



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RASTREO Y ALERTA PARA  
SEGURIDAD DE NIÑOS EN LA GUARDERÍA MILENIUMS KIDS BASADO  
EN RTLS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

AUTOR: Jorge Ronaldo Villegas Heredia

TUTOR: Víctor Vinicio Tapia Calvopiña

Quito-Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Jorge Ronaldo Villegas Heredia, con documento de identificación N° 0503221673;  
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la  
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera  
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Jorge Ronaldo Villegas Heredia

0503221673

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jorge Ronaldo Villegas Heredia con documento de identificación N° 0503221673, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un sistema de rastreo y alerta para seguridad de niños en la guardería mileniums kids basado en RTLS”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Jorge Ronaldo Villegas Heredia

0503221673

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Víctor Vinicio Tapia Calvopiña con documento de identificación N° 1708547219, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RASTREO Y ALERTA PARA SEGURIDAD DE NIÑOS EN LA GUARDERÍA MILENIUMS KIDS BASADO EN RTLS, realizado por Jorge Ronaldo Villegas Heredia con documento de identificación N° 0503221673, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Víctor Vinicio Tapia Calvopiña MSc.  
1708547219

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante con los valores del esfuerzo y perseverancia. A mi hermano, por ser una constante de inspiración y motivación. Este logro es tanto mío como de ustedes.

A mis profesores de la carrera de ingeniería en electrónica y automatización, por su enseñanza en el ámbito académico, en los conocimientos impartidos en cada una de las clases con gran inspiración para el mejoramiento continuo para mí y mis compañeros.

A mi tutor, ingeniero Vinicio Tapia por la paciencia y tolerancia que ha tenido al apoyarme en el transcurso de todo el proceso de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres por apoyarme siempre, en el transcurso de la carrera universitaria, sin ustedes este logro no habría sido posible.

A mi hermano, que me acompañado desde niño hasta la etapa universitaria ayudándome en todo lo que sea posible con la más sincera paciencia, y todas las ganas de enseñar en muchas situaciones que desconocía, sea en el ámbito educativo como en la vida en general.

A toda mi familia que ha estado en todo momento motivándome en diferentes etapas de mi vida, por el tiempo que me han dado en momentos alegres y tristes de la vida.

## ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1    Problema de Estudio .....	1
1.1.1    Antecedentes.....	1
1.1.2    Importancia y alcances. ....	2
1.1.3    Delimitación. ....	3
1.2    Objetivos del proyecto .....	3
1.2.1    Objetivo general.....	3
1.2.2    Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO 2 .....	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1    Teoría del Sistema de Ubicación en Tiempo Real (RTLS) .....	4
2.2    Como funciona RTLS .....	5
2.3    Estándares Inalámbricos RTLS. ....	6
2.3.1    RFID.....	6
2.3.2    IR .....	7
2.2.3    Funcionamiento del Servicio de Posicionamiento (WPS).....	8
2.2.4    Bluetooth .....	9

2.2.5	Ultrasonido.....	10
2.2.6	Banda Ultra Ancha (UWB).....	11
2.4	Método de Localización.....	12
2.4.1	Triangulación.....	12
2.4.2	Algoritmo de orientación del Plano.....	12
2.5	Sensor Magnético.....	15
2.6	Sistemas Embebidos.....	16
2.6.1	ESP-WROOM-32.....	16
2.6.2	Módulo ESP32 UWB (Banda Ultra Ancha).....	17
2.6.3	Módulo SIM800L.....	18
2.7	Software.....	18
2.7.1	Arduino IDE.....	18
CAPÍTULO 3.....		21
MARCO METODOLÓGICO.....		21
3.1	Partes del Sistema Distribuido.....	21
3.1.1	Diagrama de bloque.....	21
3.8	Diagrama de flujo del sistema de alarma y seguimiento en tiempo real (RTLS).....	30
CAPÍTULO 4.....		32
PRUEBAS Y RESULTADOS.....		32
4.1	Implementación del Prototipo.....	32
4.2	Pruebas Realizadas en la Guardería Mileniums Kids.....	33
CONCLUSIONES.....		38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		40
ANEXOS.....		44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Diferencia entre la tecnología de localización .....	23
Tabla 4.1. Aplicación del sistema de localización .....	36
Tabla 4.2 Registro de la alarma. ....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema RTLS .....	5
Figura. 2.2: Sistema de RTLS .....	6
Figura. 2.3 RFID en RTLS .....	7
Figura. 2.4 Sistema de Localización Infrarrojo .....	8
Figura. 2.5 Sistema de Localización WPS .....	9
Figura. 2.6 Sistema de Localización Bluetooth .....	10
Figura. 2.7 Sistema de localización Ultrasonido .....	11
Figura. 2.8 Sistema de localización Banda Ultra Ancha .....	11
Figura. 2.9 Sistema Triangulación .....	13
Figura. 2.10 Sistema de Localización .....	14
Figura. 2.11 El Ángulo de llegada .....	15
Figura. 2.12 Sensor de Puerta Magnético.....	16
Figura. 2.13 ESP32-WROOM-32.....	17
Figura. 2.14 ESP 32 UWB .....	18
Figura. 3.1 Demostración del Diagrama de Bloque General .....	21
Figura. 3.2 Diagrama de Flujo Posiciones Firebase.....	25
Figura. 3.3 Datos guardado en Firebase.....	26
Figura. 3.4 Inicialización de Librerías y Firebase.....	26
Figura. 3.5 Configuración de red y conexión .....	27
Figura. 3.6 Diagrama de flujo de la alarma .....	28
Figura. 3.7 Envío de Mensaje.....	29
Figura. 3.8 Diagrama de Flujo Sistema RTLS y Alarma .....	30
Figura. 4.1 Chaleco con ESP32 UWB .....	32
Figura. 4.2 SIM800L.....	33
Figura. 4.3 Mapa de Evacuación .....	34
Figura. 4.4 Angular.....	35
Figura. 4.5 Definición de tag .....	35

## RESUMEN

El sistema RTLS integra varias metodologías de identificación automática para determinar la ubicación precisa de activos o personas mediante señales inalámbricas. Esta capacidad permite la recolección de datos en tiempo real, optimizando procesos y mejorando la eficiencia operativa. La tecnología RTLS no se limita a un único sistema, sino que abarca diferentes métodos diseñados para el seguimiento y gestión de activos en tiempo real, proporcionando datos precisos y actualizados continuamente.

A nivel mundial, la implementación de RTLS en entornos educativos ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad infantil. En Estados Unidos, esta tecnología ha permitido respuesta rápidas y eficientes en situaciones de emergencia.

En el proyecto desarrollado consta de varios componentes tecnológicos: el ESP-WROOM-32, utilizado junto con el módulo SIM 800L para la comunicación GSM/GPRS, y los dispositivos ESP32 UWB para la triangulación de posición. Se incluyen sensores magnéticos para monitorear la apertura de puertas, mejorando la seguridad perimetral. Los datos recopilados se envían a Firebase para su almacenamiento y análisis y se visualizan a través de una interfaz desarrollada en Angular.

Este proyecto tiene como objetivo principal mejorar la seguridad infantil en guarderías mediante el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y alerta. Asimismo, busca ofrecer una solución tecnológica adaptable a otros entornos donde la seguridad y el monitoreo en tiempo real son críticos, contribuyendo así a la creación de entornos más seguros y protegido para los niños.

**Palabras clave:** RTLS, ESP32 UWB, SIM 800L, seguridad infantil, guarderías, monitoreo en tiempo real.

## ABSTRACT

The RTLS system integrates various automatic identification methodologies to determine the precise location of assets or people through wireless signals. This capability allows for real-time data collection, optimizing processes and improving operational efficiency. RTLS technology is not limited to a single system but encompasses different methods designed for real-time asset tracking and management, providing accurate and continuously updated data.

Globally, the implementation of RTLS in educational settings has proven to be an effective tool for enhancing child safety. In the United States, this technology has enabled efficient response in emergency situations.

The development project consists of several technological components: the ESP-WROOM-32, used in conjunction with the SIM 800L module for GSM/GPRS communication, and the ESP32 UWB devices for position triangulation. Magnetic sensors are included to monitor door openings, enhancing perimeter security. The collected data is sent to Firebase for storage and analysis and is visualized through an interface developed in Angular.

The primary objective of this project is to improve child safety in daycare centers using advanced monitoring and alert technologies. Additionally, it aims to offer a technological solution adaptable to other environments where safety and real-time monitoring are critical, thereby contributing to the creation of safer and more protected environments for children.

**Keywords:** RTLS, ESP32 UWB, SIM 800L, child safety, daycare center, real-time-monitoring.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la seguridad infantil es una prioridad creciente, especialmente en entornos educativos como guarderías, la tecnología tiene una función esencial en la protección y el bienestar de los menores. La utilización de sistemas avanzados de localización en tiempo real (RTLS) combinados con alarmas de seguridad constituye una solución innovadora para mitigar riesgos y mejorar la supervisión en estos entornos. Este proyecto se enfoca en crear un sistema de monitoreo que emplea tecnologías RTLS, utilizando dispositivos ESP32 UWB para la triangulación de ubicaciones y el módulo SIM 800L para emitir alertas de seguridad.

El RTLS no se refiere a una única tecnología, sino a un objetivo alcanzable mediante diversas metodologías de identificación automática para determinar la ubicación precisa de activos o personas. Esta capacidad de monitoreo en tiempo real es esencial para recolectar datos precisos y actualizados que pueden ser utilizados para optimizar procesos, incrementar la eficiencia operativa y tomar decisiones fundamentadas en datos. La adopción RTLS en guarderías y otros entornos educativos ha demostrado ser efectiva en varios países, mejorando significativamente.

El proyecto no solo busca mejorar la seguridad infantil en guarderías, sino también ofrecer una solución tecnológica avanzada que pueda ser adaptable a otros entornos donde la seguridad y el monitoreo en tiempo real son críticos. Con el continuo avance de la tecnología, este sistema representa un paso significativo hacia la creación de entornos más seguros y protegidos para los niños.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1 Problema de Estudio

#### 1.1.1 Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las lesiones causadas por accidentes de tránsito son la principal causa de mortalidad en niños y jóvenes de 5 a 29 años. Es crucial considerar que casi la mitad de estas muertes ocurren en áreas urbanas vulnerables, afectando principalmente a motociclista, ciclista, peatones (Organización Mundial de la Salud, 2023).

El centro infantil Mileniums Kids está ubicada en la calle 24 de mayo, en el barrio Santa Inés de la parroquia Guaytacama, situado en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Esta guardería está situada en la vía principal de ingreso a la parroquia Guaytacama, donde el flujo vehicular es considerable en ciertos momentos del día, lo que incrementa la posibilidad de accidentes de tránsito comprometiendo la seguridad de las personas, incluidos los niños. Además, se deben considerar el riesgo de inseguridad que está viviendo el país, el aumento de los secuestros de niños se ha convertido en un problema que ha recibido amplia cobertura en los medios de comunicación. Según (El Universo, 2023), se registraron casos de secuestros extorsivos que representan el 60% de los 40 casos ocurridos en el año 2022. Es importante mencionar que este delito puede ser castigado con penas de cárcel (El Comercio, 2023).

La guardería no dispone de un sistema de seguimiento en tiempo real para los niños, que pueda alertar inmediata si salen del área designada sin acompañamiento autorizado. Se propone desarrollar un sistema de rastreo en tiempo real para monitorear a los niños y detectar de manera oportuna si salen del área definida de la guardería, mediante alertas y mensajes de texto. Esta tecnología ha sido utilizada de varias maneras. Durante el inicio de la pandemia, por ejemplo, se implementó un sistema de alerta de distanciamiento social en entorno laborales. La instalación de nodos UWB sincronizados permitía calcular con precisión la ubicación de los dispositivos móviles y medir el distanciamiento social. La implementación de esta tecnología se destaca por su eficacia para prevenir la propagación

de enfermedades, su versatilidad en diversas industrias y su capacidad para proporcionar mediciones precisas en interiores (DusunIoT, 2023).

