



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRENAMIENTO Y  
GEOLOCALIZACIÓN DE DEPORTISTAS DE LA DISCIPLINA DE  
ATLETISMO DEL CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES  
UTILIZANDO DISPOSITIVOS IOT**

---

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Tecnología de la Información y Sistemas de Control.

**AUTOR:** Bryan Danilo Montes de Oca Santamaria

**TUTOR:** Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg

**Ambato – Ecuador**

**septiembre – 2022**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRENAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN DE DEPORTISTAS DE LA DISCIPLINA DE ATLETISMO DEL CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES UTILIZANDO DISPOSITIVOS IoT, desarrollado por la señor Montes de Oca Santamaria Bryan Danilo, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2022

---

Ing. Giovanni Danilo Brito Moncayo, Mg

TUTOR

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRENAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN DE DEPORTISTAS DE LA DISCIPLINA DE ATLETISMO DEL CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES UTILIZANDO DISPOSITIVOS IoT, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2022



---

Montes de Oca Santamaria Bryan Danilo

C.C. 1804707816

AUTOR

## **APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señor Montes de Oca Santamaria Bryan Danilo, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad proyecto de investigación titulado SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRENAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN DE DEPORTISTAS DE LA DISCIPLINA DE ATLETISMO DEL CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES UTILIZANDO DISPOSITIVOS IoT, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidente del Tribunal.

Ambato, septiembre de 2022

---

Ing. Pilar Urrutia, Mg.  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

---

Ing. Mario Garcia  
PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Freddy Benalcazar  
PROFESOR CALIFICADOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bryan Montes de Oca', written over a horizontal line.

Montes de Oca Santamaria Bryan Danilo

C.C. 1804707816

AUTOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la sabiduría necesaria para realizar el proyecto de investigación.

A mis padres quienes me han sabido brindar su apoyo incondicional para lograr cumplir todas mis metas.

A mis hermanos con quienes eh compartido tantos momentos como deportista.

A mi hermosa esposa que me ha brindado su apoyo incondicional para seguirme esforzando al máximo.

A mis hijos quienes me dan la fuerza necesaria para levantarme cada día a luchar para que puedan cumplir sus sueños.

A mi suegra y mi cuñada quienes de una u otra manera han sabido brindarme su ayuda y apoyo en cada momento.

A los Docentes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones quienes han impartido su conocimiento para llegar a ser un profesional.

A mis amigos quienes estuvieron en las buenas y malas luchando por alcanzar el tan anhelado sueño de culminar la carrera.

Al Club Especializado Formativo Quines por toda la colaboración brindada para el desarrollo de mi proyecto.

Bryan Danilo Montes de Oca Santamaria

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por hacer de mí una persona luchadora, que no se rinde ante cualquier adversidad.

A mi familia que de una u otra manera me han brindado todo el apoyo necesario para forjarme como persona, con sus consejos y valores que me permitirán ser un buen profesional.

A mis Docentes que me han ayudado a forzar un carácter ético y profesional.

A mis amigos de universidad con quienes eh compartido buenos y malos momentos.

A todo el Club Especializado Formativo Quines con quienes eh compartido muchas experiencias en lo deportivo como en lo personal.

*Bryan Danilo Montes de Oca Santamaria*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	IV
DERECHOS DE AUTOR .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Antecedentes Investigativos .....	1
1.1.1. Contextualización del problema .....	4
1.2. Fundamentación teórica .....	6
1.2.1. Club Especializado Formativo QUINES .....	6
1.2.2. Atletismo.....	7
1.2.3. Tipos de entrenamiento.....	8
1.2.4. Frecuencia cardiaca.....	8
1.2.5. Consumo Máximo de Oxígeno .....	10
1.2.6. Sistemas Electrónicos .....	11
1.2.7. Sistemas de posicionamiento Global (GPS).....	12
1.2.8. Comunicación Inalámbrica .....	12
1.2.9. Base de datos .....	16
1.3. Objetivos .....	17
1.3.1. Objetivo General.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos .....	17
CAPÍTULO II .....	19
2. METODOLOGÍA .....	19
2.1. Materiales .....	19
2.2. Métodos .....	19



2.2.1.	Modalidad de la Investigación.....	19
2.2.2.	Recolección de Información .....	20
2.2.3.	Población y muestra.....	20
2.2.4.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	21
2.2.5.	Desarrollo del Proyecto .....	21
CAPÍTULO III.....		23
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
3.1.	Análisis y discusión de los resultados .....	23
3.2.	Desarrollo de la propuesta.....	23
3.2.1.	Análisis de las situaciones a las que están expuestas los deportistas de atletismo en la modalidad de fondo y marcha. ....	23
3.2.2.	Determinación de los parámetros médicos que se deben considerar para mejorar el rendimiento de un deportista de atletismo.....	24
3.2.3.	Análisis de las tecnologías inalámbricas de los sistemas que intervienen en la adquisición de datos. ....	25
3.2.4.	Requisitos del sistema de monitoreo para el rendimiento de una Atletista	26
3.2.5.	Selección del hardware y software para el desarrollo del sistema de monitoreo.....	27
3.2.6.	Diseño del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización...	32
3.2.7.	Pruebas de funcionamiento del sistema. ....	44
3.2.8.	Presupuesto de desarrollo.....	54
3.2.9.	Presupuesto General.....	55
CAPÍTULO IV.....		56
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
4.1.	Conclusiones .....	56
4.2.	Recomendaciones .....	57
BIBLIOGRAFÍA .....		58
ANEXOS .....		63
Anexo 1: Aval del ministerio de deportes para el Club los QUINES.....		63
Anexo 2: Entrevista al Sr Néstor Quinapanta presidente del Club QUINES .....		64
Anexo 3: Características Técnicas del sensor Max30102.....		68
Anexo 4: Características técnicas del módulo GPS NEO-6M.....		74
Anexo 5: Características Técnicas LoRa ESP32 Gateway .....		77
Anexo 6: Características Técnicas LoRa ESP32 TTGO Nodo.....		78
Anexo 7: Características técnicas Raspberry PI3.....		79

Anexo 8: Algoritmo del nodo .....	82
Anexo 9: Algoritmo del Gateway .....	86
Anexo 10: Algoritmo del Aplicativo.....	92
Anexo 11: Algoritmo de archivos PHP.....	97
Anexo 12: Autorización de los deportistas .....	98
Anexo 13: Planificación de entrenamiento de los deportistas. ....	99
Anexo 14: Datos de los sistemas de reloj inteligente del deportista 1 .....	100
Anexo 15: Datos de los sistemas de reloj inteligente del deportista 2 .....	101
ECUACIONES .....	630
Ecuación 1: Fórmula de la frecuencia máxima .....	630
Ecuación 2: Fórmula de la frecuencia cardiaca de entrenamiento .....	50
Ecuación 3: Fórmula de la determinación del margen de error .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Disciplinas del atletismo.....	7
<b>Tabla 2:</b> Frecuencia cardiaca en reposo. ....	9
<b>Tabla 3:</b> Valores orientativos de individuos a ciertos niveles de entrenamiento .....	10
<b>Tabla 4:</b> Estándares de la tecnología Wi-Fi. ....	14
<b>Tabla 5:</b> Población del Club especializado Formativo Quines .....	20
<b>Tabla 6:</b> Tecnologías inalámbricas .....	25
<b>Tabla 7:</b> Características Técnicas de los sensores de medición .....	27
<b>Tabla 8:</b> Características Técnicas de los módulos GPS .....	28
<b>Tabla 9:</b> Características técnicas de la tarjeta electrónica LoRa Gateway .....	29
<b>Tabla 10:</b> Características técnica de la Lora Nodo .....	30
<b>Tabla 11:</b> Características Técnicas de microordenadores comerciales.....	31
<b>Tabla 12:</b> Resultados de los entrenamientos .....	37
<b>Tabla 13:</b> Datos personales de los deportistas .....	44
<b>Tabla 14:</b> Planificación de entrenamiento de los deportistas de la semana 18/07/22 a 23/07/22 .....	45
<b>Tabla 15:</b> Datos medidos del sistema del deportista 1 .....	45
<b>Tabla 16:</b> Datos medidos del sistema del deportista 2 .....	47
<b>Tabla 17:</b> Resumen de los datos registrados del sistema .....	51
<b>Tabla 18:</b> Comparación de parámetros técnicos .....	53
<b>Tabla 19:</b> Tabla de presupuesto del sistema en marcha .....	54
<b>Tabla 20:</b> Tabla de presupuesto del sistema en marcha .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Fig. 1:</b> Sede del Club Especializado Formativo Quines. [9].....	7
<b>Fig. 2:</b> Estructura interna de un microcontrolador.....	11
<b>Fig. 3:</b> Comunicación Inalámbrica. [18].....	13
<b>Fig. 4:</b> Clasificación de las redes inalámbricas [19].....	13
<b>Fig. 5:</b> Arquitectura de la red LoRaWAN. [23].....	16
<b>Fig. 6:</b> Diagrama de bloques del sistema de monitoreo.....	26
<b>Fig. 7:</b> Botón de emergencia [26].....	29
<b>Fig. 8:</b> Conexión esquemático del nodo Lora.....	32
<b>Fig. 9:</b> Flujograma de nodo LoRa.....	33
<b>Fig. 10:</b> Tipo de conexión entre el servidor y los Nodos.....	34
<b>Fig. 11:</b> Flujograma del LoRa Gateway.....	34
<b>Fig. 12:</b> Esquema de comunicación del sistema de entrenamiento.....	35
<b>Fig. 13:</b> Flujograma del Sistema de Interfaz de usuario.....	36
<b>Fig. 14:</b> Inicio de sesión.....	38
<b>Fig. 15:</b> Recuperación de contraseña.....	38
<b>Fig. 16:</b> Pantalla de Generación del código QR.....	39
<b>Fig. 17:</b> Pantalla de actualizar contraseña.....	39
<b>Fig. 18:</b> Pantalla del sistema de monitorización.....	40
<b>Fig. 19:</b> Implementación del nodo LoRa.....	41
<b>Fig. 20:</b> Implementación del Gateway LoRa.....	41
<b>Fig. 21:</b> Funcionamiento del sistema.....	42
<b>Fig. 22:</b> Prueba de funcionamiento del Nodo 1.....	42
<b>Fig. 23:</b> Prueba de funcionamiento del Nodo 2.....	43
<b>Fig. 24:</b> Prueba de funcionamiento de la comunicación LoRa.....	43
<b>Fig. 25:</b> Gráfica del rendimiento de entrenamiento del deportista 1.....	50
<b>Fig. 26:</b> Gráfica del rendimiento de entrenamiento del deportista 2.....	50
<b>Fig. 27:</b> Pruebas de funcionamiento del sistema.....	51
<b>Fig. 28:</b> Datos obtenidos por el entrenador POLAR.....	52

## RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se desarrolló un sistema de entrenamiento y geolocalización de deportistas de la disciplina de Atletismo del Club Quines, para dar a conocer el desenvolvimiento del deportista en tiempo real durante sus jornadas de entrenamientos gracias, a los sensores como: el GPS y el max30102 que permiten captar la frecuencia cardiaca y la ubicación del deportista, con estos datos obtenidos el entrenador puede realizar nuevas rutinas de ejercicio y así mejorar el rendimiento del atleta.

Para obtener información del deportista, se realizó un sistema con dispositivos de comunicación inalámbrica, donde se conoce la ubicación del deportista en tiempo real, en especial cuando los entrenamientos son fuera de pista y a su vez, llevar un control del ritmo cardiaco y el consumo de oxígeno de tal manera que, la información obtenida de los sensores es almacenada en una base de datos, para luego ser visualizados en una interfaz de escritorio para el entrenador.

