

**Prototipo de sistema de alarma de seguridad integral para conjuntos residenciales con IOT**

Jonathan Lozano Castillo

Asesor

William Alexander Cuevas Carrero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas de Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

## **Agradecimientos**

Indudablemente, este proyecto académico lleva parte de la trayectoria de todos los conocimientos adquiridos, en donde cada obstáculo, cada experiencia, y la paciencia necesaria han sido llevadas de la mano de personas extraordinarias.

En primer lugar, quiero agradecer a cada uno de los profesores a lo largo de estos 5 años de carrera profesional, cada uno por medio de un granito de arena aportó de manera eficiente para entender muchos conceptos de la Ingeniería Electrónica en mi formación y vida académica.

Aprendiendo conceptos fundamentales de muchos de los elementos que componen este fascinante mundo, pero sobre todo entendiendo el valor de la disciplina y el pensamiento crítico, si lo crees posible, lo puedes crear. Así que cada enseñanza, cada consejo, cada clase, han moldeado al Ingeniero que soy el día de hoy.

A mis padres, por todo su apoyo, amor incondicional, paciencia y motivación, cuando creía que era tarde para empezar una carrera profesional ellos estuvieron ahí, dándome su apoyo y devolviéndome la confianza para saber que iba a encontrar el camino ideal en mi formación académica. Este logro es de toda mi familia.

A cada compañero, tanto académico como laboral que aportó un concepto, una ecuación, una aclaración o un consejo en donde me fui afianzando de una mejor forma en el mundo de la electrónica.

Esta tesis representa mucho más que un prototipo de alarma, representa el trabajo, el esfuerzo, la motivación y desvelo, que, aunque lo represente de manera individual, debo agradecer a cada aportante con su granito de arena a lo largo de estos años académicos.

## Resumen

En el marco de la inseguridad actual que se vive en Colombia, la violencia intrafamiliar y la falta de herramientas para detectar los últimos sismos que se han presentado, se desarrolla un prototipo de alarma integral diseñado exclusivamente para mejorar la seguridad en los conjuntos residenciales. Este sistema permite la prevención de intrusión en apartamentos, la activación de alarmas silenciosas para los incidentes del hogar, y la alerta de eventos sísmicos en tiempo real de manera personalizada de acuerdo a su área de ubicación.

El proyecto se fundamenta en un monitoreo 24/7 desde la portería del conjunto residencial, permitiendo así que la empresa de vigilancia de turno, tome acciones ante cualquier eventualidad presentada. Este diseño atiende a las necesidades de los residentes en parámetros de seguridad integrando así sensores de intrusión, dispositivos de detección sísmica, botones de pánico silencioso, entre otros. Logrando una interconexión mediante microcontroladores (ESP32), y comunicación inalámbrica a través del protocolo LoRa (Módulo LoRa Reyax 998), permitiendo así, un alcance superior a grandes distancias sin requerir una conexión constante a internet. No obstante, el sistema ofrece un control a través de la aplicación telegram (Plataforma para envío de mensajes), brindando a los residentes del apartamento la posibilidad de auto gestionar su sistema de alarma, recibir notificaciones en tiempo real a través de internet desde cualquier lugar. Con este sistema, logramos una solución eficiente y adaptable al fortalecimiento de la seguridad en los conjuntos residenciales, garantizando una respuesta rápida y efectiva ante esas situaciones de riesgo, abordando un sistema híbrido (alámbrico/inalámbrico) y accesible, que no será dependiente 100% del sistema eléctrico gracias a su sistema de baterías, para así mejorar la protección, la tranquilidad y la calidad de vida de los residentes.

**Palabras clave:** LoRa, Microcontroladores, ESP32, Baterías, Seguridad, Intrusión.

## Abstract

In the context of the current insecurity in Colombia, domestic violence and the lack of tools to detect the latest earthquakes that have occurred, a comprehensive alarm prototype is being developed, designed exclusively to improve security in residential complexes. This system allows the prevention of intrusion into apartments, the activation of silent alarms for home incidents, and the alert of seismic events in real time in a personalized manner according to your location area.

The project is based on 24/7 monitoring from the gate of the residential complex, thus allowing the security company on duty to take action in the event of any eventuality that may arise. This design meets the needs of residents in terms of security parameters, thus integrating intrusion sensors, seismic detection devices, silent panic buttons, among others. Achieving an interconnection through microcontrollers (ESP32), and wireless communication through the LoRa protocol (LoRa Reyax 998 Module), thus allowing a superior range over long distances without requiring a constant internet connection. However, the system offers control through the Telegram application (Platform for sending messages), giving the apartment residents the possibility of self-managing their alarm system, receiving notifications in real time through the Internet from anywhere. With this system, we achieved an efficient and adaptable solution to strengthen security in residential complexes, guaranteeing a quick and effective response to these risk situations, addressing a hybrid (wired/wireless) and accessible system, which will not be 100% dependent on the electrical system thanks to its battery system, in order to improve the protection, tranquility and quality of life of the residents.

**Keywords:** LoRa, Microcontrollers, ESP32, Batteries, Security, Intrusion.

## Tabla de Contenido

Planteamiento Del Problema.....	14
Justificación .....	16
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marcos.....	19
Antecedentes .....	19
Bases teóricas.....	20
Ley De Ohm.....	20
Ley de Snell .....	21
Circuito Eléctrico .....	22
Teoría de Funcionamiento Inalámbrico .....	22
Marco Conceptual.....	24
Iot .....	24
Big Data .....	24
Esp32.....	25
Domótica.....	25
Sistemas de Seguridad Electrónica .....	25
Sistemas de Intrusión .....	25
Módulo LoRa .....	26
Comparativa de LoRa y WiFi con Otras Tecnologías .....	26
Funcionamiento del LoRa Reyax 998 con el Módulo ESP32 .....	28
Comunicación por Hardware Serial en LoRa y ESP32 .....	29
Metodología .....	30

Tipo de Investigación.....	30
Recolección de Datos.....	30
Pruebas Experimentales .....	30
Registro de Eventos .....	31
Encuestas de Expectativas .....	31
Análisis de Resultados .....	31
Presentación de la Propuesta.....	33
Diagrama Inicial del Sistema .....	33
Compilación de Tecnologías del Sistema de Alarma .....	35
Tecnología Lora Reyax 998.....	36
Tecnología Microcontrolador Esp32 .....	39
Tecnología de Telegram para IOT .....	41
Creación del Bot de Telegram Para el Funcionamiento .....	43
Tecnología Wifi .....	44
Tecnología Batería 18650.....	46
Tecnología Módulo TP4056 .....	48
Tecnología Elevador MT3608 .....	49
Desarrollo y Resultados de la Propuesta.....	51
Cumplimiento de Objetivos .....	51
Objetivo 1 (Resultados) .....	51
Elementos del Sistema de Alarma .....	51
Baterías 18650 y Elevadores de Carga .....	57
Principio del Funcionamiento.....	60
Del Sistema de Alarma .....	60
Sensores del sistema de alarma.....	60

Sensor de Puerta.....	60
Sensor Sísmico.....	60
Pánico Silencioso.....	61
Actuador Sistema Domótica .....	61
Actuador Luces de Sirena .....	62
Comandos AT (Modulo Lora Reyax 998) .....	63
Pruebas de Laboratorio .....	66
Sistema de Baterías Tipo UPS .....	66
Objetivo 2 (Resultados) .....	71
Algoritmo y Diseño del Sistema de Alarma .....	72
Algoritmo y Diseño del Sistema de Baterías UPS.....	76
Objetivo 3 (Resultados) .....	80
Creación de los Bots de la Alarma En Telegram.....	80
Bot (Apartamento 216) .....	81
Bot (apartamento 217) .....	82
Bot (Central de Monitoreo).....	83
Programación y Código Del Sistema de Alarma .....	84
Funcionamiento del Sistema de Alarma .....	88
Pruebas de Funcionamiento del Sistema.....	90
Elementos de Domótica .....	99
Operatividad sin Conexión Wifi (Transmisión Inalámbrica Eventos) .....	100
Autonomía Sistema de Baterías .....	102
Autonomía Real del Sistema (Operatividad Eléctrica y Funcional).....	104
Ejercicio de Operación Teórica-Práctica (Lora).....	106
Ecuación General Para la Perdida en Espacio Libre (Ecuación de Friis).....	107

Pruebas de Distancias de Operatividad (De los Módulos LoRa).....	109
Conclusiones .....	113
Planes y Mejoras .....	114
Ssid y Password .....	114
Optimizar el Consumo Eléctrico.....	114
Implementación PCB Comercial .....	114
Bibliografía .....	116
Apéndice .....	120

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Características Principales de la Ley de Ohm</i> .....	21
<b>Tabla 2</b> <i>Comparativo entre Algunas Tecnologías Inalámbricas</i> .....	27
<b>Tabla 3</b> <i>Características Principales de la APP Telegram</i> .....	43
<b>Tabla 4</b> <i>Comparativa entre Wifi y Lora</i> .....	46
<b>Tabla 5</b> <i>Características de los Estados de Carga del TP4056</i> .....	49
<b>Tabla 6</b> <i>Sistema Eléctrico en el Proyecto</i> .....	50
<b>Tabla 7</b> <i>Parámetros de Configuración LoRa Reyax</i> .....	63
<b>Tabla 8</b> <i>Parámetros Adicionales de Configuración Lora Reyax</i> .....	64
<b>Tabla 9</b> <i>Parámetros de Comandos AT</i> .....	64
<b>Tabla 10</b> <i>Consumo Eléctrico de los Elementos del Sistema de Alarma</i> .....	103
<b>Tabla 11</b> <i>Consumo Eléctrico Mínimo y Máximo Sistema de Alarma</i> .....	103
<b>Tabla 12</b> <i>Función de Señal del LoRa Evaluado</i> .....	110
<b>Tabla 13</b> <i>Diferencias entre Distintas Distancias del Módulo Transmisor</i> .....	110
<b>Tabla 14</b> <i>Comparativa Datos Obtenidos y Ecuación de Espacio Libre</i> .....	111
<b>Tabla 15</b> <i>Medida de Distancia Lora</i> .....	111

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ley de Ohm</i> .....	20
<b>Figura 2</b> <i>Propagación de la Onda en 2 Medios</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Comparativo entre Distancia y Alcance de Algunas Tecnologías Inalámbricas</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Diagrama de Funcionamiento del Sistema</i> .....	34
<b>Figura 5</b> <i>Ilustración General del Lora Reyax 998</i> .....	36
<b>Figura 6</b> <i>Ilustración CSS que Utiliza LoRa Reyax 998</i> .....	37
<b>Figura 7</b> <i>Especificaciones LoRa Reyax 998</i> .....	38
<b>Figura 8</b> <i>PinOUT ESP32 DEVkit1</i> .....	40
<b>Figura 9</b> <i>Logo Telegram</i> .....	41
<b>Figura 10</b> <i>Logo BOT Telegram</i> .....	42
<b>Figura 11</b> <i>Logo BOTfather de Telegram</i> .....	44
<b>Figura 12</b> <i>Batería 18650 estándar y medidas</i> .....	47
<b>Figura 13</b> <i>Batería 18650 Voltaje Estándar</i> .....	47
<b>Figura 14</b> <i>Conexiones del Módulo TP4056</i> .....	48
<b>Figura 15</b> <i>Conexiones del Módulo MT3608</i> .....	50
<b>Figura 16</b> <i>Ilustración ESP32 DevKIT</i> .....	51
<b>Figura 17</b> <i>Ilustración Diodo LED</i> .....	52
<b>Figura 18</b> <i>Ilustración del Buzzer</i> .....	53
<b>Figura 19</b> <i>Ilustración Pantalla OLED 0.96 pulgadas</i> .....	53
<b>Figura 20</b> <i>Ilustración Modulo LoRa Reyax 998</i> .....	54
<b>Figura 21</b> <i>Pulsador, Borneras y GP de las Placas</i> .....	55
<b>Figura 22</b> <i>Diodo IN4007</i> .....	55
<b>Figura 23</b> <i>Transistor NPN 2n2222</i> .....	56
<b>Figura 24</b> <i>Resistencia ¼ watt 1K</i> .....	56
<b>Figura 25</b> <i>Batería 18650</i> .....	57
<b>Figura 26</b> <i>Módulo de Carga TP4056</i> .....	58
<b>Figura 27</b> <i>Diodo Schottky IN5822</i> .....	58
<b>Figura 28</b> <i>Transistor BJT IRF9530N</i> .....	59
<b>Figura 29</b> <i>Sensor magnético de puerta residencial</i> .....	60
<b>Figura 30</b> <i>Ilustración de un Botón de Pánico</i> .....	61

<b>Figura 31</b> <i>Sistema de Domótica Activado</i> .....	62
<b>Figura 32</b> <i>Sistema de Alarma Activado</i> .....	62
<b>Figura 33</b> <i>Sistema de UPS por Batería de Litio</i> .....	66
<b>Figura 34</b> <i>Diagrama de Flujo Sistema de Baterías de la Alarma</i> .....	67
<b>Figura 35</b> <i>Creación del 1er Dispositivo</i> .....	68
<b>Figura 36</b> <i>Creación del 1er Prototipo de Alarma Local</i> .....	69
<b>Figura 37</b> <i>Pruebas de Distancia en Protoboards del 1er Prototipo de Alarma</i> .....	69
<b>Figura 38</b> <i>Pruebas de Recorrido por Google Maps y Ensamble del 1er Prototipo de Alarma</i> ..	70
<b>Figura 39</b> <i>Pruebas de Funcionamiento del Sistema UPS en Laboratorio</i> .....	71
<b>Figura 40</b> <i>Diseño Algoritmo del Sistema de Alarma</i> .....	72
<b>Figura 41</b> <i>Diseño Alarma Apartamentos 216 y 217, Diagrama de Conexiones</i> .....	73
<b>Figura 42</b> <i>Diseño Alarma Apartamentos 216 y 217, Circuito PCB</i> .....	74
<b>Figura 43</b> <i>Diseño Alarma Central de Monitoreo, Diagrama de Conexiones</i> .....	75
<b>Figura 44</b> <i>Diseño Alarma Centro de Monitoreo, Circuito PCB</i> .....	76
<b>Figura 45</b> <i>Modulo UPS de Batería, Diseño Esquemático EASYEDA</i> .....	76
<b>Figura 46</b> <i>Modulo UPS de Batería, Diseño EASYEDA</i> .....	77
<b>Figura 47</b> <i>Modulo UPS de Batería, Diseño PCB</i> .....	77
<b>Figura 48</b> <i>Sistema de Carga, Tipo UPS</i> .....	78
<b>Figura 49</b> <i>PCB Sistema de Alarma para Apto Esclavo</i> .....	79
<b>Figura 50</b> <i>PCB Sistema de Alarma para Central de Monitoreo Maestro</i> .....	79
<b>Figura 51</b> <i>Botfather de Telegram</i> .....	80
<b>Figura 52</b> <i>Creación del Bot, en Botfather de Telegram</i> .....	81
<b>Figura 53</b> <i>Creación del BOT Apartamento 216</i> .....	81
<b>Figura 54</b> <i>Creación del BOT Apartamento 217</i> .....	83
<b>Figura 55</b> <i>BOT para Central de Monitoreo</i> .....	84
<b>Figura 56</b> <i>Configuración por Serial2</i> .....	85
<b>Figura 57</b> <i>Función para Detección Wifi</i> .....	85
<b>Figura 58</b> <i>Función Enviarmensaje</i> .....	86
<b>Figura 59</b> <i>Función Notificar a Telegram</i> .....	87
<b>Figura 60</b> <i>Función EnviarMensajeAyuda</i> .....	87
<b>Figura 61</b> <i>Función ManejarMensajesTelegram</i> .....	88

<b>Figura 62</b> <i>Maqueta del Prototipo de Sistema de Alarma</i> .....	89
<b>Figura 63</b> <i>Maqueta en Modo Encendido</i> .....	89
<b>Figura 64</b> <i>Central de Monitoreo Operativa 24H</i> .....	90
<b>Figura 65</b> <i>Familia 216 y Familia 217 Activados</i> .....	91
<b>Figura 66</b> <i>Sistema de Alarma Activo</i> .....	91
<b>Figura 67</b> <i>Interacción del BOT con Usuarios por App</i> .....	92
<b>Figura 68</b> <i>Sistema de Alarma Activado</i> .....	93
<b>Figura 69</b> <i>Visualización BOT del Apto 217</i> .....	94
<b>Figura 70</b> <i>Visualización Central de Monitoreo</i> .....	95
<b>Figura 71</b> <i>Visualización Evento de Sismo en el Apartamento</i> .....	96
<b>Figura 72</b> <i>Ejemplo de Sismo Detectado en Apartamentos y Central de Monitoreo</i> .....	97
<b>Figura 73</b> <i>Visualización de la Acción de Botón de Pánico</i> .....	98
<b>Figura 74</b> <i>Pánico Detectado</i> .....	99
<b>Figura 75</b> <i>Opciones de Domótica Para los Usuarios</i> .....	100
<b>Figura 76</b> <i>Opciones de Domótica Para la Central de Monitoreo</i> .....	100
<b>Figura 77</b> <i>Anuncio del Sistema sin Conexión a Internet Led Azul</i> .....	101
<b>Figura 78</b> <i>Autonomía de Carga y Descarga Batería 18650</i> .....	102
<b>Figura 79</b> <i>Consumo Eléctrico del Sistema de Alarma</i> .....	104
<b>Figura 80</b> <i>Momentos de Consumo del Sistema Activo</i> .....	105
<b>Figura 81</b> <i>Comparación Consumo Eléctrico del Sistema en Reposo y Periodos Activos</i> .....	106
<b>Figura 82</b> <i>Comandos AT del Fabricante Lora</i> .....	107

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> <i>Encuesta de Expectativa</i> .....	<b>120</b>
--	------------

## Planteamiento del Problema

En los últimos años, los robos a apartamentos en conjuntos residenciales han aumentado significativamente en Colombia. Según datos de la Policía Nacional, en 2023 se registraron más de 21.000 casos de robos a residencias en todo el país (Seguridad Central, 2024). A pesar de la implementación de medidas como vigilancia privada, cámaras de seguridad y sistemas de control de acceso, los delincuentes continúan vulnerando la seguridad de estos conjuntos mediante métodos como el palanqueo de puertas, la suplantación de domiciliarios y el aprovechamiento de puertas automáticas (Espinosa, 2024). Estos hechos evidencian la necesidad de sistemas de alarma más efectivos que permitan detectar y prevenir intrusiones de manera inmediata.

Paralelamente, Colombia es un país con alta actividad sísmica. Entre el 1 de enero y el 15 de marzo de 2023, se registraron 5.174 sismos en el territorio nacional, lo que equivale a un promedio de 69 temblores diarios (Castañeda, 2023). Mientras que en zonas comerciales existen protocolos y sirenas de evacuación, en los conjuntos residenciales la respuesta a sismos es limitada o inexistente. La dependencia de aplicaciones móviles para recibir alertas sísmicas puede ser ineficaz en momentos críticos, especialmente si los dispositivos están apagados o en modo silencioso durante la noche. Esto resalta la necesidad de sistemas de alerta sísmica integrados en las viviendas que garanticen la seguridad de los residentes.

Además, la violencia intrafamiliar es una problemática alarmante en el país. Aunque no se disponen de cifras concretas en las fuentes que se ha consultado, se reconoce la importancia de contar con mecanismos de alerta efectivos y discretos que permitan a las víctimas solicitar ayuda sin poner en riesgo su integridad. Casos emblemáticos, como el de Rafael Uribe Noguera y el reciente asesinato de la DJ Valentina Trespalacios, evidencian la urgencia de implementar sistemas de emergencia silenciosos en los hogares (Redacción Nación, 2025).

Estos dispositivos podrían alertar a la seguridad del edificio o a las autoridades de manera oportuna, potencialmente salvando vidas y evitando tragedias mayores.

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un sistema de seguridad integral que combine detección de intrusos, alertas sísmicas y botones de emergencia. Este sistema debe ser capaz de brindar una respuesta inmediata y eficiente dentro de los conjuntos residenciales, mejorando la protección y la calidad de vida de sus habitantes.

¿Cómo mejorar los sistemas de alerta y seguridad de forma integral en los apartamentos de conjuntos residenciales?

## **Justificación**

En estos mecanismos propuestos, se brinda una solución integral de seguridad, para los conjuntos residenciales, integrando tecnologías avanzadas de detección y comunicación para mitigar riesgos asociados a robos, eventos sísmicos y situaciones de emergencia. A través de una arquitectura híbrida, el sistema garantiza una operatividad confiable sin depender exclusivamente de redes GSM, internet o suministro eléctrico constante.

La innovación de este sistema radica en su capacidad para operar de manera autónoma mediante tecnología de comunicación por radiofrecuencia de largo alcance (LoRa), lo que permite la transmisión de alertas entre dispositivos sin necesidad de conexión a internet. Esto asegura que la comunicación permanezca estable incluso en escenarios donde las redes tradicionales sean ineficaces o estén fuera de servicio en el conjunto residencial.

Además, la infraestructura contará con un sistema de respaldo energético basado en ups, lo que permite mantener la operatividad del sistema en caso de cortes de energía eléctrica. Esta característica es crucial en situaciones de emergencia, como sismos o apagones prolongados, donde el acceso a información y alertas tempranas puede marcar la diferencia entre la seguridad y la vulnerabilidad de los residentes.