La implementación de sistemas de Localización en Tiempo Real (RTLS) en entornos educativos ha demostrado ser una estrategia efectiva para incrementar la seguridad y el monitoreo de los niños. En Estados Unidos, la implementación de estas tecnologías ha permitido respuestas más rápidas y eficientes en situaciones de emergencia, facilitando la localización precisa de niño y personal

### **1.1.2 Importancia y alcances.**

La seguridad infantil es una preocupación global, y la implementación de sistemas de Localización en Tiempo Real (RTLS) en guarderías y entornos educativos puede incrementar significativamente esta seguridad. En Estos Unidos, la implementación de RTLS ha permitido respuestas más rápidas y efectivas en situaciones de emergencia, facilitando la localización precisa de los niños y el personal. De acuerdo con el Centro Nacional para Niños Desaparecidos y Explotados (NCMEC), se reportan más de 22,442 casos de niños desaparecidos en 2023, de los cuales 89% fueron resueltos (National Geographic, 2023). Programas como las alertas AMBER han sido fundamentales para la recuperación rápida de niños desaparecidos, utilizando tecnología avanzada para distribuir alertas de emergencia a través de teléfonos móviles, redes sociales y carteles digitales (National Center for Missing & Exploited Children, 2023).

En Europa, países como Reino Unido han implementado sistemas RTLS en centros educativos y hospitales para aumentar la seguridad de los niños y pacientes, facilitando la gestión y el monitoreo en tiempo real (UNICEF, 2023). En hospitales, los RTLS también han permitido rastrear el movimiento de pacientes y equipos médicos, mejorando la eficiencia operativa el bienestar del paciente (Child Watch of North America, 2023).

La inseguridad infantil es un problema significativo en todo el mundo. Por ejemplo, el 58% de los casos de niños desaparecidos en Estados Unidos son atribuidos a fugas, mientras que el 23% son abducciones familiares y el 2% abducciones no familiares (Child Watch of North America, 2023). Es cifras resaltan la necesidad de tecnologías que puedan rastrear y localizar a los niños en tiempo real, permitiendo intervenciones rápidas y seguras.

### **1.1.3 Delimitación.**

El sistema propuesto es un sistema de localización en tiempo real basado en RTLS utilizando modulo ESP32 UWB y una alarma integrada con el módulo SIM 800L. Este sistema está diseñado para monitorear y localizar a los niños en guarderías, enviando alertas automáticas si un niño sale de una zona designada y permitiendo intervención rápida y segura. Además, el sistema incluye una función de alarma que envía un mensaje de texto al cuidador en caso de emergencia, mejorando la seguridad general del entorno.

Este proyecto está dirigido a personal de guardería y otros profesionales en entornos educativos que buscan mejorar la seguridad de los niños. Al proporcionar una solución tecnológica avanzada y accesible, se espera que este sistema contribuya a reducir los incidentes de desaparición y mejorar la tranquilidad de los cuidadores y padres.

## **1.2 Objetivos del proyecto**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Implementar un sistema de rastreo y alerta para la seguridad de los niños en la guardería Mileniums Kids mediante tecnologías RTLS y servicios web.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Investigar los componentes necesarios para el rastreo y ubicaciones de niños en una zona específica mediante base de datos y repositorios universitarios.
- Desarrollar un sistema de seguridad para el rastreo de niños de la guardería Mileniums Kids mediante triangulación de señales.
- Diseñar una arquitectura unidireccional de aviso de alarma cuando el infante abandona la guardería, mediante servicios de la nube.
- Verificar el funcionamiento del sistema de seguridad para su validación mediante pruebas de campos en el centro infantil Mileniums Kids.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Teoría del Sistema de Ubicación en Tiempo Real (RTLS)

El Sistema de Localización en Tiempo Real (RTLS) se fundamenta en la tecnología del Internet de las Cosas, la cual posibilita la conexión de objetos a la red. Esta tecnología posibilita el monitoreo y rastreo en tiempo real de la ubicación de personas y objetos, tanto en exteriores como en interiores. Utilizando etiquetas RTLS, que son dispositivos inalámbricos adheridos a personas u objetos, facilitando el rastreo preciso en tiempo real tanto en exteriores como en interiores. (Tech, 2023).

En esencia, RTLS combina hardware, software y tecnologías de comunicación para localizar y transmitir en tiempo real la posición de objetos o personas dentro de un área específica. Esta tecnología resulta particularmente útil en el ámbito de la salud pediátrica, donde se emplea para mejorar la seguridad y la eficiencia en la administración de pacientes (Vizzia Technologies, 2023).

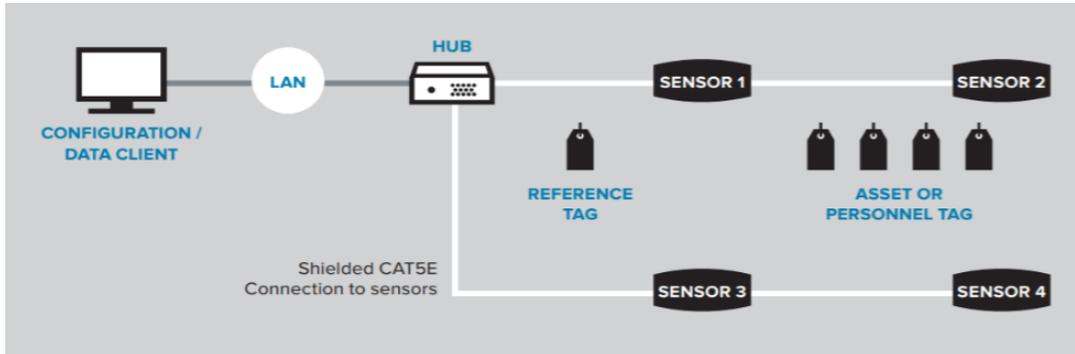
Es crucial entender que RTLS no se refiere a un único sistema o tecnología, sino a un objetivo deseado que puede lograrse mediante diferentes sistemas diseñados para el seguimiento y gestión de activos. La característica distintiva del RTLS es su capacidad de monitorear activos en tiempo real, lo que permite la recolección de datos precisos y continuamente actualizados. Estos datos pueden ser utilizados de diversas maneras según las necesidades específicas de cada aplicación.

El RTLS funciona mediante etiquetas adheridas a los objetivos o personas a rastrear. Estas etiquetas pueden ser localizadas por la infraestructura del sistema, que incluye una red de sensores y receptores ubicados estratégicamente. En algunos casos, los dispositivos que reconocen su propia ubicación, como los teléfonos celulares con GPS, también pueden ser utilizados (Zebra Technologies, 2023).

El valor de RTLS radica en su dimensión temporal, permitiendo un monitoreo constante y dinámico de los activos, esta capacidad es fundamental para optimizar procesos, optimizar la eficiencia operativa y tomar decisiones informadas fundamentadas en datos

precisos. La implementación de RTLS en diferentes sectores ha demostrado mejorar la seguridad, la productividad y la gestión de recursos, haciendo de esta tecnología una herramienta indispensable en el entorno moderno (Overmann, 2021).

Figura 2.1: Sistema RTLS



Configuración de un sistema RTLS Fuente: (Zebra Technologies, 2023)

## 2.2 Como funciona RTLS

Los Sistemas de localización operan mediante una combinación de tecnologías para rastrear y localizar automáticamente activos o personas en tiempo real dentro de espacios específicos.

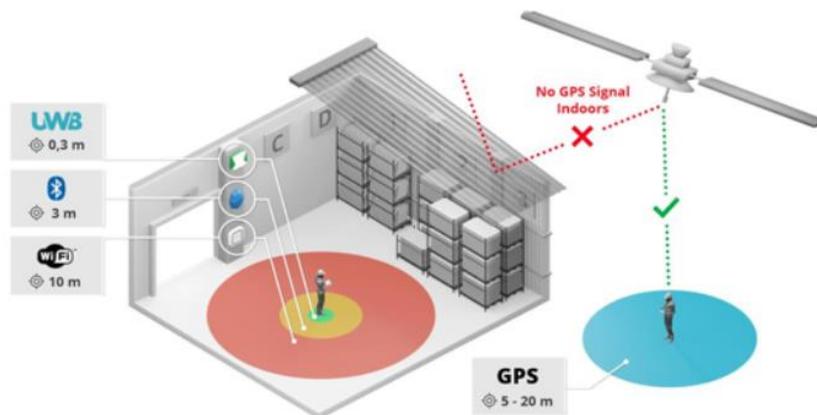
**Etiquetas:** Las etiquetas, también conocidas como tags, son componentes inalámbricos, que se adhieren a objetos o personas que se desean rastrear. Estos dispositivos emiten señales de radio a intervalos regulares, las cuales son captadas por una red de receptores ubicados estratégicamente en el entorno. Estos tags pueden utilizar diversas tecnologías de comunicación, como Bluetooth de Baja Energía (BLE), Wi-Fi, radiofrecuencia (RF), y en algunos casos, infrarrojos (IR). La elección de la tecnología depende del contexto y los requisitos específicos de la aplicación, como la precisión necesaria, el rango de operación y el consumo de energía (Lara, iCorp Blog, 2023)

**Receptores:** Los sensores, también llamados receptores, están vinculados a una fuente de energía y a la red del sistema, que permite la transmisión continua y fiable de datos. Al detectar las señales emitidas por las etiquetas, los sensores determinan con precisión la ubicación de los activos. Esta información se envía al software de visualización. Este proceso permite un seguimiento en tiempo real, ofreciendo a los usuarios una visión clara y actualizada del estado y la ubicación de los recursos. Esta capacidad de rastreo en tiempo real es especialmente útil en sectores como la salud, la industria y la logística,

donde la ubicación precisa y el seguimiento constante de los activos son fundamentales para el éxito operativo. (Novelo, 2023).

**Software:** El software es una pieza fundamental en cualquier sistema de localización, este componente no solo incluye el firmware en los elementos de hardware (sensores y etiquetas), sino también el middleware que interpreta los datos de ubicación y se conectan a aplicaciones externas. Para que el software pueda determinar con precisión la ubicación de los activos etiquetados, es esencial utilizar varios indicadores de ubicación, estos datos pueden provenir directamente de las etiquetas o ser calculados por los sensores (Lara, iCorp Blog, 2023).

Figura. 2.2: Sistema de RTLS



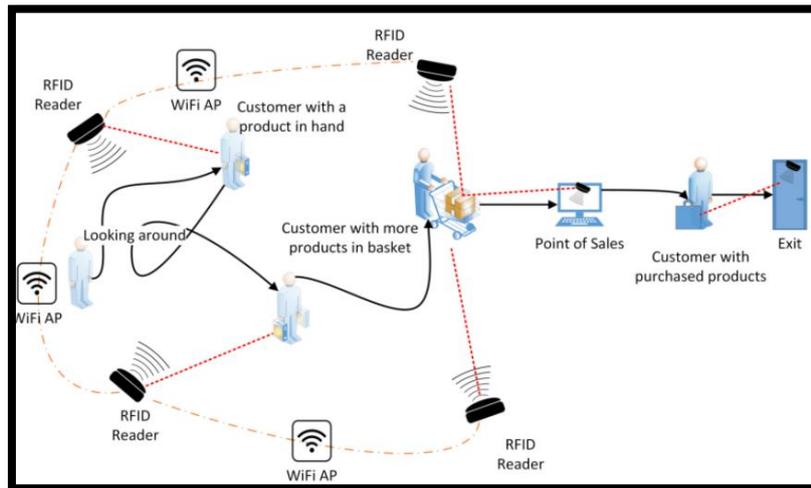
Configuración de un sistema RTLS Fuente: (Overtel, 2023)

## 2.3 Estándares Inalámbricos RTLS.

### 2.3.1 RFID

La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) emplea ondas de radio para detectar y seguir de manera automática las etiquetas que se encuentran pegadas a diversos objetos. Sus componentes principales incluyen etiquetas RFID, que almacenan datos y se adhieren a los objetivos. Estas etiquetas pueden ser pasivas, que carecen de batería y obtienen energía del lector, o activas, con batería propia y capaces de emitir señales de manera continua. Además, los lectores RFID son aparatos que generan ondas de radio para activar y recoger los datos de las etiquetas. Las antenas juegan un papel crucial al transmitir y recibir señales de radio entre el lector y las etiquetas, asegurando comunicación eficiente en el sistema RFID (Bendavid, 2024).