El sistema se desarrolló bajo la tecnología LoRa por su alcance de transmisión y recepción de datos a larga distancia; y así, comunicar el Nodo Lora y el Gateway Lora con la base de datos, logrando visualizar en el aplicativo de escritorio con el fin de realizar el seguimiento de entrenamiento en tiempo real.

El control del dispositivo está realizado en tres etapas: la etapa de visualización o interfaz gráfica programada en Python, donde se genera las órdenes para el entrenamiento; la etapa de adquisición de datos encargada de captar las variables físicas como: el ritmo cardiaco y oxigenación; además, de obtener las coordenadas georreferenciales de ubicación del deportista y, por último, el servidor de alojamiento en el cual, se registran todos los datos del sistema.

***Palabras clave:*** Lora, python, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno.

## ABSTRACT

In the present investigation, a training and geolocation system was developed for athletes in the Athletics discipline of Club Quines, to publicize the development of the athlete in real time during their training sessions, thanks to sensors such as: GPS and GPS. max30102, with these data obtained, the coach can perform new exercise routines and thus improve the athlete's performance.

To obtain information from the athlete, a system was made with wireless communication devices, where the location of the athlete is known in real time, especially when the training is off the track, and in turn keep track of the heart rate and the consumption of oxygen, in such a way, the information obtained from the sensors is stored in a database, to later be displayed on a desktop interface for the trainer.

The system was developed under LoRa technology for its long-distance data transmission and reception range, and thus communicate the Lora Node and the Lora Gateway with the database, being able to visualize it in the desktop application in order to track training in real time.

The control of the device is carried out in three stages: the visualization stage or graphical interface programmed in Python, where the orders for training are generated; the data acquisition stage is responsible for capturing physical variables such as: heart rate and oxygenation, in addition to obtaining georeferenced location coordinates of the athlete; and finally, the hosting server in which all system data is recorded.

***Keywords:*** *Lora, python, acquisition of variables, heart rate, oxygen saturation*

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

Para el desarrollo del proyecto se investigó en los diferentes repositorios de universidades, donde se encontró proyectos bibliográficos, artículos, revistas y libros relacionados al tema, los cuales tenemos:

Jairo Andrés Rodríguez Sánchez y Jhoiner Smith Rojas González, en el año 2021, en la Universidad Santo Tomás de Bogotá, realizaron un “Diseño de un nodo Lora-GPS para localización de bicicletas implementado en una red LoraWan”, en el cual implementaron un sistema de geolocalización en una bicicleta basado en la tecnología Lora de manera que adaptaron un módulo Nodo Lora-GPS en una bicicleta para el rastreo de la ubicación y medición de la velocidad y a su vez, transmitir los datos obtenidos por los sensores al Gateway Lora; además, desarrollaron una aplicación web en el servidor en la nube Thingspeak para la visualización de los datos captados por el Nodo Lora-GPS. Para comprobar el funcionamiento realizaron diferentes pruebas, concluyendo que el sistema de ubicación tenía un alcance de 240 m en zonas de alta densidad poblacional y en lugares donde hay menor cantidad de edificaciones con un alcance de 1600 m [1].

En el año 2020, Fredy Bladimir Llambo Yansaguano, propuso un “Sistema electrónico de corrección de gesto deportivo en base a la biomecánica en deportistas de marcha atlética”, en el cual realizó un sistema de aprendizaje automático de los movimientos de la marcha atlética, con el objetivo de evitar lesiones graves en los deportistas en el instante de su entrenamiento. El sistema consta de un sensor ultrasónico HC-SR04 utilizado para medir la presencia o la ausencia del practicante, una cámara web Adesso H2 para la obtención de imágenes tomadas de los movimientos del marchista, un microcontrolador ATmega2560 para la adquisición y procesamiento de los datos adquiridos por el sensor de proximidad y una pantalla LCD para la visualización del funcionamiento del dispositivo. Además, contiene una base de datos en el servidor

local XAMPP para almacenamiento de imágenes y datos adquiridos del marchista desde la fase de apoyo simple y la fase de apoyo doble. Para la estructura del sistema utiliza rieles, banda transportadora, un motor a pasos y un driver para el desplazamiento de la cámara, permitiendo realizar el seguimiento del marchista. En este proyecto se logró un sistema automático basado en Redes Neuronales que se adapta al marchista para el seguimiento y adquisición de datos de los movimientos atléticos de cada uno de los deportistas. [2].

Sheyla Sidney Monrroy Carrasco, en el año 2018, realizó un sistema de “Geolocalización basada en Tecnologías GPS a personas con enfermedad de Alzheimer”, desarrolló una página web que proporciona la ubicación del usuario en tiempo real mediante la extracción de datos georreferenciales de la API de Google Maps hacia un dispositivo móvil. En la página web se puede monitorear la posición y el recorrido de la persona con Alzheimer y registrar los datos del paciente, datos de un familiar a cargo del paciente, hora y fecha, ubicación actual y de la última ubicación registrada. Obteniendo un sistema de seguimiento que ayudó a las personas con Alzheimer y posteriormente también sería útil para las personas con discapacidad visual [3].

Lenin Leonardo La Rosa Vargas y Mauricio Calixto Santana Segarra, de la Universidad de Guayaquil en el año 2018 en su Proyecto de Titulación “Prototipo de Banda Pectoral Deportiva Digital con sistema de monitoreo cardiaco y rastreo satelital, con alarma; orientado a atletas amateurs, adultos medios para prevenir problemas cardiacos durante la competencia”, para lo cual utilizaron un microcontrolador para el procesamiento de la información proporcionada por el sensor de pulso para luego enviar la información a una aplicación móvil mediante bluetooth, obteniendo como resultados la medición y monitorización de la frecuencia cardiaca junto con una aplicación móvil donde está recibe los datos de las bandas, permitiéndole al deportista visualizar su estado, con esto buscan que los organizadores de eventos deportivos puedan monitorear a cada competidor en tiempo real, junto a un sistema de alarma para cualquier eventualidad [4].



Los autores María Angelica Llamuca Caiza y Geovanny Fabian Tobón Tite, en el año 2017, realizaron un “Sistema de monitoreo personal inalámbrico para atletas de fondo”, donde implementaron un sistema de telemedicina para la monitorización de la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca de los marchistas durante el entrenamiento y la competencia, en el cual se utilizaron transceptores de radio frecuencia para la adquisición de las señales que está monitoreando. Este equipo consta de tres etapas: la primera es la medición de los signos vitales y la temperatura corporal con la utilización del sensor de pulsos y el sensor MLX90614. La segunda etapa realiza el procesamiento y acondicionamiento de las variables medidas con el microprocesador ATmega328p y la comunicación inalámbrica entre la tarjeta Arduino y el transceptor de radiofrecuencia SV651 para el envío y recepción de las variables físicas adquiridas y, la tercera etapa es el diseño de la interfaz gráfica que permite al usuario la interacción con el dispositivo, el almacenamiento de datos y la alerta de notificaciones cuando el atleta sobrepasa el rango normal de sus signos vitales. Para la validación del sistema realizaron pruebas experimentales con 5 deportistas entre 20 a 25 años con el dispositivo implementado y con un dispositivo comercial, de tal manera que se tomaron 20 muestras por persona en un lapso de 10min, con cada equipo, dichos datos se compararon para validar el equipo obteniendo un margen de error pequeño de 0.02% [5].

En el año 2015, Vinicio Rodrigo Aguaguña Cadena y Roben Mauricio Enríquez Aguilar desarrollaron un “Diseño y construcción de un equipo para monitoreo de parámetros de interés en el entrenamiento de un Atleta”, donde realizaron un sistema de entrenamiento que ayuda a los entrenadores y atletas a registrar parámetros que evalúe la preparación del deportista. El sistema está comprendido de dos módulos conectados entre sí inalámbricamente, en el módulo del atleta consta de un sensor SEN11574 para la medición de la frecuencia cardíaca y el sensor de temperatura corporal DS1820, además, de un microcontrolador programado en Arduino para la adquisición de las variables y transmitir a la interfaz gráfica del entrenador. En el módulo del entrenado consiste en la interfaz gráfica para el seguimiento del entrenamiento en tiempo real de los deportistas, donde se visualizan los datos de los signos vitales y la frecuencia cardíaca durante el entrenamiento del atleta. La

implementación de este prototipo realizó una comparación con un dispositivo comercial de medición de frecuencia cardiaca, al cual se determinaron valores similares al de equipo comercial, teniendo un margen de error mínimo 0.01% [6].

Los autores Cesar Chaurel y Juan de Dios Murillo, Caracas, 2014 propusieron un “Sistema de monitoreo de rendimiento físico para atletas de alto desempeño”. El sistema está conformado por tres subsistemas: el primero es el encargado de la detección de tiempo de control, el sistema de detección de ritmo cardiaco, y la aplicación para la visualización de los datos; donde el atleta posee un tag RFID que está ligado a un módulo para captar las pulsaciones mediante un medidor de ritmo cardiaco y enviar los datos mediante radio frecuencia para el almacenamiento mediante una tarjeta electrónica. El software está programado en java para el procesamiento de las señales captadas por los sensores y así realizar el proceso y cálculos de parámetros como la velocidad, potencia, habilidad y ritmo cardiaco. Logrando así obtener un control eficiente para el desempeño del deportista y evitar lesiones, cansancio excesivo y daños musculares. [7]

### **1.1.1. Contextualización del problema**

El deporte es un agente necesario e indispensable para los seres humanos, ya que contribuyen en el desarrollo físico, cognitivo y social de las personas, de tal manera que, ayuda al fortalecimiento corporal tanto en las articulaciones, huesos y músculos, así como también fomenta principios morales, éticos y normas de conducta [7, 8]

El atletismo es un deporte antiguo en el mundo que se lo define como el conjunto de movimientos corporales realizados por el hombre, logrando caminar, saltar, correr; en los deportistas estos movimientos naturales son llevados a la competencia mediante técnicas como: el posicionamiento correcto del cuerpo con respecto a los brazos, la longitud del salto, la posición de los pies sobre el suelo y la respiración, ayuda al atleta a conseguir su objetivo que es correr lo más rápido que puedan, saltar muy alto, marchar en menor tiempo posible, lanzar lo más lejos que consiga [8].

Este deporte abarca diferentes disciplinas como las carreras de velocidad, carreras de fondo, carreras de medio fondo, la marcha atlética, saltos, lanzamiento de la jabalina y el lanzamiento del disco. En cada una de las disciplinas se necesita de un entrenador especializado que ayude al deportista a desarrollarse física y mentalmente para una competencia [8].

El Ecuador posee varios deportistas que se especializan en las competencias de fondo o marcha, que son sometidos a realizar largas jornadas de entrenamiento al día, obligándose a salir a lugares poco transitados para peatones, como son las carreteras o lugares montañosos, ya que son los únicos lugares que pueden ayudar al deportista a cubrir el kilometraje diario que ellos requieren para cumplir su meta. Este tipo de lugares pueden ser peligrosos, debido a la gran cantidad de vehículos o pocos senderos transitables [8].

En la provincia de Tungurahua los deportistas se ven en la necesidad de salir a las calles, debido a la falta de espacio para realizar sus entrenamientos. En estos casos el entrenador desconoce la ubicación del atleta y únicamente posee la información del deportista al momento de salir y al momento de llegar de su entrenamiento, desconociendo sobre el desenvolvimiento físico del deportista como es su ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno, que son los parámetros más importantes para considerar por parte del entrenador y así, planificar las futuras sesiones de entrenamiento.