Otro aspecto clave del sistema es su integración con dispositivos de alerta auditiva y visual por medio de sensores y actuadores, permitiendo una respuesta inmediata ante eventos críticos. La integración con sistemas de seguridad privados y cuerpos de vigilancia facilitará una reacción coordinada y eficiente, optimizando los tiempos de respuesta y minimizando riesgos.

Finalmente, esta propuesta no solo representa un avance en la protección residencial, sino que también establece un nuevo estándar en la gestión de emergencias dentro de los conjuntos habitacionales. Al eliminar la dependencia de infraestructuras de comunicación convencionales y

garantizar la autonomía del sistema, se ofrece una solución resiliente, confiable y adaptable a diferentes entornos, fortaleciendo la seguridad y el bienestar de los habitantes.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Implementar un prototipo de alarma inteligente para el hogar aplicando diferentes metodologías como la comunicación inalámbrica y la comunicación por internet mediante Bots, con el fin de la generación de alertas tempranas y oportunas de la seguridad en sectores residenciales de Bogotá.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los requisitos de hardware y Software necesarios para la construcción del sistema de alarma, asegurando su compatibilidad con LoRa y los Bots de telegram.

Diseñar e integrar el circuito de sensores (alarma, pánico y sísmico) con los actuadores del sistema (sirena y leds de visualización) garantizando su correcto funcionamiento

Desarrollar la programación pertinente del sistema, incorporando las funciones de seguridad, automatización, comunicación IOT y notificaciones inalámbricas de la alarma.

## Marcos

### Antecedentes

Las evoluciones dadas por las tecnologías en redes inalámbricas han permitido llevar múltiples soluciones, ahora bien, la tecnología LoRa (Long Range), permite una comunicación adicional de dispositivos con IOT donde otras tecnologías como WiFi y Bluetooth son menos eficientes, la integración de estos dispositivos con microcontroladores como ESP32 han llevado múltiples soluciones a la industria en los últimos años, gracias a su bajo consumo eléctrico y procesamiento eficiente en diferentes entornos, áreas urbanas, rurales, entre otros.

El primer proyecto que se referencia llamado “*Red de Comunicación Inalámbrica Heterogénea Utilizando Módulos ESP32*” de José Rodríguez Mejía, en Valencia (España).

Aquí se demuestra la confiabilidad de los sistemas de comunicación inalámbricos adaptados a soluciones de seguridad y monitoreo de control, también demostrando la eficiencia en comunicación de los dispositivos LoRa cuando se maneja un maestro y dos esclavos. Por lo tanto, de este repositorio (Mejia, 2024).

Ahora bien, se referencia otro proyecto titulado “*Sistema de monitoreo de factores ambientales externos en unidades educativas céntricas del cantón píllaro basado en tecnología LoRa*” de Cecilia Toapanta Llugsha, de Ambato (Ecuador). En donde se implementó una red de monitoreo ambiental para instituciones educativas, de igual manera basándose en el protocolo LoRa para la recopilación de información en tiempo real, (Llugsha, 2021).

Se observa de este repositorio, la transmisión eficiente y estable en múltiples condiciones, demostrando que LoRa es una elección oportuna, de bajo costo y con una arquitectura interesante para la adaptabilidad con los microprocesadores actuales del mercado como arduino y ESP32, entre otros.

Esta creciente tecnología, se adaptó para este prototipo de alarma monitoreable, asegurando una comunicación estable vía WiFi, y vía LoRa en la transmisión de alertas en tiempo real.

## Bases teóricas

### *Ley De Ohm*

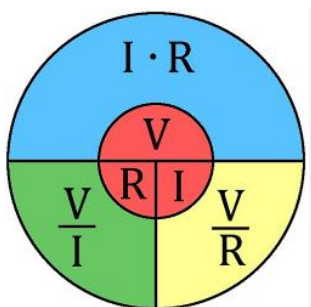
Es la ley universal y ampliamente utilizada por los electrónicos (*entre otras ramas de la industria*) en todo el mundo, postulada por el matemático Georg Ohm, usada básicamente para determinar la relación entre 3 variables, tensión, corriente y resistencia, dadas en un circuito eléctrico. Abordada de acuerdo a los siguientes roles.

Básicamente dicta que si se conoce 2 variables, la tercera se puede determinar por una ecuación básica matemática, por ejemplo si se necesita calcular la resistencia de un circuito, teniendo valores como el voltaje y la corriente del mismo, se realiza la ecuación correspondiente

$$R = \frac{V}{I}$$

### Figura 1

*Ley de Ohm*



*Nota.* Ecuaciones básicas ley de ohm. Tomado de. Fluke. (2024). <https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/electrica/que-es-la-ley-de-ohm>

De acuerdo al ejemplo citado, se debe entender las magnitudes que se manejan en la ley de ohm, por lo tanto, se observa cada una de sus funciones en la siguiente tabla

**Tabla 1**

*Características Principales de la Ley de Ohm*

Elemento	Símbolo Ley de Ohm	Unidad de Medida	Rol en el circuito
Tensión	V	Voltios	Presión que desencadena el flujo de electrones.
Corriente	I	Amperios	Caudal de electrones.
Resistencia	R	Ohmios	Inhibidor de flujo.

*Nota.* Esta tabla muestra las principales características de la ley de ohm. Tomado de. Fluke.

(2024). <https://shre.ink/ediC>

***Ley de Snell***

Es una ley utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la separación entre dos medios de propagación de la onda electromagnética. Fue descubierta por el matemático Willebrod Snell. La ecuación matemática establece que el seno de un ángulo de incidencia multiplicado por el índice de refracción del primer medio, será igual al seno del ángulo de refracción multiplicado por el índice de refracción del segundo medio.

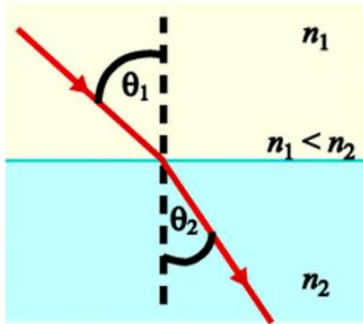
La expresión matemática se expresa de la siguiente manera

$$n_1 * \text{sen} (\theta_1) = n_2 * \text{sen} (\theta_2)$$

Esta ley explica de manera fundamental, la desviación de la luz o la onda electromagnética al cambiar de medio.

## Figura 2

### *Propagación de la Onda en 2 Medios*



*Nota.* Propagación de la onda electromagnética por aire y mar. Tomado de. Profecursos. (2024).

<https://www.proferecursos.com/la-ley-de-snell/>

### ***Circuito Eléctrico***

Es el conjunto de elementos que se encuentran conectados entre sí, y por los cuales puede circular una corriente eléctrica. El flujo de electrones circulara siempre y cuando el circuito sea cerrado para permitir así el paso de electrones de un punto a otro.

Los elementos básicos que componen un circuito eléctrico son:

Generador: elemento donde se produce la electricidad (Fuente de alimentación)

Conductor: Hilo por donde circulan los electrones (Cableado)

Resistencia eléctrica: elementos que se oponen al flujo de electrones (resistencias)

Interruptor: Elemento que cierra o abre el circuito a conveniencia.

### ***Teoría de Funcionamiento Inalámbrico***

Ahora bien, en este apartado se realiza un análisis sobre la transmisión inalámbrica de señales y la propagación de las ondas de radio. El cual juega un papel importante en este proyecto, no obstante, se escoge este modelo matemático debido a su facilidad de

implementación, su precisión razonable en los entornos cerrados, y su simplicidad en las ecuaciones y variables.

Este modelo a utilizar será el *Modelo Logarítmico de Pérdida de Trayectoria (Log-Distance Path Loss Model)*., Otros modelos como ITU-R P525, o el modelo de propagación de Okumura-hata, poseen múltiples factores y variables tales como la altura de la antena, tipo de terreno, absorción por edificios, entre otros, que complican la aplicación de estudio inicial el cual se pretende realizar en este proyecto y es evaluar un margen de relación entre la teoría y la práctica.

Ahora bien, la comparación entre valores estimados se realiza con variables que conocidas tales como

$Pl(d)$  = Pérdida de trayectoria a la distancia dada en decibelios.

$Pl(d_0)$  = Pérdida de trayectoria (en dB) a una distancia de referencia

$n$  = Exponente de pérdida en el entorno (factores a evaluar)

$d$  = Distancia entre transmisión y recepción (Dada en metros)

$d_0$  = Distancia de referencia (típicamente 1 metro)

De igual manera, se presenta la ecuación que dicta la pérdida de Trayectoria en la que se tiene

$$Pl(d) = Pl(d_0) + 10n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)$$

No obstante, los pasos a seguir serán:

Medir la potencia recibida, desde el modulo LoRa Reyax 998 (Centro de monitoreo)

Conocer la potencia en la transmisión, desde el modulo LoRa Reyax 998 emisor (el apartamento 216 o el apartamento 217).

Se calcula la pérdida de trayectoria con la siguiente ecuación

$$PL = P_t - P_r$$

Se despeja (distancia) del modelo logarítmico, en donde

$$d = d_0 * 10^{\frac{PL - PL(d_0)}{10n}}$$

Se evalúan las opciones de pérdida en el entorno ( $n$ ) en donde

Espacio libre:  $n = 2$

Zona semiurbana:  $n = 3$

Zona urbana:  $n = 4$  o superior

### **Marco Conceptual**

Este proyecto se basa en una implementación de tecnología y desarrollo electrónico para la solución de problemas de seguridad y vulnerabilidad en los conjuntos residenciales, los principales elementos de estudio son los siguientes:

#### ***Iot***

El internet de las cosas, es la consolidación que se realiza a través de una RED de REDES en el cual se alberga una gran cantidad de dispositivos, intercomunica los dispositivos desde los más básicos hasta lo más complejos como puede ser un reloj inteligente, un Smartphone, un dispositivo ALEXA, un módulo ESP32, entre otros (Lopez & Cardenas, 2019).

#### ***Big Data***

Cuando se habla de Big Data, refiere a una Gran cantidad de información que se recopila en el día a día de distintos dispositivos y de distintos formatos, el objetivo es que esta información facilite la vida y permita realizar gestiones inteligentes como la temperatura del hogar, protección y vulnerabilidad, entre otros (Lopez & Cardenas, 2019).

### ***Esp32***

Es una placa de desarrollo o microcontrolador de bajo costo y bajo consumo eléctrico, Consiste en un SoC que ofrece conectividad (WiFi, Bluetooth con frecuencias de 2.4 GHz) para desarrollar proyectos de IOT, automatización, prototipos electrónicos, entre otros, soportando operaciones a bajas potencias eléctricas (firtec, 2025).

### ***Domótica***

Este concepto refiere al conjunto de técnicas que emplean elementos tales como la electrónica, la informática y la automatización industrial, cuya finalidad será ofrecer a los usuarios un confort integral, y una mejora en los servicios en casa, hogar o empresa mediante las redes de comunicación y el Big Data para intercomunicar equipos electrónicos y ejercer labores posteriores (ferrovial, 2025).

### ***Sistemas de Seguridad Electrónica***

Es la seguridad que implementa todos los elementos tecnológicos capaces de crear señales visuales, audibles, luminosas con el objetivo de alertar a los dueños de hogar sobre posibles movimientos, riesgos y/o intrusos en sus predios. ante los incidentes de la delincuencia (hurtos, asaltos, etc.) están constituidos por componentes comunes (sensor, actuadores y controladores) ubicados en punto estratégicos internos y externos del ambiente que se quiere asegurar o proteger (prosegur, 2025).

### ***Sistemas de Intrusión***

Es una red de elementos y dispositivos que están diseñados para prevenir el ingreso de personal donde no le es permitido el paso o no se tiene autorización al ingresar, es utilizado en hogares, casas, apartamentos, negocios pequeños, oficinas, universidades, entre otros (prosegur, 2025)

### ***Módulo LoRa***

El concepto LoRa (En inglés “Long Range”) Refiere a la tecnología de comunicación inalámbrica que combina un consumo bajo de energía y un largo alcance en la transmisión de datos, utilizando la modulación de espectro ampliado podemos definir que es un dispositivo ideal para la transmisión de datos IOT donde requerimos una mayor cobertura, con bajo consumo energético y sin dependencia del internet (AlaiSecure, 2024).

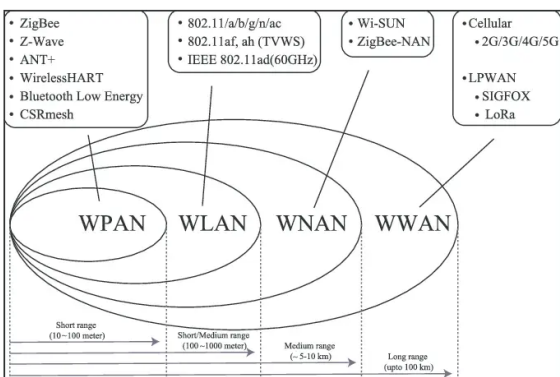
La importancia de las alarmas en hogares y conjuntos cerrados, es más que una percepción una realidad, siendo este el segundo delito más alto en la ciudad de Bogotá entre 2019 y 2022 (Seguridad Central, 2024). Por lo tanto, este será un diseño que permita dar avances en la seguridad electrónica en los conjuntos residenciales, para dar una muestra del avance que se puede brindar a la sociedad como prestadores de servicios de Ingeniería enfocados en la seguridad electrónica, No obstante, se aclaran algunos conceptos importantes en el desarrollo del proyecto

### ***Comparativa de LoRa y WiFi con Otras Tecnologías***

En este sistema, las banderas de LoRa y WiFi serán los métodos de transmisión, ¿pero en qué consisten cada uno aplicándolo al marco de la seguridad?

De acuerdo al objetivo de comunicación del sistema de alarma por internet y comunicación directa inalámbrica, se realizan investigaciones acordes a las bondades y ventajas de cada una, por lo tanto, se tienen presentes factores importantes como el consumo eléctrico, el rango de cobertura, el ancho de banda, y por supuesto la seguridad en la información

A continuación, se brindan las principales características de cada uno, comparando dos tecnologías directas y competitivas como Bluetooth y Zigbee.

**Figura 3***Comparativo entre Distancia y Alcance de Algunas Tecnologías Inalámbricas*

*Nota.* Comparativa entre distancia y alcance de las principales tecnologías inalámbricas. Tomado de. Mokolora. (2021). <https://www.mokolora.com/es/lora-and-wireless-technologies/>

**Tabla 2***Comparativo entre Algunas Tecnologías Inalámbricas*

Elemento	Descripción de la tecnología
Lora	Distancia operativa 2-15 Km, consumo eléctrico Bajo, Ancho de Banda reducido, e ideal para transmisión de eventos de alarma sin necesidad de internet.
Wifi	Distancia operativa 5-100 m, consumo eléctrico Alto, Ancho de Banda hasta 1Gbps, Requiere conexión a internet para eventos, no ideal para casos de emergencia sin acceso a la red.
Bluetooth	Distancia operativa 10-100 m, consumo eléctrico Medio, Ancho de Banda hasta 3Mbps, No es ideal por la poca cobertura para sistemas de alarma monitoreable en conjuntos residenciales.
Zigbee	Distancia operativa 10-100 m, consumo eléctrico Bajo, Ancho de Banda medio hasta 250Kbps , Útil para hogares, pero requiere una red enmallada para un sistema de monitoreo.

*Nota.* Esta tabla muestra las principales diferencias entre las tecnologías LoRa, WiFi, Bluetooth y zigbee.

### ***Funcionamiento del LoRa Reyax 998 con el Módulo ESP32***

El modulo LoRa Reyax 998 permite comunicación mediante *comandos* AT, de una manera muy sencilla y eficiente, Teniendo respuestas a largo alcance con una estructura de código en la cual se desarrolla de manera primaria a continuación:

En donde:

AT+SEND es el comando de Enviar

2 es la Dirección del módulo LoRa de destino

6 es la longitud del mensaje

“ALARMA” Es el mensaje enviado al módulo de destino

```
AT+SEND=2, 6, "ALARMA"
```

Se recuerda que, el Modulo se debe programar con unos parámetros de información para que funcione correctamente con el ESP32, los cuales son:

- Frecuencia: Para Latinoamérica debemos operar en 915 MHz por lo tanto su comando At será

```
("AT+BAND=915000000\r\n");
```

- Dirección del módulo LoRa, Cada módulo debe tener su dirección independiente, por lo tanto, si voy a tener un transmisor (que será el 1) y un destino (que será la 2), su comando AT será

```
("AT+ADDRESS=1\r\n");
```

- Identificador de Red, para tener comunicación mutua entre los modulo LoRa deberán estar asociados a la misma Red o ID, por lo tanto, su comando AT será

```
"AT+NETWORKID=17"
```

### ***Comunicación por Hardware Serial en LoRa y ESP32***

La compatibilidad se tuvo a través de UART, el cual es un *circuito integrado que permite la transmisión y recepción de datos* a través del puerto Serial, En este proyecto ese puerto está siendo utilizado por la pantalla *OLED de 0.96 pulgadas* para mostrar los eventos del sistema de alarma en pantalla, Por lo tanto, La tarea es poder comunicar el modulo LoRa con la ESP32 *sin que afecte y tenga interferencias con la pantalla oled.*

Aunque se tenga un puerto físico, mediante la librería **<HardwareSerial.h>**, se debe habilitar los otros dos puertos UART que manejan los módulos ESP32, no obstante, en este modelo específico de microcontrolador el puerto UART1 no está disponible, por lo tanto, se tendrá que utilizar UART2 en el cual se *reassigna los pines físicos 16 y 17 para tx y Rx.*

De esta manera se consigue una transmisión exitosa del módulo LoRa Reyax 998 y el ESP32 sin afectar los demás elementos del sistema de alarma.

Se recuerda que a diferencia de *softwareSerial*, esta librería habilita puertos físicos los cuales son estables a altas velocidades como la utilizada para el modulo LoRa 115200 Baudios, y no ocupamos recursos de más en el sistema.

## **Metodología**

Este proyecto se fundamenta con un enfoque experimental y cuantitativo, en él, se busca evaluar los pros y los contras de un sistema de alarma, basándose en la tecnología LoRa y el microcontrolador ESP32. De acuerdo con (Sampieri, 2014) El enfoque cuantitativo permite medir las respuestas del sistema ante los eventos específicos (pánico, intrusión, sismo). Mientras el enfoque experimental facilita la validación de todo el funcionamiento realizando pruebas en distintos escenarios (Sampieri, 2014), evaluando desempeño en distancias de transmisión, calidad de la transmisión y la autonomía energética con la fuente UPS.

### **Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se utilizó es netamente aplicado y experimental, basado en la clasificación de (Sampieri, 2014), el cual define a una investigación aplicada como aquella cuyo objetivo es generar soluciones prácticas a problemas específicos.

En él se orienta todo el desarrollo del prototipo de alarma, para así observar respuestas de manera eficiente a los eventos de seguridad (pánico, intrusión, sismo). Realizando pruebas de validación en entornos controlados a nivel de distancia, capacidad eléctrica y tiempos de respuesta; observando así la fiabilidad de los sistemas inalámbricos (LoRa) y remotos (telegram).

### **Recolección de Datos**

#### ***Pruebas Experimentales***

Se realizan pruebas de activación de los sensores magnéticos en distintos momentos, haciendo uso de la transmisión de datos entre los dispositivos mediante el protocolo inalámbrico LoRa.

### ***Registro de Eventos***

Se realiza la documentación de los tiempos de respuesta del sistema desde el momento de la activación del sensor hasta la recepción del mensaje tanto de manera local (LoRa), como de manera remota (telegram).

### ***Encuestas de Expectativas***

Se realizó algunas encuestas a potenciales usuarios para evaluar la percepción sobre la utilidad, facilidad de uso y finalmente la efectividad del sistema de alarma para su apartamento (ver apéndice A). Ahora bien, según (Sampieri, 2014). Destaca que las encuestas son una herramienta eficiente en la recolección de datos cuantitativos cuando se necesita tener la percepción de uno o varios usuarios sobre un producto deseado para lanzar al mercado.

### **Análisis de Resultados**

Los resultados de las pruebas experimentales demostraron que el sistema de alarma tiene la capacidad total de detectar y transmitir eventos en un promedio de  $< 2$  segundos, garantizando así una respuesta rápida y eficiente.

No obstante, la comunicación por el protocolo LoRa, presento estabilidad de transmisión en una distancia máxima de 300 mts en entornos 100% urbanos, aunque a distancias como 400 y 500 mts aun funcionaba, ya tenía una latencia o pérdida de información recibida.

Finalmente, las encuestas realizadas reflejaron una percepción positiva del sistema, destacando la gran utilidad de un botón de pánico silencioso para momentos cotidianos de las familias colombianas y la gran ventaja de recibir notificaciones directas sin dependencia de internet por parte de unos usuarios residentes y un supervisor de empresa de vigilancia encuestada.

El diseño metodológico que se adopta para realizar, permitió validar el funcionamiento del sistema de alarma en muchos entornos, antes de su implementación final. El realizar combinación de pruebas experimentales y una recolección de datos cuantitativos asegura que el sistema de alarma cumple con características de seguridad, eficiencia y fiabilidad en el mercado, dando una base más robusta para su desarrollo y propuesta final.