Figura. 2.3 RFID en RTLS

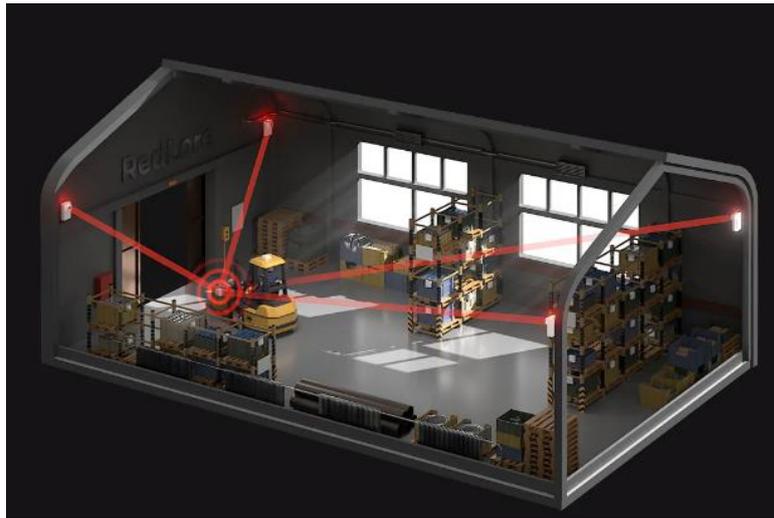


RFID en el RTLS Fuente, (Spiekermann)

### 2.3.2 IR

Los Sistemas de localización en tiempo real basados en tecnología de infrarrojos se emplean para detectar y seguir la posición de objetos o personas en tiempo real dentro de una zona delimitada. Los componentes principales de un RTLS con infrarrojos incluyen etiquetas IR, que se adhieren a los objetos y emiten señales infrarrojas. Estas etiquetas pueden ser activas, utilizando una fuente de energía para emitir señales continuamente. Los receptores IR son dispositivos que detectan estas señales y calculan la posición de las etiquetas mediante métodos como la triangulación. Adicionalmente, el software de gestión procesa y visualiza los datos de ubicación en un mapa digital en tiempo real, facilitando la comunicación y coordinación en diversos entornos, como almacenes y fábricas (MOKOBlue, 2021).

Figura. 2.4 Sistema de Localización Infrarrojo



Sistema de localización Infrarrojo, (RedLore, 2023)

### 2.2.3 Funcionamiento del Servicio de Posicionamiento (WPS)

El Servicio de Posicionamiento Wi-Fi (WPS) es una tecnología que emplea puntos de acceso Wi-Fi cercanos para determinar la ubicación de dispositivos dentro de un área específica, especialmente en entornos donde la señal de GPS es inadecuada. Los componentes principales de WPS incluyen puntos de acceso Wi-Fi que actúa como referencias geográficas, dispositivos con capacidad Wi-Fi que necesitan ser localizados y software de gestión que procesa las señales para determinar la ubicación exacta. El WPS opera midiendo la intensidad de la señal (RSSI) y utilizando métodos como la triangulación para identificar la ubicación del dispositivo. La triangulación se basa en los ángulos con los que las señales llegan, mientras que la trilateración se basa en las distancias medidas desde múltiples puntos de acceso (Khanh, 2020).

Figura. 2.5 Sistema de Localización WPS



Sistema de localización WPS, (Sistemas de Localización, 2018)

#### 2.2.4 Bluetooth

El sistema de posicionamiento Bluetooth, particularmente mediante el uso de Bluetooth Low Energy (BLE), es una tecnología efectiva para la localización en interiores, donde las señales GPS no son fiables. Sus componentes principales incluyen balizas BLE que emiten señales de radiofrecuencia a intervalos regulares, receptores Bluetooth que captan estas señales, y un software de gestión que analiza los datos de señal para determinar la ubicación exacta utilizando técnicas como la trilateración. BLE es conocido por su bajo consumo energético, permitiendo que las balizas funcionen durante largos periodos sin necesidad de reemplazo de batería. Las aplicaciones del sistema de posicionamiento Bluetooth incluyen navegación interior en edificios complejos, rastreo de activos en fábricas y almacenes, y la mejora de la seguridad mediante el monitoreo continuo de la ubicación de personas y activos (Salvatore de Blasio, José, García, & Quesada Arencibia, 2019)

Figura. 2.6 Sistema de Localización Bluetooth

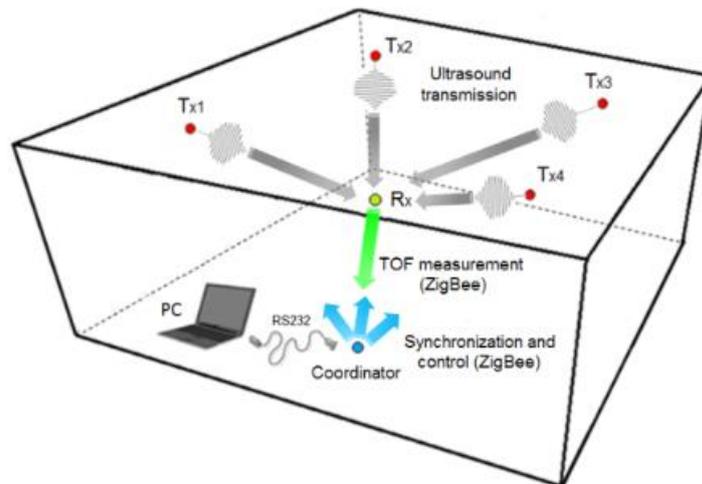


Sistema de localización bluetooth, (PNGEgg)

### 2.2.5 Ultrasonido.

El sistema de posicionamiento por ultrasonido es una tecnología avanzada utilizada para la localización en interiores, particularmente en entornos donde las señales GPS no son efectivas. Este sistema opera mediante la técnica de tiempo de vuelo (TOF), que calcula el tiempo que una señal ultrasónica tarda en recorrer la distancia desde la baliza hasta el receptor, permitiendo calcular la distancia multiplicando este tiempo por la velocidad del sonido. Con varios receptores, se pueden emplear técnicas de multilateración para determinar la ubicación precisa del objetivo. Los componentes principales incluyen balizas ultrasónicas que emiten señales de alta frecuencia, receptores que captan estas señales y software de gestión que analiza los datos que calcular la posición (Qi & Ping Liu, 2017).

Figura. 2.7 Sistema de localización Ultrasonido

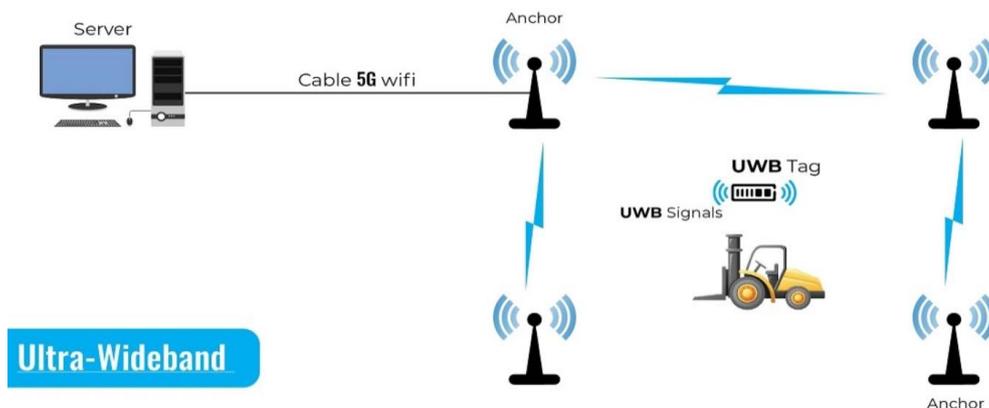


Sistema de Localización Ultrasonido, (Medina, 2013)

### 2.2.6 Banda Ultra Ancha (UWB)

La tecnología de posicionamiento mediante banda ultra ancha es un método avanzado empleado para la localización en tiempo real en entornos interiores, ofreciendo una precisión superior a otras tecnologías. UWB utiliza pulsos de radio de corta duración para calcular la distancia basada la duración del trayecto de las señales, permitiendo determinar la ubicación con una precisión inferior a 50 centímetros en condición óptimas. Los componentes principales incluyen balizas UWB, que emiten señales de radio, receptores UWB, que captan estas señales y calculan la distancias, y software de gestión que procesa los datos para calcular la ubicación exacta mediante técnicas como la polilateración y la diferencia de tiempo de llegada (Anatronic, 2023).

Figura. 2.8 Sistema de localización Banda Ultra Ancha



Sistema de localización RTLS Banda Ultra Ancha (El Español, 2020)

## **2.4 Método de Localización**

### **2.4.1 Triangulación**

El método de localización por triangulación es una técnica utilizada en sistemas de localización en tiempo real (RTLS) para determinar la posición precisa de un objeto midiendo los ángulos desde al menos dos puntos conocidos. Este método funciona colocando puntos de referencia en ubicaciones fijas y midiendo los ángulos hacia el objeto objetivo. Utilizando la geometría de triangulación, se calcula la posición exacta del objeto basándose en estos ángulos y las distancias entre los puntos de referencia.

La triangulación se aplica ampliamente en diversas tecnologías de RTLS, como UWB, Wi-Fi y Bluetooth, y es especialmente útil para aplicación como la navegación interior en edificios complejos, el rastreo de activos en fábricas y almacenes, y la mejora de la seguridad mediante el monitoreo continuo de la ubicación de personas y equipos. Esta técnica ofrece alta precisión y versatilidad, y puede reducir costo al utilizar infraestructura existente como puntos de acceso Wi-Fi o balizas Bluetooth (Mazhar, Gufran Khan, & Sällberg, 2017).

### **2.4.2 Algoritmo de orientación del Plano**

El algoritmo de orientación del plano utilizado módulos UWB para determinar la ubicación precisa de una etiqueta (Tag) en un espacio tridimensional. Supongamos que tres módulos UWB están ubicados a la misma altura horizontal. El sistema UWB puede obtener la distancia entre la etiqueta y dos anclajes, además de la distancia fija entre los dos anclajes, de esta manera, se puede calcular las longitudes de los tres lados de un triángulo con precisión.

Consideremos un triángulo donde los puntos “A” y “B” representan dos anclajes y el punto “C” es la etiqueta. La distancia entre los anclajes “A” y “B” se denota como “c”, mientras que las distancias desde “A” a “C” y desde “B” a “C” se denotan como “b” y “a”, respectivamente. Con estas tres distancias, podemos determinar las coordenadas del punto “C” (Makerfabs, 2023).

Para determinar la posición de “C”, se emplea la ley de los cosenos, la cual se utiliza para calcular el coseno del ángulo en “A”:

$$\cos(A) = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \quad \text{Ec.1}$$

Posteriormente, aplicamos el teorema de Pitágoras para obtener el seno del ángulo “A”.

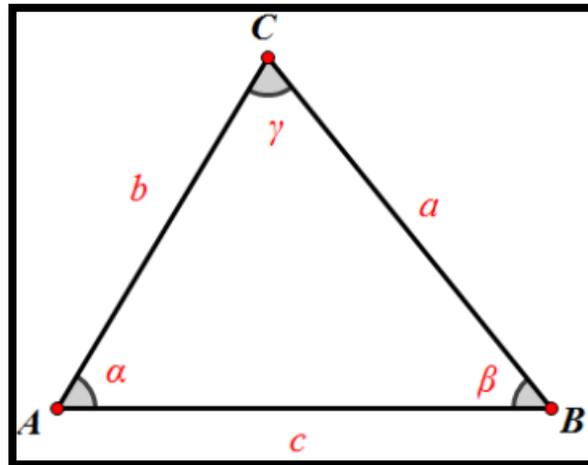
$$\sin(A) = \sqrt{1 - \cos^2(A)} \quad \text{Ec.2}$$

Al designar el punto “A” como el origen del sistema de coordenadas, es posible determinar las coordenadas del punto “C” de la siguiente manera:

$$C = (bcos(A), bsin(A)) \quad \text{Ec.3}$$

Este método permite calcular con precisión la ubicación de la etiqueta, basándose en las distancias medidas y las propiedades geométricas del triángulo formado por los anclajes y la etiqueta. De esta manera, se logra una localización precisa y fiable, esencial para aplicaciones de sistemas de localización entiempos real (RTLS) y otros contextos donde la precisión espacial es crítica (Makerfabs, 2021).