El Club Especializado Formativo Quines ubicado en la provincia de Tungurahua es una institución de formación de atletas que actualmente está conformada por 31 deportistas que se destaca en las disciplinas de velocidad, fondo, medio fondo y marcha atlética, que ha logrado sus participaciones en diferentes campeonatos nacionales o internacionales, gracias al profesionalismo, dedicación y disciplina de los deportistas y entrenadores. Sin embargo, la institución no cuenta con un sistema tecnológico de entrenamiento para controlar el rendimiento de los atletas al momento de entrenar [9]. Por tal razón, se implementó un sistema electrónico de entrenamiento

y geolocalización de deportistas de la disciplina de atletismo utilizando dispositivos IoT, para lo cual se utilizó sensores que tengan la capacidad de medir el ritmo cardiaco. Además, se empleó módulos GPS que permite obtener la ubicación en tiempo real, la velocidad y la distancia recorrida, para enviar dichos datos del atleta al servidor mediante la comunicación inalámbrica y así, visualizar los datos del seguimiento del deportista.

## **1.2. Fundamentación teórica**

### **1.2.1. Club Especializado Formativo QUINES**

El Club Especializado Formativo Quines fue fundado en el año 2018 por el señor Néstor Quinapanta deportista federado de la Provincia de Tungurahua, la institución nace de su lucha y dedicación por el atletismo, dando la oportunidad a otros deportistas a desarrollar sus habilidades y destrezas mediante su experiencia como deportista elite, para así lograr formar un grupo de deportistas profesionales de diferentes edades y género, quienes a través de la disciplina y el entrenamiento puedan participar en campeonatos a nivel nacional e internacional. Por lo tanto, la misión de la institución es ofrecer la formación y preparación de los jóvenes, enseñándoles las diferentes técnicas y tácticas para mejorar la resistencia, la velocidad y la fuerza mediante entrenamientos, lo cual es necesario para la formación de un atleta [9].

La institución se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Ambato en la calle García Mogrovejo y Bernardo Legarda en el sector de Huachi Chico, el cual se encuentra avalizada por el Ministerio del Deporte, dicho aval se encuentra en el anexo 1 y en la figura 1 se puede visualizar la sede del Club Quines.



**Fig. 1:** Sede del Club Especializado Formativo Quines. [9]

### 1.2.2. Atletismo

El atletismo es una disciplina que se puede practicar de manera individual o colectiva, que implica el desarrollo de movimientos naturales del sistema motor del ser humano como: caminar, correr, lanzar o saltar, permitiendo así, la ejercitación de músculos mediante la fuerza. Este deporte puede ser practicado en pistas, montañas, parques, carreteras, consiguiendo su único objetivo, obtener mejor tiempo y mayor velocidad en llegar a la meta durante la competencia de atletismo [10].

Para el atletismo no existe edad limitante para empezar a entrenar ni tampoco género, solo mejorar su rendimiento y condición física como también psicológica, debido a que las competencias se basan en diversas pruebas, donde demuestran la velocidad, la fuerza, la elasticidad y sobre todo la resistencia del deportista [10].

Los deportistas de atletismo se clasifican según la disciplina que van entrenando, como se puede observar en la tabla 1.

**Tabla 1:** Disciplinas del atletismo. [10]

Velocidad	Carrera de fondo	Carrera de medio fondo	Marcha Atlética	Saltos	Lanzamiento
100 m	5000 m	800 m	20 km	Salto longitud	Lanzamiento de peso
200 m	10000 m	1500 m	50 km	Salto triple	Lanzamiento de jabalina
400 m		3000 m		Salto de altura	Lanzamiento de disco
				Salto de pértiga	Lanzamiento de martillo

**Elaborado por:** El Investigador.

Los deportistas son influenciados por factores que le permiten el desarrollo físico, interno y a su vez el externo, como [10]:

- Las cualidades neuromusculares: la frecuencia, la potencia, la amplitud.
- Las cualidades orgánicas: la resistencia, la técnica y coordinación.
- Las cualidades físicas como: la posición de los brazos con respecto al cuerpo, posición de los pies sobre el suelo, peso y la talla.

### **1.2.3. Tipos de entrenamiento**

Los entrenamientos de los atletas están subdivididos en fases para el desarrollo físico interno como externo de cada uno de ellos como:

El entrenamiento anaeróbico, el cual mediante ejercicios de alta intensidad como: saltos, levantamiento de pesas, abdominales, crossfit; que ayudan a desarrollar el sistema muscular adquiriendo fuerza y resistencia [10].

El entrenamiento aeróbico permite mejorar el rendimiento del deportista en velocidad, así como también la frecuencia cardiaca, la respiración mediante actividad física como: caminar, trotar, nadar, entre otros [10].

### **1.2.4. Frecuencia cardiaca**

El corazón del ser humano está conformado por el músculo cardiaco y los vasos sanguíneos, que transporta la sangre por medio de los vasos sanguíneos en todo el cuerpo, suministrando sangre y nutrientes, cuando el músculo cardiaco es estimulado por emociones (la felicidad, la tristeza, la angustia), por el estado de salud como la depresión o la actividad física; provoca contracciones rítmicas al corazón, acelerando la cantidad de latidos por minuto de una persona [11]

La frecuencia cardiaca es el número de veces que el corazón late por minuto, pero este parámetro puede variar. En una persona sedentaria es muy diferente el número de pulsaciones que de una persona que realice actividad física, es decir que al realizar actividad aeróbica el corazón de esa persona sufre cambios fisiológicos donde este órgano vital aumenta su tamaño, las cavidades se hacen gruesa y debido, a que realiza mayor trabajo en su funcionamiento al momento de entrenar, necesita bombear mayor

cantidad de sangre para transferir a sus órganos, así como también, enviar nutrientes; mientras que, el corazón de una persona sedentaria es pequeño y débil [11].

Una persona sedentaria, el número de latidos por minuto es más rápido en reposo y lento al realizar alguna vez actividad física, mientras que de un deportista en reposo el número de latidos es más lento, pero al momento de entrenar es mucho más rápido [11].

### La frecuencia cardiaca en reposo.

Las pulsaciones del corazón en reposo o frecuencia cardiaca mínima es cuando las personas se encuentran en descanso, pero dependen mucho de la edad; y de la actividad física que realice, es por eso que en los recién nacidos la frecuencia cardiaca es elevada hasta llegar a una edad donde se establece este parámetro entre los 17 a 20 años, o en caso de ser deportista. Por consiguiente, se estima que los adultos tienen una frecuencia cardiaca de reposo entre 60 a 80 lpm (latidos por minuto) y en los deportistas esto puede disminuir 40 a 50 lpm (latidos por minuto). En la tabla 2 se detalla la frecuencia en reposo según la edad [11].

**Tabla 2:** Frecuencia cardiaca en reposo.

Genero	Edad (años)	Frecuencia cardiaca en reposo (latidos por minuto)			
		Inusual	Normal	Bien	Excelente
Niños y jóvenes	Recién nacido		70 – 190	62 – 68	<60
	1 – 9		80 – 160	72 – 78	< 70
	10- 19		60 – 100	52 – 82	< 50
Masculino	– 29	>86	70 – 84	62 – 68	< 60
	30 – 39	>86	72 – 84	64 – 70	< 62
	40 – 49	>90	74 – 88	66 – 72	< 64
	50 +	>90	76 – 88	68 – 74	< 66
Femenino	20 – 29	>96	78 – 94	72 – 76	< 70
	– 39	> 98	80 – 96	72 – 78	< 70
	40 – 49	>100	90 – 98	74 – 78	< 72
	50 +	>104	84 – 102	76 – 82	< 74
Deportista	-----		40 – 60		

**Elaborado por:** El Investigador.

### Frecuencia cardiaca máxima

La frecuencia cardiaca máxima es el número de palpitations por minutos máximo de una persona puede tolerar. En los deportistas puede llegar 180 a 195 lpm cuando se encuentren entrenando. También se puede calcular con la fórmula de la ecuación 1.

$$FC_{max} = 220 - edad \quad (1)$$

**Ecuación 1:** Formula de la frecuencia máxima [11].

### 1.2.5. Consumo Máximo de Oxígeno

El consumo máximo de oxígeno o V2max viene a ser la capacidad máxima de oxígeno que el cuerpo puede procesar durante un entrenamiento, todo esto se puede obtener realizando ciertas pruebas a los deportistas [12]. El V2max se lo puede obtener midiendo el consumo de litros de oxígeno en un minuto. A su vez, existen varios factores que son determinantes al momento de obtener el consumo máximo de oxígeno, como la constitución genética, la masa muscular, la edad, el sexo, la motivación, entre otros. En la tabla 3 se muestran los valores orientativos de individuos a ciertos niveles de entrenamiento [13].

**Tabla 3:** Valores orientativos de individuos a ciertos niveles de entrenamiento [13].

Categorías	Población	V2Max (ml/kg/min)
Sedentarios	Hombres	40-55
	Mujeres	32-38
Personas que realizan actividad Física	Hombres	80-90
	Mujeres	60-70
Nivel Fitness	Hombres	45-50
	Mujeres	35-38
	Entrenados en Resistencia	55-65
	Rendimiento de resistencia (Nivel Internacional)	65-80
Nivel Elite	Rendimiento de resistencia	85-90

**Elaborado por:** El Investigador.



## 1.2.6. Sistemas Electrónicos

### A. Microcontrolador

Un microcontrolador es un chip programable que se encuentra conformado por circuitos integrados, lo cual hace que su diseño sea compacto en una sola tarjeta. Por sus diversas prestaciones se utiliza en diferentes campos de control, manipulación y monitoreo. Además, tiene una estructura simple: una unidad central de procesamiento, memorias de almacenamiento, periféricos de entrada y salida [14]. En la figura 2 se puede observar la estructura interna del dispositivo



**Fig. 2:** Estructura interna de un microcontrolador.

**Elaborado por:** El Investigador.

### B. Sensores

Los sensores son dispositivos que nos permite medir variables físicas y detectar un cambio en su entorno. Existen diferentes tipos de sensores que son ocupados en varias áreas como en la telemedicina, en la construcción, en industrias, el medio ambiente, en el sistema automotor, entre otros. A continuación, se detalla los sensores que se necesitan en la investigación.

#### **Sensor de ritmo cardiaco**

Los sensores de ritmo cardiaco nacen de la necesidad de monitorear la frecuencia con la que el corazón de una persona cumple un ciclo de contracción y dilatación en

actividades cotidianas o físicas. Estos sensores pueden ser utilizados en aplicaciones médicas, permitiendo así detectar posibles problemas cardiacos graves a tiempo [15].

### **Sensor de consumo de oxígeno**

El sensor de consumo de oxígeno mide la saturación de oxígeno en la sangre, mediante su tecnología mide la hemoglobina a través de la piel, donde la sangre absorbe la radiación cuando está oxigenada y se estima el nivel de oxígeno que puede tener la sangre por medio de estos dispositivos [16]

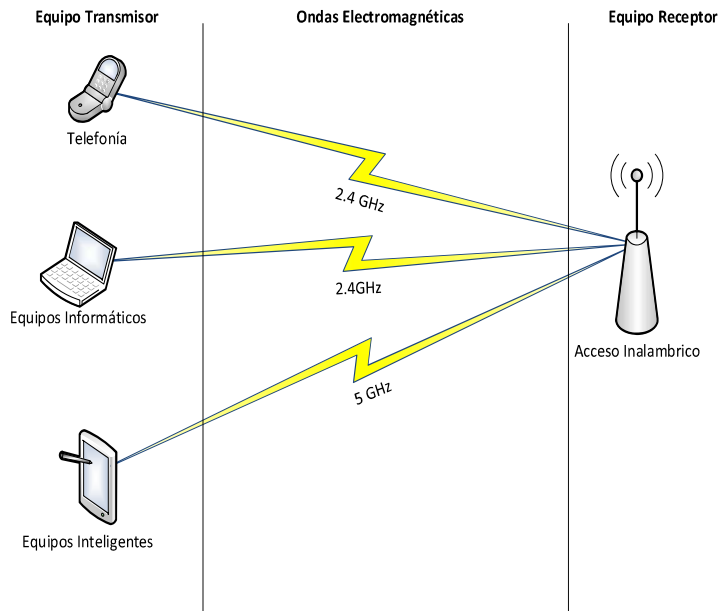
### **1.2.7. Sistemas de posicionamiento Global (GPS)**

El sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de defensa de los Estados Unidos con fines militares, para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo. Este se encuentra compuesto por una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites, con la cual se determina la posición mediante una triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto de la superficie terrestre [17].

