda más cerca de las canaletas de conexión que se colocaron para que exista un enlace del prototipo con las luminarias y sensores.

3.7 Comparativa de escenarios

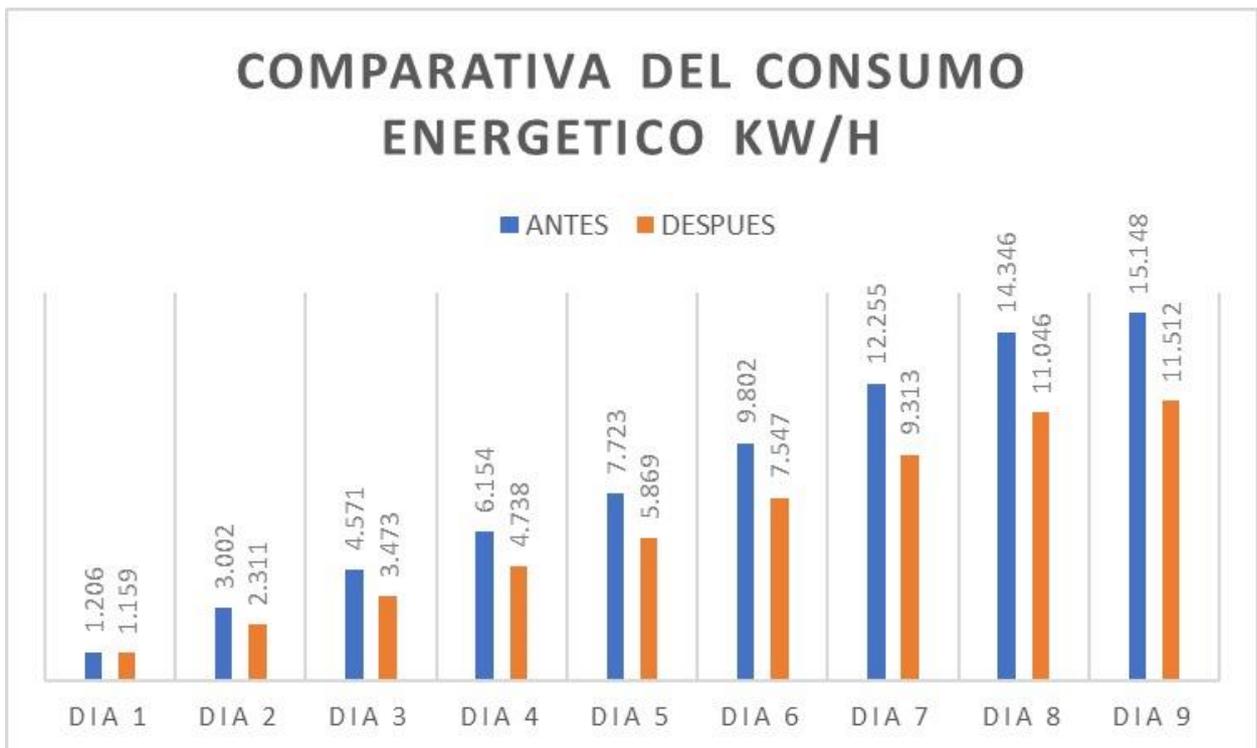


Figura 3.7.1 Grafica comparativa del consumo energético antes y después de la implementación de LightPOL

En la Figura 3.7.1 se puede evidenciar la gráfica del consumo de potencia, que fue tomando en el lapso de 8 días de manera ininterrumpida y previo a la implementación de LightPOL. El consumo de potencia total es de 15.148 kW/h, el mismo que les corresponde a las 3 luminarias que conforman la sección de pasillo de 18 metros de longitud. Se puede evidenciar un consumo de potencia en promedio de 2 kW/h por día.

Las estimaciones en la reducción del consumo de potencia se las realizaron en base a la fase de experimentación en donde se tomaron las variables de tiempo de operación, tiempo de respuesta de los sensores y diagramas históricos de respuesta tanto de los relés como de los sensores PIR.

La corriente total medida previo a la implementación fue de 1.7 [A], lo que le correspondería 0.2428 [A] para cada una de las luminarias. Obtenida la corriente y con la resistencia sin presentar variaciones (luminarias) se estimó el consumo de potencia de 11.512 kW/h. En comparación con el consumo de potencia previamente obtenido, se ve una disminución de 3.636 KW/h. Este valor responde a alrededor de un 1.5 días de ahorro, en cuanto a tiempo de operación se refiere.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las diferentes pruebas realizadas al prototipo LightPOL proporcionaron resultados con respecto a su tiempo de operación. El tiempo de operación estimado para que el prototipo trabaje de manera ininterrumpida es de aproximadamente 30 días. Este valor se obtuvo gracias a las complicaciones que se presentaron tanto en los relés como en los sensores PIR, debido a que estos deben recibir mantenimiento preventivo, ya que así pueden funcionar de manera optimar y enviar datos correctos al dashboard. Los sensores PIR seleccionados para la fase de implementación deben ser calibrados y alineados como mantenimiento correctivo, debido a que estos son alterados de su posición gracias a factores climáticos como el viento y la lluvia.
- La longitud total del pasillo es de 30,5 metros de longitud, el cual se encuentra conformado por 7 luminarias, de las cuales en solo 3 se instaló el prototipo LightPOL, cuya sección de operación cuenta con 18 metros de longitud. La estimación de la reducción del consumo de potencia se dio en 3.63 kW/h dando un total de 11.512 kW/h; esta reducción representa un 24% menos del valor previamente obtenido con el medidor de armónicos.
- Las respuestas de los sensores y los tiempos de operación de los relés es un factor que toma relevancia, si de reflejar datos en tiempo real se trata, ya que mientras más rápido llegan las indicaciones lógicas al dashboard habrá una transición más rápida en el funcionamiento físico. Los sensores PIR al tomar lectura de un evento le toma 500 ms en enviar las indicaciones al dashboard y otros 500 ms de espera para recibir la respuesta del mismo; da como resultado una actualización de datos de 1 segundo reflejados en el dashboard, lo cual es una respuesta lógica rápida para ser un prototipo. El número de variables que maneja el dashboard es de 10, por lo que, como las actualizaciones se realizan cada segundo, se trabajan con 600 muestras en tan solo un minuto de operación. Dicho esto, alrededor de 24 horas, se trabaja con 864000 muestras, correspondiente a los sensores, relés y estado de los botones de encendido y

apagado. El valor de muestras expresado con anterioridad solo hace alusión a una luminaria.