## Presentación de la Propuesta

### Diagrama Inicial del Sistema

El sistema de alarma, busca desarrollar un sistema de monitoreo basado en internet y en protocolos inalámbricos, su finalidad es detectar las intrusiones, los sismos y eventos de pánico dentro del hogar, además de activar funciones domóticas y el envío de notificaciones en tiempo real.

A continuación, se diseña una arquitectura comandada por 1 maestro (Central de monitoreo) y 2 esclavos (2 apartamentos), distribuidos de manera uniforme para garantizar la eficiencia y la velocidad en la transmisión de la información.

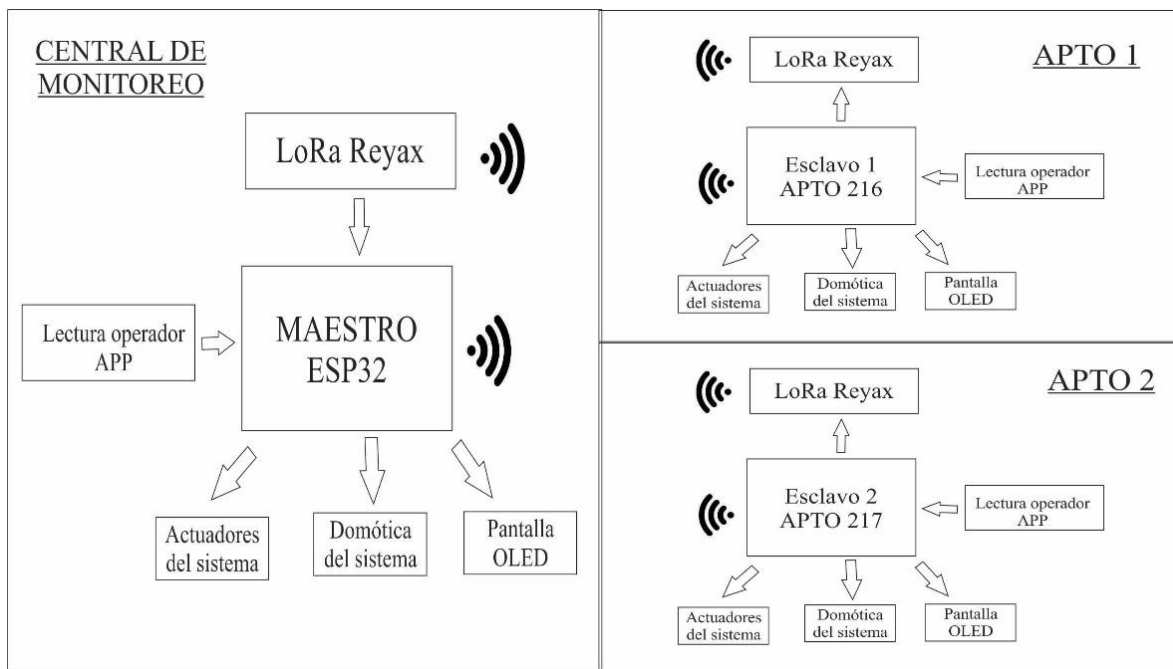
**Maestro:** La central de monitoreo, ubicada estratégicamente dentro del conjunto residencial (portería) para la recepción de eventos y visualización en tiempo real de los sistemas.

**Esclavos:** Los apartamentos, tendrán su sistema individual el cual funcionará por internet para visualizar los eventos en tiempo real, pero paralelamente tendrán su conectividad al equipo maestro.

**Sistema eléctrico:** Los dispositivos operaran con una fuente tipo UPS, el cual tiene baterías recargables optimizando el consumo eléctrico y evitando caídas de tensión.

**Actuadores y domótica:** Elementos anexos al sistema de alarma, cuya finalidad será la alerta visual y complementaria de los sensores principales, operando de manera inteligente para reducir los riesgos de los usuarios.

No obstante, se realiza un diagrama inicial de funcionamiento del sistema el cual se observa a continuación:

**Figura 4***Diagrama de Funcionamiento del Sistema*

*Nota.* Arquitectura del sistema.

Por consecuente, el flujo de información se transmite vía WiFi y vía LoRa, haciendo un protocolo híbrido y eficiente para un sistema de alarma, y el sistema a su vez por medio de los actuadores refleja la información de una manera visual y sonora.

## Compilación de Tecnologías del Sistema de Alarma

A continuación, se plantea el circuito General del sistema de alarma en el cual, el objeto de estudio será las vulnerabilidades de una vivienda, estas son los ingresos que pueda tener (Acceso a puerta principal, entre otros), y por supuesto dando un plus especial al diseño con sensores sísmicos, y finalmente se va a tener la integración de la domótica para actuar ante una situación de alerta en la vivienda tal y como lo hemos bautizado “Botón de pánico” y actuadores que se ejecutarán ante un posible robo, intento de robo, o ataque a personas vulnerables.

Este prototipo está basado en la tecnología de comunicación WiFi 802.11 y la transmisión Rx, Tx usando UART serial2 para LoRa, realizada en el microcontrolador con placa ESP32, el cual tiene un procesador *Xtensa 32bits* a una velocidad de *240MHz* y una memoria interna de *520KB* suficiente para la transmisión de datos y la realización de un algoritmo preciso en donde podamos tener las siguientes opciones:

- Armado y desarmado del sistema

- Botón de pánico silencioso para comunicar hacia portería

- Activación y desactivación del protocolo de emergencia

- Activación y desactivación del protocolo de domótica

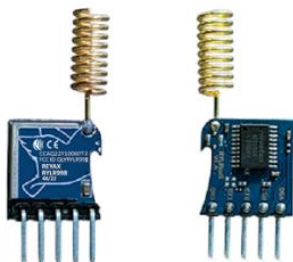
- Comunicación mediante bots de telegram

De acuerdo a estas características de solución del sistema, se procede a analizar cada uno de los elementos necesarios para la realización del mismo, y se tiene lo siguiente

## Tecnología Lora Reyax 998

### Figura 5

*Ilustración General del Lora Reyax 998*



*Nota.* Modelo Lora Reyax 998. Tomado de. Technology corporation LTD. (2025).

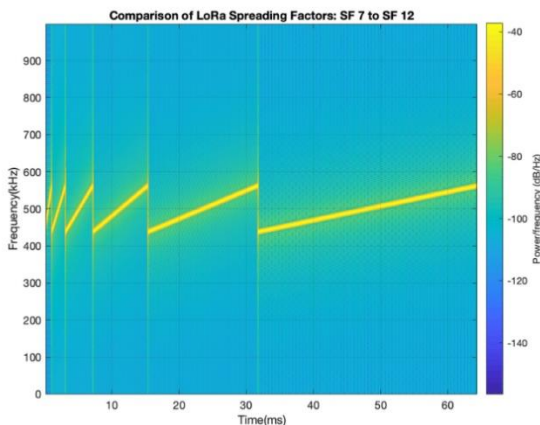
<https://reyax.com/products/RYLR998>

La empresa Reyax technology, es una de las encargadas de la realización de los módulos LoRa Reyax que existen en el mercado, por supuesto LoRa es un protocolo de comunicaciones de Largo Alcance patentado, el cual tiene el balance perfecto de bajo consumo eléctrico y un alcance de alta distancia ideal para sistemas de comunicación como alarmas en conjuntos residenciales o lugares cuyas distancias no superen los 10Km rurales y de 2 a 5km en áreas urbanas.

LoRa (Long Range) es una tecnología inalámbrica que se basa en la modulación por espectro ensanchado (CSS *Chirp Spread Spectrum*), cuyas principales ventajas son la alta sensibilidad en la recepción, y una gran interfaz robusta con las interferencias, a continuación, citamos la imagen de CSS que utiliza LoRa.

## Figura 6

*Ilustración CSS que Utiliza LoRa Reyax 998*



*Nota.* Ilustración CSS utilizada para la comunicación de los módulos. Tomado de. (GIUSEPPE PANZA. (2024). <https://www.linkedin.com/pulse/what-lorawan-chirp-spread-spectrum-css-technology-have-giuseppe-panza-hz5dc/>

Esta técnica de modulación utiliza frecuencias de radio para transmitir datos a largas distancias, en la imagen anterior se observa los pulsos de chirp o chirridos para codificar la información. Un “chirp” es una señal sinusoidal cuya frecuencia aumenta o disminuye en la línea del tiempo.

Ahora bien, el modulo LoRa Reyax 998 es una solución económica que brinda la empresa Reyax (también hay muchos fabricantes que usan esta tecnología), el cual es ideal para esta implementación, en donde la integración con la ESP32 se basa en las librerías disponibles para su funcionamiento en donde se tiene:

Su Transmisión puede llegar a tener una potencia de 0 hasta 22 dBm

Su rango de frecuencia se puede configurar desde 820 hasta 960 MHz

La comunicación será mediante comandos AT, brindando facilidad en la configuración Sistema de cifrado AES 128 CCM (fiabilidad y seguridad en el envío de información) Entre otros.

A continuación, se cita información detallada brindada por el fabricante para mayor documentación y proyectos que podamos alcanzar gracias a esta tecnología y este modelo (Reyax 998).

## Figura 7

### Especificaciones LoRa Reyax 998

Item	Min.	Typical	Max.	Unit	Condition
VDD Power Supply	2.3	3.3	3.6	V	VDD
RF Output Power Range	0		22	dBm	
Filter insertion loss	1	2	3	dB	
RF Sensitivity	-129			dBm	
RF Input Level			10	dBm	
Frequency Range	820	868/915	960	MHz	
Frequency Accuracy		±10		ppm	
Transmit Mode Current		140		mA	RFOP = +22 dBm
Receive Mode Current		17.5		mA	
Sleep mode Current		10		uA	AT+MODE=1 @VDD=+3.3V
Smart receiving power saving mode average current	0.06	2.65	5.5	mA	2.65mA @AT+MODE=2,1000,1000 If you need lower current consumption, you can adjust the AT+MODE=2 time duty.
Baud rate	300	115200	115200	bps	8, N, 1
Digital Input Level High	0.7*VDD		VDD	V	VIH
Digital Input Level Low	0		0.3*VDD	V	VIL
Digital Output Level High	0.9		VDD	V	VOH
Digital Output Level Low			0.1	V	VOL
Cycling (erase / write) Flash data memory		200		K	Cycles
Weight		1.83		g	
Operating Temperature	-40	25	+85	°C	

*Nota.* Datos del fabricante REYAX para el módulo 998. Technology corporation LTD. (2025).

<https://reyax.com/products/RYL998>

Las principales ventajas que se tienen en el proyecto, implementando la tecnología LoRa para el sistema de alarma son las siguientes

Transmisión de alertas en tiempo real: Sin la dependencia de internet, cuando un sensor o un actuador de un dispositivo local (apartamentos) envíe una señal al microcontrolador local, este se comunicará con los dispositivos conectados para él envío de esta información como los microcontroladores principales.

Se podrá asignar direcciones específicas en la transmisión de cada uno de los módulos, esto será de gran ayuda en la programación de los mismos para crear una marca personal y una diferencia en los actuadores y sensores que se ejecutarán en el proyecto de cada apartamento hacia el centro de monitoreo.

La comunicación mediante comandos AT, es otro de los grandes aliados para crear una marca personal en cada uno de los sensores y actuadores que tendrá el sistema de alarma, para así evitar la generación de falsas alarmas y tener precisión a la hora de monitorear los eventos en cada apartamento.

Indudablemente la gran ventaja que maneja LoRa con su modulación por espectro ensanchado es que puede abarcar grandes distancias, así que implementar este tipo de soluciones será muy fiable y versátil para una gran cantidad de conjuntos residenciales en el país.

### **Tecnología Microcontrolador Esp32**

La familia ESP32, pertenece a un grupo de microcontroladores avanzados, realizados por la empresa asiática Espressif Systems, se utilizan a nivel mundial para el internet de las cosas IOT, gracias a sus opciones de conectividad, su versatilidad y por supuesto su relación calidad/precio a diferencia de otros microcontroladores en la industria actual.

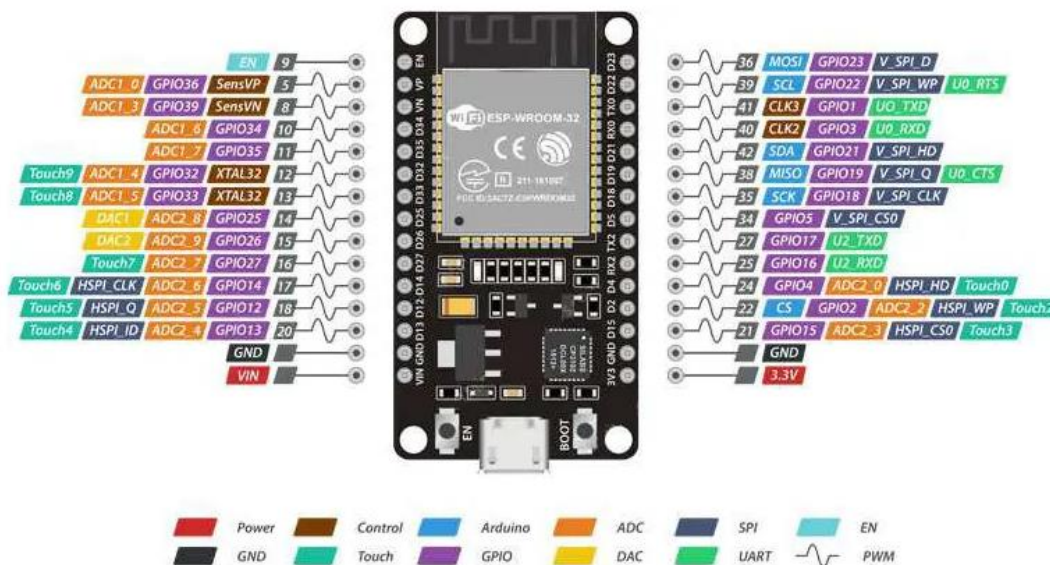
Su núcleo principal es el Xtensa LX6, el cual posee dos núcleos de 32 bits, manejando una tecnología de 40 nm y alcanzando velocidades de hasta 240 MHz.

Teniendo una memoria RAM de 520 KB, conectividad WIFI de 2.4 GHz y Bluetooth 4.2 es el procesador ideal para este prototipo de proyectos en el que se necesita que la interacción hombre-máquina sea eficiente y rápida.

Ahora bien, la placa de desarrollo que se utiliza posee 48 pines GPIO, en el que se pueden configurar entradas, salidas, PWM, conversor ADC y DAC, puertos UART, entre otros. Siendo el entorno de desarrollo el más amigable y sencillo de entender, (Se recuerda que el maneja entornos tales como micro PYTHON, Arduino IDE, ESP-idf, entre otros).

## Figura 8

### *PinOUT ESP32 DEVkit1*



*Nota.* Pines de la placa de desarrollo ESP32. Tomado de. Unit electronics. (2025).

<https://uelectronics.com/producto/esp32-devkit-v1-30-pines-usb-c-microusb/>

A día de hoy se pueden realizar bastantes prototipos de sistemas electrónicos no solo de IOT, sino también en soluciones como la domótica, robótica, vigilancia de objetos por IA y por supuesto el tema principal del proyecto el cual son los sistemas de seguridad electrónica, ya que se puede fusionar e integrar múltiples sensores y actuadores a esta placa, siendo su bajo consumo y su robustez el núcleo ideal para este prototipo.

Se utilizará una transferencia de datos el cual va a ser monitoreada a través de internet y este mismo monitoreo paralelamente funcionará mediante los módulos de comunicación LoRa, una visualización de eventos mediante pantallas oled para tener una interfaz de comunicación Hombre-Máquina, además de la conectividad vía telegram gracias a los bots que hacen parte de las librerías de la interfaz del microcontrolador.

### **Tecnología de Telegram para IOT**

La aplicación telegram, es una app creada por los hermanos Pavel Durov y Nicola Durov, fue lanzada en el año 2013 para tener una alternativa a la aplicación WhatsApp, En el que actualmente se tiene más de 400 millones de usuarios activos a nivel mundial, en donde destaca su rápida velocidad en el envío de mensajes y por supuesto las alternativas de seguridad que ofrece para el usuario (Aquí es donde toma relevancia en el proyecto).

#### **Figura 9**

*Logo Telegram*



# **Telegram**

*Nota.* Logo de telegram. Tomado de. Telegram. (2025). <https://telegram.org/>

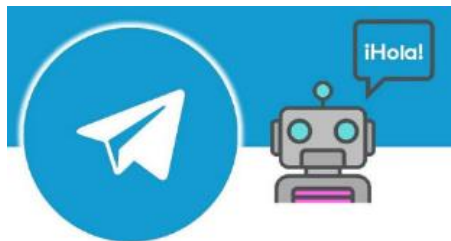
El protocolo utilizado es el *MTPProto*, enfocado en la protección de datos a usuarios (Gracias a su cifrado avanzado), la creación de grupos y canales para una difusión masiva, y por supuesto la creación de bots es algo que nació en 2015 y es la interacción con herramientas automatizadas para comunicar dispositivos IOT.

Relevancia de los bots en el proyecto; el cual tendrá una comunicación bidireccional por ende las familias podrán activar, desactivar, e interactuar con la alarma de manera instantánea para así consultar el estado de los sensores, activación de los protocolos de emergencia, entre otros.

También, por medio de los bots se podrá crear automatizaciones y respuestas automáticas las cuales darán una flexibilidad y manejo amigable a todos los usuarios que necesiten interactuar con el sistema de alarma.

### **Figura 10**

*Logo BOT Telegram*



*Nota.* Logo del BOT de la aplicación telegram. Tomado de. Telegram. (2025).

<https://telegram.org/>

Si se quiere modelar una hoja técnica de la aplicación Telegram se tienen los siguientes atributos más destacados entre ellos:

**Tabla 3***Características Principales de la APP Telegram*


---

Características principales telegram
App Gratuita
Se puede usar en varios dispositivos al mismo tiempo
Los mensajes se sincronizan entre dispositivos
Cuenta con protocolo MTProto de seguridad que cifra los mensajes
Permite compartir archivos masivos de más de 1.5 GB
Cuenta con una API de código abierto para desarrolladores
Cuenta con una API para bots

---

*Nota.* Esta tabla muestra las principales características de la aplicación telegram. Tomado de.

Telegram. (2025). <https://telegram.org/>

**Creación del Bot de Telegram Para el Funcionamiento**

Los bot, son aplicaciones que se ejecutan internamente dentro de la misma app de TELEGRAM, por lo tanto, se puede concluir que es un robot creado por desarrolladores para tareas específicas que necesita cada usuario del planeta.

Fueron creados desde 2015 para la automatización de tareas y procesos, para así facilitar la interacción del hombre-máquina. Con la ventaja de ser una API abierta y cualquier programador del mundo puede crear su bot de acuerdo a sus necesidades, en este sistema se ha creado de ceros el bot idóneo para la ejecución del sistema de alarma, y tener una interacción eficiente entre los seres humanos (los usuarios) y las maquinas (los elementos IOT y el sistema de alarma).

El primer paso será tener instalado previamente la aplicación de telegram, con un usuario activo el cual es un proceso muy similar cuando se instala WhatsApp por primera vez.

Posteriormente en el buscador de telegram se accede a buscar “Botfather” el cual se autodenomina el administrador principal de bots.

### **Figura 11**

*Logo BOTfather de Telegram*



*Nota.* Logo BOTfather en la app telegram. Tomado de. Telegram. (2025). <https://telegram.org/>

Posteriormente, ya en el chat se pide a *botfather* la creación de un nuevo bot, para así utilizarlo en la generación de automatismos en el sistema de alarma.

### **Tecnología Wifi**

La palabra Wifi, el cual es una contracción de la palabra “*Wireless Fidelity*” que significa fidelidad inalámbrica, es la tecnología que permite a los dispositivos electrónicos a tener una conectividad que funciona mediante frecuencias de radio diversas (Usualmente las vemos en 2.4GHz y 5GHz).

Funciona mediante una red inalámbrica, de manera local, la cual permite la conectividad de muchos de los dispositivos existentes a día de hoy en un hogar tales como Smartphones, tablets, computadoras, relojes inteligentes, microcontroladores, entre otros, para conectarse a internet y comunicarse entre sí sin necesidad de redes cableadas.

Siendo una conexión eficiente, gracias a que maneja el protocolo IEEE 802.11 el cual es un protocolo realizado por el IEEE (*Instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos*) determinando así las especificaciones de la conectividad WLAN, teniendo parámetros determinados, un rango de frecuencias para operar correctamente y manejando una tasa de datos máxima con su modulación correspondiente.

Entre la terminología los ítems más relevantes que se van a utilizar en el proyecto y además en cualquier conectividad WiFi del hogar o empresa se tiene lo siguiente

SSID (Nombre de la red WiFi)

PASSWORD (Contraseña Red WiFi)

BSSID (Dirección Mac del punto de acceso)

Canales (segmentos dentro de una banda de frecuencia)

Frecuencias (2.4GHz para mayores interferencias y 5GHz para mayor velocidad)

Ancho de Banda (Cantidad de datos que se pueden transmitir en un periodo)

Latencia (Tiempo que tarda un paquete en viajar de origen a destino)

El uso de las redes WiFi se ha extendido por todo el mundo, dando oportunidad a una comunicación moderna inalámbrica en entornos laborales, educativos, en el hogar y por supuesto del internet de las cosas IOT, facilitando la recopilación de datos y automatizando procesos en tiempo real.