### **1.2.8. Comunicación Inalámbrica**

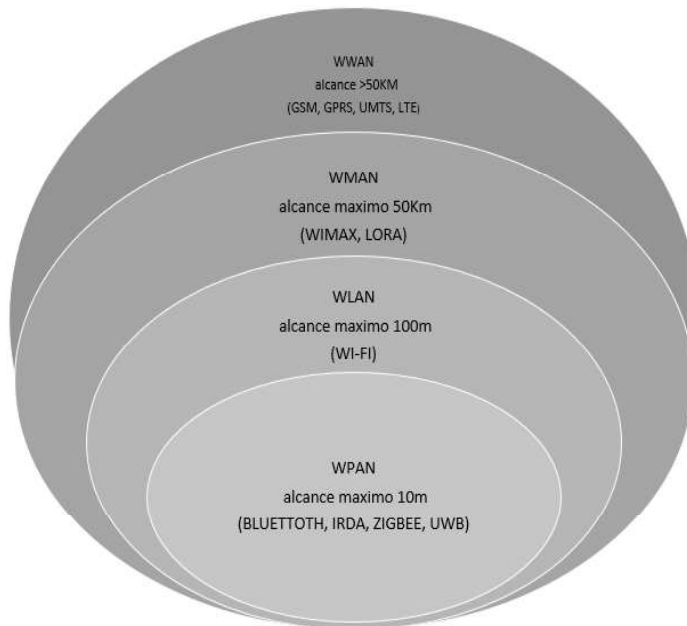
La comunicación inalámbrica permite interactuar con dispositivos sin la necesidad de estar conectados mediante un medio físico como el cable. Permite controlar y monitorear objetos en distintos puntos o acceder a ciertos recursos informáticos desde un dispositivo móvil inteligente, computadora, entre otros.

La comunicación entre un punto a otro es generada por ondas electromagnéticas, transmitidas a distintas frecuencias por el aire. Las ondas salen desde el equipo transmisor a través de una antena, utilizando el aire como medio de propagación, hasta llegar a una antena receptora, para luego llegar al equipo receptor [18]. En la figura 3 se observa la esquematización de la comunicación inalámbrica.



**Fig. 3:** Comunicación Inalámbrica. [18].

Las redes inalámbricas se subdividen de acuerdo con el área de cobertura que se necesita cubrir la señal y su aplicativo [19]. Se puede visualizar en la figura 4.



**Fig. 4:** Clasificación de las redes inalámbricas [19].

### a. Tecnología Wi-Fi

WIFI es una tecnología inalámbrica que trabaja bajo el estándar IEEE 802.11 para la comunicación de dispositivos mediante un punto de acceso inalámbrico, enviando señales a través del aire como medio de comunicación, es decir, utilizando ondas de radio. Su nombre Wi-Fi proviene de fidelidad sin cable referenciando la marca creadora de la tecnología [20].

Contiene diferentes características de esta tecnología que beneficia su utilización [20].

Las cuales son:

- Conexión de equipos sin cable y fácil de implementación.
- Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz a 5GHz.
- Tiene una velocidad de transmisión de datos 11Mbps, 54Mbps y 300Mbps.
- Tiene un alcance de 150 m.
- Contiene el protocolo de seguridad de autenticación y cifrado WPA.
- Menor seguridad y fiabilidad.
- Expuesto a interferencias y pérdidas de señal.

La tecnología Wi-fi está comprendida de diferentes estándares que se ha ido desarrollando con el objetivo de mejorar el rendimiento y la conectividad. Por lo tanto, se detalla a continuación en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Estándares de la tecnología Wi-Fi. [21, 22]

Estándares de la tecnología WI-FI							
Estándar	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ad	802.11ah
Frecuencia	5.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz a 5.4 GHz	5.4 GHz	60 GHz	0.9 GHz
Ancho de banda	20 MHz	22 MHz	20 MHz	20 MHz a 40 MHz	80 MHz a 160 MHz	2 MHz	2 MHz
Alcance	390m	460m	460m	820m		300m	1000m
Velocidad de Tx	22Mbps	6Mbps	22Mbps	100Mbps	100Mbps	6Gbps	

**Elaborado por:** El Investigador.

## **b. Tecnología LoRA**

La tecnología inalámbrica LoRa fue desarrollada para redes grandes de conexión a larga distancia, es decir, redes de área amplia (WAN), que utiliza la técnica de modulación de espectro ensanchado de una señal, para enviar datos de manera segura, ya que es tolerante a la interferencia. Además, que tiene un bajo consumo de ancho de banda y de energía eléctrica. [23]

Existe varias ventajas de esta tecnología que hace que su utilización sea favorable en diferentes aplicativos, en especial en el internet de las cosas. [23].

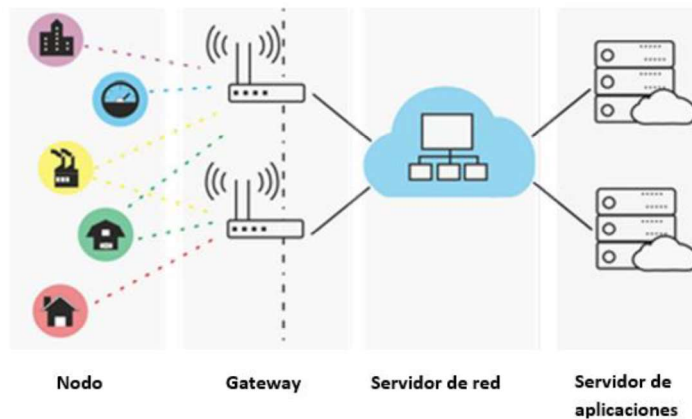
- Trabaja en el rango de la frecuencia de 915MHz en América, 433MHz en Asia y 868 MHz en Europa.
- El consumo de energía eléctrica es bajo.
- Tiene un alcance de larga distancia entre 10km a 20km.
- Para la transferencia de datos no necesita de un ancho de banda grande.
- Tolera las interferencias.
- Es sensible para recibir datos de -168dB.

LoRa está basado en el protocolo de comunicación LoRaWAN de baja potencia para la comunicación e interacción entre dispositivos. [23]. Se encuentra conformado por:

- El gateway es una antena que recepta los datos de los nodos y transmitir a un servidor de red.
- Los nodos captan datos de los sensores o dispositivos finales y trasmiten al gateway.

### **Arquitectura LoRaWAN**

La arquitectura de LoRaWAN está conformada por los nodos o dispositivos finales, gateway o estación base, el servidor de red y el servidor de aplicaciones como se observa en la figura 5. Esta estructura presenta una topología estrella entre los equipos finales y el gateway lo cual, permitirá transmitir múltiples datos al mismo tiempo y a largas distancias, para después retransmitir los datos al servidor de red basado en el protocolo LoRaWAN y transportar esos datos mediante radiofrecuencia al servidor de aplicaciones. [23]



**Fig. 5:** Arquitectura de la red LoRaWAN. [23]

### 1.2.9. Base de datos

Una base de datos es una estructura donde se almacena información de manera organizada que se puede adquirir o sustraer dicha información mediante sistemas informáticos. [24]. De tal manera que debe contener las siguientes características:

- Interfaz fácil e interactiva.
- Autonomía lógica, así como también física de datos.
- Redundancia mínima.
- Respaldo de recuperación de información en caso de pérdidas.
- Seguridad de acceso.
- Acceso múltiple para usuarios.

Contiene un sistema de gestión de base de datos que controla y facilita el acceso a la información que se desee para el usuario, para ello el sistema requiere de un servidor sea local o un servidor web.

### Servidor LAMP

Un servidor LAMP está conformado por una infraestructura cliente – servidor, el cual el acrónimo LAMP este derivado del sistema operativo base Linux que permite la ejecución del servicio Apache y ser interpretado por el lenguaje de programación PHP y MariaDB que es el servidor donde se alojan información y permite responder a peticiones inmediatamente del cliente, es decir es el sistema de gestión de la base de datos. [25]

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Implementar un sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización de deportistas de la disciplina de atletismo del Club Especializado Formativo Quines utilizando dispositivos IoT.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las situaciones a las que están expuestas los deportistas de Atletismo de fondo, medio fondo y marcha.
- Establecer los requerimientos y herramientas que debe cumplir el sistema electrónico para entrenamiento y geolocalización.
- Construir el prototipo del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización.

El objetivo principal del proyecto de titulación es implementar un sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización de deportistas de la disciplina de atletismo del Club Especializado Formativo Quines utilizando dispositivos IoT, con el propósito de dar a conocer al entrenador el desenvolvimiento y rendimiento del atleta durante el entrenamiento, mediante la medición de la frecuencia cardiaca y la geolocalización.

Para el desarrollo del sistema es primordial identificar las situaciones a las que están expuestas los deportistas de atletismo de fondo, medio fondo y marcha, lo cual es necesario cumplir con las siguientes actividades:

1. Análisis de las situaciones a las que están expuestas los deportistas de atletismo en la modalidad de fondo y marcha.
2. Identificación de los parámetros médicos de un deportista de atletismo.
3. Determinación de los parámetros médicos que se deben considerar para mejorar el rendimiento de un deportista de atletismo.

Se estableció los requerimientos y herramientas que debe cumplir el sistema electrónico para el entrenamiento y geolocalización, el cual permite la selección de los materiales adecuados para el sistema, para ello se requiere del cumplimiento de las siguientes actividades:

1. Análisis de los requisitos de un sistema de monitoreo de ritmo cardiaco y consumo de oxígeno.
2. Determinación del tipo de tecnología electrónica para el monitoreo del ritmo cardiaco, consumo máximo de oxígeno y geolocalización.
3. Análisis de los sistemas que intervienen en la adquisición de datos.
4. Selección del hardware y software para el desarrollo del sistema de monitoreo.

Y por último construir el prototipo del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización. Para tal efecto es necesario cumplir con las siguientes actividades:

1. Diseño del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización.
2. Diseño de la plataforma para el monitoreo en tiempo real del desenvolvimiento del deportista.
3. Pruebas de funcionamiento del sistema.
4. Validación del Sistema de Entrenamiento y Geolocalización.



## **CAPÍTULO II**

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1. Materiales**

En el trabajo de titulación se utilizó diferentes documentos y libros técnicos, artículos de medicina, artículos técnicos, revistas y libros deportivos, también se realizó una entrevista al dirigente del Club Especializado Formativo Quines que se encuentra en el anexo 2. Además, de dispositivos electrónicos como:

- Tarjetas electrónicas ESP32 Lora Gateway.
- Tarjetas electrónicas ESP32 Lora Nodo.
- Raspberry Pi 3.
- Modulo GPS NEO-6M.
- Sensor Max30102.
- Baterías Lipo recargables.
- Antena Lora
- Chalecos

#### **2.2. Métodos**

##### **2.2.1. Modalidad de la Investigación**

Para la implementación del proyecto se aplicó diversas técnicas de investigación:

Se desarrolló una investigación aplicada, debido a que se realizó el proyecto para los deportistas del Club los QUINES, que ayudó a monitorear el desempeño y rendimiento de cada uno de los atletas, la cual va directamente efectuada en su entorno de entrenamiento, logrando así, desarrollar una mejor técnica en los entrenamientos.