4.2 Recomendaciones

- A futuro se debe analizar que la Escuela Superior Politécnica del Litoral, pueda ser pionera en la elaboración e implementación de prototipos IoT, debido a que esta sería una gran ayuda para los futuros graduados de la carrera en telecomunicaciones dándoles noción de lenguajes de programación y manejo de dashboard de la plataforma Ubidots. De igual manera, que se le puedan ofrecer estos servicios de manera gratuita a aquellos estudiantes que deseen proponer sus prototipos.
- Al trabajar con el protocolo MQTT, es recomendable revisar las reglas de firewall o restricciones que llegue a tener la red con la que se establecerá esta conexión. En muchos casos, las instituciones educativas deniegan el tráfico por ese protocolo de comunicación, para así evitar vulnerabilidades y fallos en la red.
- Los sensores PIR utilizados, son propensos a sufrir fallos o ausencia de funcionamiento debido a que no reciben su voltaje de operación por las largas distancias que lleguen a encontrarse estos del prototipo o por el espesor del cable; motivo por el cual, es recomendable la utilización de amplificadores de voltaje para que de esta manera se puedan incrementar la cantidad de sensores en la zona de operación y así cubrir más el área de prueba.

Bibliografía

- [1] V. T. Educación, «Vínculo TIC Educación,» 8 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://vinculotic.com/educacion/iot-universidades/>. [Último acceso: 11 Julio 2022].
- [2] U. d. Chile, «Noticias - Universidad de Chile,» 04 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://www.uchile.cl/noticias/187869/u-de-chile-y-ufro-inauguran-piloto-de-invernadero-con-paneles-solares>. [Último acceso: 07 Julio 2022].
- [3] E. Telégrafo, «EL TELÉGRAFO - EL DECANO DIGITAL,» 03 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/tecnologia/1/internet-seguridad-dispositivos-electronicos-datos#:~:text=El%20IoT%20tambi%C3%A9n%20se%20aplica,y%20controlan%20el%20rendimiento%20f%C3%ADsico..> [Último acceso: 11 Julio 2022].
- [4] IECOR, «iecor.com - Aplicaciones de la domótica,» 14 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.iecor.com/aplicaciones-de-la-domotica/>. [Último acceso: 17 Julio 2022].
- [5] L. G. Ponce, «Observatorio de gasto público,» 28 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.gastopublico.org/informes-del-observatorio/cuanto-destina-el-gobierno-de-guillermo-lasso-a-las-universidades-publicas-en-2021>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [6] S. E. B. A., «Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la Universidad San Francisco de Quito,» Quito, 2021.
- [7] H. T. Medina, «Consumo energético de la facultad de ciencia químicas de la Universidad Central del Ecuador y propuesta para alcanzar la eficiencia energética,» Quito, 2016.
- [8] E. S. P. d. Litoral, «Historia - Escuela Superior Politécnica del Litoral,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.espol.edu.ec/es/la-espol/historia>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [9] E. S. P. d. Litoral, «Sostenibilidad - Escuela Superior Politécnica del Litoral,» [En línea]. Available: <http://www.espol.edu.ec/es/la-espol/sostenibilidad>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [10] J. M. E. Fernandez, «Open Webinars,» 10 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/iot-tecnologias-aplicaciones-estado-actual-y-futuro/>. [Último acceso: 14 Junio 2022].
- [11] R. Fernadez, «Statita - Tecnología Y Telecomunicaciones,» 23 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/517654/prevision-de-la-evolucion-de-los-dispositivos-conectados-para-el-internet-de-las-cosas-en-el-mundo/>. [Último acceso: 14 Junio 2022].
- [12] E. G. Stanescu, «Intelligent Street Lighting System,» Madrid, 2019.
- [13] R. A. Ramos, «Sistema de control de la iluminación de un hogar a través de Android gobernado por la plataforma Arduino.,» Barcelona, 2017.
- [14] E. S. D. Roa, «Desarrollo de una sistema domótico basado en IoT para las seguridad residencial y mejoramiento del consumo enegético aplicando conocimientos de Big Data.,» Bogotá, 2019.
- [15] Edgar Jaimes y Edinson Álvarez , «Análisis y diseño de un sistema domótico para climatización e iluminación inteligente. Caso de uso: ABCCell Comunicaciones,» Floridablanca, 2017.

- [16] F. H. P. Larroca, «Diseño e implementación de un sistema domótico utilizando plataformas de desarrollo como controlador,» Lima, 2018.
- [17] J. A. M. Pérez, «Domótica, implantación en casa habitación aplicada en iluminación, temperatura, presencia y niveles de agua,» México, 2017.
- [18] E. F. Top, «Electrónica Fácil Top - Circuito de conexión de la luz del tubo y diagrama de cableado,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.electronicafacil.top/lampara-fluorescente/circuito-de-conexion-de-la-luz-del-tubo-y-diagrama-de-cableado/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [19] E. Systems, «Espressif Systems - Datasheet ESP 32 Series,» [En línea]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [20] RogerBit, «RogerBit - The Power Of The Bit,» 29 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://rogerbit.com/wprb/2021/01/detector-de-movimiento-con-luz-esp32-y-notificaciones-por-telegram/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [21] Programmerclick, «Programmerclick - Introducción al desarrollo de ESP32 Arduino,» 02 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://programmerclick.com/article/85581003375/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [22] Tutorialesx, «ESP32: Panel web en tiempo real,» 29 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://techtutorialsx.com/2021/10/12/esp32-real-time-web-dashboard/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [23] A. L. Fernandez, «Desarrollo de una aplicación IoT para la gestión de un hogar inteligente mediante el protocolo MQTT y Sistemas en chip ESP32,» Valencia, 2020.
- [24] M. Bernal, «Cepal,» 06 07 2021. [En línea]. Available: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/marta_bernal.pdf. [Último acceso: 2022].
- [25] INEC, «INFORMACIÓN AMBIENTAL EN HOGARES,» Ecuador en cifras, Ecuador, 2012.
- [26] B. d. Prensa, «Ecuador actualiza el Bloque de Energías Renovables a 500 megavatios con potencial de inversión por USD 968 millones,» Ministerio de Energía y Minas, Quito, 2021.
- [27] Y. T. (I), «Rectores reclaman el presupuesto de las universidades públicas ante una posible nueva reducción,» *El Comercio*, 2021.
- [28] S. Pontes, «Smarth Campus,» Unicamp, 2021. [En línea]. Available: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>. [Último acceso: 2022].
- [29] M. Lamp, «IEEE,» 2018. [En línea]. Available: <https://innovationatwork.ieee.org/6-things-to-consider-before-your-enterprise-iot-deployment/>. [Último acceso: 2022].
- [30] P. Pourbeik, «Techtarget,» 2 Noviembre 2021. [En línea]. Available: [https://www.techtarget.com/iotagenda/feature/How-to-use-IoT-for-energy-efficiency-and-sustainability#:~:text=By%20using%20IoT%20devices%20such,reduce%20demand%20during%20peak%20hours](https://www.techtarget.com/iotagenda/feature/How-to-use-IoT-for-energy-efficiency-and-sustainability#:~:text=By%20using%20IoT%20devices%20such,reduce%20demand%20during%20peak%20hours.). [Último acceso: 2022].
- [31] K. Manning, «Process Maker,» 16 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.processmaker.com/es/blog/8-examples-of-smart-campus-technology/>. [Último acceso: 2022].