Figura. 2.9 Sistema Triangulación



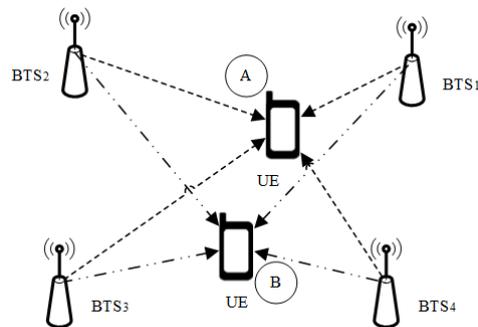
Algoritmo de Orientación del Plano (Makerfabs, 2021).

### 2.4.3 RSS

El Sistema de Localización basado en la Intensidad de Señal Recibida (RSS) es una tecnología utilizada para determinar la localización de dispositivos en interiores midiendo la intensidad de las señales de radiofrecuencia recibidas desde varios puntos de acceso. Los dispositivos móviles recopilan datos de intensidad de la señal y, utilizando algoritmos

de trilateración o técnicas de fingerprinting, calcular su ubicación precisa. Este sistema es ampliamente aplicado en la gestión de activos, seguridad y monitoreo, asistencias en la navegación y en el sector salud, proporcionando una solución de bajo costo y fácil implementación, sin embargo, enfrenta desafíos como las interferencias de señal y la dependencia de una infraestructura densa y bien distribuida para mantener la precisión (Yassin, 2017)

Figura. 2.10 Sistema de Localización



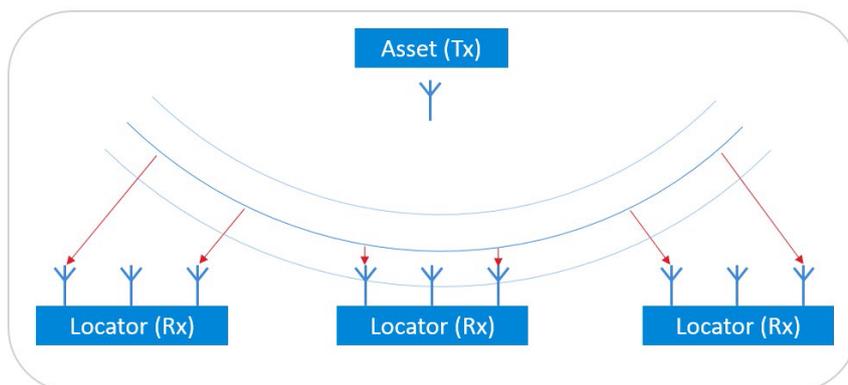
Método de posición RSS, (Gilski, 2015).

#### 2.4.4 AOA

El Sistema de Posicionamiento basado en el ángulo de llegada es una tecnología avanzada utilizada para localizar la posición de un dispositivo mediante la medición del ángulo en que las señales de radiofrecuencia llegan a varios receptores. Utilizando antenas direccionales y algoritmos de triangulación, AOA puede calcular la posición precisa del dispositivo emisor. Esta tecnología es especialmente útil en entornos que requieren alta precisión y donde la infraestructura es limitada.

Los dispositivos emisores, como etiquetas o teléfonos móviles, emiten señales de radiofrecuencia que son recibidas por varias antenas direccionales ubicadas estratégicamente. Cada antena mide el ángulo de llegada de la señal y estos datos son enviados a un servidor central. Los datos recopilados se procesan utilizando algoritmos de triangulación para calcular con exactitud la ubicación del dispositivo emisor (Azzini, 2021).

Figura. 2.11 El Ángulo de llegada



Angulo de llegada (AOA), (DusunIoT, 2023).

## 2.5 Sensor Magnético

Un sensor magnético de puerta, comúnmente utilizado en sistemas de seguridad, funciona como un interruptor que se activa o desactiva al detectar la presencia de un campo magnético. Este tipo de sensor es ideal para Arduino, especialmente aquellos que buscan monitorear el estado de puertas y ventanas.

Consta típicamente de dos componentes principales, un imán y un interruptor de lengüeta. Cuando el imán se aproxima al interruptor, el circuito se cierra, activando el sensor. Al separar el imán, el circuito se abre, desactivando el sensor, este mecanismo permite detectar de manera eficaz si una puerta o ventana se encuentra abierta o cerrada. El funcionamiento del sensor magnético es sencillo y confiable, lo que lo hace una opción ideal para sistemas de seguridad en hogares y oficinas. La instalación es generalmente simple, con el imán montado en la parte móvil y el interruptor de lengüeta en el marco fijo (Arduino Forum, 2024)

Figura. 2.12 Sensor de Puerta Magnético



Sensor magnético utilizado para detectar la puerta. Fuente (Electrónica THIDO, 2023)

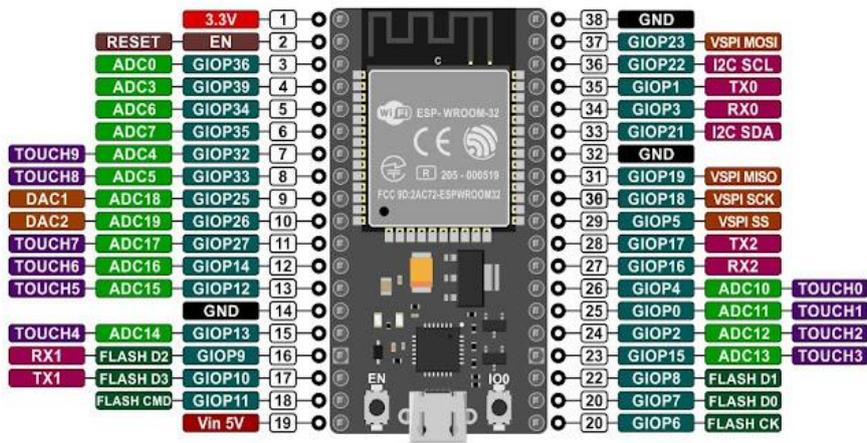
## **2.6 Sistemas Embebidos**

Los sistemas embebidos son sistemas informáticos dedicados a llevar a cabo funciones específicas dentro de dispositivos más grandes. Combinan hardware y software para funciones de control y monitoreo, su diseño optimiza eficiencia y confiabilidad, integrado sensores, actuadores y microcontroladores para operar de manera autónoma y en tiempo real (Ganssle, 2020).

### **2.6.1 ESP-WROOM-32**

El ESP32 es un módulo altamente versátil y potente, adecuado para una variedad de aplicaciones en proyectos tecnológicos avanzado y en el ámbito del internet de las cosas. Este módulo integra un microcontrolador Tensilica LX6 de doble núcleo, que opera a una velocidad de hasta 240 MHz, ofreciendo un rendimiento de 600 DMIPS. Esta capacidad de procesamiento posibilita la ejecución simultánea de múltiples tareas, mejorando el rendimiento del sistema en aplicaciones complejas y exigentes. En cuanto a la memoria, el ESP32 cuenta con 520 KN de SRAM integrada y 4 MB de memoria flash en el módulo ESP-WROOM-32. Esta configuración proporciona un amplio espacio para almacenar el firmware y otros datos esenciales para el funcionamiento del sistema. La combinación de estas capacidades de memoria asegura un rendimiento eficiente y confiable para una variedad de aplicaciones (Aliexpress, 2024)

Figura. 2.13 ESP32-WROOM-32



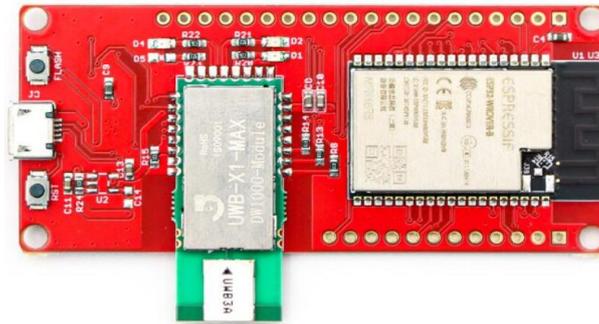
Especificaciones del módulo ESP32. Fuente (Vasanza, 2021)

### 2.6.2 Módulo ESP32 UWB (Banda Ultra Ancha)

La banda ultra ancha (UWB) es una tecnología inalámbrica de corto alcance que funcionan mediante ondas de radio, permitiendo un alcance confiable y seguro y una detección de precisión. Esta tecnología crea una nueva dimensión de contexto espacial para dispositivos inalámbricos, mejorado significativamente su capacidad de localización y seguimiento.

El módulo ESP32 UWB basado en el chip DW1000, funciona como un radar de escaneo continuo. Este módulo se fija con precisión en otros dispositivos y se comunica con él, calculando así su propia ubicación mediante la técnica de tiempo de vuelo (ToF). El ToF se basa en calcular el tiempo que tarda los paquetes de desafío y respuesta en viajar de ida y vuelta entre dispositivos. Cuando un dispositivo UWB se acerca a otro, comienzan a medir la distancia entre ellos con gran precisión, lo que se conoce como “rango” (RobotShop, 2024).

Figura. 2.14 ESP 32 UWB



Modulo ESP32 UWB. Fuente: (Makerfabs, 2023)

### 2.6.3 Módulo SIM800L

Es un módulo de comunicación GSM/GPRS compacto y eficiente, utilizando para proporcionar conectividad celular a proyectos de electrónica y aplicaciones IoT. Es modulo permite enviar y recibir mensajes SMS, realizando llamadas de voz, y conectarse a Internet a través de la red GPRS. Es muy apreciado por su bajo consumo de energía, su tamaño compacto y su capacidad para funcionar con comandos AT, lo que facilita su integración con microcontroladores como Arduino y ESP32 (Sarkar, 2021).

Figura. 2.15 Modulo SIM800L



Módulo GSM/GPRS SIM800L, (Nettigo, 2023)

## 2.7 Software

### 2.7.1 Arduino IDE

Arduino IDE es una plataforma de desarrollo gratuita y de código abierto que permite programar y cargar códigos en dispositivos Arduino con facilidad. Este entorno de desarrollo integrado (IDE) es ampliamente utilizado por su accesibilidad y facilidad de uso, permitiendo redactar, compilar y subir código en placas Arduino de manera eficiente. El editor de Arduino IDE proporciona una interfaz de texto con resaltado de sintaxis, lo

que facilita la redacción y modificación de código en el lenguaje Arduino basado en C++ (Arduino, 2024).

### **2.7.2 Visual Studio**

Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) extremadamente versátil y repleto de funciones, diseñado para facilitar cada etapa del ciclo de desarrollo de software. Permite escribir, editar, depurar y compilar código, así como desplegar aplicaciones de manera eficiente y colaborativa. Este IDE admite diversos lenguajes de programación, como C++, C#, JavaScript, TypeScript, Python, entre otros, y soporta el desarrollo multiplataforma, haciendo de él una herramienta perfecta para desarrollar aplicaciones para varias plataformas (Microsoft, 2023).

Destaca por su flexibilidad y personalización a través de extensiones. Estas permiten ampliar las capacidades del editor según las necesidades específicas del proyecto. Además, permite una integración sin problemas con sistemas de control de versiones como Git, facilitando la colaboración en proyectos, especialmente en el desarrollo frontend (Galicía, 2024).

### **2.7.3 Firebase.**

Desarrollada por Google, esta plataforma se utiliza para el desarrollo de aplicaciones móvil y web, creada para facilitar la creación y mejora de aplicaciones. Se ha convertido en una herramienta integral en el ecosistema de Google Cloud. Características principales:

- **Base de Datos en Tiempo Real:** Firebase ofrece una base de datos NoSQL que facilita la sincronización en tiempo real entre los clientes y el almacenamiento en la nube. Esto garantiza que, cuando se produzca un cambio, los datos se actualicen automáticamente en todos los dispositivos conectados.
- **Autenticación:** Proporciona servicios de autenticación simples para controlar el acceso de los usuarios a las aplicaciones, soportando múltiples métodos de autenticación, incluidos correos electrónicos y contraseñas.
- **Cloud Firestore:** Es una base de datos NoSQL flexible y escalable que proporciona sincronización de datos en tiempo real y soporte para almacenamiento offline.