Ahora bien, se aclara que en este proyecto no se va a debatir si es mejor la conectividad WiFi o la conectividad LoRa, en este caso una complementa a la otra para cumplir el objetivo de una alama IOT competitiva e híbrida en parámetros de comunicación, por lo tanto, se realiza un pequeño cuadro comparativo entre estas dos tecnologías y se tiene lo siguiente

**Tabla 4***Comparativa entre Wifi y Lora*

Características	Wifi	Lora
alcance	Es corto (Hasta 100mts)	Es largo (Hasta 10 Km)
Consumo energético	Alto	Bajo
Velocidad	Hasta 1GBps	Hasta 50kbps
Interferencia	Alta en entornos complejos	Baja
Seguridad	WPA2, WPA3, etc.	Cifrado AES128
Conectividad propia del sistema de alarma	Conectividad a telegram para auto monitoreo y manejo de domótica.	Transmisión de los sensores entre alarmas locales y la central de monitoreo.

*Nota.* Esta tabla muestra las principales características entre el alcance, consumo eléctrico, seguridad y conectividad para nuestro sistema de alarma entre Wifi y Lora.

Como se observa, son servicios totalmente complementarios, en ambos se fusiona la gestión de datos y la transmisión independiente de un sistema de alarma, dando usabilidad y robustez al proyecto.

### **Tecnología Batería 18650**

Estos módulos de baterías son celdas recargables de *ion de litio* con larga vida útil y por supuesto alta densidad eléctrica, Dado estas características son ampliamente utilizados en el mundo de la electrónica gracias a su estabilidad, materiales que la componen y suministro eléctrico en los que se puede destacar la siguiente información

- Voltaje nominal: 3.7 V
- Voltaje de carga completa: 4.2V
- Capacidad: 1500 – 3500 mA·H (Varia según el tipo de batería y modelo)
- Ciclo de vida útil: 300 – 500 ciclos de cargas

- Descarga máxima: 10 – 30 A (Varia según el tipo de batería y modelo)

Una batería ampliamente usada en prototipos y sistemas electrónicos

## Figura 12

### *Batería 18650 Estándar y Medidas*



*Nota.* Medidas pila 18650. Tomado de. Gerald. (2024).

<https://www.ufinebattery.com/blog/everything-you-should-know-about-18650-batteryvoltage/>

Diámetro de la batería en milímetros (18 mm)

Longitud de la batería en milímetros (65 mm)

Indica una celda cilíndrica.

## Figura 13

### *Batería 18650 Voltaje Estándar*

Estado de carga (%)	Voltaje (V)
0	2.5
10	3.0
20	3.2
30	3.4
40	3.5
50	3.6
60	3.7
70	3.8
80	3.9
90	4.0
100	4.2

*Nota.* Estados de carga y voltaje correspondiente. Tomado de. Gerald. (2024).

<https://www.ufinebattery.com/blog/everything-you-should-know-about-18650-batteryvoltage/>

## Tecnología Módulo TP4056

Es un controlador de carga lineal para las baterías de litio, como la 18650 utilizada en este proyecto, Su función principal es garantizar la carga de manera segura y eficiente, de esta manera se evitan sobrecargas o una descarga muy profunda que pueda dañar la batería

A continuación, se definen algunos parámetros más relevantes de estos módulos, los cuales son muy eficientes, muy económicos y por supuesto ampliamente utilizados en el mundo de la electrónica

- Voltaje de entrada: 4.5V a 5.5V
- Corriente de carga: 1 A (ajustable según el modelo)
- Maneja protección contra sobre carga y sobre descarga
- Manejo de indicadores LED para estados de carga

A continuación, se presenta el diagrama de conexiones del módulo TP4056

### Figura 14

*Conexiones del Módulo TP4056*



*Nota.* Conexiones del módulo TP4056. Tomado de. Descubrearduino. (2025).

<https://descubrearduino.com/tp4056/>

En su salida, el modulo emite un voltaje de 4.2v el cual es suministrado por la batería 18650, y en sus salidas (OUT + OUT-) se utilizarán para conectar el dispositivo elevador de voltaje que alimentará todo el circuito del sistema de alarma; ahora bien, se evalúa los leds de carga y sus respectivos indicativos en los que se tiene lo siguiente:

**Tabla 5**

*Características de los Estados de Carga del TP4056*

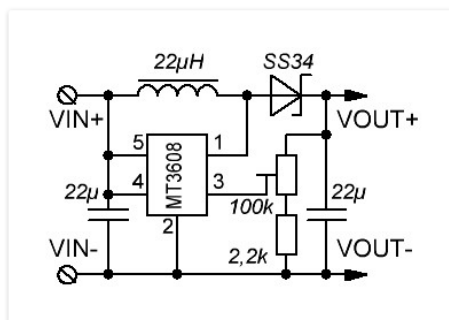
ESTADO DE CARGA	LED ROJO	LED AZUL
Cargando	encendido	apagado
Carga terminada	Apagado	encendido
Batería de entrada demasiado baja		
No hay batería conectada	Apagado	Apagado

*Nota.* Esta tabla los estados de los LED rojo y Azul en evidencia de carga inicial y carga total de la batería por medio del módulo TP4056.

### **Tecnología Elevador MT3608**

El módulo MT3608 es un elevador de voltaje de tipo boost, el cual permite aumentar un voltaje de salida desde una fuente de baja tensión (como la batería 18650), el cual, es crucial para aumentar dicha tensión al voltaje deseado sin perdidas (En este objetivo serán los 5 voltios).

Este tipo de elevadores se diferencian de las fuentes lineales tales como LM7805 y LM317, son sencillos de usar, pero tienen muchas pérdidas de energía; ahora bien, dado a su bajo costo el mt3608 maneja una regulación conmutada por lo tanto permite una eficiencia energética superior al 80% de su capacidad,

**Figura 15***Conexiones del Módulo MT3608*

*Nota.* Conexiones del circuito MT3608. Tomado de. Robots didácticos. (2019).

<https://www.robotsargentina.com.ar/didactica/convertidor-de-voltaje-mt3608>

Como se puede observar, es un circuito IC (inductivo-capacitivo) en los cuales se detalla el principio de su funcionamiento, este tipo de convertidor conmutado convierte este voltaje mediante el almacenamiento periódico de energía de entrada, para así posteriormente liberarlo con la tensión de salida deseada ajustada previamente. (Robots didacticos, 2019)

Por lo tanto, este sistema eléctrico estará conformado por estos elementos, en donde se garantiza energía eficiente, sin pérdidas y a un bajo costo.

**Tabla 6***Sistema Eléctrico en el Proyecto*

Elemento	Función en nuestro proyecto	Claves en el proyecto
Batería 18650	<i>Fuente de energía recargable</i>	<i>Tensión de 3.7V y 1500mAH.</i>
tp40556	<i>Carga confiable de batería 18650</i>	<i>5V entrada, 1AH de carga</i>
mt3608	<i>Elevador de tensión</i>	<i>Tendremos 5V fijos de salida para nuestro proyecto.</i>

*Nota.* Esta tabla, nos muestra la integración total del sistema de baterías tipo UPS para nuestro prototipo de alarma integral híbrida. Fuente

## Desarrollo y Resultados de la Propuesta

### Cumplimiento de Objetivos

A continuación, se realiza un análisis del proyecto *sistema de alarma con IOT para conjuntos residenciales*, para así, evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el desarrollo de la misma, destacando los logros más relevantes alcanzados de manera planteada en base a resultados.

### Objetivo 1 (Resultados)

Se cita el objetivo Número 1, el cual es “*Analizar los requisitos de hardware y Software necesarios para la construcción del sistema de alarma, asegurando su compatibilidad con LoRa y los Bots de telegram*”. En base al primer objetivo, se realiza el análisis correspondiente al Hardware y Software para la construcción del sistema de alarma

### *Elementos del Sistema de Alarma*

A continuación, se nombran todos los elementos electrónicos y eléctricos que componen el sistema de alarma, dando una información precisa y elemental para entender posteriormente su funcionamiento.

### Figura 16

*Ilustración ESP32 DevKIT*



*Nota.* ESP32 modelo. Tomado de. Unit electronics. (2025). <https://uelectronics.com/producto/esp32-devkit-v1-30-pines-usb-c-microusb/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Procesador ESP32 DUAL CORE Xtensa LX6

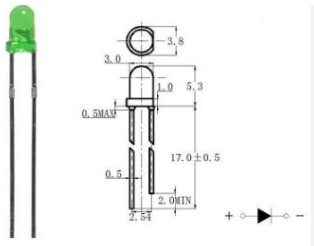
Conexión inalámbrica WiFi 802.11 b/g/n

Convertidor ADC integrado (y un total de 26 pines dedicados para I/O de Señales analógicas y/o digitales)

Bajo consumo eléctrico.

### Figura 17

*Ilustración Diodo LED*



*Nota.* Diodo led. Tomado de. Farnell. (2025). <https://www.farnell.com/datasheets/1498852.pdf>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Led color VERDE

Voltaje de entrada (2V a 3.3V)

10mA a 20mA consumo/Hora.

## Figura 18

### *Ilustración del Buzzer*



Nota. Ilustración de un Buzzer. Tomado de. Sumador. (2025). <https://shre.ink/edzK>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Pines 2.5 mm

voltaje de entrada (3.5 a 5.5v)

30 mA consumo/Hora.

≥85 dB Sonido a 10 Cm distancia.

## Figura 19

### *Ilustración Pantalla OLED 0.96 pulgadas*



Nota. Pantalla OLED. Tomado de. Naylamp. (2025). <https://shre.ink/edze>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Pantalla de 0.96". (27 \* 27 mm)

Resolución de 128\*64

voltaje de entrada (3 a 5v DC)

0.06 W consumo eléctrico HORA.

**Figura 20***Ilustración Modulo LoRa Reyax 998*

*Nota.* Lora Reyax 998. Tomado de. Technology corporation LTD. (2025).

<https://reyax.com/products/RYL998>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Módulo Reyax 998

Excelente inmunidad bloqueante

Voltaje de entrada (2.3 a 3.6v DC)

Consumo en transmisión activa (140 mA)

Consumo en Recepción activa (17.5 mA)

Modo ahorro energía (5.5 mA)

Comunicación mediante comandos AT

Transmisión de 820/915 MHz

## Figura 21

*Pulsador, Borneras y GP de las Placas*



*Nota.* Elementos básicos electrónicos. Tomado de. Osaka electronics. (2025).

<https://osakaelectronicsltda.com/componentes-electronicos/componentes-para-ensamble/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Borneras PCB 2.5 mm distancia entre pines

conectores GP 2.5 mm distancia entre pines

pulsador NO 2.5 mm distancia

## Figura 22

*Diodo IN4007*



*Nota.* Diodo para protección. Tomado de. Sigma electrónica. (2025).

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/1n4007/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

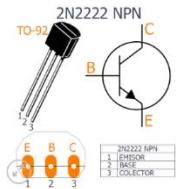
Referencia IN4007

Corriente típica 1 A (máximo 30 A)

Voltaje máximo inverso 1000 V

### Figura 23

*Transistor NPN 2n2222*



*Nota.* Transistor tipo N. Tomado de. Unit electronics. (2025).

<https://uelectronics.com/producto/esp32-devkit-v1-30-pines-usb-c-microusb/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Referencia 2n2222 BJT

Corriente máxima 800mA)

Voltaje máximo Col-Emi (40 v)

### Figura 24

*Resistencia 1/4 watt 1K*



*Nota.* Resistencia eléctrica. Tomado de. Shoptronica. (2025). <https://shre.ink/edNB>

## Baterías 18650 y Elevadores de Carga

De igual manera, como todo prototipo se necesita un sistema de alimentación eléctrica, en este caso se utilizará un sistema de respaldo *tipo UPS* el cual brinda energía directamente proporcionada por una fuente de alimentación y el respaldo diseñado con los siguientes elementos:

*Batería 18650*, módulo *tp4056*, módulo *MT3608*, Diodo *shotky 1n5822*, 1 mosfet (Bjt) PNP, y elementos básicos para así tener el respaldo idóneo de energía y suministro necesario para el sistema

A continuación, se detalla los principales elementos del sistema UPS diseñado

### Figura 25

*Batería 18650*



*Nota.* Batería 18650. Tomado de. Gerald. (2024). <https://www.ufinebattery.com/blog/everything-you-should-know-about-18650-battery-voltage/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Referencia 18650 Ultrafire

voltaje nominal 3.7 V

Capacidad Real de la pila (1.600 mAh)

## Figura 26

### Módulo de Carga TP4056



*Nota.* Módulo TP4056. Tomado de. Descubrearduino. (2025).

<https://descubrearduino.com/tp4056/>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Referencia tp4056 (módulo de carga de baterías de li ion, lipo)

Capacidad de carga FULL 4.2 V Corriente 1 A

USB tipo C, tipo micro USB

## Figura 27

### Diodo Schottky IN5822



*Nota.* Diodo rectificador. Tomado de. STMicroelectronics. (2023).

<https://co.mouser.com/datasheet/2/389/1n5822-1848813.pdf>

Planteamos una breve descripción de las principales características del elemento mencionado y las vemos a continuación

Referencia 1n5822 (Diodo rectificador de baja caída de tensión, y baja pérdida de potencia con alta eficiencia).

Corriente rectificada máxima 3 A

Voltaje inverso máximo 40 V

Temperatura de trabajo (-60 hasta 125 grados)

### Figura 28

*Transistor BJT IRF9530N*



*Nota.* Transistor mosfet BJT. Tomado de. Yorobotics. (2024).

<https://yorobotics.co/producto/transistor-mosfet-potencia-canal-p-irf9530n-100v-14a-to220/>

Referencia 1n5822 (Diodo rectificador de baja caída de tensión, y baja pérdida de potencia con alta eficiencia).

Referencia IRF9530N BJT (Transistor BJT tipo P mosfet de potencia para conmutación de alta velocidad y baja potencia)

-Disipación de energía 75 W

-Voltaje Drenaje - Source (VDSS): -100V

## Principio del Funcionamiento

### Del Sistema de Alarma

Este proyecto se basa en 3 tipos de sensores a utilizar en una vivienda, en donde la finalidad será alertar a la central de monitoreo y a los usuarios vía telegram que están siendo vulnerados por intrusión, sismo o emergencia doméstica, por lo tanto, se procede a evaluar cada uno de los elementos que conforman el sistema.

#### *Sensores del sistema de alarma*

**Sensor de Puerta.** El sistema de alarma, cuenta con un sensor magnético que es bastante popular y comercial en el sector de la seguridad electrónica el cual funciona mediante campos magnéticos por medio de un imán, Una vez esté abierta la puerta, este sensor enviará una señal al sistema para convertirla de un BAJO a un ALTO y así accionar el sistema de sirenas.

#### **Figura 29**

##### *Sensor magnético de puerta residencial*



*Nota.* Sensor magnético de puerta. Tomado de. Osaka electronics. (2025).

<https://osakaelectronicsltda.com/componentes-electronicos/componentes-para-ensamble/>

**Sensor Sísmico.** En el mercado, existen varios tipos de sensores para detectar sismos en una zona o sector, llamados comercialmente sismómetros; su principal funcionalidad es detectar las vibraciones en el suelo por medio de acelerómetros y/o sensores de velocidad internos, para

esta oportunidad arduino maneja algunos sensores como el SW420 el cual es muy asequible, pero con falsas alarmas.

Elegir el sensor sísmico adecuado será de gran ayuda para la utilización de este servicio 24 horas 7 días a la semana, En este proyecto *se utiliza un pulsador de activación manual* para generar esta alerta sísmica en el sistema en lugar de un sensor especializado.

**Pánico Silencioso.** El pánico silencioso es un modelo que hace parte de los sistemas de alarma, el cual ha existido durante muchos años para generar una alerta silenciosa hacia una central de monitoreo, la policía, o un ente el cual tenga acceso a estos recursos de comunicación.

Para esta oportunidad el botón de pánico silencioso funcionará para proteger a la familia de cualquier amenaza, teniendo comunicación directa con los usuarios vía telegram y posteriormente a la central de monitoreo *con o sin acceso a internet.*

### Figura 30

*Ilustración de un Botón de Pánico*



*Nota.* Ilustración de botón de pánico. Tomado de. Hunter. (2025).

<https://www.hunter.do/blogarticulo/por-que-tener-un-boton-de-panico-y-beneficios-del-mismo>

**Actuador Sistema Domótica.** En el siguiente parámetro, se encuentra la función de activar una salida para funciones 100% relacionadas con la domótica, Recordando que la domótica es el conjunto de acciones tecnológicas que se pueden usar para la automatización de tareas en el hogar.

Comercialmente se le llama un *hogar inteligente*, a un predio que posea estos elementos en donde un componente electrónico esté preparado para realizar una tarea programada mediante una acción.

En nuestro sistema, tenemos un sistema de luces listo para ser accionado por el usuario o dueño del hogar en el momento que necesite y desde cualquier lugar del mundo a través de internet.

### Figura 31

*Sistema de Domótica Activado*



*Nota.* Sistema de domótica por actuador listo para operar.

**Actuador Luces de Sirena.** Este parámetro tiene una funcionalidad similar al sistema de luces de la función domótica, sin embargo, este actuador funciona con la salida de sirena del sistema, la cual tiene la función de activarse cuando el sistema de alarma detecta una anomalía por medio de uno de sus sensores.

### Figura 32

*Sistema de Alarma Activado*



*Nota.* Elemento actuador del sistema de sirenas.

## Comandos AT (Modulo Lora Reyax 998)

Los *comandos AT* son la manera en la que el modulo LoRa Reyax 998 tiene la comunicación serial con el microcontrolador ESP32, es una manera fácil, e intuitiva de configurarlos sin necesidad de trabajar directamente con las capas más profundas de la programación LoRa.

Ahora bien, en la página del fabricante Reyax se tiene la tabla de comandos AT completa, sin embargo, en este documento se citan los comandos más importantes para la transmisión y recepción de información entre los que se observa a continuación:

### Tabla 7

#### *Parámetros de Configuración LoRa Reyax*

Configuración inicial	Red y dirección
AT	Comprobamos si el modulo responde correctamente.
AT+VER	Obtiene versión del firmware.
AT+UID	Obtenemos ID único del dispositivo.
AT+ADDRESS=ID	Configuramos la dirección del dispositivo 0~65535
AT+NETWORKID=ID	Configuramos la ID del dispositivo =3~15,18(default18)
AT+BAND=ID	Configuramos la frecuencia del dispositivo (850-930 MHz)
AT+IPR=BAUDRATE	Configuramos la velocidad del puerto serie en baudios (1200 a 115200)

*Nota.* Esta tabla, nos muestra la configuración inicial, y los parámetros que se deben ingresar para la individualización de cada módulo LoRa.

Además, también se puede configurar específicamente el ancho de banda, la potencia de la transmisión y una corrección de error con el siguiente comando

**Tabla 8***Parámetros Adicionales de Configuración Lora Reyax*

Parámetro	Descripción
AT+PARAMETER= <SF>,<BW>,<CR>,<PWR>	Configuramos parámetros tales como (factor de propagación, Ancho de banda, Corrección de error, potencia del transmisor)

*Nota.* Esta tabla, muestra configuración adicional, pero necesaria para ajustar potencia y ancho de banda de los modulo LoRa.

Ahora bien, como se citaba anteriormente, el comando que más se va a utilizar en la configuración y elaboración del código para el funcionamiento del sistema de alarma con alertas inalámbricas es el siguiente

**Tabla 9***Parámetros de Comandos AT*

Comando	Descripción	Ejemplo
AT+SEND=<Destino>,<Tamaño>,<Mensaje>	Enviar un mensaje LoRa con la palabra PANICO al módulo receptor con ID2	<i>AT+SEND=2,6,PANICO</i>

*Nota.* Esta tabla, nos muestra cómo se deben ingresar los comandos AT en la configuración del módulo LoRa.

De esta forma se establece la comunicación entre los módulos LoRa del sistema de alarma, teniendo una transmisión eficiente, no obstante; también se maneja un rendimiento y alcance según las configuraciones iniciales que se establecen

Los factores de transmisión, potencia y el entorno juegan un papel importante en donde se llega a las siguientes conclusiones:

- Cuando se posee un factor de dispersión más alto (9-12) se tiene mayor alcance, pero una menor velocidad.
- Cuando su ancho de banda es 125KHz hacia abajo, se tiene mayor sensibilidad y alcance.
- El máximo de eficiencia en la potencia de transmisión es 22dBm.
- El entorno Urbano puede disminuir hasta un 70% de las distancias establecidas por alguna interferencia.

## Pruebas de Laboratorio

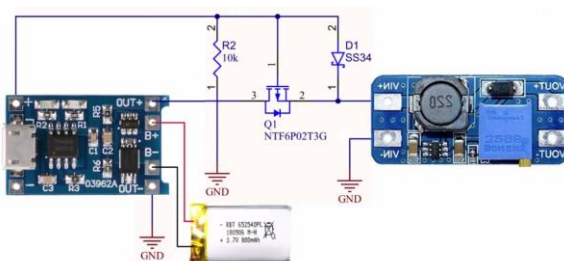
### Sistema de Baterías Tipo UPS

Ahora bien, una vez diseñado y parametrizado los comandos AT para la comunicación LoRa mediante los ESP32, se procede a adaptar un sistema eléctrico que no sea 100% dependiente de la luz local (110 AC) por lo tanto se investigó qué soluciones económicas y viables sirven para el sistema de alarma y se adapta la siguiente solución con los siguientes elementos

En el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento, la viabilidad de operar elementos de bajo costo y por supuesto tener eficiencia en cortes eléctricos en donde el sistema siga operando bajo una autonomía, se cita un modelo ideal de UPS basado en las baterías 18650, el módulo de carga tp4056, y el elevador de voltaje Mt3608 y un transistor PNP mosfet, a continuación, se muestra el diagrama detallado y el principio del funcionamiento del sistema.