ANEXOS

CODIFICACIÓN ESP 32

- ESP 32 – MODULO 1

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include "UbidotsEsp32Mqtt.h"
#include <Separador.h>

Separador s;

//-----define BOT en TELEGRAM-----
#define BOTtoken "5522464758:AAFDNYyYeZ7c_YS-oxCHK-y-_GLg9C-uZNM" // your Bot
Token (Get from Botfather)
#define CHAT_ID "1517347892" //CAMBIAR AQUI NUEVO TELEGRAM
//-----

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
/*****

Define Constants
*****/

const char *UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-YI46zVRhjYW2Z1Fsr10t39LuuRN7vn"; // Put
here your Ubidots TOKEN

//-----RED WIFI-----
const char *WIFI_SSID = "proyecto"; // NOMBRE DE LA RED
const char *WIFI_PASS = "fiecproyecto22"; // Put here your Wi-Fi password
//-----RED WIFI-----

const char *PUBLISH_DEVICE_LABEL = "Control"; // Put here your Device label to which data
will be published

const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_1 = "Estado_luz_1"; // Put here your
Variable label to which data will be published

const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_2 = "Estado_luz_2"; // Put here your
Variable label to which data will be published
```

```

const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_3 = "Estado_luz_3"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_4 = "Estado_luz_4"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_5 = "Estado_luz_5"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL = "Control"; // Replace with the device label to
subscribe to
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1 = "Boton_1"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2 = "Boton_2"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3 = "Boton_3"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4 = "Boton_4"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5 = "Boton_5"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse

const int PUBLISH_FREQUENCY = 5000; // Update rate in millisecondsx

unsigned long timer;
uint8_t analogPin = 34; // Pin used to read data from GPIO34 ADC_CH6.
int estado_luz_1 = 0, estado_luz_2 = 0, estado_luz_3 = 0, estado_luz_4 = 0, estado_luz_5 = 0;
int rele1 = 23;
int rele2 = 22;
int rele3 = 21;
int rele4 = 19;
int rele5 = 18;
int val_1 = 0, val_2 = 0, val_3 = 0, val_4 = 0, val_5 = 0;
int sensor1 = 34;
int sensor2 = 35;
int sensor3 = 32;
int sensor4 = 33;
int sensor5 = 25;

```

```

int led_on = 17;
int estado_led = LOW;

int valor_minimo = 60;    //60segundos >>TIEMPO EN SEGUNDOS enviar notificacion
int valor_maximo = 80;    //80 segundos >>TIEMPO EN SEGUNDOS apaga rele
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN);

```

```

/*****

```

```

    Auxiliar Functions

```

```

*****/

```

```

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)

```

```

{

```

```

    String dato = "";

```

```

    String str_topic = String(topic);

```

```

    String estado = s.separa(str_topic, '/', 4);

```

```

    Serial.print("Estado: "); Serial.println(estado);

```

```

    for (int i = 0; i < length; i++)

```

```

    {

```

```

        dato += String((char)payload[i]);

```

```

    }

```

```

    Serial.println(dato);

```

```

    if (estado == "boton_1") {

```

```

        if (dato == "0.0") {

```

```

            digitalWrite(rele1, HIGH);    //apaga rele1

```

```

            estado_luz_1 = 0;

```

```

            val_1 = 0;

```

```

        } else if (dato == "1.0") {

```

```

            digitalWrite(rele1, LOW);    //prende rele1

```

```

            estado_luz_1 = 1;

```

```

        }

```

```

    }

```

```

    if (estado == "boton_2") {

```

```

        if (dato == "0.0") {

```

```

    digitalWrite(rele2, HIGH);    //apaga rele2
    estado_luz_2 = 0;
    val_2 = 0;
} else if (dato == "1.0") {
    digitalWrite(rele2, LOW);    //prende rele2
    estado_luz_2 = 1;
}
}
if (estado == "boton_3") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele3, HIGH);    //apaga rele3
        estado_luz_3 = 0;
        val_3 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele3, LOW);    //prende rele3
        estado_luz_3 = 1;
    }
}
if (estado == "boton_4") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele4, HIGH);    //apaga rele4
        estado_luz_4 = 0;
        val_4 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele4, LOW);    //prende rele4
        estado_luz_4 = 1;
    }
}
if (estado == "boton_5") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele5, HIGH);    //apaga rele5
        estado_luz_5 = 0;
        val_5 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele5, LOW);    //prende rele5
        estado_luz_5 = 1;
    }
}

```

```

    }
}

Serial.println();
}

/*****
Main Functions
*****/

void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  pinMode(rele1, OUTPUT);
  pinMode(rele2, OUTPUT);
  pinMode(rele3, OUTPUT);
  pinMode(rele4, OUTPUT);
  pinMode(rele5, OUTPUT);
  pinMode(led_on, OUTPUT);

  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);
  pinMode(sensor4, INPUT);
  pinMode(sensor5, INPUT);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  client.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT); // Add root certificate for
api.telegram.org

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
}

```

```

bot.sendMessage(CHAT_ID, "Bot inicializando", "");
// ubidots.setDebug(true); // uncomment this to make debug messages available
ubidots.connectToWifi(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
ubidots.setCallback(callback);
ubidots.setup();
ubidots.reconnect();
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively

timer = millis();

//-----reset rele-----
digitalWrite(rele1, HIGH); //apaga rele1
digitalWrite(rele2, HIGH); //apaga rele2
digitalWrite(rele3, HIGH); //apaga rele3
digitalWrite(rele4, HIGH); //apaga rele4
digitalWrite(rele5, HIGH); //apaga rele5
delay(300);
digitalWrite(rele1, LOW); //enciende rele1
digitalWrite(rele2, LOW); //enciende rele2
digitalWrite(rele3, LOW); //enciende rele3
digitalWrite(rele4, LOW); //enciende rele4

```