- Almacenamiento en la nube: Firebase Storage permite el almacenamiento y la distribución de contenido creado por los usuarios, como fotos y videos.
- Funciones de la nube: Permite ejecutar código backend en respuesta a eventos activados por Firebase sin necesidad de gestionar servidores, permite extender las funcionalidades de las aplicaciones de manera segura y escalable.
- Analíticas: Proporciona análisis detallados sobre como los usuarios interactúan con las aplicaciones. Esto ofrece información valiosa para enriquecer la experiencia del usuario y aumentar el rendimiento de la aplicación (Google, 2023).

## CAPÍTULO 3

### MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo trata sobre la selección de diferentes dispositivos que se emplearan, así como la explicación de su desarrollo correspondiente a la parte de software y hardware, se presentan los diferentes diagramas de flujo que ilustren el funcionamiento del proyecto.

#### 3.1 Partes del Sistema Distribuido.

##### 3.1.1 Diagrama de bloque.

Figura. 3.1 Demostración del Diagrama de Bloque General

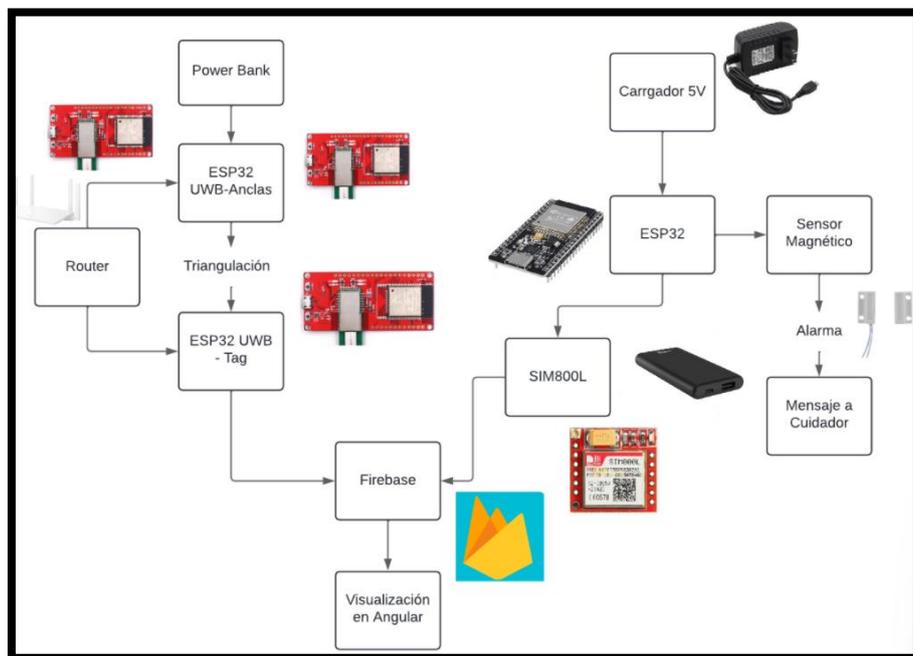


Diagrama de bloques del proyecto, Ronaldo Villegas

En la Figura 3.1 se puede ver de manera general un diagrama que muestra los diferentes componentes y pasos a seguir para realizar la composición del dispositivo.

- ESP32 UWB: Este dispositivo es crucial para implementar el sistema de localización, ya que permite mapear fácilmente el espacio de un lugar determinado. Utilizando tres ESP32 UWB, se puede configurar dos como anclajes (Anchor) y uno como etiqueta (tag).

- SIM800L: Este módulo, es esencial para el proyecto debido a su eficiencia energética y su capacidad de comunicación unidireccional mediante SMS.
- Power Bank: Una fuente de energía importante para el tag, que mantiene la portabilidad del dispositivo y permite al usuario desplazarse cómodamente.
- Sistema de localización de triangulación: Este sistema se implementa utilizando la facilidad de los ESP32 UWB para determinar la ubicación mediante triangulación.
- Python: Se utiliza para realizar las operaciones matemáticas necesarias para calcular las distancias entre tres ESP32 UWB y para enviar los datos a Firebase.
- Angular: Se desarrolla el sistema de visualización utilizando los datos recuperados de Firebase. Además, Angular se emplea para desarrollar la interfaz gráfica del proyecto.

### **3.2 Desarrollo del Sistema**

Para desarrollar el sistema de localización, se comparan los diferentes métodos descritos, identificando sus ventajas y desventajas. Esto permite elegir la tecnología más adecuada para implementar un sistema eficiente y preciso que satisfaga los requisitos específicos del proyecto.

Se evaluaron las diferentes tecnologías de localización, descritas en la Tabla 3.1, tras comparar las opciones disponibles, se ha decidido utilizar la tecnología de banda ultra ancha (UWB) debido a sus múltiples ventajas.

La tecnología UWB ofrece una precisión muy alta en la determinación de ubicaciones, lo cual es crucial para un entorno donde la seguridad y el seguimiento exacto de los niños son primordiales. UWB tiene una baja susceptibilidad a interferencias, a diferencia de otras tecnologías como Wi-Fi o Bluetooth, lo que garantiza un funcionamiento fiable incluso en entornos con muchos dispositivos electrónicos. La capacidad de UWB para proporcionar mediciones precisas en interiores y su idoneidad para aplicaciones que demandan alta precisión la convierten en la opción ideal para el seguimiento en tiempo real dentro de la guardería.

Tabla 3.1 Diferencia entre la tecnología de localización

<b>Tecnología</b>	<b>Alcance de Lectura</b>	<b>Costo</b>	<b>Precisión</b>	<b>Interferencias</b>	<b>Aplicaciones Ideales</b>
RFID Pasiva	Corto (varios metros)	Bajo	Moderado	Moderada (agua y metal)	Presencia y corto alcance
RFID Activa	Largo (hasta 100 metros)	Alto	Moderado	Moderada (agua y metal)	Largo alcance, alta precisión
Wi-Fi (WPS)	Medio (hasta 10 metros)	Medio	Moderada	Alta (puntos muertos de Wi-Fi)	Sistemas existentes de red Wi-Fi
Bluetooth	Corto (menos de 10 metros)	Medio	Moderada	Alta (banda sin licencia)	Proximidad inmediata
Infrarrojos (IR)	Corto (línea de visión)	Bajo	Alta	Alta (requiere de línea de visión)	Ubicación a nivel de habitación
Ultrasonido	Corto (nivel de habitación)	Medio	Alta	Alta (entornos ruidosos)	Ubicación a nivel de habitación en entornos controlados
Banda Ultra ancha (UWB)	Medio (alta precisión, hasta 10-30 metros)	Alto	Muy Alta	Baja	Alta precisión en entornos interiores

Tabla de diferencias entre métodos de localización, Ronaldo Villegas

Tabla 3.2 Herramientas de Desarrollo.

<b>Herramienta</b>	<b>Características</b>
Arduino IDE	Utilizado para escribir y cargar códigos de configuración en las ESP32 UWB. Permite asignar una dirección única a cada anclaje y etiqueta. Además, se configura el ESP32 para integrar el sistema de alarma, facilitando la programación y depuración de los microcontroladores.
Visual Studio	Este entorno de desarrollo es esencial para el desarrollo del sistema de localización. Permite utilizar Python para calcular la posición utilizando los datos de las ESP32 UWB. También es compatible con varios lenguajes de programación, como TypeScript y JavaScript, HTML, CSS ofreciendo herramientas avanzadas para la depuración y colaboración en proyectos.
Firebase	Una plataforma desarrollada de Google que nos permite realizar diferentes aplicaciones móviles y web, que sirve como base de datos en tiempo real para almacenar información, como las posiciones de las ESP32 UWB y las señales de activación de la alarma. Firebase posibilita la sincronización automática de datos entre dispositivos conectados, brindando una solución confiable y escalable para la gestión de datos.

Tabla de los diferentes softwares utilizados, Ronaldo Villegas

### 3.2 Diagrama de Flujo Guardado de Posición en Firebase.

Figura. 3.2 Diagrama de Flujo Posiciones Firebase

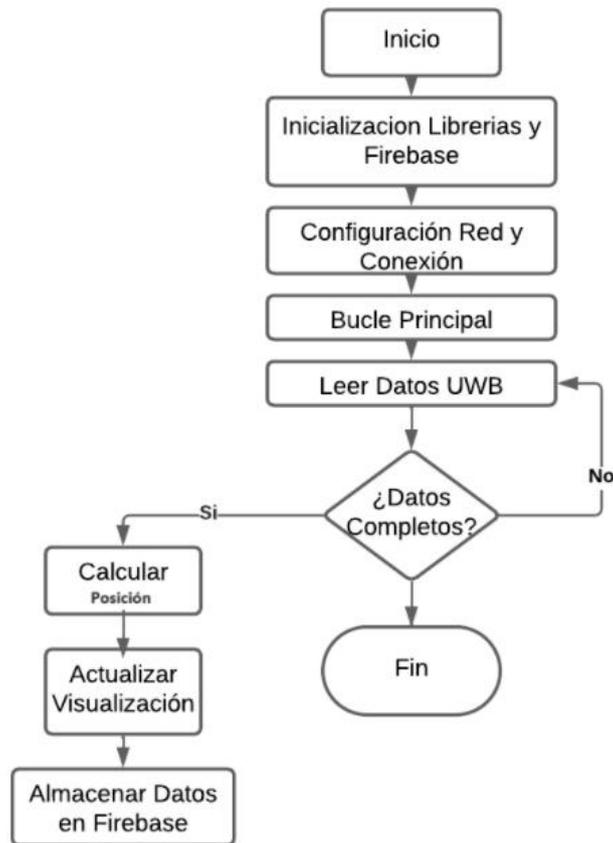
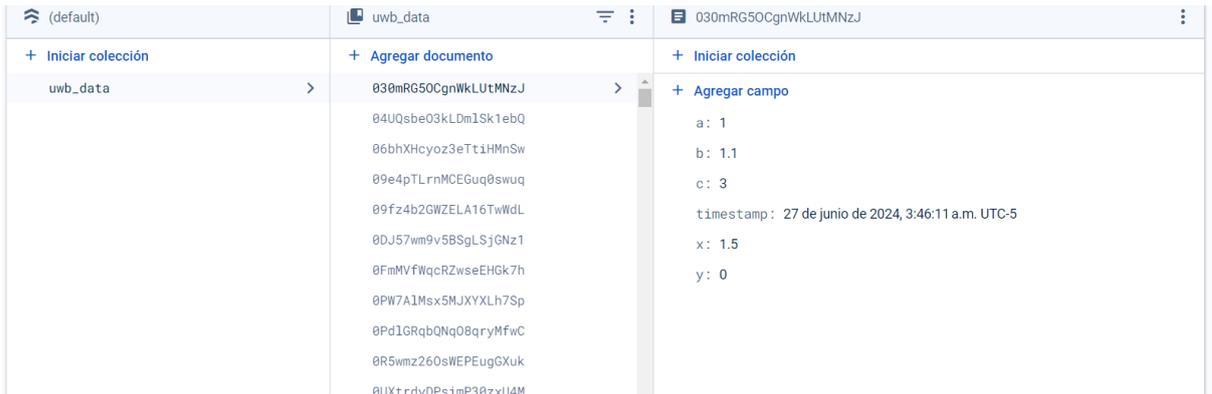


Diagrama de Flujo Guardado de Posiciones en Firebase, Ronaldo Villegas

La Figura 3.2, nos muestra el proceso que se realiza en un sistema de posicionamiento con tecnología UWB y el almacenamiento de los datos de ubicación en Firebase. El proceso se inicia con la carga de las librerías necesarias y la configuración de la conexión con Firebase, para el guardado de los datos generados.

Figura. 3.3 Datos guardado en Firebase



Guardar la posición en Firebase, Ronaldo Villegas.

Posteriormente, se configura la red y se establece la conexión con Firebase. El sistema opera en un bucle continuo en el que se leen los datos de los dispositivos UWB. Cuando los datos están completos, se calcula la posición, se actualiza la visualización en tiempo real y se almacenan los datos en Firebase.