Se efectuó una investigación bibliográfica para la validación del proyecto, mediante libros, proyectos de investigación, revistas técnicas, artículos científicos, artículos de salud que se relacionan a la de gestión de bases de datos y monitorización de variables físicas de un deportista.

La investigación se aplicó la modalidad de campo para la recolección de información necesaria del proyecto mediante el instrumento la entrevista, el cual permitió dar a conocer los diferentes métodos de control y monitoreo utilizados en los deportistas de atletismo de fondo y marcha.

El proyecto se enmarcó en la modalidad experimental porque se realizaron pruebas de monitoreo del sistema para verificar que los datos adquiridos por los sensores sean correctos, tanto del sistema de monitoreo de ritmo cardiaco y la geolocalización en tiempo real.

### 2.2.2. Recolección de Información

Se empleo técnicas de estudio como la entrevista, así como también recopilación bibliográfica de libros, revistas, proyectos, artículos, guías de prácticas y manuales que permitieron el desarrollo del proyecto.

### 2.2.3. Población y muestra

#### Población

El proyecto se realizó para el CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES del cantón Ambato, la institución está conformada por 31 atletas entre 13 a 35 años que entrenan para su formación profesional en las disciplinas de: velocidad, fondo, medio fondo, marcha atlética y atletismo adaptado [9]. Por lo que se consideró, el siguiente universo para la realización de pruebas del sistema, descrita en la tabla 5.

**Tabla 5:** Población del Club especializado Formativo Quines [9].

<b>Disciplina</b>	<b>Número de personas</b>
Velocidad	7
Medio fondo	11
Fondo	6
Atletismo adaptado	3
Marcha atlética	4
Total	31

**Elaborado por:** El Investigador

## **Muestra**

Para la realización de las pruebas del dispositivo se tomó a todo el universo debido a que es una población pequeña.

### **2.2.4. Procesamiento y Análisis de Datos**

El procesamiento y análisis de datos se describe los siguientes pasos:

- Revisión de la información recopilada.
- Estudio de las propuestas de solución planteadas para elevar el rendimiento de los deportistas de fondo y marcha.
- Determinación de la mejor propuesta de solución.
- Planteamiento de la propuesta de solución.

### **2.2.5. Desarrollo del Proyecto**

A continuación, se describe las actividades que se realizaron para la implementación del sistema:

1. Análisis de las situaciones a las que están expuestas los deportistas de atletismo en la modalidad de fondo y marcha.
2. Determinación de los parámetros médicos que se debe considerar para practicar el atletismo.
3. Determinación de los parámetros médicos que se deben considerar para mejorar el rendimiento de un deportista de atletismo.
4. Análisis de los requisitos de un sistema de monitoreo de ritmo cardiaco y consumo de oxígeno.
5. Determinación del tipo de tecnología electrónica para el monitoreo de ritmo cardiaco, consumo máximo de oxígeno y geolocalización.
6. Análisis de las tecnologías de los sistemas que intervienen en la adquisición de datos.
7. Selección del hardware y software para el desarrollo del sistema de monitoreo.
8. Diseño del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización.

9. Diseño de la plataforma para el monitoreo en tiempo real del desenvolvimiento del deportista.
10. Pruebas de funcionamiento del sistema.
11. Validación del Sistema de Entrenamiento y Geolocalización.
12. Elaboración del informe final del proyecto.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

Los equipos de monitorización o medición de la frecuencia cardiaca u oxigenación en la sangre son indispensables para los deportistas y actualmente, existe muchos dispositivos como: reloj inteligente y aplicaciones móviles que permite conocer el estado de salud y rendimiento de los atletas en el momento de entrenar. Sin embargo, estos equipos no realizan monitoreo en tiempo real, es decir, que no se puede visualizar el rendimiento del atleta en el momento del entrenamiento. Por tal razón, el propósito de la investigación es desarrollar un sistema de entrenamiento y geolocalización de deportistas de la disciplina de Atletismo del Club Especializado Formativo QUINES, que permita conocer el desarrollo del deportista en tiempo real durante sus jornadas de entrenamientos; y, pueda visualizar el entrenador para la planificación de nuevas rutinas de entrenamientos y lograr mejorar el rendimiento del deportista.

#### 3.2. Desarrollo de la propuesta

##### 3.2.1. Análisis de las situaciones a las que están expuestas los deportistas de atletismo en la modalidad de fondo y marcha.

Según la entrevista realizada al fundador del club Especializado Formativo QUINES, la cual se encuentra en el anexo 2. Los deportistas de atletismo necesitan desarrollar destreza y habilidades mediante la elaboración de estrategias de entrenamiento realizada por el entrenador, debido a que el entrenamiento es un proceso de planificación basado en cuatro aspectos fundamentales como son: la parte física, seguido de las técnicas, las tácticas y por último el desarrollo mental, todo esto se complementa entre sí, para el rendimiento del atleta. Sin embargo, existen otros factores importantes que hace que el deportista tenga mejor desempeño, como la autoestima, la actitud, acompañado de la conducta y la disciplina; y, lo más importante, la alimentación [9].

Por tal motivo, los entrenadores antes de ser la guía para la formación del deportista, necesitan analizar al atleta para conocer las fortalezas y debilidades físicas y así,

realizar planificación de los entrenamientos y, pueda adaptarse a los cambios que va a sufrir tanto mental como físico [9].

El atletismo se divide en diferentes disciplinas como: las carreras (de velocidad, medio fondo, fondo, marcha atlética), saltos (de pértiga, de longitud, triple, de alturas), el alzamiento (de peso, de disco, de martillo, de jabalina) y las pruebas combinadas. Cada disciplina requiere un plan estratégico de entrenamiento para mejorar la velocidad, fuerza, resistencia y elasticidad, para ello, necesitan condiciones adecuadas para entrenar como: vestimenta cómoda, zapatillas adecuadas y en especial lugares acondicionados según la disciplina de cada deportista [9].

En la modalidad de fondo, medio fondo y marcha atlética, los deportistas realizan entrenamiento anaeróbico, es decir, entrenamiento en gimnasios para adquirir mayor masa muscular, fuerza y elasticidad y también, el entrenamiento aeróbico para tener resistencia, velocidad y aprender a manejar la respiración, mientras entrena [9].

El entrenamiento de manejar la respiración, mientras entrena, es el más importante, ya que el consumo de oxígeno permite al deportista tener mayor rendimiento, por tal razón, entrenan en sitios donde sea mayor desafío para ellos, con el objetivo de adaptarse a diferentes ambientes entre ellos está el entrenamiento de campo que es en las montañas, parques, donde su desafío es adaptarse a los desniveles del terreno, logrando así mejorar el equilibrio del cuerpo para tener mayor resistencia, mientras que el entrenamiento en las vías o calles le sirve para adquirir velocidad. Sin embargo, al entrenar los deportistas en lugares así, también están expuestos a circunstancias peligrosas donde pueden sufrir accidentes, robos o daños en su salud [9].

### **3.2.2. Determinación de los parámetros médicos que se deben considerar para mejorar el rendimiento de un deportista de atletismo.**

Según la entrevista que se realizó al coordinador del Club QUINES nos comentó que los entrenadores del club siempre están midiendo y controlando parámetros físicos del deportista para verificar como se está adaptando a la planificación de entrenamiento, en especial cuando son entrenamientos intensos [9].

Estos parámetros son:

- La saturación de oxígeno en la sangre.
- La frecuencia cardiaca.
- Fuerza en los músculos.
- Flexibilidad y postura.
- El peso y la estatura.

### 3.2.3. Análisis de las tecnologías inalámbricas de los sistemas que intervienen en la adquisición de datos.

En la actualidad, la tecnología inalámbrica ha tenido una acogida impresionante en el mercado para la comunicación de larga distancia entre un transmisor y un receptor mediante la emisión de una señal que se propagan por el aire. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de las tecnologías que mayor alcance de cobertura tiene.

**Tabla 6:** Tecnologías inalámbricas

<b>Tecnologías inalámbricas</b>			
<b>Características Técnicas</b>	<b>Tecnología Lora</b>	<b>Tecnología WiFi</b>	<b>Tecnología ZigBee</b>
Frecuencia de trabajo	868MHz a 928MHz	2.4GHz a 5.4GHz	868MHz a 2.4GHz
Velocidad de Tx	300bps a 5kbps	150Mbps a 600Mbps	250kbps
Alcance	3km a 20km	330m a 820m	10m a 100m
Consumo de energía	Bajo	Moderado	Bajo
Seguridad	AES-128	WEP/ WPA2	Network keys
Protocolo de comunicación	LoraWan	802.11	Zigbee
Transmisión	Datos	Datos Audio Video	Datos imágenes

**Elaborado por:** El Investigador

Se seleccionó la tecnología LoRa para la adquisición de los datos de los sensores, ya que permite adquirir y medir las variables físicas a larga distancia y este factor es muy importante para los deportistas por su entrenamiento que se realiza en una pista o en

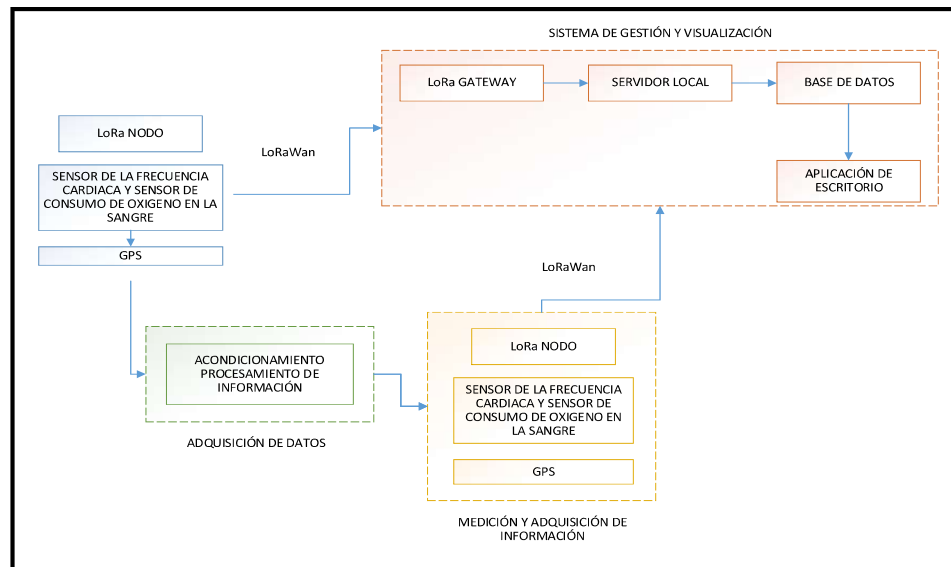
la calle, en especial en la disciplina de fondo y marcha atleta. Los detalles se encuentran en la tabla 6.

### 3.2.4. Requisitos del sistema de monitoreo para el rendimiento de una Atleta

El proyecto de monitorización se realizó según los requerimientos solicitados por el Club Especializado Formativo los Quines, los cuales tenemos [9]:

- El dispositivo debe ser inalámbrico de gran alcance.
- El sistema debe medir la frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en la sangre en los deportistas.
- Tener un sistema de geolocalización para el seguimiento del atleta, especialmente cuando realiza entrenamiento fuera de la pista.
- Debe contener una base de datos para el registro de la información personal de los deportistas y el progreso de entrenamiento.
- Debe tener una interfaz de escritorio destinado al entrenador para que realice la monitorización al instante del entrenamiento del deportista.