```

digitalWrite(rele5, LOW);          //enciende rele5
delay(300);
digitalWrite(rele1, HIGH);        //apaga rele1
digitalWrite(rele2, HIGH);        //apaga rele2
digitalWrite(rele3, HIGH);        //apaga rele3
digitalWrite(rele4, HIGH);        //apaga rele4
digitalWrite(rele5, HIGH);        //apaga rele5
//-----
}

void loop()
{

// put your main code here, to run repeatedly:
if (!ubidots.connected())
{
  ubidots.reconnect();
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
  ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
}
if (abs(millis() - timer) > PUBLISH_FREQUENCY) // triggers the routine every 5 seconds
{

```

```

    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_1, estado_luz_1); // Insert your
variable Labels and the value to be sent RELE
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_2, estado_luz_2); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_3, estado_luz_3); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_4, estado_luz_4); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_5, estado_luz_5); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);

```

```

    timer = millis();

```

```

}

```

```

senzar_sensores();

```

```

enviar_notificacion();

```

```

ubidots.loop();

```

```

//-----TOGGLE LED-----

```

```

    estado_led = !estado_led;

```

```

//LED PARPADEA CUANDO ACTUALIZA ESTADO

```

```

SENDORES

```

```

    digitalWrite(led_on, estado_led);

```

```

//-----

```

```

    delay(500);

```

```

}

```

```

void senzar_sensores() {

```

```

//-----sensor1-----

```

```

    if (digitalRead(sensor1) == LOW) {

```

```

        if (digitalRead(rele1) == LOW) {

```

```

            val_1++;

```

```

        }

```

```

    } else if (digitalRead(sensor1) == HIGH) {

```

```

    val_1 = 0;
    digitalWrite(rele1, LOW);          //enciende rele1
    estado_luz_1 = 1;
}
Serial.print(" VAL1="); Serial.print(val_1);

//-----sensor2-----
if (digitalRead(sensor2) == LOW) {
    if (digitalRead(rele2) == LOW) {
        val_2++;
    }
} else if (digitalRead(sensor2) == HIGH) {
    val_2 = 0;
    digitalWrite(rele2, LOW);        //enciende rele2
    estado_luz_2 = 1;
}
Serial.print(" VAL2="); Serial.print(val_2);

//-----sensor3-----
if (digitalRead(sensor3) == LOW) {
    if (digitalRead(rele3) == LOW) {
        val_3++;
    }
} else if (digitalRead(sensor3) == HIGH) {
    val_3 = 0;
    digitalWrite(rele3, LOW);        //enciende rele3
    estado_luz_3 = 1;
}
Serial.print(" VAL3="); Serial.print(val_3);

//-----sensor4-----
if (digitalRead(sensor4) == LOW) {
    if (digitalRead(rele4) == LOW) {
        val_4++;
    }
} else if (digitalRead(sensor4) == HIGH) {

```

```

    val_4 = 0;
    digitalWrite(rele4, LOW);          //enciende rele4
    estado_luz_4 = 1;
}
Serial.print(" VAL4="); Serial.print(val_4);

//-----sensor5-----
if (digitalRead(sensor5) == LOW) {
    if (digitalRead(rele5) == LOW) {
        val_5++;
    }
} else if (digitalRead(sensor5) == HIGH) {
    val_5 = 0;
    digitalWrite(rele5, LOW);        //enciende rele5
    estado_luz_5 = 1;
}
Serial.print(" VAL5="); Serial.println(val_5);
}

```

```

void enviar_notificacion() {
    sensor_uno();
    delay(100);
    sensor_dos();
    delay(100);
    sensor_tres();
    delay(100);
    sensor_cuatro();
    delay(100);
    sensor_cinco();
    delay(100);
}

```

```

int sensor_uno() {

```

```

int val = 0;
if (val_1 == valor_minimo) {
    val = 1;
    bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor UNO no ha detectado movimiento ", "");
}
if (val_1 == valor_maximo) {
    val_1 = 0;
    digitalWrite(rele1, HIGH);           //apaga rele1
    estado_luz_1 = 0;
}
return val;
}

int sensor_dos() {
    int val = 0;
    if (val_2 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor DOS no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_2 == valor_maximo) {
        val_2 = 0;
        digitalWrite(rele2, HIGH);       //apaga rele2
        estado_luz_2 = 0;
    }
    return val;
}

int sensor_tres() {
    int val = 0;
    if (val_3 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor TRES no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_3 == valor_maximo) {
        val_3 = 0;
        digitalWrite(rele3, HIGH);       //apaga rele3
        estado_luz_3 = 0;
    }
}

```

```

    return val;
}
int sensor_cuatro() {
    int val = 0;
    if (val_4 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor CUATRO no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_4 == valor_maximo) {
        val_4 = 0;
        digitalWrite(rele4, HIGH);           //apaga rele4
        estado_luz_4 = 0;
    }
    return val;
}
int sensor_cinco() {
    int val = 0;
    if (val_5 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor CINCO no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_5 == valor_maximo) {
        val_5 = 0;
        digitalWrite(rele5, HIGH);           //apaga rele5
        estado_luz_5 = 0;
    }
    return val;
}
}

```

• ESP 32 – Modulo 2

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include "UbidotsEsp32Mqtt.h"
#include <Separador.h>

Separador s;

//-----define BOT en TELEGRAM-----
#define BOTtoken "5522464758:AAFDNYyYeZ7c_YS-oxCHK-y-_GLg9C-uZNM" // your Bot
Token (Get from Botfather)
#define CHAT_ID "1517347892" //CAMBIAR AQUI NUEVO TELEGRAM
//-----

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
/*****
Define Constants
*****/
const char *UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-YI46zVRhjYW2Z1Fsr10t39LuuRN7vn"; // Put
here your Ubidots TOKEN

//-----RED WIFI-----
const char *WIFI_SSID = "proyecto"; // NOMBRE DE LA RED
const char *WIFI_PASS = "fiecproyecto22"; // Put here your Wi-Fi password
//-----RED WIFI-----
const char *PUBLISH_DEVICE_LABEL = "Control"; // Put here your Device label to which data
will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_1 = "Estado_luz_1"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_2 = "Estado_luz_2"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_3 = "Estado_luz_3"; // Put here your
Variable label to which data will be published
```

```

const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_4 = "Estado_luz_4"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_5 = "Estado_luz_5"; // Put here your
Variable label to which data will be published
const char *SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL = "Control"; // Replace with the device label to
subscribe to
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1 = "Boton_1"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2 = "Boton_2"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3 = "Boton_3"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4 = "Boton_4"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse
const char *SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5 = "Boton_5"; // Reemplace con la
etiqueta variable para suscribirse

const int PUBLISH_FREQUENCY = 5000; // Update rate in millisecondsx

unsigned long timer;
uint8_t analogPin = 34; // Pin used to read data from GPIO34 ADC_CH6.
int estado_luz_1 = 0, estado_luz_2 = 0, estado_luz_3 = 0, estado_luz_4 = 0, estado_luz_5 = 0;
int rele1 = 23;
int rele2 = 22;
int rele3 = 21;
int rele4 = 19;
int rele5 = 18;
int val_1 = 0, val_2 = 0, val_3 = 0, val_4 = 0, val_5 = 0;
int sensor1 = 34;
int sensor2 = 35;
int sensor3 = 32;
int sensor4 = 33;
int sensor5 = 25;

int led_on = 17;
int estado_led = LOW;