Figura. 3.4 Inicialización de Librerías y Firebase.

```
import firebase_admin
from firebase_admin import credentials, firestore
from firebase_admin.exceptions import FirebaseError

Inicializar Firebase
try:
    cred = credentials.Certificate("path/to/firebase/credentials.json")
    firebase_admin.initialize_app(cred)
    db = firestore.client()
    print("Firebase initialized successfully")
except FirebaseError as e:
    print(f"Error initializing Firebase: {e}")
```

Inicialización de Librerías, Ronaldo Villegas

Este código en Python inicializa la conexión con Firebase utilizando la biblioteca 'firebase\_admin'. Importa los módulos necesarios y luego en un bloque 'try', carga las credenciales desde un archivo JSON para la aplicación con Firebase. Utiliza

‘initialize\_app’ para inicializar la aplicación y ‘firestore. client’ para establecer la conexión con la base de datos de Firebase.

Figura. 3.5 Configuración de red y conexión

```
import socket

hostname = socket.gethostname()
UDP_IP = socket.gethostbyname(hostname)
print("***Local IP:" + str(UDP_IP) + "**")
UDP_PORT = 80
sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.bind((UDP_IP, UDP_PORT))
sock.listen(1)
print("Waiting for connection...")
conn, addr = sock.accept()
print("Connection established with:", addr)
```

Configuración de red y conexión, Ronaldo Villegas

En este código en Python establece un servidor TCP que escucha conexiones entrantes, importa el módulo ‘socket’ y obtiene el nombre de host y la dirección IP local. Configura un puerto UPS (80 en este caso) y crea un socket TCP. El socket se vincula a la dirección IP local y al puerto especificado, y se pone en modo de escucha para aceptar una conexión entrante. Una vez que una conexión es aceptada, imprime un mensaje indicando que la conexión ha sido establecida junto con la dirección del cliente.

En el bucle principal, se leen los datos de los dispositivos UWB y se verifica se están completos. Si los datos están completos, se procede a calcular la posición del tag UWB utilizando la información de los anclajes.

Esta posición se actualiza en la visualización en tiempo real, finalmente, los datos formateados se almacenan en Firebase para su posterior análisis. Este flujo de trabajo asegura que los datos de posición se procesen y almacenen de manera eficiente y precisa, permitiendo un monitoreo continuo y fiable en tiempo real.

### 3.3 Diagrama de Flujo del sistema de alarma SIM800L

Figura. 3.6 Diagrama de flujo de la alarma

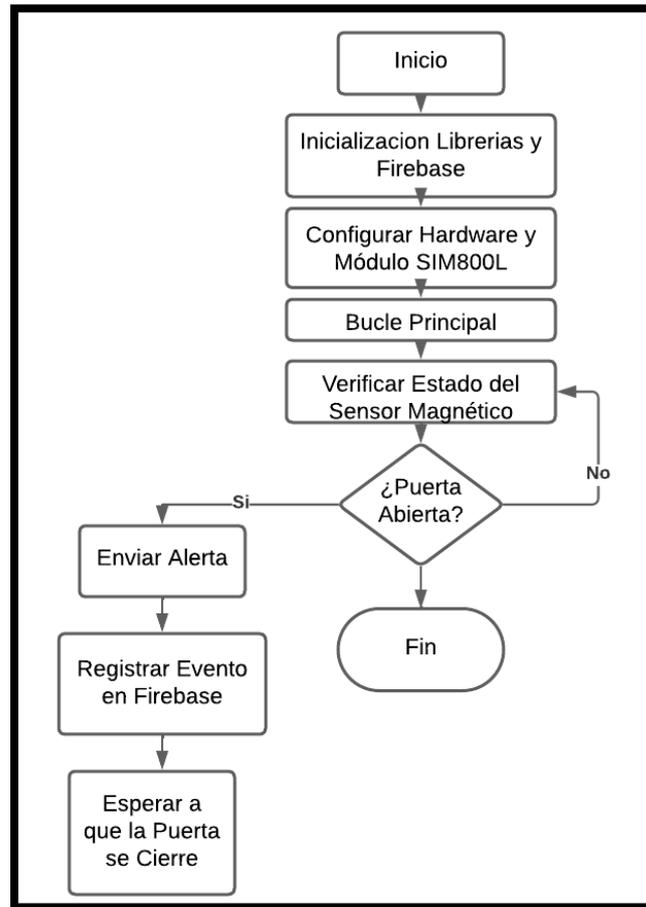


Diagrama de flujo del sistema de alarma con el SIM 800L, Ronaldo Villegas

Este diagrama de flujo describe un proceso detallado para monitorear y notificar la apertura de una puerta utilizando un sensor magnético, el módulo SIM800L y Firebase. El proceso comienza con la configuración del sistema, en la que se cargan las librerías necesarias y se establece la conexión con Firebase, seguidamente se configura el hardware, incluyendo la inicialización del módulo SIM800L, que permite enviar alertas a través de la red GSM.

Una vez configurando, el sistema entra en un bucle principal donde continuamente verificar el estado del sensor magnético. Si el sensor detecta que la puerta está abierta, el flujo sigue la ruta del "Sí". En este caso, se envía una alerta utilizando el módulo

SIM800L y se registra el evento en Firebase. Luego, el sistema espera a que la puerta se cierre antes de regresar al bucle principal para continuar con el monitoreo.

Si el sensor indica que la puerta está cerrada, el flujo sigue la ruta del “No”, terminando el ciclo actual y volviendo al bucle principal para continuar la verificación del estado de la puerta, este proceso asegura que cualquier apertura sea notificada y registrada en Firebase para su seguimiento y análisis. Esta solución robusta proporciona seguridad y monitoreo en tiempo real de la puerta, garantizando que cualquier intento de acceso no autorizado sea rápidamente detectado y comunicado.

### 3.4 Sistema de Envió SMS.

Figura. 3.7 Envió de Mensaje



Mensaje del módulo SIM800L, Ronaldo Villegas

Mediante el uso del módulo SIM800L, es posible realizar llamadas o enviar mensajes de texto. En este caso específico, se configuro para enviar mensajes de texto. Cuando el sensor magnético detecta la separación, se activa un comando que envía un mensaje para alertar sobre la apertura de la puerta. Este mensaje de alerta también se guarda en Firebase, lo que permite recuperar esta información posteriormente y representarla gráficamente.

### 3.8 Diagrama de flujo del sistema de alarma y seguimiento en tiempo real (RTLS).

Figura. 3.8 Diagrama de Flujo Sistema RTLS y Alarma

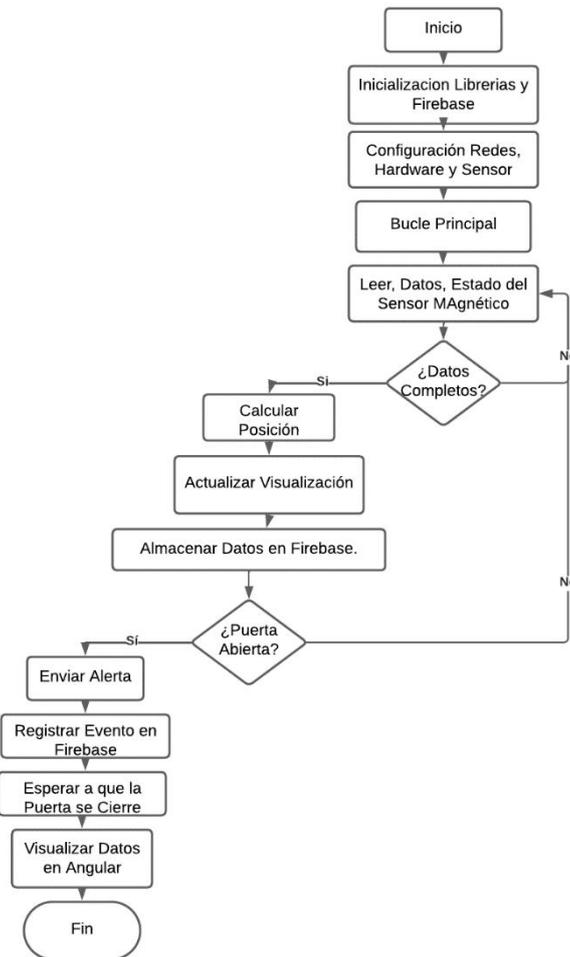


Diagrama de Flujo del Sistema de alarma y Seguimiento en tiempo real, Ronaldo Villegas

Este diagrama de flujo describe un sistema de monitoreo y notificación de una puerta utilizando un sensor magnético, el módulo SIM800L y Firebase. El proceso comienza con la inicialización de librerías y la configuración de Firebase, seguida por la configuración de las redes, el hardware y el sensor. El sistema entra en un bucle principal donde lee continuamente los datos del sensor magnético.

El siguiente paso es verificar si los datos leídos están completos. Si no lo están, el sistema vuelve a leer los datos. Si los datos están completos, se calcula la posición y se actualiza la visualización de estos datos. Luego, los datos se almacenan en Firebase. Posteriormente, se verifica si la puerta está abierta. Si la puerta no está abierta, el sistema vuelve al bucle principal para continuar con el monitoreo.

Si la puerta está abierta, el sistema envía una alerta utilizando el módulo SIM800L y registra el evento en Firebase. Luego, espera a que la puerta se cierre antes de regresar al bucle principal. Finalmente, se visualizan los datos en Angular y el proceso se repite, asegurando un monitoreo continuo y eficiente del estado de la puerta, con notificación y almacenamiento de eventos en tiempo real.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se presenta la implementación y validación del prototipo desarrollado para el sistema de seguimiento y alerta en tiempo real para la seguridad de los niños en la guardería Mileniums Kids. Se describirán las pruebas realizadas para evaluar el rendimiento y la presión del sistema

#### 4.1 Implementación del Prototipo

La implementación del módulo ESP32 UWB incorporada en el que funciona como tag para determinar y almacenar la posición del usuario en la base de datos de Firebase. El chaleco está diseñado para ser usado por los infantes de la guardería, permitiendo el monitoreo en tiempo real de su ubicación. Como se observa en la Figura 4.1.

Figura. 4.1 Chaleco con ESP32 UWB



Chaleco con ESP32UWB, Ronaldo Villegas.

En caso de que el niño salga de una zona designada o se detecte algún movimiento inusual, el sistema envía alertas automáticas a través del módulo SIM800L. Esto permite una respuesta rápida, ya que las alertas SMS son recibidas inmediatamente por los cuidadores, quienes pueden tomar las acciones necesarias de forma oportuna. Los datos de localización se almacenan en Firebase, donde pueden ser accedidos de manera remota

desde cualquier lugar mediante la interfaz de visualización desarrollada en Angular. El sistema de alarma se visualiza en la Figura

Figura. 4.2 SIM800L

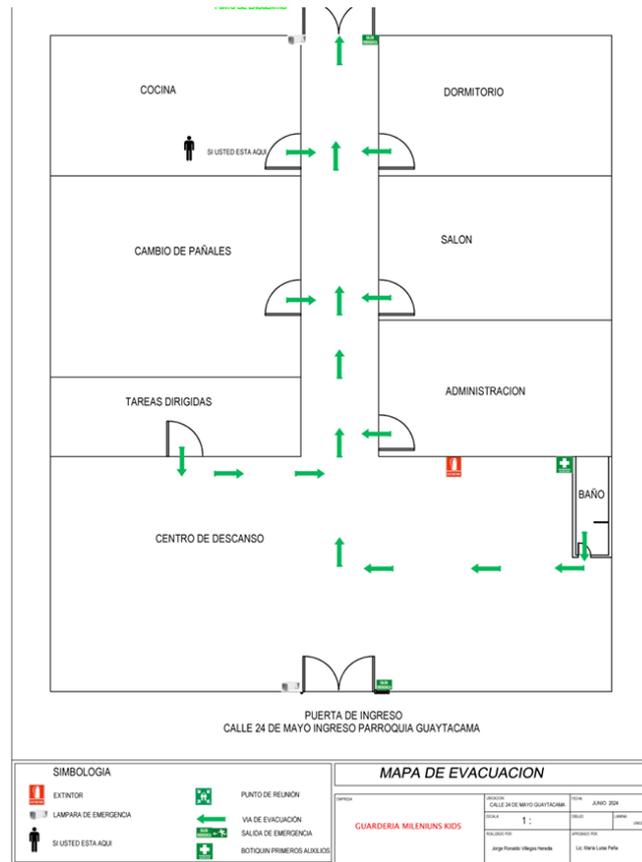


Sim800L para realizar mensajes, Ronaldo Villegas

#### 4.2 Pruebas Realizadas en la Guardería Mileniums Kids

El plano de la guardería con sus respectivos espacios, como el centro de descanso, las áreas de tareas dirigidas, la administración, el área de cambio de pañales, el salón, y la cocina. En la implementación del sistema de localización, en la parte norte se ubicó las ESP32 UWB debido a que la puerta principal está cerca de la calle, donde se tiene más precaución. El diseño de la guardería se ilustra en la Figura 4.3