### Figura 33

#### *Sistema de UPS por Batería de Litio*



*Nota.* Diagrama de conexión ups. Tomado de. YouTube. (2024).

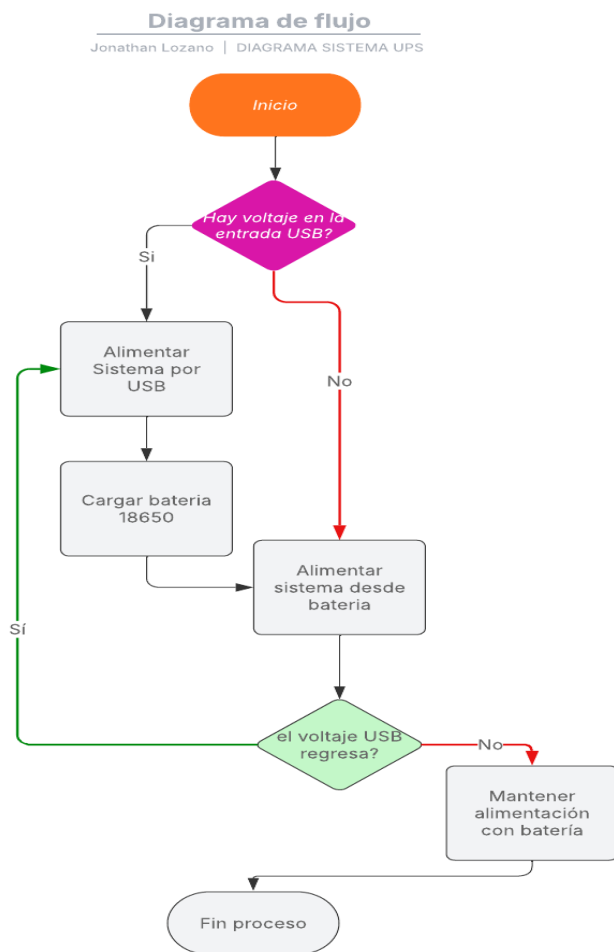
<https://www.youtube.com/watch?v=hCCickFOI1o>

Este sistema propuesto, permite la operatividad de los dispositivos aun teniendo cortes en la fuente de alimentación externa, su funcionamiento opera así

- El mosfet TIPO P, funciona como interruptor de alta tensión permitiendo la conmutación correcta.
- Cuando se tienen los 5 voltios de entrada, la compuerta se mantiene en estado pasivo y bloquea la corriente de la batería
- Cuando los 5 voltios de entrada desaparecen, la compuerta cambia de estado a activa, permitiendo así la comunicación entre la batería y el elevador de voltaje.

### Figura 34

*Diagrama de Flujo Sistema de Baterías de la Alarma*



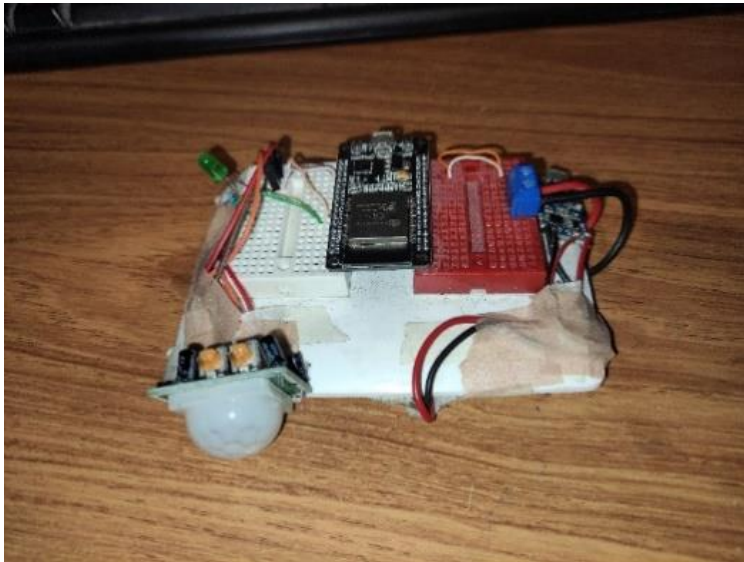
Nota. Algoritmo del sistema de baterías.

Ahora bien, este prototipo se venía idealizando desde la materia proyecto de grado (abril de 2024), en donde se realizaron pruebas con placas artesanales y protoboards, en donde se obtuvo una información enriquecedora para la creación del proyecto final.

Se adapta la idea de prototipo de alarma, para la notificación de eventos vía internet con sus respectivos actuadores, los cuales se observan a continuación

### **Figura 35**

#### *Creación del 1er Dispositivo*



*Nota.* Creación realizada para la materia proyecto de grado en 2024.

este primer prototipo tenía unas alternativas interesantes entre las que se encontraban:

Conexión vía WiFi, y manejaba alertas al usuario vía telegram por bot

Luz led indicadora cuando se activaba el movimiento detectado

Sensor pir de arduino para las detecciones de movimiento.

Sistema de batería con pila de 3.7V de lipo para energía autónoma.

## Figura 36

### *Creación del 1er Prototipo de Alarma Local*



*Nota.* Primer dispositivo de alarma con la tecnología lora.

En el siguiente prototipo ya se incluyeron mejoras tales como la transmisión mediante comandos AT con el modulo LoRa y una visualización en pantalla oled del estado de la alarma teniendo dos sensores (puerta y sala) además de las funciones de telegram directamente a un dispositivo móvil.

Ahora, se necesitaba probar los resultados del testeo inalámbrico del dispositivo LoRa Reyax 998 para la transmisión sin internet, por lo tanto, se dispuso a hacer pruebas básicas de envío de señal desde el lugar de residencia y trasladando el receptor a varios metros con línea de vista como se puede observar en las siguientes imágenes

## Figura 37

### *Pruebas de Distancia en Protoboards del 1er Prototipo de Alarma*

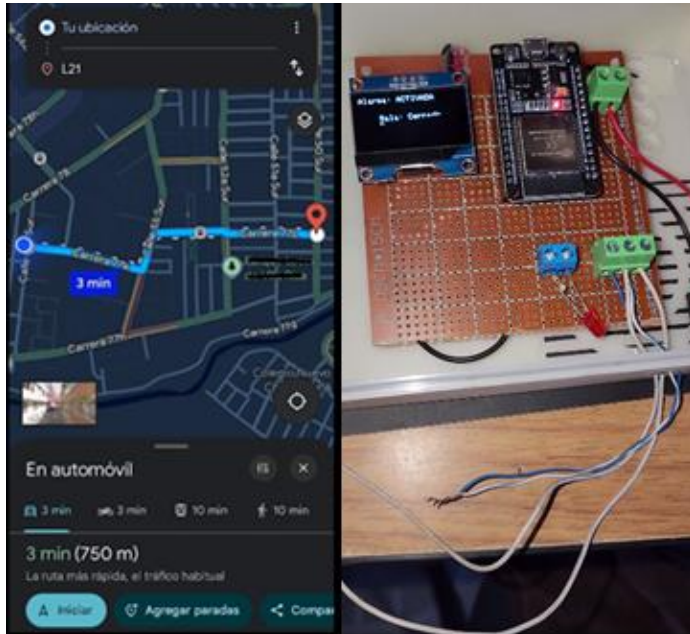


*Nota.* Primeras pruebas de funcionamiento de distancia.

Este ejemplo de transmisión y recepción se realiza en distintos escenarios y hasta donde el testeó funciono sin problemas fue aproximadamente *750 metros* de distancia siendo su recorrido el siguiente:

### Figura 38

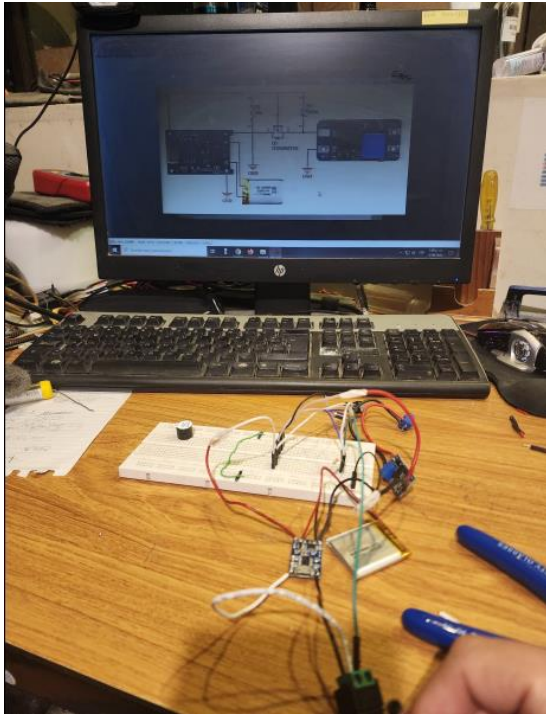
*Pruebas de Recorrido por Google Maps y Ensamble del 1er Prototipo de Alarma.*



*Nota.* Recorrido de manera Local para pruebas de distancia.

Se observa que según la distancia geográfica de google maps, se tiene aproximadamente 750m en una ciudad popular de Bogotá, en donde existen muchos obstáculos y muy poca línea de vista, siendo así el ejemplo ideal para la transmisión y recepción de los comandos AT.

De igual manera, se procede a realizar pruebas con el módulo de carga, haciendo cortes de la fuente principal de alimentación y observando cómo trabaja el Switchero UPS de este sistema, como en todos los elementos trabajados hasta la fecha se realizó mediante protoboard en el laboratorio.

**Figura 39***Pruebas de Funcionamiento del Sistema UPS en Laboratorio*

*Nota.* Elaboración del sistema UPS en laboratorio.

Una vez concluidas las pruebas y observando su correcto funcionamiento, se procede a realizar su diseño PCB para los 3 sistemas de alarma (Los dos apartamentos y la central de monitoreo) por lo tanto serán los diseños citados en el siguiente objetivo.

**Objetivo 2 (Resultados)**

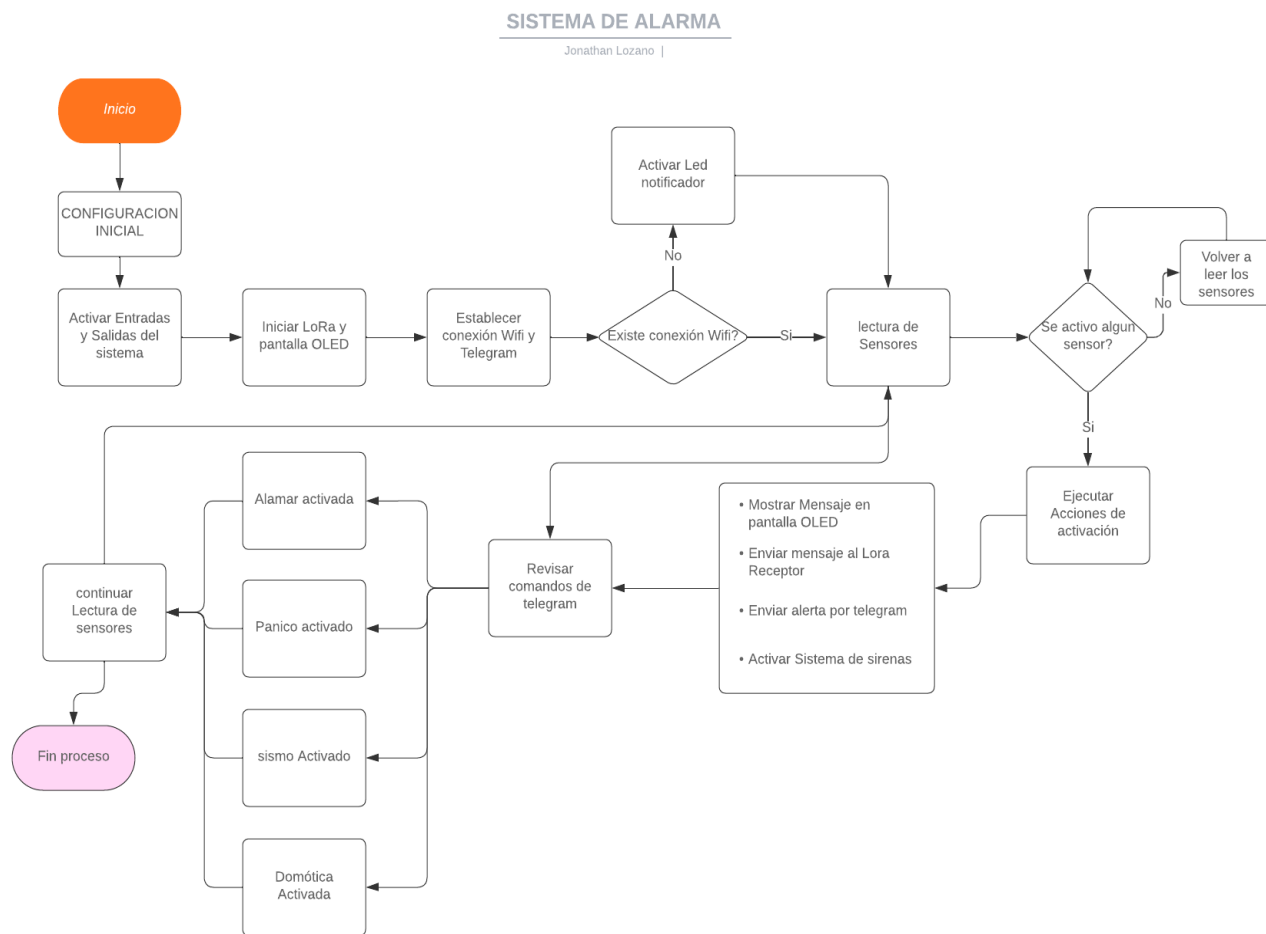
Se cita el objetivo Número 2, el cual es *“Diseñar e integrar el circuito de sensores (alarma, pánico y sísmico) con los actuadores del sistema (sirena y leds de visualización) garantizando su correcto funcionamiento”*. En base a este segundo objetivo, el anterior tipo de pruebas fueron eficientes y cada una apporto un grano de arena de este proyecto en donde se tiene

claridad en las experiencias, límites, oportunidades y fortalezas de los elementos, para así, diseñar el circuito final mediante el software EASYEDA.

## Algoritmo y Diseño del Sistema de Alarma

**Figura 40**

*Diseño Algoritmo del Sistema de Alarma*

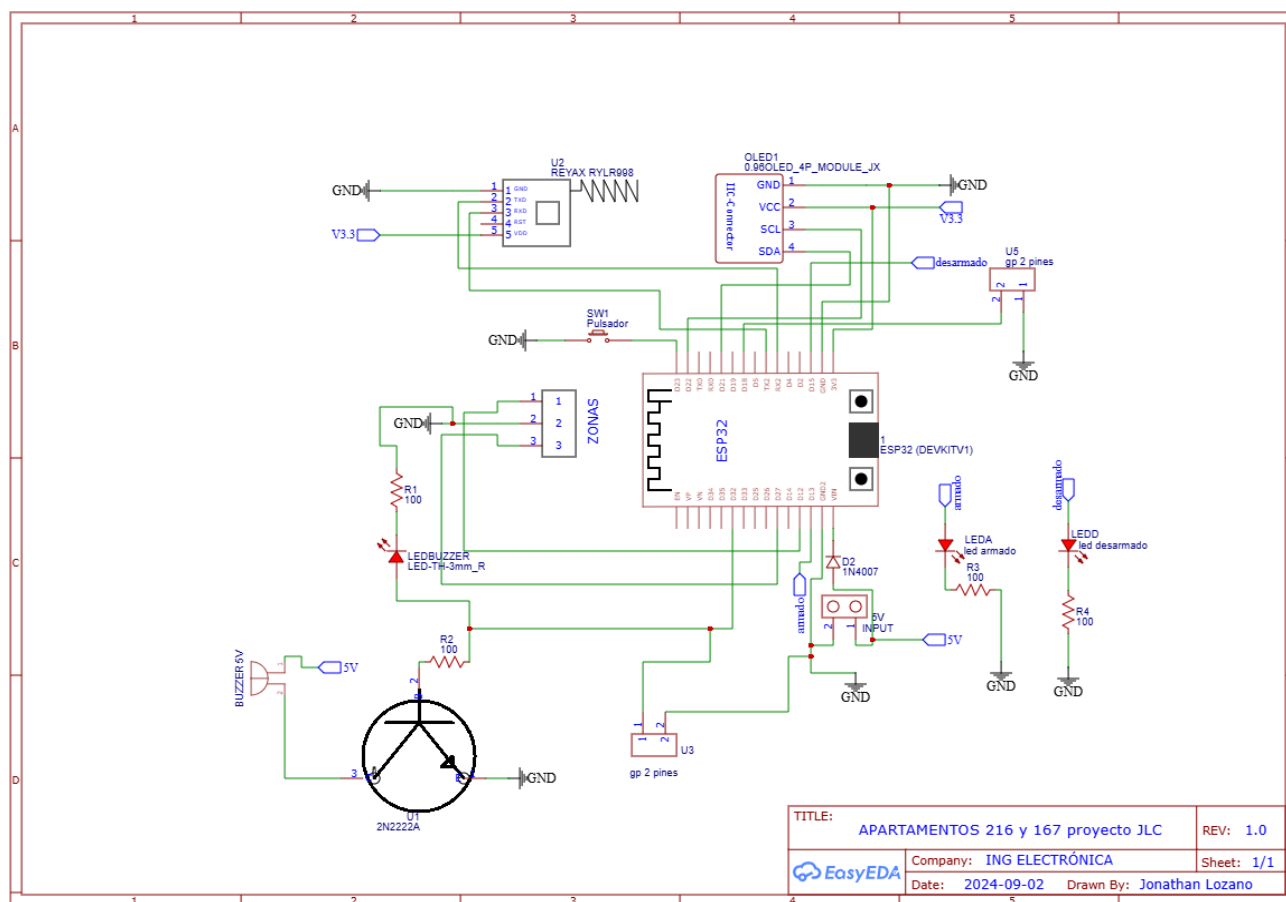


*Nota.* Algoritmo creado para el sistema de alarma.

De acuerdo al algoritmo y las pruebas hechas previamente en laboratorio, se procede a realizar el diseño en el software EASYEDA, en el cual se está manejando con dos placas, una para el diseño del sistema de baterías y otra para el sistema de Alarma, los cuales se presentan a continuación.

### Figura 41

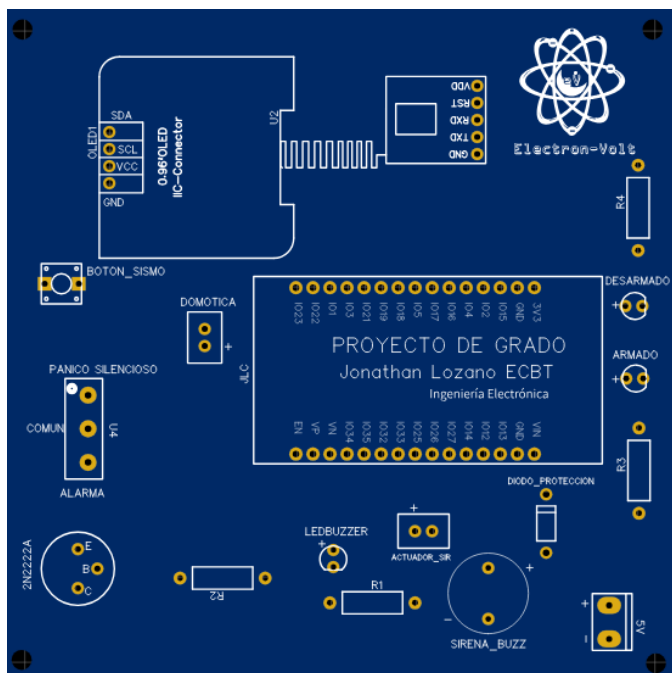
*Diseño Alarma Apartamentos 216 y 217, Diagrama de Conexiones*



*Nota.* Elaboración realizada en el software EASYEDA.