```

```

int valor_minimo = 60;    //60segundos >>TIEMPO EN SEGUNDOS enviar notificacion
int valor_maximo = 80;    //80 segundos >>TIEMPO EN SEGUNDOS apaga rele
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN);

```

```

/*****

```

```

    Auxiliar Functions

```

```

*****/

```

```

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)

```

```

{

```

```

    String dato = "";

```

```

    String str_topic = String(topic);

```

```

    String estado = s.separa(str_topic, '/', 4);

```

```

    Serial.print("Estado: "); Serial.println(estado);

```

```

    for (int i = 0; i < length; i++)

```

```

    {

```

```

        dato += String((char)payload[i]);

```

```

    }

```

```

    Serial.println(dato);

```

```

    if (estado == "boton_1") {

```

```

        if (dato == "0.0") {

```

```

            digitalWrite(rele1, HIGH);    //apaga rele1

```

```

            estado_luz_1 = 0;

```

```

            val_1 = 0;

```

```

        } else if (dato == "1.0") {

```

```

            digitalWrite(rele1, LOW);    //prende rele1

```

```

            estado_luz_1 = 1;

```

```

        }

```

```

    }

```

```

    if (estado == "boton_2") {

```

```

        if (dato == "0.0") {

```

```

            digitalWrite(rele2, HIGH);    //apaga rele2

```

```

            estado_luz_2 = 0;

```

```

    val_2 = 0;
} else if (dato == "1.0") {
    digitalWrite(rele2, LOW);    //prende rele2
    estado_luz_2 = 1;
}
}
if (estado == "boton_3") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele3, HIGH);    //apaga rele3
        estado_luz_3 = 0;
        val_3 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele3, LOW);    //prende rele3
        estado_luz_3 = 1;
    }
}
if (estado == "boton_4") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele4, HIGH);    //apaga rele4
        estado_luz_4 = 0;
        val_4 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele4, LOW);    //prende rele4
        estado_luz_4 = 1;
    }
}
if (estado == "boton_5") {
    if (dato == "0.0") {
        digitalWrite(rele5, HIGH);    //apaga rele5
        estado_luz_5 = 0;
        val_5 = 0;
    } else if (dato == "1.0") {
        digitalWrite(rele5, LOW);    //prende rele5
        estado_luz_5 = 1;
    }
}
}

```

```

Serial.println();
}

/*****
Main Functions
*****/

void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  pinMode(rele1, OUTPUT);
  pinMode(rele2, OUTPUT);
  pinMode(rele3, OUTPUT);
  pinMode(rele4, OUTPUT);
  pinMode(rele5, OUTPUT);
  pinMode(led_on, OUTPUT);

  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);
  pinMode(sensor4, INPUT);
  pinMode(sensor5, INPUT);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  client.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT); // Add root certificate for
api.telegram.org

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  bot.sendMessage(CHAT_ID, "Bot inicializando", "");
}

```

```

// ubidots.setDebug(true); // uncomment this to make debug messages available
ubidots.connectToWifi(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
ubidots.setCallback(callback);
ubidots.setup();
ubidots.reconnect();
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5 ); // Insert the device and variable's Labels,
respectively

timer = millis();

//-----reset rele-----
digitalWrite(rele1, HIGH);      //apaga rele1
digitalWrite(rele2, HIGH);      //apaga rele2
digitalWrite(rele3, HIGH);      //apaga rele3
digitalWrite(rele4, HIGH);      //apaga rele4
digitalWrite(rele5, HIGH);      //apaga rele5
delay(300);
digitalWrite(rele1, LOW);       //enciende rele1
digitalWrite(rele2, LOW);       //enciende rele2
digitalWrite(rele3, LOW);       //enciende rele3
digitalWrite(rele4, LOW);       //enciende rele4
digitalWrite(rele5, LOW);       //enciende rele5
delay(300);

```

```

digitalWrite(rele1, HIGH);          //apaga rele1
digitalWrite(rele2, HIGH);          //apaga rele2
digitalWrite(rele3, HIGH);          //apaga rele3
digitalWrite(rele4, HIGH);          //apaga rele4
digitalWrite(rele5, HIGH);          //apaga rele5
//-----
}

void loop()
{

  // put your main code here, to run repeatedly:
  if (!ubidots.connected())
  {
    ubidots.reconnect();
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_1); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_2); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_3); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_4); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
    ubidots.subscribeLastValue(SUBSCRIBE_DEVICE_LABEL,
SUBSCRIBE_VARIABLE_LABEL_BOTON_5); // Insert the device and variable's Labels,
respectively
  }
  if (abs(millis() - timer) > PUBLISH_FREQUENCY) // triggers the routine every 5 seconds
  {
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_1, estado_luz_1); // Insert your
variable Labels and the value to be sent RELE

```

```

    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_2, estado_luz_2); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_3, estado_luz_3); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_4, estado_luz_4); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.add(PUBLISH_VARIABLE_LABEL_ESTADO_LUZ_5, estado_luz_5); // Insert your
variable Labels and the value to be sent
    ubidots.publish(PUBLISH_DEVICE_LABEL);

```

```

    timer = millis();
}
senzar_sensores();
enviar_notificacion();
ubidots.loop();

//-----TOGGLE LED-----
    estado_led = !estado_led;           //LED PARPADEA CUANDO ACTUALIZA ESTADO
SENORES
    digitalWrite(led_on, estado_led);
//-----
    delay(500);
}

```

```

void senzar_sensores() {
//-----sensor1-----
    if (digitalRead(sensor1) == LOW) {
        if (digitalRead(rele1) == LOW) {
            val_1++;
        }
    } else if (digitalRead(sensor1) == HIGH) {
        val_1 = 0;
        digitalWrite(rele1, LOW);           //enciende rele1
    }
}