Según el análisis de los requerimientos por la institución el proyecto se basó en el siguiente diagrama, detallado en la figura 6.



**Fig. 6:** Diagrama de bloques del sistema de monitoreo

**Elaborado por:** El Investigador






### 3.2.5. Selección del hardware y software para el desarrollo del sistema de monitoreo.

Para el análisis de hardware se realizó tablas comparativas donde se dio prioridad las características técnicas de los dispositivos, costos y facilidad de adquisición para la selección más adecuados de equipos que se podría utilizar en el sistema.

En la etapa de medición y adquisición de datos se necesita un sensor que ayuda obtener las variables como: la frecuencia cardiaca de una persona y la saturación de oxígeno en la sangre. Las cuales en el mercado existe variedad de sensores se puede observar en la siguiente tabla 7.

**Tabla 7:** Características Técnicas de los sensores de medición

SENSOR DE MEDICION			
Parámetros técnicos	Sensor Max30102 	Sensor SEN-11574 	Sensor Max30100 
Medición	Ritmo cardiaco Oxímetro	Oxímetro	Oxímetro
Intensidad de corriente	6mA	4mA	6mA
Fuente de alimentación	3.3V - 5V	3V - 5V	3.3V - 5V
Frecuencia de operación	50Hz - 3200Hz	50Hz	50Hz – 60Hz
Resolución ADC	18 Bits	12 Bits	18 Bits
Temperatura	-40C° a +85C°	-40C° a +85C°	-40C° ~a 85C°
Precisión de temperatura	±1C°	±1C°	±1C°
Longitud de onda máxima del	Led IR 880nm Led rojo 660nm	610nm	Led IR 920nm Led rojo 660nm
Costo	\$22.00	\$15.00	\$21.00

**Elaborado por:** El Investigador

Por consiguiente, se decidió usar el sensor Max30102, debido a que está integrado por un infrarrojo, una luz óptica y un fotoeléctrico que le permite medir el pulso cardiaco y la saturación de oxígeno en la sangre por medio de la luz. Se puede observar las características técnicas en el anexo 3.

En el seguimiento y ubicación del deportista cuando se encuentre entrenando, se implementó un sistema de geolocalización en tiempo real, para la selección del módulo se tomó en cuenta la antena para obtener mayor señal de cobertura. A continuación, se detalla la tabla 8 con los diferentes módulos.

**Tabla 8:** Características Técnicas de los módulos GPS

MODULO GEOLOCALIZACIÓN			
Parámetros técnicos	GPS NEO-6M 	GSM, GPS- A9 	SIM808, GPS 
Interfaz	Serial UART 5V	Serial UART 5V	Serial TTL
Voltaje de alimentación	3.3V - 5V	3.6V - 5.5V	3.5V - 4.2V
Intensidad de corriente	55mA	60mA	80mA
Antena	cerámica	Antena GSM Antena GPS	Antena GSM Antena GPS
Frecuencia	5Hz	850 / 900 / 1 800 / 1900 MHz	850 / 900 / 1 800 / 1900 MHz
Velocidad transmisión	9600bps	9600bps	85.6kbps
Sensibilidad	-165dBm	-105dBm	-157dBm
Temperatura	-40C° a 85C°	-30C° a 80C°	-40C° a 85C°
Costo	\$30.00	\$25.00	\$32.00

**Elaborado por:** El Investigador

Se optó por el módulo GPS NEO-6M porque tiene una antena cerámica con una sensibilidad de rastreo -161 dBm lo cual permite obtener con mayor facilidad las coordenadas geográficas y con una exactitud de ubicación, pero solo trabaja en áreas abierta; en áreas cerradas el módulo tiene mucho retardo al momento de realizar el rastreo. Las características se detallan en el anexo 4.

Además, se colocó un botón de pánico para cuando se presente una emergencia para el deportista en caso de desmayos, fatiga o en caso de ser víctima de antisociales.






**Fig. 7:** Botón de emergencia [26]

Para la comunicación del sistema se utilizó tres tarjetas programables con tecnología LoRa 1, Lora Gateway y dos LoRa Nodos para la transmisión y recepción de los datos obtenidos de los sensores y almacenar en el servidor local. Se detallan a continuación.

### LoRa Gateway

**Tabla 9:** Características técnicas de la tarjeta electrónica LoRa Gateway

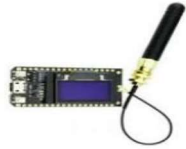


LoRa Gateway			
Parámetros Técnicos	LoRa ESP32 	LoRA32U4 	LoRa E5 
Microprocesador	ESP32 con chip LoRa y pantalla OLED	LoRa SX1278 RA02	STM32WLE5C
Voltaje de alimentación	3.3V - 5V	3.3V - 5V	3.3V - 5V
Intensidad de corriente	500mA	420mA	210mA
Potencia máxima de salida	18dB a $\pm 2$ dB	20dB a $\pm 5$ dB	20.8dB
Frecuencia	868MHz – 915MHz	868MHz – 915MHz	868MHz – 915MHz
Interfaz	1 micro USB, antena LoRa (IPEX) X 1	SPI, I2C	Conector USB SPI, I2C
Tecnología	Wifi, Lora, Bluetooth,	LoRa, Bluetooth	LoRa, Wifi
Recursos de Hardware	ADC de 12bits: DCA de 8bit, 29 GPIO general	Antena IPEX	
Soporte	IDE de Arduino	IDE de Arduino	IDE de Arduino
Costo	\$90.00	\$67.00	\$60.00

**Elaborado por:** El Investigador

Para la Lora Gateway se utilizó una tarjeta electrónica LoRa Gateway ESP32, que está integrada por la tecnología ESP32, SX127, WIFI y LoRa, lo cual permite mayores prestaciones para proyectos electrónicos, además de su facilidad de adquisición en el mercado. A continuación, en la tabla 9 se detallan las características de la tarjeta electrónica y a su vez se detalla en el anexo 5.

## LoRa nodo

**Tabla 10:** Características técnica de la Lora Nodo




<b>LoRa Nodo</b>			
<b>Parámetros Técnicos</b>	<b>LoRa ESP32 TTGO</b> 	<b>LoRa NODO ASR650</b> 	<b>LoRa32 Heltec</b> 
Microprocesador	SX1276	ASR6501	Tensilica LX6 Dual Core
Voltaje de alimentación	3.3V - 5V	3.3V - 5V	3.3V - 7V
Intensidad de corriente	1000mA	350mA	150mA
Potencia máxima de salida	20dB	22dB	20dB
Frecuencia	868MHz – 915MHz	868MHz – 915MHz	868MHz – 915MHz
Interfaz	USB, Conector IPX/IPEX	Micro USB, LoRa Conector IPEX	Conector USB-serial CP2102
Tecnología	Wifi, Lora, Bluetooth	LoRa, Bluetooth	LoRa, Wifi, Bluetooth
Recursos de Hardware	ADC de 12bits: DCA de 8bit, 29 GPIO general	ADC de 12bits	ADC de 12bits
Soporte	IDE de Arduino	IDE de Arduino	IDE de Arduino
Costo	\$55.00	\$67.00	\$60.00

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 10, se puede observar las características de los diferentes microcontroladores LoRa Nodo, los cuales por sus características, costo y asequibilidad del dispositivo se utilizó la LoRa Esp32 TTGO que la principal ventaja es el alcance de comunicación que tiene hacia el LoRa Gateway. El datasheet del microcontrolador, se encuentra en el anexo 6.

En la etapa de gestión y visualización del sistema constara todo el sistema en una base de datos con un servidor local y la visualización del sistema por medio de una aplicación de escritorio, en la base de datos se considera la utilización de un microordenador para el servido el cual se detalla las características de los siguientes microordenadores en la tabla 11.

**Tabla 11:** Características Técnicas de microordenadores comerciales

MICROORDENADORES			
Características Técnicas	Raspberry Pi 3 	ASUS Tinker Board 	ODroidXU4 
CPU	BCM2837 Broadcom VideoCore IV	Rockchip RK3288 SoC	Exynos5422 Cortex A7
SDRAM	1GB	2GB	2GB
Voltaje de alimentación	5v	5V	5V
Intensidad de corriente	2.5A	2A ~ 3A	4A
Puertos de entrada	USB, HDMI, Puertos Gigabit, Puerto Micro SD	Conector I2S, HDMI	USB, HDMI, Puerto Gigabit Ethernet
Tecnología de comunicación	Wifi, Ethernet, Bluetooth	Wifi, Bluetooth	Wifi
Costo	\$72.00	\$97.20	\$75.98

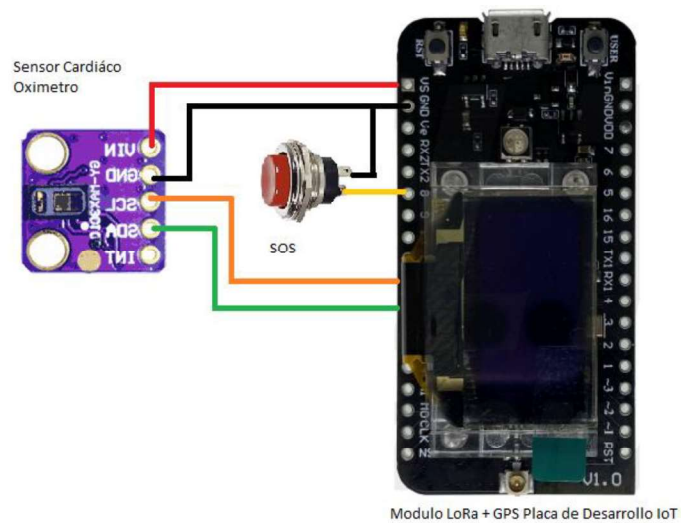
**Elaborado por:** El Investigador

Se seleccionó la Raspberry Pi3 por sus características ya que es una tarjeta electrónica compacta incluido de módulos inalámbricos para la comunicación además que ya se está compaginado con su utilización. Los detalles de la tarjeta se encuentran en el anexo 7.

### 3.2.6. Diseño del sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización.

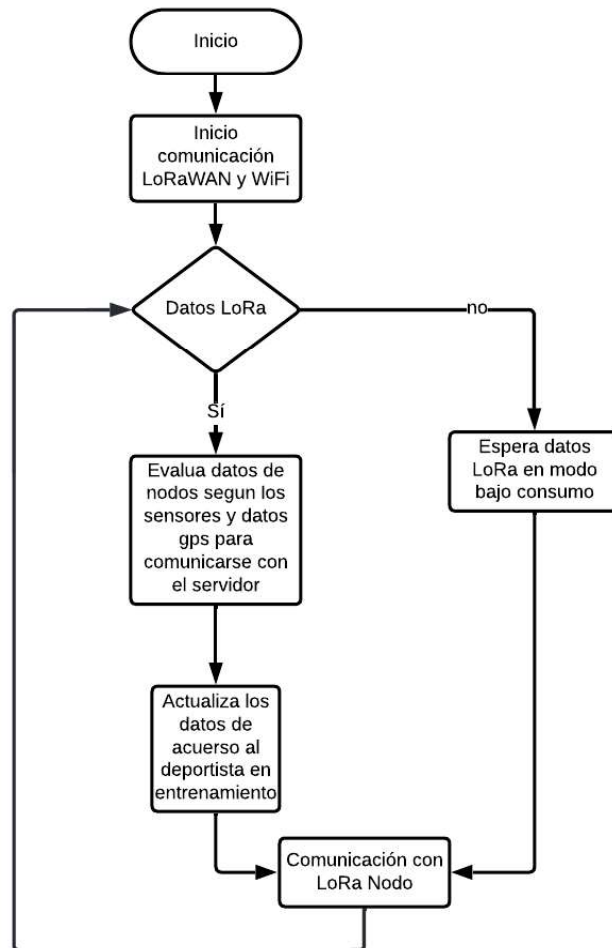
El proyecto está basado en la etapa de medición y la etapa de gestión y visualización, que complementa el sistema completo de entrenamiento para deportistas del club.