**Figura 42**

*Diseño Alarma Apartamentos 216 y 217, Circuito PCB*

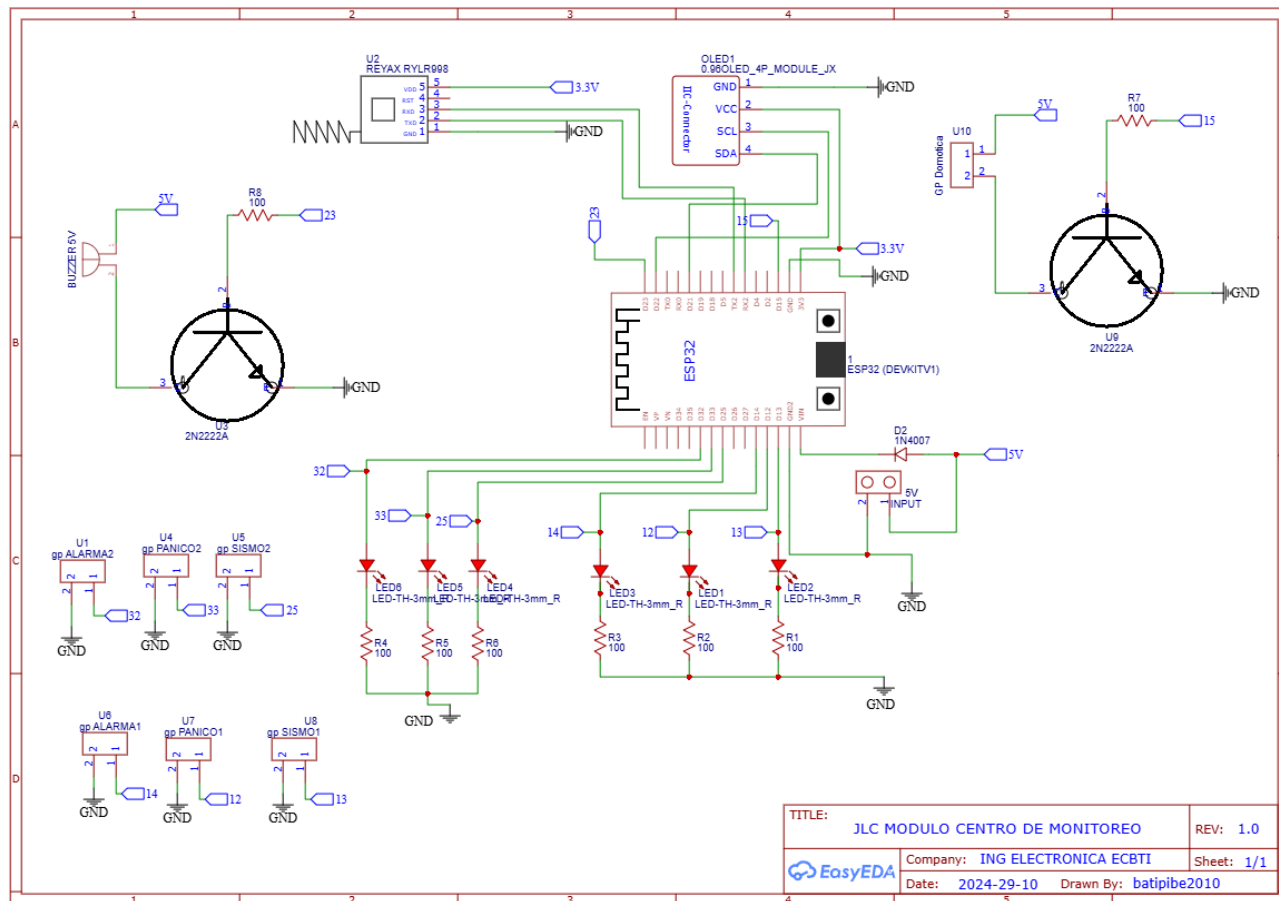


*Nota.* Diseño realizado y terminado en esquemático 3D.

De igual manera, se procede a realizar el diseño de la alarma que maneja la Central de monitoreo, en donde se tienen más actuadores que en el otro sistema, con el fin de obtener una mayor facilitación en la visualización de los eventos.

Figura 43

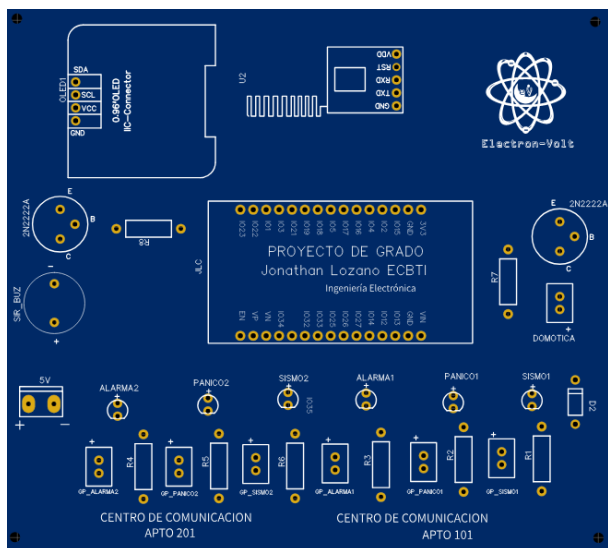
## Diseño Alarma Central de Monitoreo, Diagrama de Conexiones



Nota. Elaboración del circuito para la central de monitoreo en el software EASYEDA.

**Figura 44**

*Diseño Alarma Centro de Monitoreo, Circuito PCB*



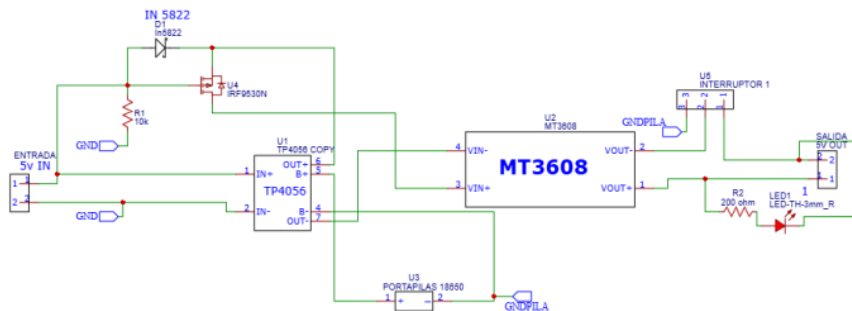
*Nota.* Diseño realizado en esquemático 3D para la central de monitoreo.

**Algoritmo y Diseño del Sistema de Baterías UPS**

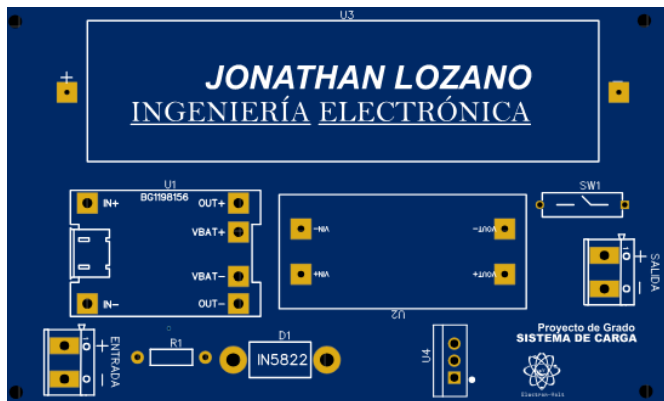
Finalmente, se procede a realizar el diseño del módulo de baterías UPS, obteniendo los siguientes resultados

**Figura 45**

*Modulo UPS de Batería, Diseño Esquemático EASYEDA*



*Nota.* Elaboración del circuito UPS del sistema de alarma.

**Figura 46***Modulo UPS de Bateria, Diseño EASYEDA*

Nota. Diseño 3D del sistema de cargas UPS.

Una vez realizados los diseños, previamente estudiando elementos como ancho de pistas, serigrafía adecuada, espacios para soldar y tamaños finales del módulo, se procede a realizar el circuito y se tienen los siguientes resultados

**Figura 47***Modulo UPS de Bateria, Diseño PCB*

Nota. Circuitos terminados y listos para su ensamble PCB

Este módulo tipo UPS, se finalizó cumpliendo esos parámetros de diseño en pistas, serigrafía y tamaño de elementos a soldar, además manejando la autonomía suficiente para tener así un respaldo energético durante varias horas del sistema.

A continuación, se detallan imágenes del producto totalmente terminado y listo para poner en la maqueta de trabajo final, adicionalmente se realizan pruebas de funcionamiento para ver su efectividad y Switcheo correspondiente en el funcionamiento de carga.

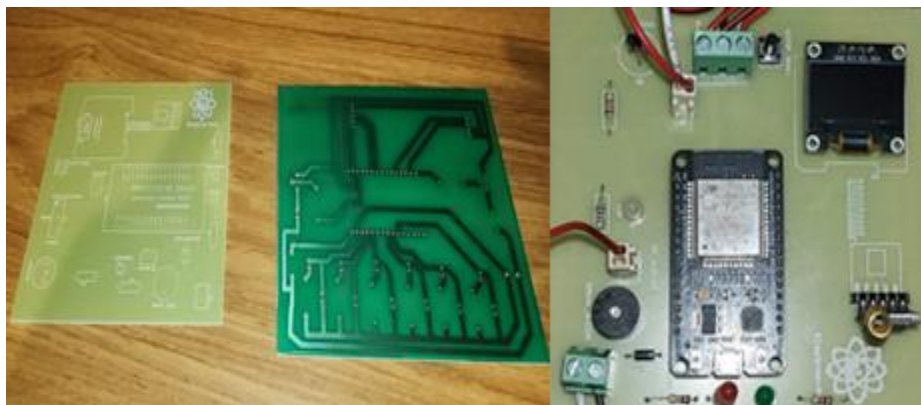
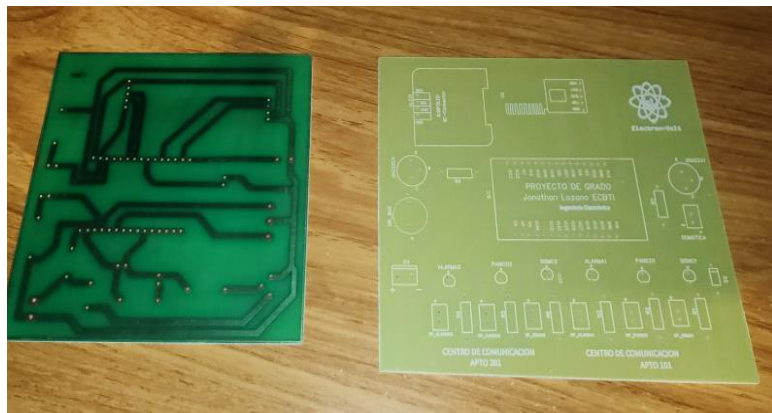
#### **Figura 48**

*Sistema de Carga, Tipo UPS*



Nota. Ensamble del sistema UPS de carga.

De igual manera, se tiene lista la PCB del sistema de alarma, basado en el mismo parámetro en cuanto a serigrafía (en capa superior), ancho de pistas (1.6 mm), montaje de elementos superficiales, entre otros para ensamblar y realizar las pruebas iniciales de funcionamiento, como vemos a continuación

**Figura 49***PCB Sistema de Alarma para Apto Esclavo**Nota.* Ensamble del circuito del sistema de alarma en PCB.**Figura 50***PCB Sistema de Alarma para Central de Monitoreo Maestro**Nota.* PCB lista para su ensamble correspondiente.

Aquí se observa, el ensamble de los elementos del sistema de alarma, con pruebas iniciales de encendido, y verificación de pantalla de manera exitosa, cumpliendo a cabalidad este objetivo planteado, asegurando la integración de los elementos del sistema junto al

microcontrolador ESP32 y la conexión del módulo LoRa, dando así, pie al desarrollo de la programación y el funcionamiento del sistema como tal.

### **Objetivo 3 (Resultados)**

Se cita el objetivo Número 3, el cual es “*Desarrollar la programación pertinente del sistema, incorporando las funciones de seguridad, automatización, comunicación IOT y notificaciones inalámbricas de la alarma.*”. En base a este último objetivo, se procede a realizar el código correspondiente, la puesta en marcha y los resultados del sistema de alarma con IOT.

### **Creación de los Bots de la Alarma En Telegram**

El primer paso será tener instalado previamente la aplicación de telegram, con un usuario activo el cual es un proceso muy similar cuando se instala WhatsApp por primera vez.

Posteriormente en el buscador de telegram se accede a buscar “Botfather” el cual se autodenomina el administrador principal de bots.

### **Figura 51**

*Botfather de Telegram*



*Nota.* Imagen de Botfather de telegram. Tomado de. Telegram. (2025). <https://telegram.org/>

Posteriormente, ya en el chat se pide a *botfather* la creación de un nuevo bot, por lo tanto, se tiene que ingresar el nombre y él generará un token importante y necesario para el código de arduino y el funcionamiento posterior del mismo.

## Figura 52

### Creación del Bot, en Botfather de Telegram



Nota. Elaboración de los Bot del sistema.

Una vez creado, la labor será programar el bot, en donde se implementarán los mensajes y la manera de interactuar con el usuario, en este proyecto se tienen 3 bots.

### Bot (Apartamento 216)

## Figura 53

### Creación del BOT Apartamento 216



Nota. Creación del BOT correspondiente para el apartamento 216.

Se crea el bot del apartamento Numero 1 (216), en el cual interactuará la familia LOZANO el cual puede tener hasta 200 cantidad de miembros e interactuar en tiempo real con el sistema de alarma, obviamente es una cifra de capacidad total, pero, se puede manejar el núcleo familiar acorde al objetivo del bot.

El sistema cuenta con las siguientes opciones:

- Activar la sirena-Buzzer (*permite la opción para activar la sirena de una manera remota, por medio de la aplicación*)
- Activa el pánico silencioso (*Además del botón de pánico real en el apartamento, por medio de la aplicación se podrá activar un pánico el cual llegará a la central de monitoreo y también a los demás miembros de la familia*)
- Activar el sistema de alarma (*permite armar el sistema de manera remota con acceso a internet desde la aplicación, llegará una notificación a todos los usuarios de que la alarma ha sido activada*)
- Desactivar el sistema de alarma (*permite desarmar el sistema de manera remota con acceso a internet desde la aplicación, llegará una notificación a todos los usuarios de que la alarma ha sido desactivada*)
- Activa y desactiva protocolo de emergencia (*De igual manera el sistema brinda una función de domótica en la cual permite activar un protocolo de emergencia y desactivarlo en el momento deseado*)

**Bot (apartamento 217)**

## Figura 54

### Creación del BOT Apartamento 217



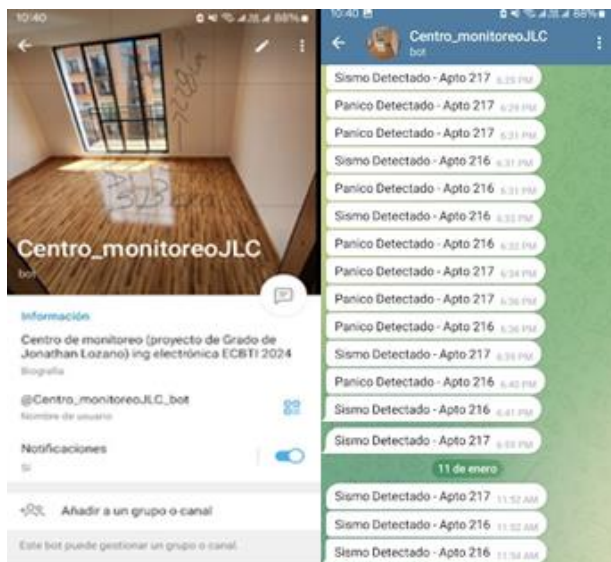
Nota. Creación del BOT del apartamento 217.

Se crea el bot del apartamento Numero 2 (217), en el cual interactuará la familia CASTILLO el cual puede tener hasta 200 cantidad de miembros e interactuar en tiempo real con el sistema de alarma, obviamente es una cifra de capacidad total, pero, se puede manejar el núcleo familiar al objetivo del bot.

Como se observa, son dos espejos de programación, diferenciando los parámetros de dos familias diferentes (familia Lozano) y (familia Castillo) En el que tienen exactamente las mismas funciones de seguridad, de domótica, los mismos actuadores y por supuesto la personalización de cada bot por familia de manera amistosa, amigable y personalizada.

### **Bot (Central de Monitoreo)**

Ahora bien, se crea un 3er bot para la central de monitoreo, en el cual única y exclusivamente tendrá Acceso la empresa de monitoreo de turno, y funcionará así.

**Figura 55***BOT para Central de Monitoreo*

*Nota.* Creación del BOT correspondiente a la central de monitoreo.

El bot creado para la central de monitoreo, tiene funciones específicas de seguridad y domótica, en donde gestionará todas las notificaciones vía internet, personalizando cada uno de los parámetros establecidos por cada apartamento, entre los que se encuentra lo siguiente:

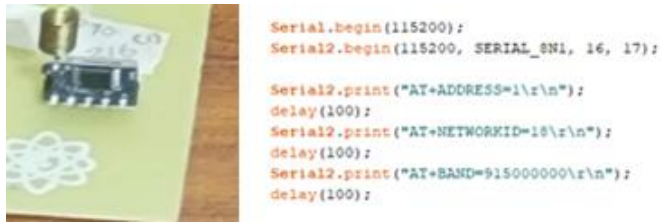
- Gestión de notificaciones (*brindará de manera individualizada cada notificación, separando el evento y el apartamento que alerta la función*)
- Activar domótica de emergencia (*Además, la central de monitoreo tiene un plus de también activar su propia domótica como protocolo de emergencia, en el que se evalúa con cada empresa de vigilancia que objetivo desean al accionar este botón.*)

### **Programación y Código Del Sistema de Alarma**

Posteriormente, una vez se tiene la conectividad, el sistema se inicia a programar por ARDUINO CC, inicialmente en el VOID SETUP, se configuran los comandos del módulo LoRa Reyax 998 en el que configura sus comandos por el Serial2 (*hardware serial*).

## Figura 56

### Configuración por Serial2



*Nota.* Protocolo serial2 realizado en el código.

Se configura la comunicación por Serial2 entre el modulo LoRa Reyax 998 y el microcontrolador, en el cual se ejecutan las siguientes configuraciones

- ID: 18
- FRECUENCIA: 915 MHz
- DIRECCION:

Apartamento 216 (1)

Apartamento 217 (3)

Central de monitoreo (2)

Ahora bien, se tiene declarada la siguiente condicional, en donde *solamente se escuche a telegram si se tiene conexión Wifi*, por lo tanto, si no existe esta conexión, seguirá el bucle del código *sin escuchar a telegram*.

## Figura 57

### Función para Detección Wifi

```

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && millis() - lastUpdateTime > 10
int newMessages = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1)
while (newMessages) {
    manejarMensajesTelegram(newMessages);
    newMessages = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1)
}
lastUpdateTime = millis();
}

```

*Nota.* Función para declarar la variable de wifi.

La función *WiFi.status*, dará la opción de escuchar a telegram por medio de la condicional *while*, en donde la variable (*newMessages*) será quien determine si existe o no un nuevo mensaje enviado desde la app telegram POR EL BOT, no obstante, si no existen mensajes el protocolo continuo.

La función de “*enviarmensaje*” es exclusiva de la conectividad LoRa, en el que mediante los comandos AT se envía el protocolo de mensajes desde el emisor (En este caso desde el apartamento) Hacia el receptor (La central de monitoreo)

### Figura 58

*Función Enviarmensaje*

```
void enviarMensaje(String mensaje) {
    Serial2.print("AT+SEND=2, ");
    Serial2.print(mensaje.length());
    Serial2.print(", ");
    Serial2.print(mensaje);
    Serial2.print("\r\n");
}
```

*Nota.* Función correspondiente para el envío de mensajes por comando AT

La función (*enviarMensaje*), será la encargada de enviar las palabras a descifrar mediante comandos AT desde el transmisor (Apartamento encargado) hacia el receptor (Central de monitoreo)

Finalmente, una vez realizadas las variables en el *void loop*, se configura la interacción de telegram con los usuarios por medio de 3 funciones. La primera bautizada “*notificarTelegram*” ya que es la respuesta que se obtiene de la alarma hacia la aplicación, en donde la variable será de tipo *string* el cual permitirá almacenar una cadena de caracteres, ideal para la interpretación de la interacción hombre-máquina.

## Figura 59

### *Función Notificar a Telegram*

```
void notificarTelegram(String texto) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        bot.sendMessage(chat_id, texto, "");
    } else {
        Serial.println("Error: No hay conexión a WiFi");
    }
}
```

*Nota.* Elaboración del código con la notificación a telegram.

La función (*notificarTelegram*), es una variable de tipo String, el cual es la respuesta de los mensajes que se poseen entre el hombre-máquina.

Después, se configura la segunda función de telegram llamada “*enviarmensajesayuda*”, tiene la finalidad de ser las opciones que el BOT le dará al usuario, es decir, una vez aprobado su inicio de chat el residente de la familia y el robot tendrán una conversación en donde el anfitrión automáticamente le brindara las opciones que se generaron en esta función, como vemos a continuación para el ejemplo del apartamento 216.

## Figura 60

### *Función EnviarMensajeAyuda*

```
void enviarMensajeAyuda(String chat_id) {
    String mensajeAyuda =
        "Sistema de alarma:\n"
        "Familia Lozano apartamento 216:\n"
        "Opciones disponibles:\n"
        "1 - Activa la sirena-buzzer.\n"
        "2 - Activa el pánico silencioso.\n"
        "3 - Activa el sistema de alarma.\n"
        "4 - Desactiva el sistema de alarma.\n"
        "5 - Activa la emergencia(domótica).\n"
        "6 - Desactiva la emergencia(deomótica).\n"
        "Envía 'Ayuda' para ver este mensaje en cualquier momento.";
    bot.sendMessage(chat_id, mensajeAyuda, "");
}
```

*Nota.* Elaboración mensajes de ayuda del BOT.

La función (*enviarMensajeAyuda*), será un menú de opciones, del cual se detalló la información detallada en el punto CREACION DEL BOT de alarma.