Figura. 4.3 Mapa de Evacuación

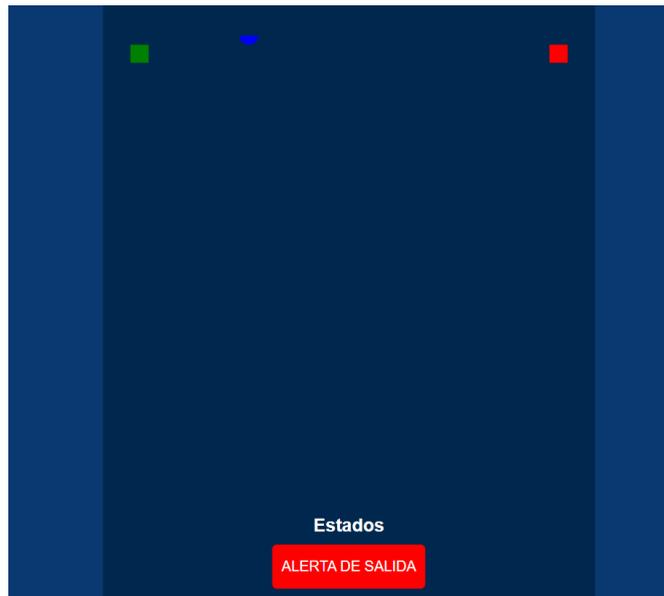


Mapa de evacuación, Ronaldo Villegas

Se presenta la interfaz de visualización del sistema de seguimiento en tiempo real, el punto verde representa el anchor 1, el punto rojo representa el anchor2, y el punto azul muestra la ubicación del niño. Los dos anclajes están separados por una distancia fija, lo que permite mapear todo el cuarto y registrar los movimientos del niño.

La interfaz, desarrollada en Angular, permite visualizar en tiempo real la posición del niño, almacenando automáticamente los datos en Firebase. Esto garantiza un monitoreo continuo y preciso, permitiendo conocer la ubicación del niño. Tal como se aprecia en la Figura 4.4.

Figura. 4.4 Angular



Angular de ESP32UWB, Ronaldo Villegas

Figura. 4.5 Definición de tag

```
def tag_pos(a, b, c):  
    cos_a = (b * b + c * c - a * a) / (2 * b * c)  
    x = b * cos_a  
    y = b * cmath.sqrt(1 - cos_a * cos_a)  
    return round(x.real, 1), round(y.real, 1)
```

Código del tag posición, Ronaldo Villegas

Para la Figura 4.4, muestra una función en Python denominada 'tag\_pos' que calcula la posición de un tag en un sistema de coordenadas 2D utilizando la ley de cosenos. La función toma tres parámetros 'a', 'b' y 'c', que representan las distancias entre los puntos. Dentro de la función, se calcula el coseno del ángulo 'a' ('cos\_a') utilizando la fórmula de la ley de coseno:

$$\cos_a = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \quad \text{Ec.1}$$

Luego se calcula la coordenada x multiplicando b por  $\cos_a$ . La coordenada y, se obtiene multiplicando b por la raíz cuadrada de  $1 - \cos_a^2$ , utilizando la función 'sqrt' del módulo 'cmath' para asegurar el manejo correcto de números complejos.

Tabla 4.1. Aplicación del sistema de localización

Intentos	Área de Descanso	Salón 1	Salón 2
1	SI	SI	SI
2	SI	SI	SI
3	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO
5	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI
7	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI

Tabla de aplicaciones del sistema de localización, Ronaldo Villegas

La Tabla 4.1 muestra los resultados obtenidos al aplicar el sistema de localización en diferentes áreas de la guardería, incluyendo el área de descanso, salón1, salón 2. Se realizó diez intentos para evaluar la efectividad del sistema. En nueve de los diez intentos, el sistema de localización funcionó correctamente en todas las áreas mencionadas, indicando “SI” para cada ubicación. Sin embargo, en un intento, el sistema falló en todas las áreas, indicando “NO”.

La ecuación empleada para determinar el porcentaje de aciertos es:

$$\%Aciertos = \frac{\text{intentos totales} - \text{fallos}}{\text{intenteos totales}} * 100 \quad \text{Ec.4}$$

$$\%Aciertos = \frac{10-1}{10} * 100 \quad \text{Ec.5}$$

$$\%Aciertos = 90$$

Esto indica que el sistema de localización tuvo un 90 % de efectividad durante las pruebas. La alta tasa de aciertos demuestra que el sistema es confiable y efectivo para monitorear la ubicación de los niños en la guardería.

Tabla 4.2 Registro de la alarma.

Intentos	Área de Descanso	Salón 1	Salón 2
1	SI	SI	SI
2	SI	SI	SI
3	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI

Tabla de aplicaciones del sistema de alarma, Ronaldo Villegas

Los resultados de la implementación del sistema de alarma en diversas áreas de la guardería se encuentran en la Tabla 4.2. Se realizó diez intentos para evaluar la efectividad del sistema, en siete de los diez intentos, el sistema de alarma funcionó correctamente en todas las áreas mencionadas, indicando "SI" para cada ubicación. Sin embargo, en tres intentos, el sistema falló en todas las áreas, indicando "NO".

Para calcular el porcentaje de aciertos se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%Aciertos = \frac{\text{intentos totales} - \text{fallos}}{\text{intenteos totales}} * 100 \quad \text{Ec.6}$$

$$\%Aciertos = \frac{10-3}{10} * 100 \quad \text{Ec.7}$$

$$\%Aciertos = 70$$

Indica que el sistema de alarma tuvo una efectividad del 70% durante las pruebas. Sin embargo, se detectaron ciertos fallos, lo que indica necesidad de optimizar la posición de la alarma y antena. La señal de la alarma es esencial para la comunicación efectiva, por lo que se realizó ajustes en la posición de la antena, colocándola en diferentes ubicaciones para recibir la mejor señal posible. Además, se recomienda el uso de una batería de 3.7V y 2 A para asegurar una fuente de energía adecuada y estable.

## CONCLUSIONES

- Se seleccionaron los módulos ESP32 UWB debido a su alta precisión y baja susceptibilidad a interferencias, lo que garantiza un monitoreo eficaz en entornos interiores con alta densidad de dispositivos electrónicos, minimizando los errores de localización. La adopción de la tecnología de localización en tiempo real ha demostrado ser efectiva, como lo indica las pruebas realizadas y presentadas en la Tabla 4.1, con una tasa de aciertos del 90%. Estos valores evidencian la fiabilidad del sistema para monitorear la ubicación de los niños en diferentes áreas de la guardería.
- La implementación del sistema de triangulación con los módulos ESP32 UWB permitió un monitoreo preciso y en tiempo real de la ubicación de los niños. Sin embargo, durante las pruebas, se identificaron algunos fallos debido a problemas de señal y la ubicación de la antena del módulo SIM800L, afectando la velocidad de comunicación de los datos. Estos fallos, reflejados en la Tabla 4.2, muestra una precisión del 70%, con tres fallos en diez intentos. La mejora propuesta incluye mover la antena a una ubicación con mejor cobertura y utilizar una batería de 3.7V y 2A para asegurar una alimentación adecuada del sistema.
- El sistema de alarma, basado en el módulo SIM800L, se integró con Firebase para enviar alertas automáticas y registrar eventos, la interfaz desarrollada en Angular proporciona una visualización clara y eficiente de la ubicación y las alertas de seguridad, permitiendo un seguimiento continuo y accesible de los datos. La baja latencia en la transmisión de datos a través de Firebase asegura que las alertas se envíen y se reciban de manera oportuna, mejorando la capacidad de respuesta ante emergencia. La Figura 3.3 ilustra cómo se registran los datos en Firebase, evidenciando la efectividad del sistema para el almacenamiento de la información de localización.
- El sistema desarrollado no solo ha demostrado ser eficaz durante las pruebas, sino que también tiene un impacto significativo en la seguridad de los niños en entornos educativos. Al proporcionar una solución tecnológica accesible, el proyecto está dirigido a educadores y padres, quienes se beneficiarán de esta herramienta. La implementación del sistema de localización y alarma asegura un monitoreo mejorando la seguridad y proporcionando tranquilidad.

## RECOMENDACIONES

- Es esencial considerar que el módulo SIM800L opera con valores específicos de voltaje y amperaje. Las variaciones en el voltaje pueden afectar negativamente el rendimiento del módulo. Es crucial asegurar que el valor de amperaje utilizado sea adecuado para la función específica, ya que el módulo puede requerir diferentes niveles de corriente dependiendo de su operación.
- Es importante monitorear las luces indicadoras en la parte superior del módulo SIM800L, ya que estas luces indican su estado operativo. Para mitigar picos de voltaje que pueden desestabilizar el módulo, se recomienda utilizar un capacitor de 100 microfaradios o superior. Si el LED del módulo titila repetidamente, esto puede indicar problemas de conexión, y el uso del capacitor puede ayudar a resolver este problema.
- La calidad de la señal del módulo SIM800L puede verificarse utilizando comandos AT, específicamente el comando “AT+CSQ”, que proporciona la calidad de la señal en un rango de 0 a 32. Es fundamental ubicar el módulo en un área con buena cobertura celular para garantizar un funcionamiento óptimo.
- Utilizando los datos recopilados en Firebase para realizar análisis detallados del comportamiento y patrones de movimiento. Este análisis puede ayudar a identificar áreas de riesgo y mejorar las estrategias de supervisión, proporcionando una herramienta valiosa para la seguridad y bienestar de los niños en la guardería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aliexpress. (17 de junio de 2024). *Aliexpress*. Obtenido de Especificaciones del producto SIM800L GSM Module:  
<https://es.aliexpress.com/item/1005004697667093.html?gatewayAdapt=glo2esp>
- Arduino. (17 de junio de 2024). *Arduino*. Obtenido de <https://docs.arduino.cc/software/ide/>
- Arduino Forum. (17 de junio de 2024). *Arduino Forum*. Obtenido de <https://forum.arduino.cc/t/arduino-y-sensor-magnetico/69662>
- Azzini, E. V. (2021). The health effects of polyphenols from foods in the Mediterranean diet. *Frontiers in Nutrition*.
- Bendavid, Y. R. (2024). The Rise of Passive RFID RTLS Solution in Industry 5.0. *Sensors*.
- Child Watch of North America. (20 de junio de 2023). *Statistics & Information*. Obtenido de Child Watch of North America: <https://childwatch.org/statistics/>
- Child Watch of North America. (20 de junio de 2023). *Statistics & Information*. Obtenido de Child Watch of North America: <https://childwatch.org/statistics/>
- DusunIoT. (25 de junio de 2023). *he Benefits of BLE AoA and How You Can Use It in Life*. Obtenido de DusunIoT: <https://www.dusuniot.com/es/resources/technical-brief/the-benefits-of-ble-aoa-and-how-you-can-use-it-in-life/>
- DusunIoT. (25 de junio de 2023). *The Benefits of BLE AoA and How You Can Use It in Life*. Obtenido de DusunIoT: <https://www.dusuniot.com/es/resources/technical-brief/the-benefits-of-ble-aoa-and-how-you-can-use-it-in-life/>
- El Comercio. (13 de junio de 2023). *Actualidad*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/esta-es-la-sancion-por-el-secuestro-de-ninos-en-ecuador.html>
- El Español. (24 de octubre de 2020). *UWB: Qué es y por qué Samsung y Apple creen que sustituirá al Bluetooth*. Obtenido de El Español: [https://www.elespanol.com/elandroidelibre/tutoriales/20201024/uwb-samsung-apple-creen-sustituira-bluetooth/530697716\\_0.html](https://www.elespanol.com/elandroidelibre/tutoriales/20201024/uwb-samsung-apple-creen-sustituira-bluetooth/530697716_0.html)
- El Universo. (13 de marzo de 2023). *Noticias*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/seguridad/delitos-secuestros-incremento-ecuador-policia-recomendaciones-seguridad-nota/>
- Electrónica THIDO. (16 de junio de 2023). *Sensor Magnético MC-38*. Obtenido de Electronica THIDO:  
<https://www.electronicathido.com/detallesProducto.php?id=bGhEdEJBY1FCVVG90UmdJdndCRVdSZz09>
- Fernández, Y. (23 de septiembre de 2022). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