La etapa de medición cuenta con un módulo Esp32 Lora + GPS donde se obtiene los datos de geolocalización, además los datos del sensor max30102 que es de ritmo cardiaco y oxímetro, en esta etapa los datos obtenidos son enviados mediante la comunicación LORAWAN hacia el Lora Gateway con retardos de 10s según la norma establecida por este tipo de comunicación. La figura 8 muestra la conexión entre el módulo y el sensor, en la figura 9 se aprecia el flujograma del nodo, además, en el anexo 8 se observa su algoritmo de funcionamiento.



**Fig. 8:** Conexión esquemático del nodo Lora.

**Elaborado por:** El Investigador.



**Fig. 9:** Flujograma de nodo LoRa.

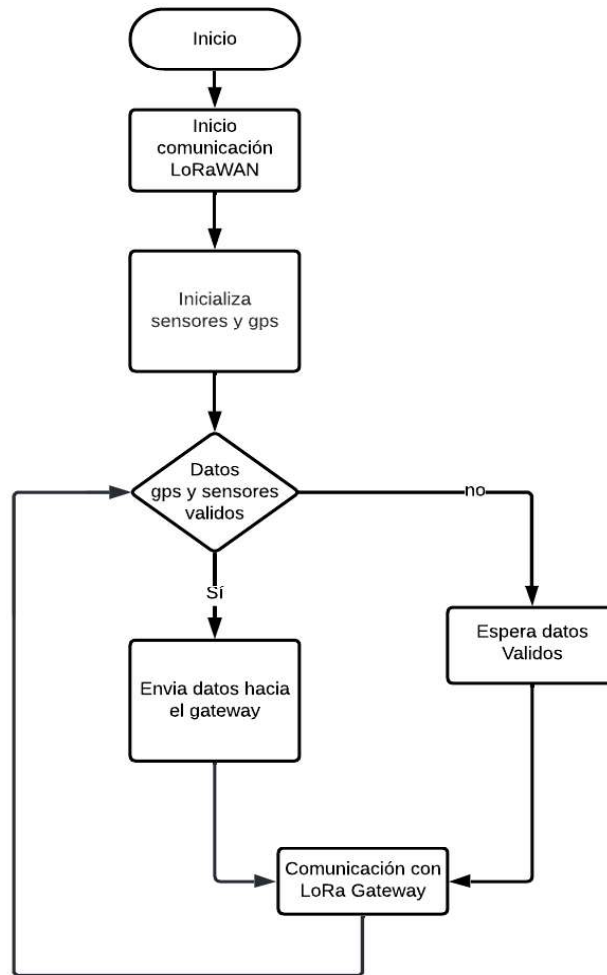
**Elaborado por:** El Investigador.

La etapa de gestión de datos cuenta con un módulo Esp32 Lora donde se obtiene los datos de los nodos sin importar que tipo de dato ellos envíen, en esta etapa se controla y clasifica los datos para la gestión y administración del deportista en entrenamiento. Además, los datos son evaluados de acuerdo a los registrados en la base de datos del servidor. La figura 10 muestra la forma de comunicación entre módulo Gateway, los nodos y el servidor, en la figura 11 se aprecia el flujograma de la puerta de enlace LoRa conjuntamente en el anexo 9 se observa su algoritmo de funcionamiento.



**Fig. 10:** Tipo de conexión entre el servidor y los Nodos.

**Elaborado por:** El Investigador.



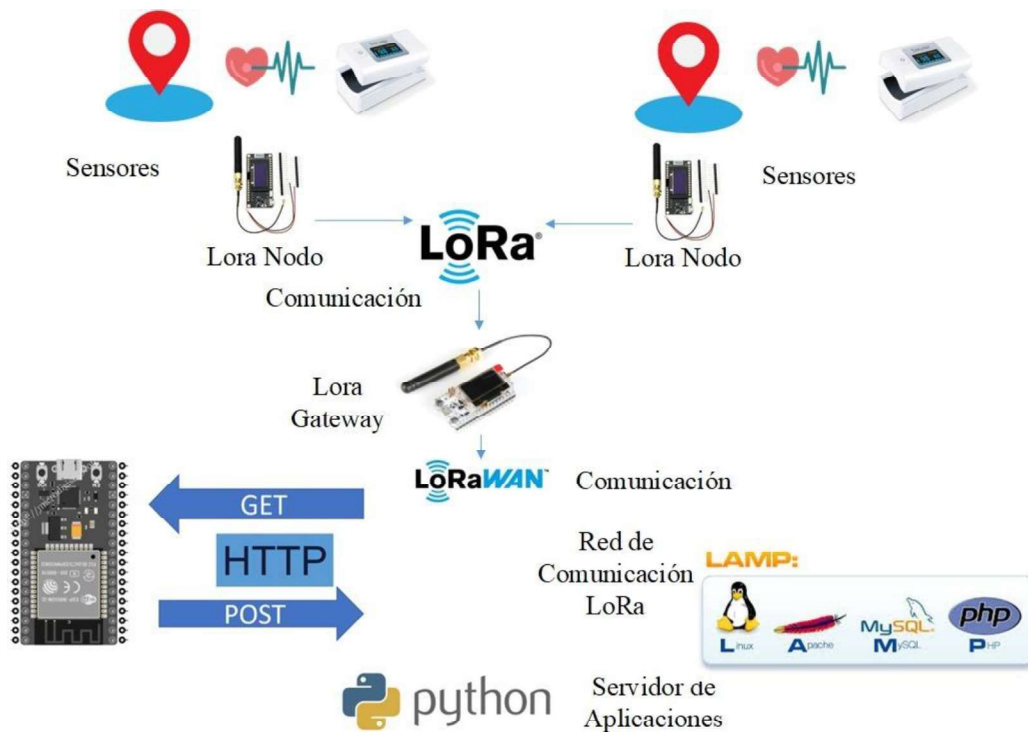
**Fig. 11:** Flujograma del LoRa Gateway.

**Elaborado por:** El Investigador.



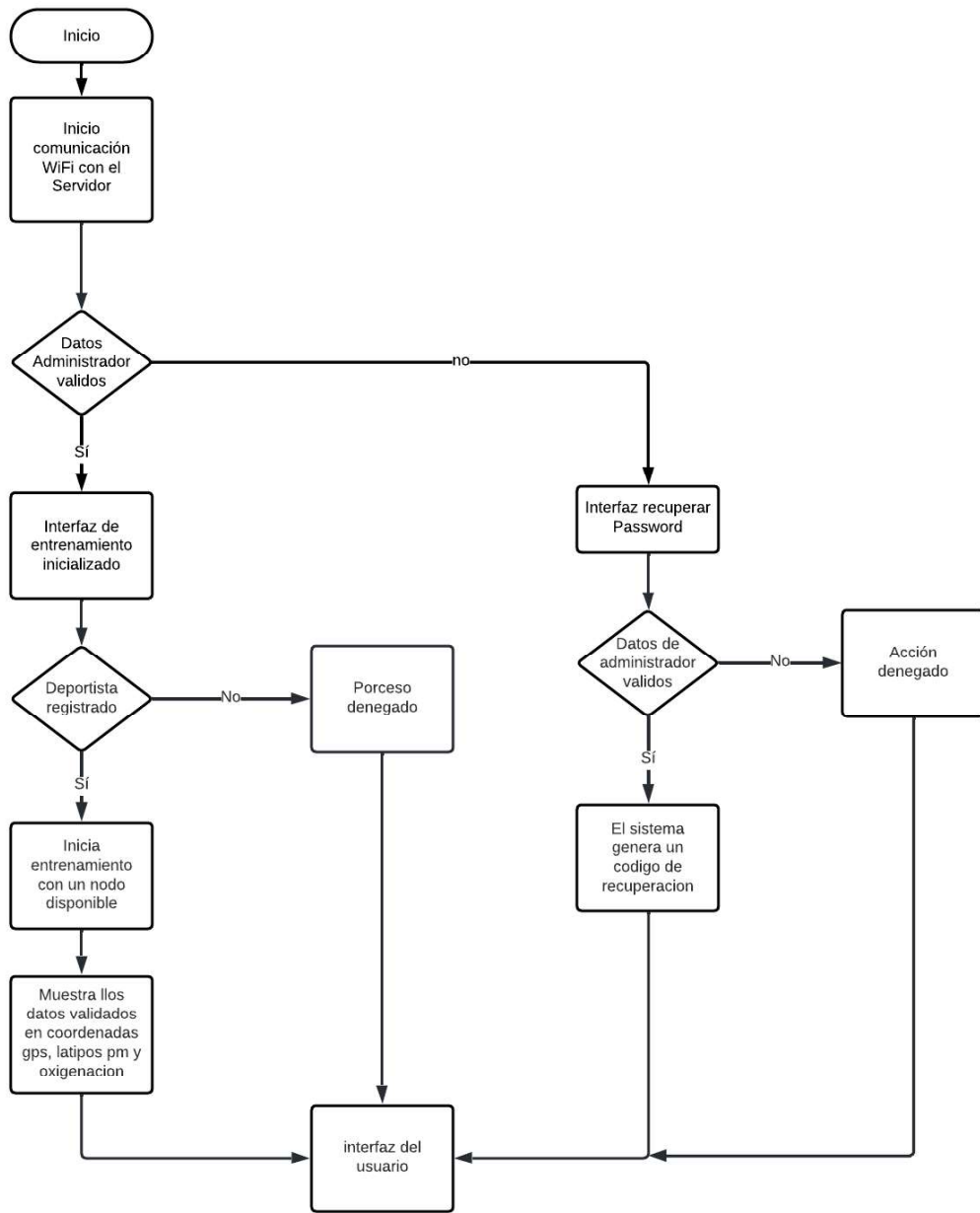
La etapa de visualización cuenta de una interfaz creada en base Python juntamente con librerías que conecta hacia un servidor de base de datos para la gestión y utilización de la aplicación por el personal de entrenamiento, en la figura 12 de aprecia la interpretación gráfica del sistema de entrenamiento para deportistas, además en la figura 13 se aprecia el flujograma del aplicativo, además, en el anexo 10 se observa su algoritmo de funcionamiento.

En la etapa de visualización se actualiza depende de los datos recibidos por el Gateway con la ayuda a archivos PHP encargada en el servidor. Los archivos de configuración PHP se detallan en el anexo 11.