Finalmente, una vez gestionadas las opciones desde el BOT al usuario, será el, quien tenga vía libre (*Bajo la configuración y parámetros previos*) de elegir que acción va a realizar en el sistema de alarma, por lo tanto, de acuerdo a un riguroso espacio de autoanálisis, primeras pruebas de funcionamiento y operatividad del conjunto de todos los sistemas previamente hablados; se tiene las siguientes funciones declaradas y acorde a ellas realizar la acción pertinente.

## Figura 61

### Función ManejarMensajesTelegram

```

1 if (texto == "1") {
2     digitalWrite(LED_ERRORES);
3     Bot.sendMessage(chat_id, "Estado-Sistema activado desde App.", "");
4 }
5 else if (texto == "2") {
6     digitalWrite(LED_ERRORES);
7     Bot.sendMessage("Funcion activado desde App.");
8 }
9 else if (texto == "3") {
10    sistemaEmergencia = true;
11    digitalWrite(LED_ERRORES, LOW); // Apagar LED rojo
12    digitalWrite(LED_ERRORES, HIGH); // Encender LED verde
13    Bot.sendMessage(chat_id, "Estado de sistema Emergencia.", "");
14    Bot.sendMessage("Estado OK");
15 }
16 else if (texto == "4") {
17    sistemaEmergencia = false;
18    digitalWrite(LED_ERRORES, HIGH); // Encender LED rojo
19    digitalWrite(LED_ERRORES, LOW); // Apagar LED verde
20    Bot.sendMessage(chat_id, "Estado de sistema Desactivado.", "");
21    Bot.sendMessage("Estado OK");
22 }
23 else if (texto == "5") {
24 }
25 else if (texto == "6") {
26     emergenciaActiva = true;
27     digitalWrite(LED_EMERGENCIA, HIGH); // Encender LED blanco
28     Bot.sendMessage(chat_id, "Protocolo de emergencia ACTIVADO.", "");
29 }
30 else if (texto == "7") {
31     emergenciaActiva = false;
32     digitalWrite(LED_EMERGENCIA, LOW); // Apagar LED blanco
33     Bot.sendMessage(chat_id, "Protocolo de emergencia DESACTIVADO.", "");
34 }
35 else if (texto == "Ayuda") {
36     enviarMensajeAyuda(chat_id);
37 }

```

*Nota.* Variables declaradas para los mensajes de telegram.

La función (*manejarMensajesTelegram*), tendrá todas las opciones de elección del usuario, (1,2,3,4,5 y 6). En donde serán funciones en ALTO o en BAJO de acuerdo a la elección del usuario para el BOT.

## Funcionamiento del Sistema de Alarma

A continuación, se muestran algunos de los resultados del proyecto y su funcionamiento con respecto a lo explicado en la ejecución del mismo.

**Figura 62***Maqueta del Prototipo de Sistema de Alarma*

*Nota.* Elaboración de la maqueta y puesta en marcha inicial.

Esta Primer prueba se realiza la operatividad clásica, mediante la maqueta en el cual se exhiben los 3 Lugares (*Central de monitoreo*), (*Apartamento Familia Lozano 216*) y (*Apartamento Familia Castillo 217*) realizando su funcionamiento elemento tras elemento en los que se observa lo siguiente

**Figura 63***Maqueta en Modo Encendido*

*Nota.* Puesta en marcha de la maqueta y su respectiva visualización.

Al ser un dispositivo 100% *no dependiente de la energía externa*, inmediatamente se pone a prueba el sistema de baterías para el funcionamiento de todos los dispositivos, como se observa en la figura 54, en el que se enciende el sistema de iluminarias de la maqueta final.

### Pruebas de Funcionamiento del Sistema

Posteriormente, se realizan encendidos locales de los sistemas UPS propios de los dos apartamentos y la central de monitoreo.

### Figura 64

*Central de Monitoreo Operativa 24H*



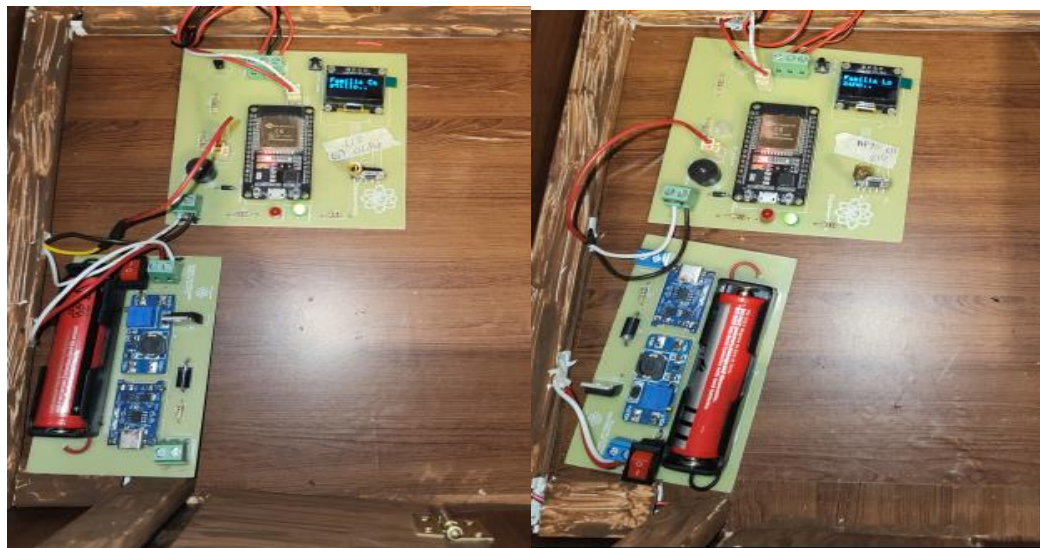
*Nota.* Dispositivo encendido y funcionando apto 216.

En la figura 65, se observa la conectividad de la central de monitoreo, con sus 6 salidas auxiliares, los cuales tendrán el indicador visual de 2 *maneras*, el *indicador en pantalla* el cual mostrará la novedad registrada, y de igual manera la *salida correspondiente el que destellará un led específico* el cual confirmará esta novedad registrada en pantalla.

De igual manera, se observa el inicio eléctrico de los dos apartamentos *216 de la familia Lozano* y el *217 de la familia Castillo*; en las siguientes imágenes el primer registro visual será el indicador automático de la alarma en sistema apagado, el cual se observa de color verde.

### Figura 65

*Familia 216 y Familia 217 Activados*



*Nota.* Sistemas de alarma de familias 216 y 217 listos y activados.

### Figura 66

*Sistema de Alarma Activo*



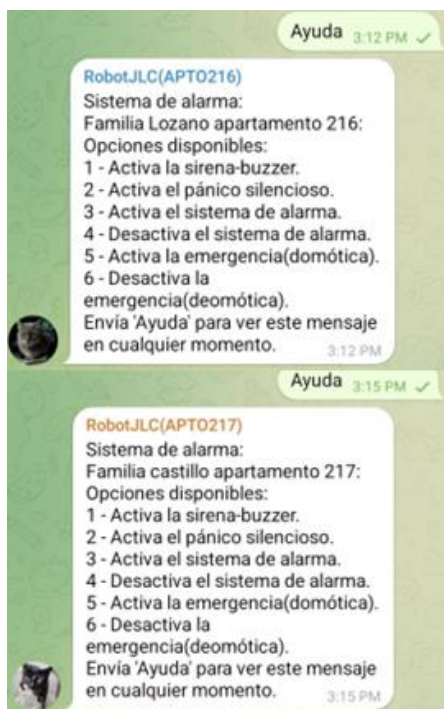
*Nota.* Sistema de alarma activado en ambos apartamentos.

Indicador visual en pantalla de Alarma activada, y posteriormente su indicador de activado (*led rojo encendido*). Imagen tomada de alarma apartamento 216 y alarma apartamento 217.

Una vez realizada la interacción con el bot, el sistema queda armado y listo para notificar cualquier novedad de movimiento entre la puerta y el interior del apartamento

### Figura 67

*Interacción del BOT con Usuarios por App*



*Nota.* Bots de telegram en operatividad con los residentes.

Interacción con los bots de telegram, correspondientes a cada familia, en este ejemplo ambos activan el sistema de alarma, y el bot devuelve la respuesta confirmando que el sistema ha sido activado.

Ahora bien, se prueba el sensor realizando un movimiento forzoso en donde se abre la puerta y se ingresa al apartamento *sin autorización*, el sistema actúa de la siguiente manera

## Figura 68

### *Sistema de Alarma Activado*



*Nota.* Evento de intrusión de alarma activado

Como se cita en la figura 69, El primer parámetro es el que manejan típicamente los sistemas de alarma, *la activación de su sirena y actuadores correspondientes* que se conecten, para esta ocasión el Buzzer se activará y de igual manera el sistema de luces que se ha bautizado (*sistema activado*), dando una respuesta visual anexa a la que está mostrando en la pantalla oled donde indica que la alarma se ha activado (*alerta*).

Ahora bien, en el segundo parámetro se observa cómo se alerta mediante la aplicación telegram, aprovechando las bondades y beneficios que tenemos en conectividad IOT y la funcionalidad de un BOT, en donde enviará notificaciones cada 2 segundos de tiempo programados previamente como se visualiza en la siguiente imagen

## Figura 69

### Visualización BOT del Apto 217



*Nota.* Notificación del evento de intrusión en el hogar por telegram.

Como se observó, de acuerdo a la programación previa, el bot cada 2 segundos enviará una notificación de que el sistema de alarma ha detectado una alerta de ingreso al apartamento, en el cual solamente el usuario podrá desactivar dando la orden correspondiente.

De igual manera en el tercer parámetro muestra que el sistema de alarma una vez ha detectado la intrusión, notificará a la central de monitoreo, este tendrá su visualización en pantalla y sirena local, además de que tendrá, su indicador correspondiente por la salida del actuador, en donde informará de manera visual dando mayores insumos a las personas que manejan el sistema de monitoreo, finalmente también el BOT correspondiente para el sistema notificará a los encargados de manera instantánea vía internet la alerta de intrusión en dicho apartamento

A continuación, se registran los momentos que se visualizan en la central de monitoreo

**Figura 70***Visualización Central de Monitoreo*

*Nota.* Visualización por telegram, pantalla y actuadores de la central.

Como se observa, la central de monitoreo maneja 4 tipos de notificaciones cuando existe un sistema de alarma en algún apartamento dentro del conjunto residencial

Visualización en pantalla con el Número de apartamento implicado.

Sistema de sirenas activado.

Notificación visual exterior del apartamento implicado.

Notificación por app mediante internet con el apartamento implicado.

Además de esta función de alarma, se tiene la *función de detección de sismos*, el cual es un elemento clave en el sistema, permitirá dar esa respuesta rápida ante un evento de este tipo, con el fin de reducir el riesgo para los integrantes que habitan en el conjunto residencial. Por

medio de la aplicación las notificaciones serán enviadas de manera inmediata en tiempo real a cada uno de los dispositivos que estén conectados, haciendo uso eficiente de la difusión de la información.

No obstante, el modulo LoRa ejecutará la difusión de alerta de manera eficiente, en donde no se dependerá de la conexión a internet solamente, sino, además la central de monitoreo tendrá acceso en todo momento 24/7 de estas notificaciones.

Gracias a la integración de estas dos tecnologías, la alerta sísmica tendrá una difusión a múltiples receptores de manera eficiente, asegurando que este tipo de información llegue a tiempo a todos los usuarios para mejorar así la efectividad ante una respuesta oportuna, en donde cada segundo optimizado y ganado, puede salvarle la vida a una persona.

### **Figura 71**

*Visualización Evento de Sismo en el Apartamento*



*Nota.* Visualización del evento de sismo en pantalla local.

De igual manera, en la activación de detección de sismos se observa la visualización del evento *mediante la APP y conjunto al sonido de sirena* junto a su actuador correspondiente se accionarán, como se observa a continuación

## Figura 72

*Ejemplo de Sismo Detectado en Apartamentos y Central de Monitoreo*



*Nota.* Sismo detectado de manera local por los apartamentos y central de monitoreo.

Como se observa, la central de monitoreo maneja 4 tipos de notificaciones cuando existe una notificación de sismo o temblor en algún apartamento dentro del conjunto residencial

Visualización en pantalla con el No de apartamento implicado.

Sistema de sirenas activado.

Notificación visual exterior del apartamento implicado.

Notificación por app mediante internet con el apartamento implicado.

Y finalmente, con la tercera función del sistema de alarma, la cual será el botón de pánico silencioso, en este de igual manera se tiene como objetivo brindar un auxilio inmediato ante posibles situaciones de riesgo en los residentes del apartamento, su implementación será un botón estratégicamente ubicado en el cual el usuario en peligro accionará el sistema de manera discreta. Se notificará a todos los receptores (*Miembros del conjunto residencial, central de monitoreo y autoridades pertinentes*) sin generar la mínima sospecha IN SITU.

Esta función, puede marcar también la diferencia entre la vida y un peligro de muerte en escenarios múltiples que puedan existir como un intento de robo, un posible secuestro o casos de violencia doméstica, además tiene la doble integración para la difusión eficiente de mensajes mediante el protocolo LORA.

Su importancia radica en ofrecer una respuesta rápida y efectiva en los momentos críticos, aumentando así las posibilidades de éxito de un rescate o protección del individuo, entre otros. En un mundo donde la seguridad debe ser una prioridad, y elementos como este no solo serán una ventaja tecnológica sino una necesidad para salvar vidas.

### **Figura 73**

*Visualización de la Acción de Botón de Pánico*



Nota. Botón de pánico accionado de manera local.

De igual manera, la activación de este protocolo se visualizará mediante la APP y transmite a la central de monitoreo en el cual se notifica de manera normal para tomar acciones pertinentes

## Figura 74

### *Pánico Detectado*



Nota. Botón de pánico detectado por la central de monitoreo.

Como se observa, la central de monitoreo maneja 4 tipos de notificaciones cuando existe una notificación de pánico silencioso de algún apartamento dentro del conjunto residencial

*Visualización en pantalla con el No de apartamento implicado.*

*Sistema de sirenas activado.*

*Notificación visual exterior del apartamento implicado.*

*Notificación por app mediante internet con el apartamento implicado.*

## Elementos de Domótica

Tanto los apartamentos como la central de monitoreo tienen una opción para operar automatismos de domótica en el sistema de alarma los cuales se citan a continuación

**Figura 75***Opciones de Domótica Para los Usuarios*

*Nota.* Activación del protocolo domótica por la app.

Activar o desactivar sistema cuando lo deseen.

**Figura 76***Opciones de Domótica Para la Central de Monitoreo*

*Nota.* Sistema domótica central de monitoreo.

Activar o desactivar Protocolo de emergencia cuando sea necesario.

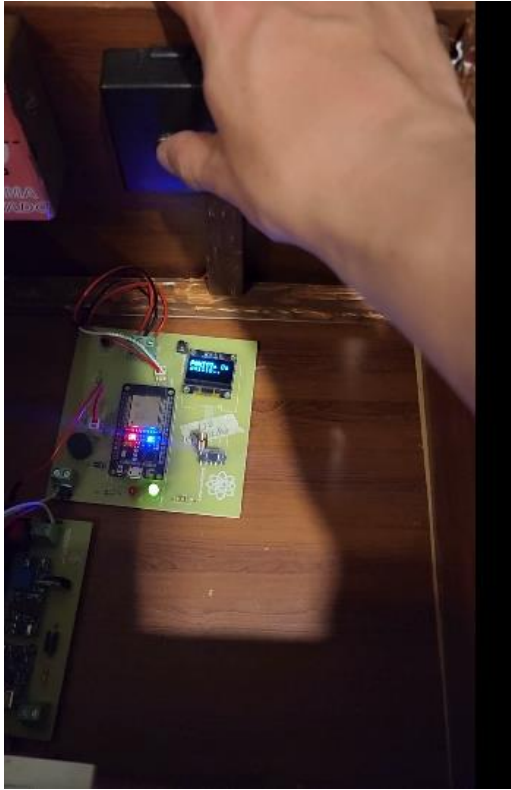
### **Operatividad sin Conexión Wifi (Transmisión Inalámbrica Eventos)**

Como se observa, el sistema opera gracias a la transmisión del módulo LoRa Reyax 998, siendo los comandos AT los que se encargan de notificar los eventos desde los apartamentos hacia la central de monitoreo. Por lo tanto, la Alarma no es 100% dependiente de internet, y el

sistema tiene un algoritmo que le indica al usuario que se ha quedado sin conectividad WiFi, sin embargo, el seguirá transmitiendo los eventos de pánico y sísmicos de manera continua.

### **Figura 77**

*Anuncio del Sistema sin Conexión a Internet Led Azul*



*Nota.* Notificación visual al usuario de inactividad en la red.

## Autonomía Sistema de Baterías

Ahora bien, se analiza la información correspondiente al consumo del sistema de alarma con todos sus elementos, de acuerdo a la información documentada, en la que se evalúan los siguientes elementos

### Figura 78

*Autonomía de Carga y Descarga Batería 18650*



Nota. Prueba correspondiente al módulo de batería 18650.

No obstante, se retoma según la información documentada en el “sistema eléctrico del proyecto”, una hoja técnica con el consumo del sistema según sus elementos y tenemos la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 10***Consumo Eléctrico de los Elementos del Sistema de Alarma*

Elemento	Consumo Máximo	Consumo en Reposo
LoRa Reyax 998	120 mAh	15 mAh
ESP32 DevKit 1	240 mAh	50 mAh
Pantalla Oled 0.96	25 mAh	20 mAh
Buzzer 5V activo	30 mAh	0 mAh
Elementos leds <i>domótica Y/o sistema alarma activado (5 leds, npn 2n222a)</i>	75 mAh	5 mAh

*Nota.* Esta tabla, muestra los elementos que componen el sistema de alarma y su consumo eléctrico según cada fabricante.

**Tabla 11***Consumo Eléctrico Mínimo y Máximo Sistema de Alarma*

consumo máximo/hora	consumo mínimo/hora	autonomía batería 18650
490 mAh	90 mAh	1568 mAh

*Nota.* Esta tabla, muestra el consumo máximo y mínimo del sistema, según la sumatoria total de la información de cada fabricante.

Ahora, se calcula el promedio de consumo de la siguiente manera (*Teniendo en cuenta que esto depende de muchos factores tanto en el consumo máximo como en el consumo mínimo*)

$$\frac{\text{Consumo min} + \text{Consumo max}}{2} = \text{promedio}$$

$$\frac{90 \text{ mAh} + 490 \text{ mAh}}{2} = 290 \text{ mAh}$$

Teniendo en cuenta que el consumo promedio del sistema de alarma será de 290 mAh, la autonomía del sistema de eléctrico será de

$$\frac{1568 \text{ mAh}}{290 \text{ mAh}} = 5.4 \text{ Horas}$$

### Autonomía Real del Sistema (Operatividad Eléctrica y Funcional)

Se realiza una comparativa, entre los resultados de manera teórica y se realiza una medición de los elementos en el entorno real, obteniendo los siguientes resultados

#### VALORES TEORICOS

$$\frac{(\text{AUTONOMÍA BATERIA})1568 \text{ mAh}}{(\text{CONSUMO DEL SISTEMA})290 \text{ mAh}} = 5.4 \text{ Horas}$$

Ahora bien, se realizan unas fotografías de las mediciones, por medio de un multímetro digital arrojando los siguientes resultados

Consumo mínimo mAh 0.07 Ah (70mAh)

### Figura 79

*Consumo Eléctrico del Sistema de Alarma*



Nota. Pruebas de consumo eléctrico en estado pasivo.

Realizando la prueba de consumo inicializando el dispositivo, efectivamente tal cual como lo marca la teoría, llega desde 70 → 80 mAh, respaldando el consumo de los dispositivos según su hoja técnica

No obstante, se realizan operaciones como activar el sistema de alarma, envío de notificaciones vía LoRa, activación de actuadores y mensajes en pantalla, en el cual se obtienen los siguientes datos de consumo

Consumo máximo eléctrico en 3 momentos del sistema de alarma

Activación sistema de pánico silencioso 118.4 mAh

Activación sistema domótica en apartamento 131.1 mAh

Activación sistema Buzzer y actuador del apto 171.2 mAh

### Figura 80

*Momentos de Consumo del Sistema Activo*



Nota. Pruebas con multímetro en momentos activos del sistema de alarma.

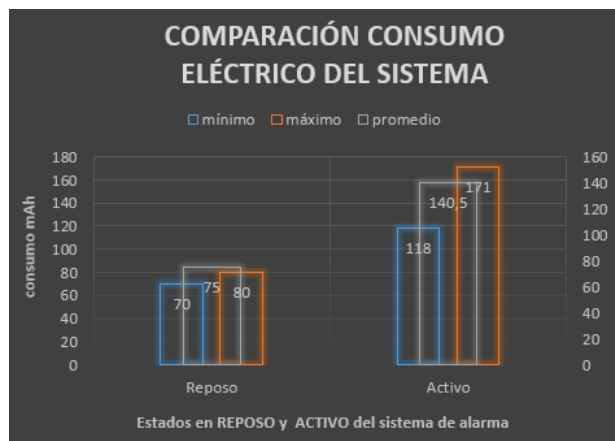
Ahora bien, si se realiza un promedio del consumo eléctrico en condiciones activas y se obtiene el siguiente resultado (*el resultado se da promediando los valores evidenciados en las fotografías, el sistema puede variar de acuerdo a muchas condiciones como margen específico.*)

$$118.4 + 131.1 + 171.2 = \frac{421.7 \text{ mAh}}{3} = 140.5 \text{ mAh}$$

Ahora bien, de acuerdo a los datos encontrados, se realiza una tabla comparativa entre los valores encontrados Vs los valores reales y se encuentran los siguientes resultados

## Figura 81

*Comparación Consumo Eléctrico del Sistema en Reposo y Periodos Activos*



*Nota.* Tabla comparativa realizada para evaluar consumo eléctrico del sistema.