- Galicia, F. P. (17 de junio de 2024). *GoDaddy*. Obtenido de Visual Studio Code: Funcionalidades y beneficios para desarrolladores:  
<https://www.godaddy.com/resources/latam/desarrollo/visual-studio-code-editor>
- Ganssle, J. (2020). *The Art of Designing Embedded Systems*. Newnes.
- Gilski, P. &. (2015). Survey of Radio Navigation Systems. *International Journal of Electronics and Telecommunications*.
- Google. (20 de octubre de 2023). *Documentación de Firebase*. Obtenido de Firebase:  
<https://firebase.google.com/docs>
- Khanh, T. T. (2020). Wi-Fi indoor positioning and navigation: a cloudlet-based cloud computing approach. *Human-centric Computing and Information Sciences*.
- Lara, C. (16 de Febrero de 2023). *iCorp Blog*. Obtenido de <https://icorp.com.mx/blog/tu-guia-basica-sobre-rtls-real-time-location-systems/>
- Lara, C. (16 de febrero de 2023). *iCorp Blog*. Obtenido de <https://icorp.com.mx/blog/tu-guia-basica-sobre-rtls-real-time-location-systems/>
- Makerfabs. ( 2023). ESP32 UWB(Ultra Wideband) Module. *Makerfabs*.
- Makerfabs. (2021). ESP32 UWB Indoor Positioning Test. *Markerfabs*.
- Makerfabs. (13 de junio de 2023). *ESP32 UWB High Power 120m*. Obtenido de Makerfabs:  
<https://www.makerfabs.com/esp32-uwb-high-power-120m.html>
- Mazhar, F., Gufran Khan, M., & Sällberg, B. (2017). Precise Indoor Positioning Using UWB: A Review of Methods, Algorithms and Implementations. *Wireless Personal Communications*.
- Medina, C. S. (2013). Ultrasound Indoor Positioning System Based on a Low-Power Wireless Sensor Network Providing Sub-Centimeter Accuracy. *Sensors*, 3501-3526.
- Microsoft. (20 de octubre de 2023). *Visual Studio: IDE y Editor de código para desarrolladores de software y Teams*. Obtenido de Visual Studio:  
<https://visualstudio.microsoft.com/es/>
- MOKOBlue. (23 de septiembre de 2021). *El futuro de la tecnología híbrida RTLS*. Obtenido de MOKOBlue: <https://www.mokoblue.com/es/hybrid-rtls-technology/>
- MOKOSmart. (16 de junio de 2023). *¿Qué es RTLS?: Cómo funciona la tecnologías del sistema de localización en tiempo real*. Obtenido de MOKOSmart:  
<https://www.mokosmart.com/es/what-is-rtls-how-real-time-location-system-technology-works/>
- National Center for Missing & Exploited Children. (20 de junio de 2023). *Our Impact*. Obtenido de National Center for Missing & Exploited Children:  
<https://www.missingkids.org/ourwork/impact>
- National Geographic. (19 de octubre de 2023). *Triangulation*. Obtenido de National Geographic Education: <https://education.nationalgeographic.org/resource/triangulation-sized/>
- Nettigo. (16 de junio de 2023). *SIM800L GSM / GPRS Module*. Obtenido de Nettigo:  
<https://nettigo.eu/products/sim800l-gsm-grps-module>

- Novelo, A. (16 de febrero de 2023). *Innova Tech Blog*. Obtenido de <https://innova-tech.mx/que-es-rtls-descubre-como-funciona-esta-tecnologia/>
- Organizacion Mundial de la Salud. (13 de diciembre de 2023). *Traumatismo, causados por el tránsito*. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Overmann, K. M. (2021). Sistemas de localización en tiempo real para mejorar la prestación de atención sanitaria: una revisión sistemática. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 1308-1317.
- Overtel. (19 de octubre de 2023). *Sistema RTLS: ¿Como ayudar a maximizar la eficiencia ?* Obtenido de Overtel: <https://overtel.com/blog-3/sistema-rtls-c%C3%B3mo-ayuda-a-maximizar-la-eficiencia-art.-a-lanzar>
- PNGEgg. (s.f.). *Sistema de localización en tiempo real del inventario del faro de baja energía del Bluetooth*. Obtenido de <https://www.pngegg.com/es/png-etzsq>
- Qi, J., & Ping Liu, G. (2017). A Robust High-Accuracy Ultrasound Indoor Positioning System Based on a Wireless Sensor Network. *Sensors*.
- RedLore. (20 de junio de 2023). *RTLS Technology*. Obtenido de RedLore: <https://redlore.com/rtls-technology/>
- RobotShop. (17 de junio de 2024). *RobotShop*. Obtenido de ESP32 UWB (Ultra Wideband): <https://eu.robotshop.com/products/esp32-uwb-ultra-wideband>
- Salvatore de Blasio, G., José, R.-R. C., García, C., & Quesada Arencibia, A. (2019). Beacon-Related Parameters of Bluetooth Low Energy: Development of a Semi-Automatic System to Study Their Impact on Indoor Positioning Systems. *Sensors*.
- Sarkar, A. (20 de junio de 2021). Getting Started with the SIM800L GSM/GPRS Module. *Maker Pro*, págs. <https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-use-the-sim800l-gsm-module-with-arduino>.
- Sistemas de Localización. (22 de octubre de 2018). *¿Qué es un sistema de localización en tiempo real?* Obtenido de WordPress: <https://sistemasdelocalizacion384838462.wordpress.com/2018/10/22/que-es-un-sistema-de-localizacion-en-tiempo-real/>
- Spiekermann, S. (s.f.). *An illustration of a shopping trip with RFID RTLS, Wi-Fi locationing system, a POS, and an exit gate*. ResearchGate, [https://www.researchgate.net/figure/An-illustration-of-a-shopping-trip-with-RFID-RTLS-Wi-Fi-locating-system-a-POS-and-an\\_fig4\\_341670544](https://www.researchgate.net/figure/An-illustration-of-a-shopping-trip-with-RFID-RTLS-Wi-Fi-locating-system-a-POS-and-an_fig4_341670544).
- Stevens, W. R. (2020). *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*. Addison-Wesley Professional.
- Stevens, W. R. (2020). *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*. Addison-Wesley Professional.
- Tech, Z. (2023). *Zapt Tech Blog*. Obtenido de <https://zapt.tech/es/blog/innovaci%C3%B3n/rtls-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-localizaci%C3%B3n-en-tiempo-real/>
- UNICEF. (2023). *The State of the World's Children 2023*.

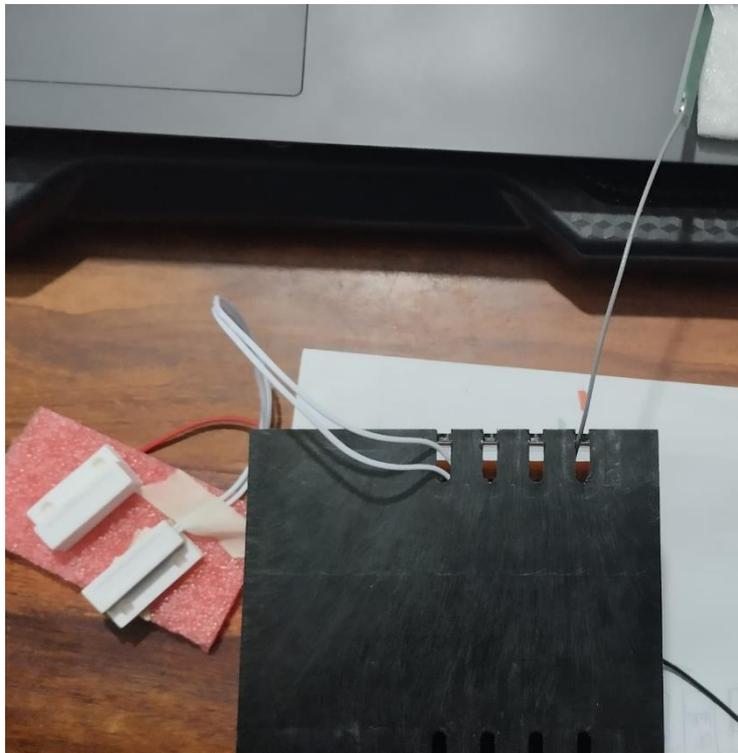
- UNICEF. (2023). *The State of the World's Children 2023*.
- Vasanza. (13 de julio de 2021). *Especificaciones del modulo ESP32*. Obtenido de Vasanza Blog: <https://vasanza.blogspot.com/2021/07/especificaciones-del-modulo-esp32.html>
- Vizzia Technologies. (20 de junio de 2023). *RTLS Solutions for Pediatric Healthcare*. Obtenido de Vizzia Technologies: <https://vizziatech.com/rtls-solutions-for-pediatric-healthcare/>
- Yassin, A. N.-D. (2017). Recent Advances in Indoor Localization: A Survey on Theoretical Approaches and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- Zebra Technologies. (13 de junio de 2023). *What Is RTLS? An Overview of Real-Time Locating Systems*. Obtenido de Zebra Technologies: <https://www.zebra.com/us/en/resource-library/faq/what-is-rtls.html>
- Zebra Technologies. (13 de junio de 2023). *What Is RTLS? An Overview of Real-Time Locating Systems*. Obtenido de Zebra Technologies: <https://www.zebra.com/us/en/resource-library/faq/what-is-rtls.html>

## ANEXOS

### ANEXO 1: Desarrollo de la alarma



### ANEXO 2: Estructura de la alarma



ANEXO 3: chaleco para el tag



ANEXO 4: Pruebas de Campo



## ANEXO 5: Código de Visualización de UWB en Angular.

```
import { Component, OnInit, AfterViewInit, ViewChild, ElementRef } from '@angular/core';
import { FirebaseService } from '../services/firebase.service';
import { Observable } from 'rxjs';

@Component({
  selector: 'app-uwb-visualization',
  templateUrl: './uwb-visualization.component.html',
  styleUrls: ['./uwb-visualization.component.css']
})
export class UwbVisualizationComponent implements OnInit, AfterViewInit {
  data$: Observable<any>;
  doorState$: Observable<any>;
  alertaSalida: boolean = false;
  @ViewChild('uwbCanvas', { static: false }) uwbCanvas!: ElementRef<HTMLCanvasElement>;

  constructor(private firebaseService: FirebaseService) {
    this.data$ = this.firebaseService.getTagPosition();
    this.doorState$ = this.firebaseService.getDoorState();
  }

  ngOnInit(): void {
    this.doorState$.subscribe(state => {
      if (state && state.estado === 'abierta') {
        this.alertaSalida = true;
        setTimeout(() => {
          this.alertaSalida = false;
        }, 5000); // Reset after 5 seconds
      }
    });
  }
}
```

```

ngAfterViewInit(): void {
  const canvas = this.uwbCanvas.nativeElement;
  const ctx = canvas.getContext('2d');

  this.data$.subscribe(dataArray => {
    if (dataArray && dataArray.length > 0 && ctx) {
      const data = dataArray[0];
      console.log('Data received from Firebase:', data);

      // Clear the canvas
      ctx.clearRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);

      // Draw anchors
      ctx.fillStyle = 'green';
      ctx.fillRect(10, 10, 30, 30); // Anchor 1
      ctx.fillStyle = 'orange';
      ctx.fillRect(360, 10, 30, 30); // Anchor 2

      // Draw tag
      const x = data.x * 100; // Convert meters to pixels
      const y = 300 - (data.y * 100); // Convert meters to pixels
      ctx.fillStyle = 'red';
      ctx.beginPath();
      ctx.arc(x, y, 10, 0, 2 * Math.PI);
      ctx.fill();
      ctx.fillText(`TAG: (${data.x}, ${data.y})`, x + 15, y);
    }
  });
}
}

```