```

```

    estado_luz_1 = 1;
}
Serial.print(" VAL1="); Serial.print(val_1);

//-----sensor2-----
if (digitalRead(sensor2) == LOW) {
    if (digitalRead(rele2) == LOW) {
        val_2++;
    }
} else if (digitalRead(sensor2) == HIGH) {
    val_2 = 0;
    digitalWrite(rele2, LOW);          //enciende rele2
    estado_luz_2 = 1;
}
Serial.print(" VAL2="); Serial.print(val_2);

//-----sensor3-----
if (digitalRead(sensor3) == LOW) {
    if (digitalRead(rele3) == LOW) {
        val_3++;
    }
} else if (digitalRead(sensor3) == HIGH) {
    val_3 = 0;
    digitalWrite(rele3, LOW);          //enciende rele3
    estado_luz_3 = 1;
}
Serial.print(" VAL3="); Serial.print(val_3);

//-----sensor4-----
if (digitalRead(sensor4) == LOW) {
    if (digitalRead(rele4) == LOW) {
        val_4++;
    }
} else if (digitalRead(sensor4) == HIGH) {
    val_4 = 0;
    digitalWrite(rele4, LOW);          //enciende rele4

```

```

    estado_luz_4 = 1;
}
Serial.print(" VAL4="); Serial.print(val_4);

//-----sensor5-----
if (digitalRead(sensor5) == LOW) {
    if (digitalRead(rele5) == LOW) {
        val_5++;
    }
} else if (digitalRead(sensor5) == HIGH) {
    val_5 = 0;
    digitalWrite(rele5, LOW);          //enciende rele5
    estado_luz_5 = 1;
}
Serial.print(" VAL5="); Serial.println(val_5);
}

```

```

void enviar_notificacion() {
    sensor_uno();
    delay(100);
    sensor_dos();
    delay(100);
    sensor_tres();
    delay(100);
    sensor_cuatro();
    delay(100);
    sensor_cinco();
    delay(100);
}

```

```

int sensor_uno() {
    int val = 0;
    if (val_1 == valor_minimo) {

```

```

    val = 1;
    bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor UNO no ha detectado movimiento ", "");
}
if (val_1 == valor_maximo) {
    val_1 = 0;
    digitalWrite(rele1, HIGH);           //apaga rele1
    estado_luz_1 = 0;
}
return val;
}
int sensor_dos() {
    int val = 0;
    if (val_2 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor DOS no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_2 == valor_maximo) {
        val_2 = 0;
        digitalWrite(rele2, HIGH);       //apaga rele2
        estado_luz_2 = 0;
    }
    return val;
}
int sensor_tres() {
    int val = 0;
    if (val_3 == valor_minimo) {
        val = 1;
        bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor TRES no ha detectado movimiento ", "");
    }
    if (val_3 == valor_maximo) {
        val_3 = 0;
        digitalWrite(rele3, HIGH);       //apaga rele3
        estado_luz_3 = 0;
    }
    return val;
}
}

```

```

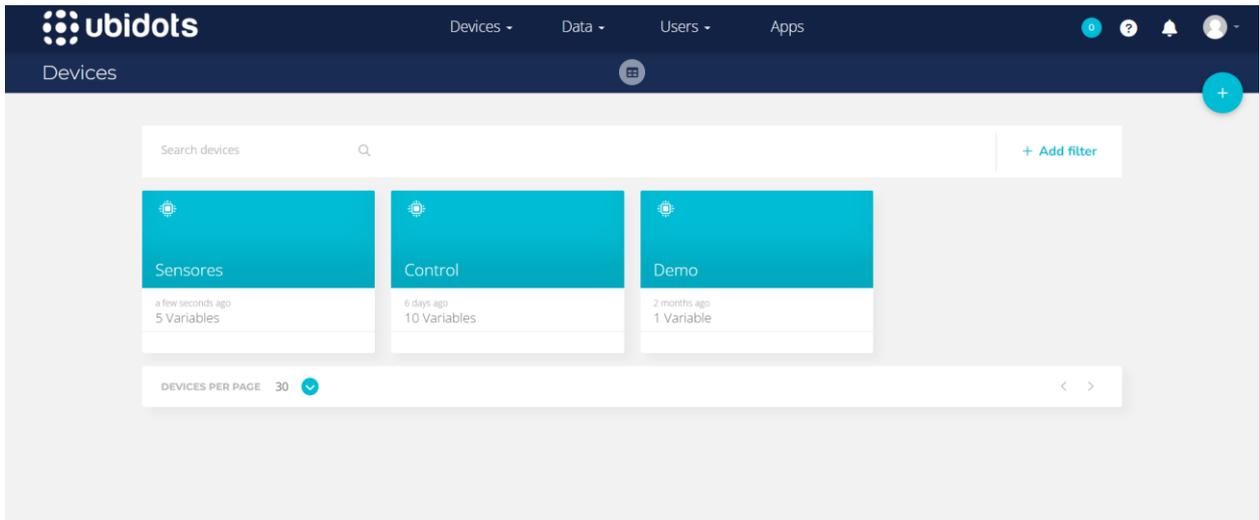
int sensor_cuatro() {
  int val = 0;
  if (val_4 == valor_minimo) {
    val = 1;
    bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor CUATRO no ha detectado movimiento ", "");
  }
  if (val_4 == valor_maximo) {
    val_4 = 0;
    digitalWrite(rele4, HIGH);          //apaga rele4
    estado_luz_4 = 0;
  }
  return val;
}

int sensor_cinco() {
  int val = 0;
  if (val_5 == valor_minimo) {
    val = 1;
    bot.sendMessage(CHAT_ID, "El sensor CINCO no ha detectado movimiento ", "");
  }
  if (val_5 == valor_maximo) {
    val_5 = 0;
    digitalWrite(rele5, HIGH);          //apaga rele5
    estado_luz_5 = 0;
  }
  return val;
}

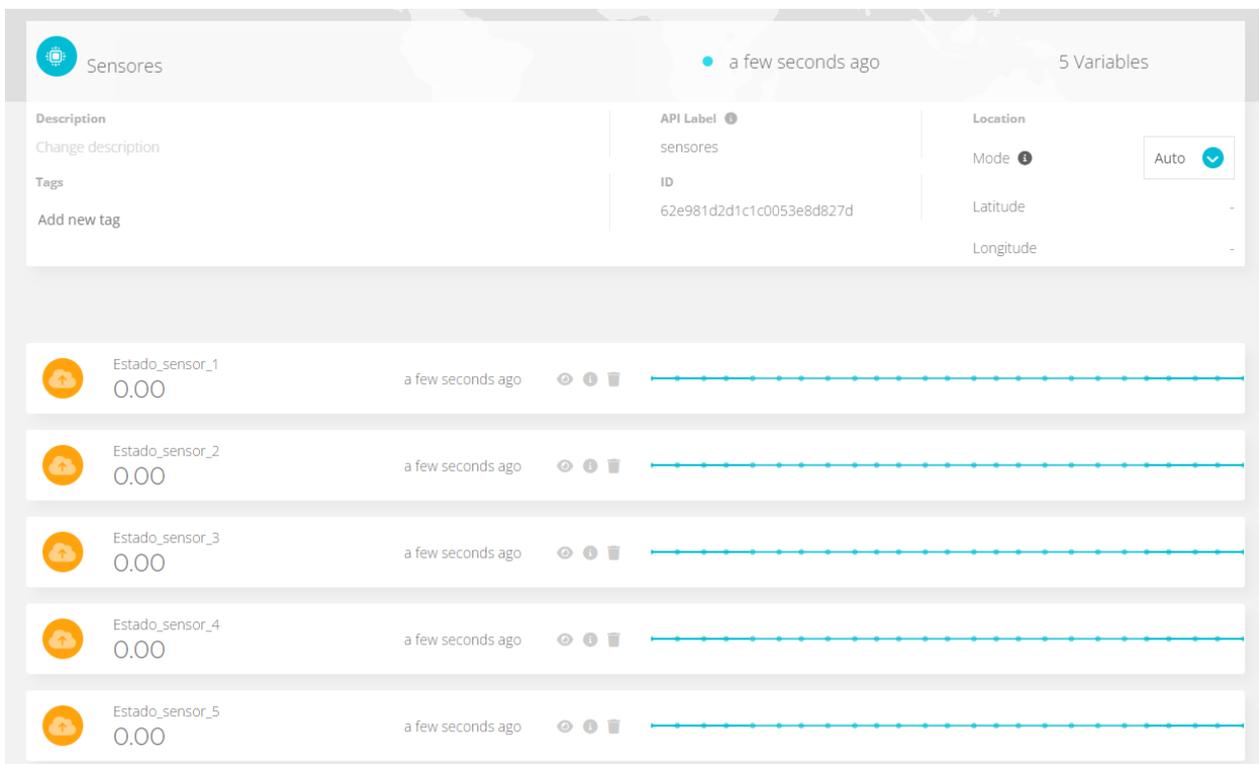
```