Finalmente, si se desea observar una autonomía del sistema de acuerdo a estas mediciones en funcionamiento, se retoma el modelo dado en el capítulo inicial (*teoría de autonomía del módulo de baterías*), encontrando los siguientes resultados.

Valor teórico

$$\frac{1568 \text{ mAh}}{290 \text{ mAh}} = 5.4 \text{ Horas}$$

Valor en práctica

$$\frac{1568 \text{ mAh}}{140 \text{ mAh}} = 11.2 \text{ Horas}$$

### Ejercicio de Operación Teórica-Práctica (Lora)

Ahora bien, se tiene el modulo LoRa Reyax 998 emisor (Del apartamento 216) configurado por defecto en los parámetros de potencia, ganancia, factor de dispersión, entre otros.

Por lo tanto, se toman los datos por defecto del fabricante y se observa lo siguiente

## Figura 82

### Comandos AT del Fabricante Lora

15. **AT+FACTORY** Set all current parameters to manufacturer defaults.

Syntax	Response
AT+FACTORY	+FACTORY
Manufacturer defaults:	
BAND : 915MHz	
UART : 115200	
Spreading Factor : 9	
Bandwidth : 125kHz	
Coding Rate : 1	
Preamble Length : 12	
Address : 0	
Network ID : 18	
CRFOP : 22	

Nota. Tabla de comandos AT. Tomado de. Technology corporation LTD. (2025).

<https://reya.com/products/RYLR998>

$$P_t = 12 \text{ dBm}$$

$$P_r = -120 \text{ dBm}$$

$$n = 3$$

$$d_0 = 1 \text{ metro}$$

$$Pl(d_0) = \text{¿? } 40\text{dB}$$

Para poder evaluar estas opciones, no se tiene el valor de  $Pl(d_0)$  Por lo tanto para encontrarlo se realiza la ecuación general para la perdida de espacio libre en donde

### Ecuación General Para la Perdida en Espacio Libre (Ecuación de Friis)

$$Pl(d) = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d f}{c} \right)$$

En donde

$d$  = Es la distancia en metros (valor referencia de 1 metro)

$f$  = Frecuencia en hertz

$c = \text{velocidad de la luz en el vacio}$

Se sustituye los valores en la ecuación general y se tiene lo siguiente

$$Pl(d) = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi(1)915 * 10^6}{3 * 10^8} \right)$$

Se resuelve para el paréntesis y se tiene

$$= 38.32$$

Ahora se calcula para el logaritmo

$$\log_{10} (38.32) = 1.58$$

El resultado se multiplica por 20 y el resultado es

$$20 * 1.58 = \mathbf{31.6 \text{ dB}}$$

Adicionando factores como perdidas en los conectores, o desajustes en la impedancia de la antena, este valor se redondea a 40dB.

Ahora bien, el segundo paso será calcular PL

$$PL = P_t - P_r$$

$$PL = 12 - (-120)$$

$$PL = 132 \text{ dB}$$

Posteriormente, se procede a calcular la distancia, despejándola de la ecuación del modelo logarítmico y se tiene lo siguiente

$$d = d_0 * 10^{\frac{PL-PL(d_0)}{10n}}$$

$$d = 1 * 10^{\frac{132-40}{10*3}}$$

Se resuelve el factor elevado y su resultado es

$$d = 1 * 10^{\frac{92}{30}}$$

$$d = 10^{3.06}$$

Se resuelve para potencia y se obtiene la distancia

$$d = 1.14 \text{ Kilometros}$$

Resultado:

Bajo condiciones óptimas semiurbanas ( $n=3$ ), el modulo LoRa Reyax con las configuraciones por defecto en, la *perdida de ganancia en espacio libre*, con 915MHz de configuración, *un factor de potencia de 12dBm* en transmisión y una *sensibilidad de -120 dBm*.  
Tiende a transmitir a una *distancia máxima de 1.14 Kilómetros*.

### **Pruebas de Distancias de Operatividad (De los Módulos LoRa)**

Ahora, se procede a evaluar y comparar los resultados del modelo logarítmico de perdida de trayectoria, con los resultados que se pueden obtener a distancia del módulo LoRa Reyax 998, entre transmisor y receptor para mostrar su funcionamiento y se tiene lo siguiente

Formula del modelo

$$d = d_0 * 10^{\frac{PL - PL(d_0)}{10n}}$$

En donde los valores son los siguientes

$$P_t = 12 \text{ dBm}$$

$$P_r = -120 \text{ dBm}$$

$$n = 3$$

$$d_0 = 1 \text{ metro}$$

$$Pl(d_0) = 40 \text{ dB}$$

Se utiliza un comando del módulo LoRa Reyax, el cual servirá para comparar la potencia de transmisión de la señal obtenida; con el siguiente comando

**Tabla 12***Función de Señal del LoRa Evaluado*

Comando	Función
AT+RSSI?	Esta función, devolverá el nivel de señal del módulo LoRa emisor en dBm

*Nota.* Esta tabla, muestra el nivel de señal dada por LoRa.

Ejemplo de diferentes momentos en la toma de la señal en la siguiente tabla:

**Tabla 13***Diferencias entre Distintas Distancias del Módulo Transmisor*

Transmisor	Receptor
Se envía la función desde el punto cercano a 1 metro de distancia y tenemos los siguientes resultados	<code>RSSI recibido: +RCV=2,4,TEST,-34,11</code> -38 dB.
Se envía la función desde un punto cercano en el mismo apartamento, pero ya tenemos 15 metros de distancia y 3 pisos intermedios, tenemos los siguientes resultados	<code>RSSI recibido: +RCV=2,4,TEST,-84,9</code> -84 dB.
Se envía la función desde una distancia aproximada de 150 mts y tenemos los siguientes resultados	<code>RSSI recibido: +RCV=2,4,TEST,-101,-1</code> -101 dB.
Se envía la función desde una distancia aproximada de 300 mts y tenemos los siguientes resultados	<code>RSSI recibido: +RCV=2,4,TEST,-105,-11</code> -105 dB.

*Nota.* Esta tabla, muestra distintos resultados de la potencia de la señal del módulo transmisor

LoRa por medio del comando AT+RSSI.

Ahora bien, con los datos obtenidos, simplemente se deben reemplazar las variables encontradas, y reorganizar las variables en la ecuación, como se observa a continuación

**Tabla 14***Comparativa Datos Obtenidos y Ecuación de Espacio Libre*

Ecuación original	Ecuación con datos obtenidos
$PL(d) = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)$	$n = \frac{PL(d) - PL(d_0)}{10 \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)}$
Espacio libre: $n = 2$	
Zona semiurbana: $n = 3$	
Zona urbana: $n = 4$ o superior	

*Nota.* Esta tabla, muestra relación de la ecuación original de espacio libre y los datos a evaluar

Ahora será el paso hallar (n) real, es decir, por medio de los datos de distancia recorrida y la potencia de la señal que arroja el modulo LoRa, se halla un valor basado en resultados

$PL(d)$  = Será  $P_t - RSSI$  Reemplazando los valores obtenidos

$PL(d_0)$  =perdida calculada en 1 metro

$d$  = Distancia medida manualmente

Paso 1)

Se calcula  $PL(d)$  el cual se bautiza  $PL_{real}(d)$

$$PL = 12 - (-105) = 117 \text{ dB}$$

**Tabla 15***Medida de Distancia Lora*

Ítem	Medida
PARAMETROS ENCONTRADOS	300 Mts
	- 105 dBm (medido por LoRa)

*Nota.* Esta tabla, muestra la medida en metros y dBm de la antena transmisora LoRa sobre la receptora.

Paso 2 en donde Se evalúa el PL teórico de acuerdo a la ecuación del modelo logarítmico de pérdida de trayectoria.

$$40 + 10(3) \log_{10} \left( \frac{300}{1} \right) = 114.31 \text{ dB}$$

Teniendo presente los valores reales y los teóricos, se procede a evaluar un margen de error de la siguiente manera

Margen de error:

$$error = \left[ \frac{PL \text{ real} - PL \text{ teorico}}{PL \text{ teorico}} \right] * 100$$

$$error = \left[ \frac{117 - 114.3}{114.3} \right] * 100$$

$$error = 2.36 \%$$

El Valor teórico es 2.36% inferior al práctico, esto es debido a las interferencias que puedan existir, y factores adicionales entre el modulo transmisor y el modulo receptor.

## Conclusiones

En el desarrollo de esta tesis, se logró la implementación de un prototipo de alarma inteligente para los conjuntos residenciales, integrando tecnologías de comunicación híbridas de bajo costo, además de la utilización de bots como ayudas tecnológicas para las alertas del sistema, combinando dos tecnologías como LoRa y telegram en pro de la seguridad de los residentes en los conjuntos residenciales

El análisis de los requisitos como hardware y software ha permitido seleccionar en una amplia baraja de opciones, elementos que tengan bajo consumo energético, un costo asequible y una compatibilidad alta para un ecosistema con IOT. Integrar la tecnología LoRa junto a los microprocesadores ESP32 proporcionó una solución de comunicación robusta y confiable en este proyecto, con el alcance suficiente para cubrir grandes áreas residenciales sin tener que implementar una gran estructura de redes de comunicaciones.

No obstante, el diseño y la integración de los elementos del sistema de alarma funcionaron de manera fluida, brindando una alternativa al mercado en el manejo de alertas en tiempo real, en donde cada segundo que puede pasar, significará una oportunidad para salvar la vida de las personas, por lo tanto, la relevancia del proyecto es que se toman casos cotidianos del día a día en el marco de la seguridad en el país, en la ciudad; y así, en muchos de los conjuntos residenciales tener elementos como este sistema de alarma indudablemente mejoraran la calidad de vida de quienes lo habitan y lo utilizaran. Gracias a las tecnologías IOT y la tecnología LoRa abrimos un mundo de posibilidades en donde la expansión de sistemas de monitoreo serán más favorables, y añadirlos a protocolos de inteligencia artificial serán una solución efectiva abriendo nuevas posibilidades para la seguridad electrónica en los siguientes años venideros.

## **Planes y Mejoras**

Para garantizar una escalabilidad, eficiencia y competitividad del sistema de alarma desarrollado, se plantean las siguientes mejoras para permitir una solución más robusta y adaptable en el mercado actual.

### **Ssid y Password**

Una de las mejoras importantes será la creación de un aplicativo móvil que le permita al usuario final establecer los parámetros de su red WiFi local de manera sencilla sin tener que modificar el código de programación y realizar ajustes adicionales, por medio de la interfaz Bluetooth del microcontrolador ESP32.

Así, se facilitará la configuración por parte del usuario, brindado confort y seguridad de nuestro sistema para ellos.

### **Optimizar el Consumo Eléctrico**

Para incrementar la autonomía del sistema de alarma, garantizando su operatividad en días de operación sin una fuente de alimentación externa, se estudia la incorporación de un paquete de baterías (*Actualmente se maneja una sola batería 18650*), adicionando que vengan del tipo LiFePO<sub>4</sub>, el cual utiliza fosfato de hierro y litio lo que nos brinda más estabilidad, menor peso y menor tiempo de carga, entro otros.

No obstante, se trabajaría en la optimización del consumo eléctrico mediante las técnicas exhibidas en esta tesis, para reducir el consumo de la ESP32, del módulo LoRa, de la pantalla, y adicionales, prolongando así la duración de la batería.

### **Implementación PCB Comercial**

Actualmente el sistema está basado en un prototipo, con módulos individuales e interconexión por cableado, esto lo hace más efectivo, pero menos eficiente si queremos realizar

una producción masiva, por lo tanto, se trabajará en implementar una PCB que integre todo el sistema de alarma de manera compacta.

Esto permitiría una reducción del tamaño de la misma, como comercialmente lo manejan los sistemas actuales, no obstante, se debe enfatizar este diseño en técnicas de disipación térmica y la reducción de interferencias eléctricas.

De esta manera agregar protecciones eléctricas, y mejorar así la gestión de la energía al tener un sistema embebido y duradero.

## Bibliografía

- AlaiSecure. (2024). *LORA: ¿Qué es y para qué sirve?* <https://alaisecure.es/glosario/lora-que-es-y-para-que-sirve/>
- Castañeda, C. A. (17 de 03 de 2023). *El tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/cuantos-temblores-han-ocurrido-en-colombia-durante-el-2023-754037>
- Descubrearduino. (02 de 02 de 2025). Descubre Arduino: <https://descubrearduino.com/tp4056/>
- Espinosa, D. E. (17 de febrero de 2024). *infobae*.  
<https://www.infobae.com/colombia/2024/02/17/aprovechan-las-puertas-automaticas-de-los-conjuntos-residenciales-para-robar-nueva-modalidad-de-inseguridad-en-bogota/>
- Farnell. (2 de 2 de 2025). *farnell*. <https://www.farnell.com/datasheets/1498852.pdf>
- Ferrovial. (2 de 2 de 2025). *ferrovial* . <https://www.ferrovial.com/es/recursos/domotica/>
- Firtec. (13 de 1 de 2025). *firtec argentina*. <https://www.firtec.com.ar/cms/cursos/10-notas-tecnicas/51-tensilica-xtensa-lx6>
- Fluke. (15 de 1 de 2024). *Fluke*. <https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/electrica/que-es-la-ley-de-ohm>
- Gerald. (26 de 4 de 2024). *Ufine blog*. <https://www.ufinebattery.com/blog/everything-you-should-know-about-18650-battery-voltage/>
- GIUSEPPE PANZA. (19 de 1 de 2024). *linkedin*. <https://www.linkedin.com/pulse/what-lorawan-chirp-spread-spectrum-css-technology-have-giuseppe-panza-hz5dc/>
- Hunter. (2 de 2 de 2025). *hunter track*. <https://www.hunter.com.do/blog-articulo/por-que-tener-un-boton-de-panico-y-beneficios-del-mismo>
- Llugsha, C. G. (2021). *Sistema de monitoreo de factores ambientales externos en unidades educativas céntricas del Cantón Pillaro basado en tecnología LoRa*. Ambato (Ecuador).

Lopez, W., & Cardenas, J. (19 de 06 de 2019). *universidad san mateo*.

<https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/mi/article/view/183/162>

Lozano, j. (05 de 02 de 2025).

Mejia, J. R. (2024). *Red de Comunicación Inalámbrica Heterogénea Utilizando módulos ESP32*.

Valencia (España): Universitat Politècnica de Valencia.

Mokolora. (14 de 09 de 2021). *mokolora*. <https://www.mokolora.com/es/lora-and-wireless-technologies/>

Naylamp . (2 de 2 de 2025). *Naylamp mechatronics*. <https://naylampmechatronics.com/oled/850-display-oled-096-i2c-12864-ssd1306.html>

Osaka electronics. (2 de 2 de 2025). *osaka electronics ltda*.

<https://osakaelectronicsltda.com/componentes-electronicos/componentes-para-ensamble/>

Profecursos. (2 de 1 de 2024). *Profecursos*. <https://www.profecursos.com/la-ley-de-snell/>

Prosegur. (2 de 2 de 2025). *prosegur*. <https://www.prosegur.es/blog/seguridad/sistema-de-seguridad-electronica#:~:text=de%20un%20incidente.-,%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20consiste%20un%20sistema%20de%20seguridad%20electr%C3%B3nica%3F,tecnolog%C3%ADa%20como%20sensores%2Cy%20videoc%C3%A1maras.>

,%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20consiste%20un%20sistema%20de%20seguridad%20electr%C3%B3nica%3F,tecnolog%C3%ADa%20como%20sensores%2Cy%20videoc%C3%A1maras.

Redacción Nación. (17 de 02 de 2025). *Pulzo*. <https://www.pulzo.com/nacion/robos-conjuntos-residenciales-colombia-alerta-por-modalidades-hurto-PP4319435>

Robots didacticos. (13 de 12 de 2019). *Robots didactivos*. <https://robots-argentina.com.ar/didactica/convertidor-de-voltaje-mt3608/>

Sampieri, R. H. (4 de 9 de 2014). *Metodologia de la investigacion*.

[https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

Seguridad Central. (10 de octubre de 2024). *Seguridad Central LTDA*.

<https://www.seguridadcentral.co/modalidades-de-robo-a-viviendas-en-colombia-como-protegerte-de-los-delincuentes>

Shoptronica. (2 de 2 de 2025). *tienda shoptronica*.

<https://www.shoptronica.com/resistencias/1065-resistencias-de-carbon-de-1w-5-en-tiras-de-10pcs-8944748421272.html>

Sigma electronica. (2 de 2 de 2025). *sigma electronica*.

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/1n4007/>

STMMicroelectronics. (2 de 2 de 2023). *STMMicroelectronics*.

<https://co.mouser.com/datasheet/2/389/1n5822-1848813.pdf>

Sumador. (2 de 2 de 2025). *sumador (Tienda de robotica y electronica)*.

<https://sumador.com/products/buzzer-activo-5v-12x9-5mm>

Technology corporation LTD. (13 de 1 de 2025). *Reyax*. <https://reyax.com/products/RYLR998>

Tecnologias, N. (2 de 2 de 2024). *youtube*.

<https://www.youtube.com/watch?v=hCCickFOI1o&t=125s>

Telegram. (02 de 02 de 2025). *telegram*. <https://telegram.org/>

Unit electronics. (02 de 02 de 2025). *unit electronics*. <https://uelectronics.com/producto/esp32-devkit-v1-30-pines-usb-c-microusb/>

Yorobotics. (2 de 2 de 2024). *Yorobotics Colombia*. <https://yorobotics.co/producto/transistor-mosfet-potencia-canal-p-irf9530n-100v-14a-to-220/>



## Apéndice

### Apéndice A

#### Encuesta de Expectativa

#### Resultados A1

##### Encuesta de expectativa (**PROTITIPO DE ALARMA CON IOT**)

B I U ↻ ✕

Soy **Jonathan Lozano**, Estudiante de **Ingeniería Electrónica**, y este cuestionario se realiza para mi tesis de grado, teniendo como objetivo *conocer las expectativas y percepciones sobre un sistema de alarma innovador basado en tecnología híbrida con IOT*. Sus respuestas nos ayudarán a mejorar el diseño y funcionalidad del sistema.

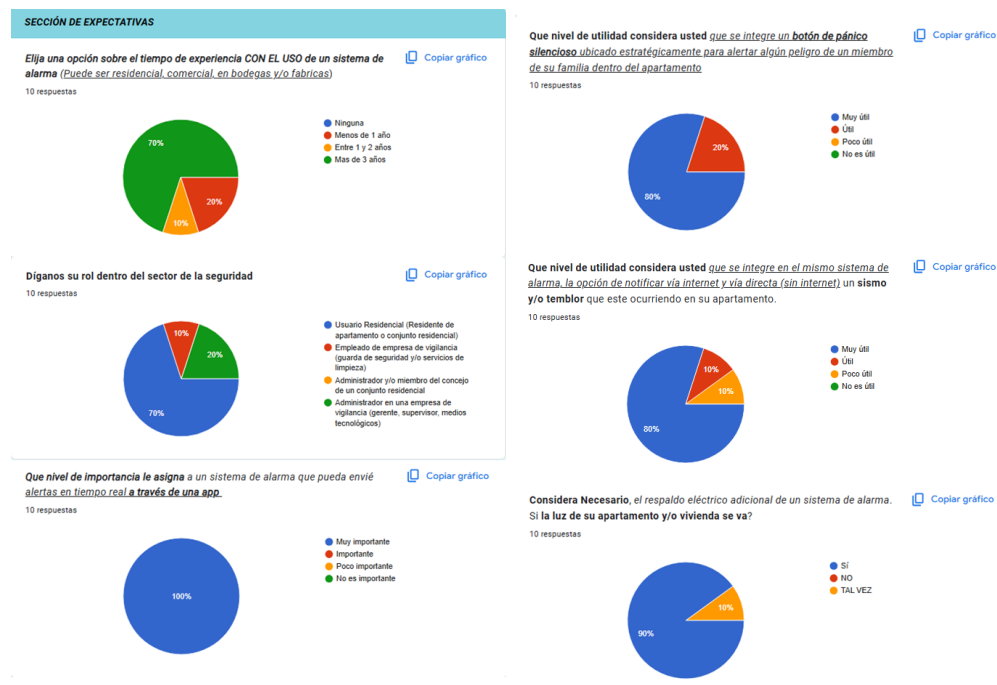
La encuesta consta de 9 preguntas de opción múltiple. **Se garantiza la confidencialidad de los datos y los resultados serán utilizados exclusivamente para fines académicos.**

**Escriba su nombre y apellido \***

Texto de respuesta corta

*Nota.* Se realiza una encuesta de expectativa por medio de la plataforma google forms. Este es el encabezado

#### Resultados A2



*Nota.* Se realizan las preguntas de expectativa arrojando los resultados expuestos.

## Resultados A3



Nota. Se realiza una encuesta de confianza arrojando los resultados expuestos.