ESTRUCTURA DEL DASHBOARD

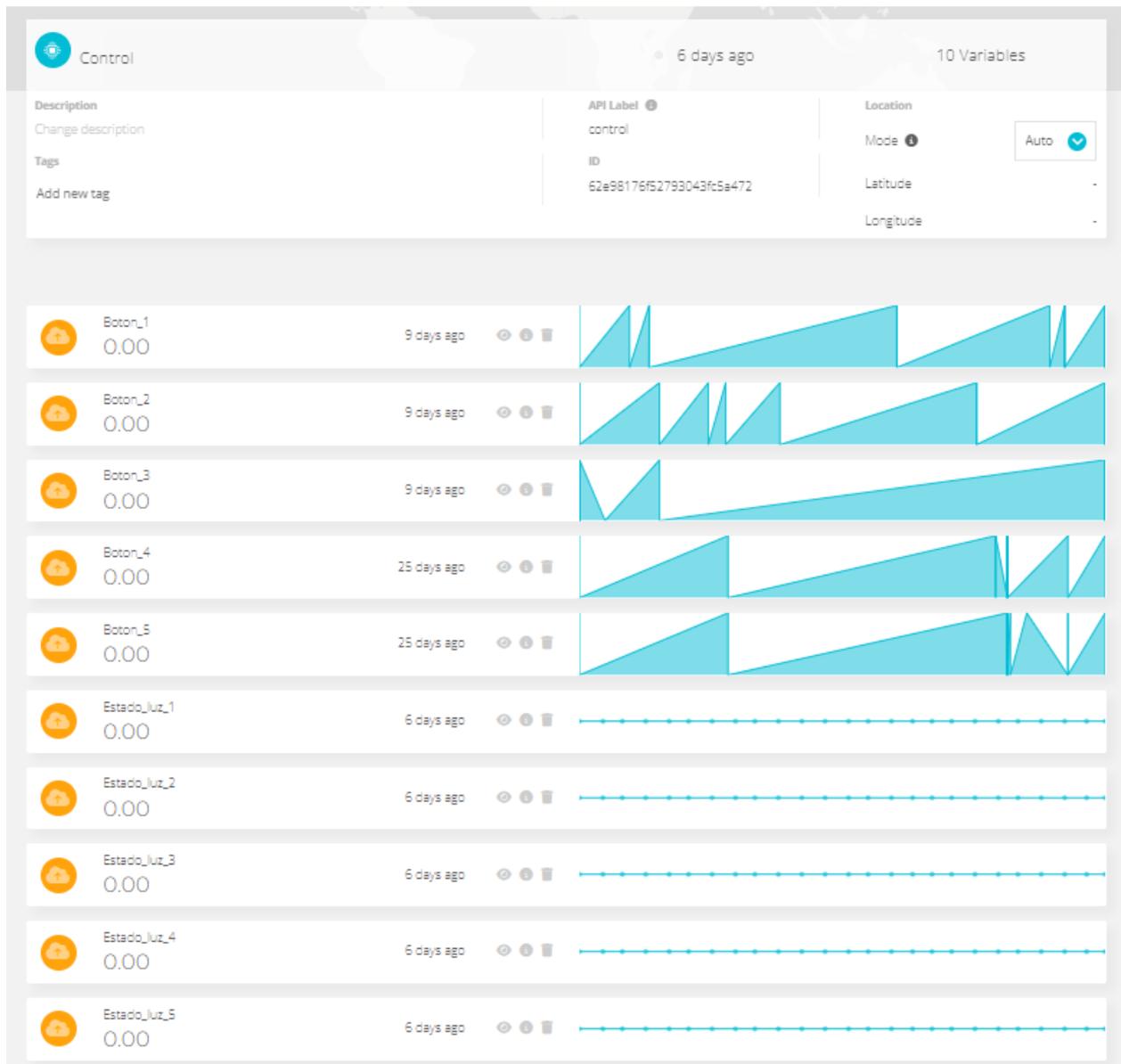
- **VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA TOMA DE DATOS**



- **CONFIGURACIÓN DE LA VARIABLE “SENSORES” CORRESPONDIENTE A LOS SENSORES PIR HC-SR501**



- **CONFIGURACIÓN DE LA VARIABLE “CONTROL” CORRESPONDIENTE A LOS RELÉS SDR**



PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO LIGHTPOL – 3 LUMINARIAS

Cantidad	Descripción	Total, US \$
3	MODULO SENSOR DE MOVIMIENTO PIR HC-SR501; SEN007(ST)	12
2	MODULO NODEMCU BLUETOOTH WIFI ESP32;NA396(OL)	44,64
5	BORNERA 2 PINES AZUL; JT-BL2P(GL)	1,34
5	BORNERA 3 PINES ZUL; J4211 3PIN(GL) BOR001(ST)	2,23
3	INTEGRADO REGULADOR LM7805; HD-CIL-7805(GL) L7805(OL)	2,01
3	DISIPADOR DE CALOR 15*10*21 AM-YJLA-15X10X21(GL)	2,68
5	LED ALTO BRILLO AZUL/AZUL 3MM	0,67
6	LED NARANJA/NARANJA ECON, 3MM	0,8
1	LED ROJO/ROJO 3MM ECONOMICO	0,13
1	CAPACITOR 0.1uF 50V; 1000UF-50V(GL)	0,89
4	CAPACITOR 0.1uF 50V; CS-0.1UF-50V(GL)	0,71
2	PIN PORTA FUSIBLE (PAR); (WS)	0,89
1	FUSIBLE 4A 20MM	0,09
12	RESISTENCIA 680 OHMIO 1/4WATT	0,54
4	PEINETA HEMBRA RECTO; J-4218PIN(GL) ESP-PH(GD)	3,57
4	CABLE JUMPER (20CM) MACHO-HEMBRA 10 HILOS; JUMPER-M/H 20(GE); JX40-HM(GD) (GL)	2,68
1	PLACA BAQUELITA VIRGEN FIBRA DE VIDRIO 20X20	5,36
1	ADAPTADOR FIJO 12V 2A ELECTRONICO IMP-12V2A(GL)	6,7
1	CONECTOR 0109 BORNERA A JACK DC; RT-2616(GE) HD-DC-5521(GL) JACK147(IT)	0,54
1	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 18 AWG	21,5
1	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 14 AWG	40,5
1	CANALETAS PLASTICO - 3/4 PULG	22
1	CINTA AISLANTE	0,75
1	CANASTA DE PLASTICO	5
3	RELÉS SDR	8,5
1	CARGADOR 9V - 2A	7
1	ALQUILER DE PLAN UBIDOTS	50
TOTAL		243,72

PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO LIGHTPOL – 5 LUMINARIAS

Cantidad	Descripción	Total US \$
5	MODULO SENSOR DE MOVIMIENTO PIR HC-SR501; SEN007(ST)	20
2	MODULO NODEMCU BLUETOOTH WIFI ESP32; NA396(OL)	44,64
5	BORNERA 2 PINES AZUL; JT-BL2P(GL)	1,34
5	BORNERA 3 PINES ZUL; J4211 3PIN(GL) BOR001(ST)	2,23
3	INTEGRADO REGULADOR LM7805; HD-CIL-7805(GL) L7805(OL)	2,01
3	DISIPADOR DE CALOR 15*10*21 AM-YJLA-15X10X21(GL)	2,68
5	LED ALTO BRILLO AZUL/AZUL 3MM	0,67
6	LED NARANJA/NARANJA ECON, 3MM	0,8
1	LED ROJO/ROJO 3MM ECONOMICO	0,13
1	CAPACITOR 0.1uF 50V; 1000UF-50V(GL)	0,89
4	CAPACITOR 0.1uF 50V; CS-0.1UF-50V(GL)	0,71
2	PIN PORTA FUSIBLE (PAR); (WS)	0,89
1	FUSIBLE 4A 20MM	0,09
12	RESISTENCIA 680 OHMIO 1/4WATT	0,54
4	PEINETA HEMBRA RECTO; J-4218PIN(GL) ESP-PH(GD)	3,57
4	CABLE JUMPER (20CM) MACHO-HEMBRA 10 HILOS; JUMPER-M/H 20(GE); JX40-HM(GD) (GL)	2,68
1	PLACA BAQUELITA VIRGEN FIBRA DE VIDRIO 20X20	5,36
1	ADAPTADOR FIJO 12V 2A ELECTRONICO IMP-12V2A(GL)	6,7
1	CONECTOR 0109 BORNERA A JACK DC; RT-2616(GE) HD-DC-5521(GL) JACK147(IT)	0,54
2	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 18 AWG	43
2	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 14 AWG	81
1	CANALETAS PLASTICO - 3/4 PULG	35
1	CINTA AISLANTE	0,75
1	CANASTA DE PLASTICO	5
5	RELÉS SDR	15
1	CARGADOR 9V - 2A	7
1	ALQUILER DE PLAN UBIDOTS	50
TOTAL		333,22

PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO LIGHTPOL – 7 LUMINARIAS

Cantidad	Descripción	Total US \$
7	MODULO SENSOR DE MOVIMIENTO PIR HC-SR501; SEN007(ST)	28
2	MODULO NODEMCU BLUETOOTH WIFI ESP32; NA396(OL)	44,64
5	BORNERA 2 PINES AZUL; JT-BL2P(GL)	1,34
5	BORNERA 3 PINES ZUL; J4211 3PIN(GL) BOR001(ST)	2,23
3	INTEGRADO REGULADOR LM7805; HD-CIL-7805(GL) L7805(OL)	2,01
3	DISIPADOR DE CALOR 15*10*21 AM-YJLA-15X10X21(GL)	2,68
5	LED ALTO BRILLO AZUL/AZUL 3MM	0,67
6	LED NARANJA/NARANJA ECON, 3MM	0,8
1	LED ROJO/ROJO 3MM ECONOMICO	0,13
1	CAPACITOR 0.1uF 50V; 1000UF-50V(GL)	0,89
4	CAPACITOR 0.1uF 50V; CS-0.1UF-50V(GL)	0,71
2	PIN PORTA FUSIBLE (PAR); (WS)	0,89
1	FUSIBLE 4A 20MM	0,09
12	RESISTENCIA 680 OHMIO 1/4WATT	0,54
4	PEINETA HEMBRA RECTO; J-4218PIN(GL) ESP-PH(GD)	3,57
4	CABLE JUMPER (20CM) MACHO-HEMBRA 10 HILOS; JUMPER-M/H 20(GE); JX40-HM(GD) (GL)	2,68
1	PLACA BAQUELITA VIRGEN FIBRA DE VIDRIO 20X20	5,36
1	ADAPTADOR FIJO 12V 2A ELECTRONICO IMP-12V2A(GL)	6,7
1	CONECTOR 0109 BORNERA A JACK DC; RT-2616(GE) HD-DC-5521(GL) JACK147(IT)	0,54
3	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 18 AWG	54
3	ROLLO DE CABLE - CALIBRE 14 AWG	122
1	CANALETAS PLASTICO - 3/4 PULG	50
1	CINTA AISLANTE	0,75
1	CANASTA DE PLASTICO	5
7	RELÉS SDR	21
1	CARGADOR 9V - 2A	7
1	ALQUILER DE PLAN UBIDOTS	150
TOTAL		514,22