**Fig. 12:** Esquema de comunicación del sistema de entrenamiento.

**Elaborado por:** El Investigador.



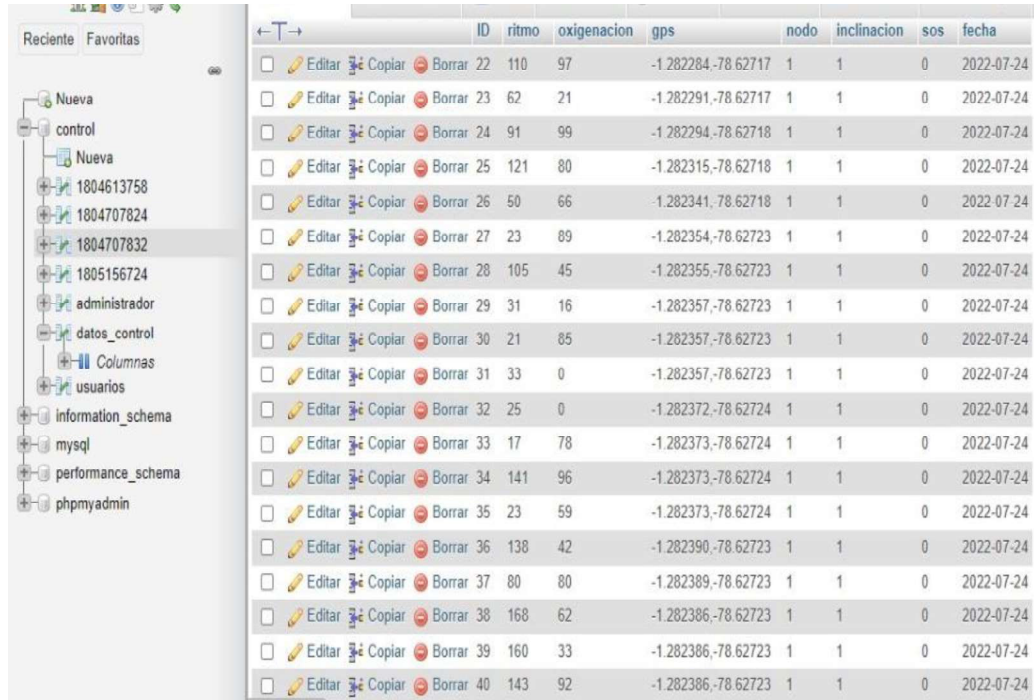
**Fig. 13:** Flujograma del Sistema de Interfaz de usuario.

**Elaborado por:** El Investigador.

## Base de datos

La base de datos está configurada en un servidor local montado en rabian con el SQL de MariaDB, donde es el encargado de gestionar todos los datos de inicio y almacenamiento de datos de acuerdo con el deportista en gestión, estos datos son de ritmo cardiaco, oxigenación y la ubicación GPS, como se observa en la tabla 12.

**Tabla 12:** Resultados de los entrenamientos



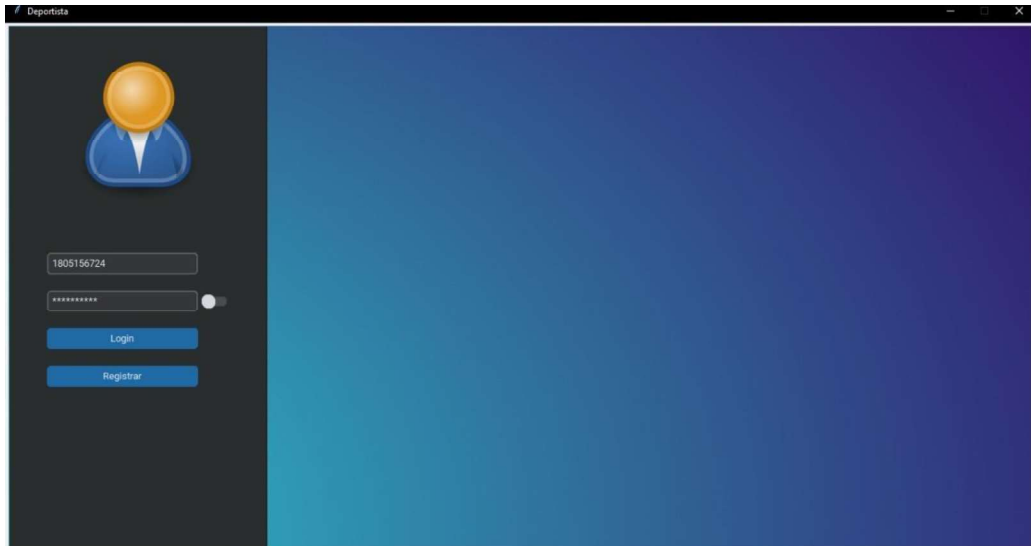
ID	ritmo	oxigenacion	gps	nodo	inclinacion	sos	fecha
22	110	97	-1.282284,-78.62717	1	1	0	2022-07-24
23	62	21	-1.282291,-78.62717	1	1	0	2022-07-24
24	91	99	-1.282294,-78.62718	1	1	0	2022-07-24
25	121	80	-1.282315,-78.62718	1	1	0	2022-07-24
26	50	66	-1.282341,-78.62718	1	1	0	2022-07-24
27	23	89	-1.282354,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
28	105	45	-1.282355,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
29	31	16	-1.282357,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
30	21	85	-1.282357,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
31	33	0	-1.282357,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
32	25	0	-1.282372,-78.62724	1	1	0	2022-07-24
33	17	78	-1.282373,-78.62724	1	1	0	2022-07-24
34	141	96	-1.282373,-78.62724	1	1	0	2022-07-24
35	23	59	-1.282373,-78.62724	1	1	0	2022-07-24
36	138	42	-1.282390,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
37	80	80	-1.282389,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
38	168	62	-1.282386,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
39	160	33	-1.282386,-78.62723	1	1	0	2022-07-24
40	143	92	-1.282386,-78.62723	1	1	0	2022-07-24

**Elaborado por:** El Investigador

## Interfaz de usuario

La interfaz de usuario se desarrolló en el lenguaje de programación orientada a objeto Python donde se realizó un aplicativo de escritorio para el seguimiento de entrenamiento de los deportistas en la disciplina de atletismo. Para ello, se utilizó la librería Tkinter.

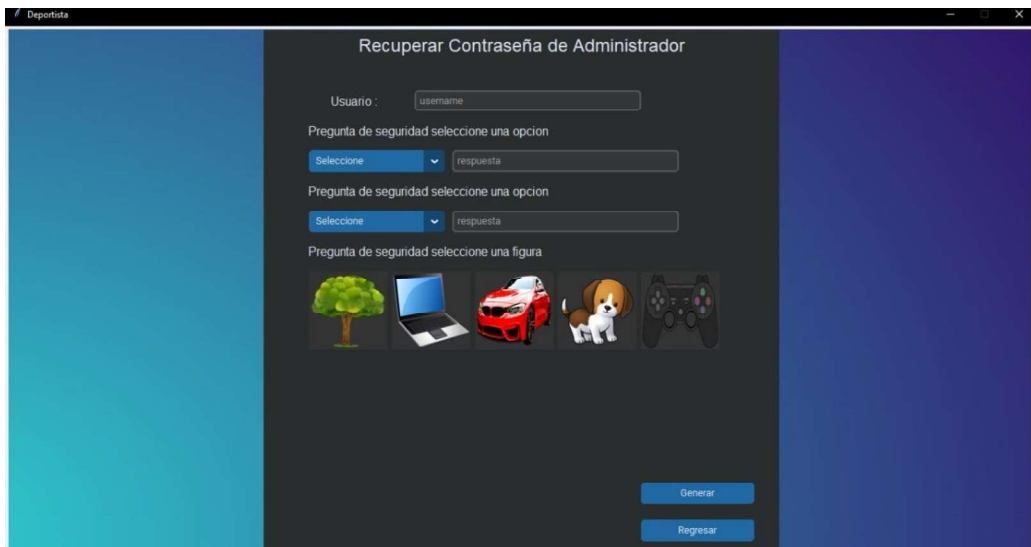
El sistema consta de una pantalla de registro para acceder al sistema, con el número de cédula y una contraseña, se ilustra en la figura 14.



**Fig. 14:** Inicio de sesión

**Elaborado por:** El Investigador

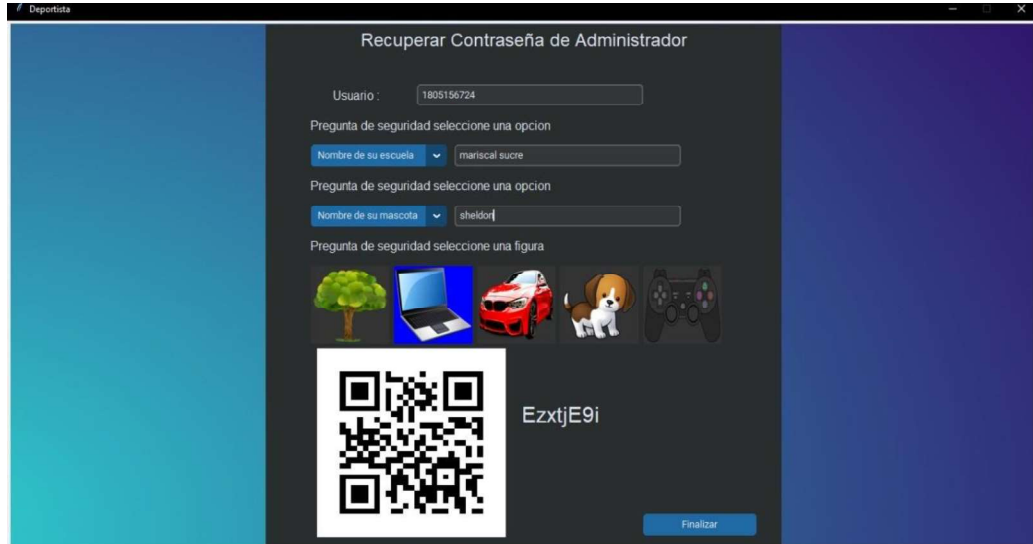
A su vez tiene la opción de recuperar la contraseña en caso de que la persona se haya olvidado, las cuales debe llenar las preguntas de seguridad de acuerdo a registro, como se observa en la figura 15.



**Fig. 15:** Recuperación de contraseña

**Elaborado por:** El Investigador

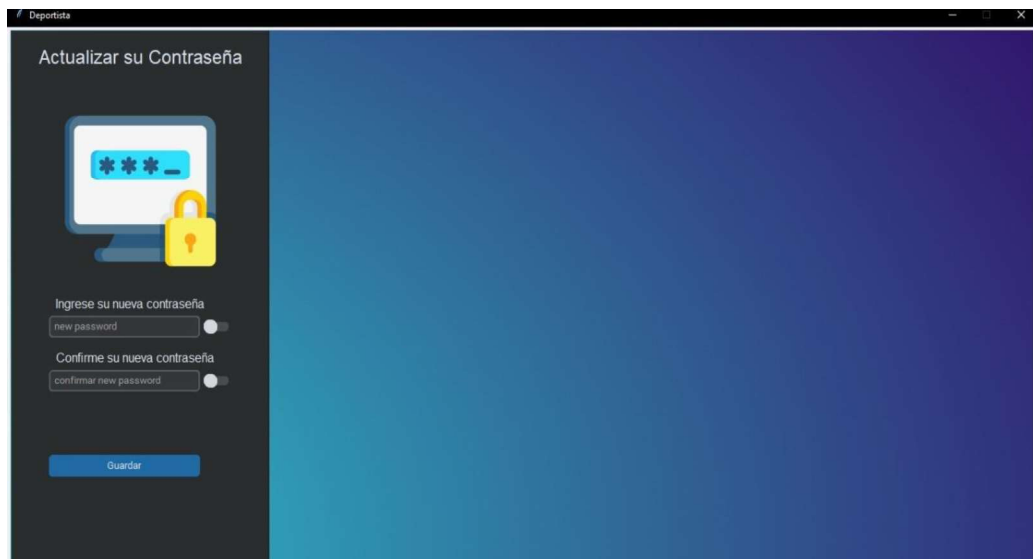
Al accionar actualizar contraseña nos aparece un código QR que permitirá actualizar la base de datos y generará el sistema una contraseña alternativa para poder restablecer la contraseña, se visualiza en la figura 16.



**Fig. 16:** Pantalla de Generación del código QR

**Elaborado por:** El Investigador

El sistema responde a la petición del usuario autoidentificando el restablecimiento de contraseña, como se ilustra en la figura 17.

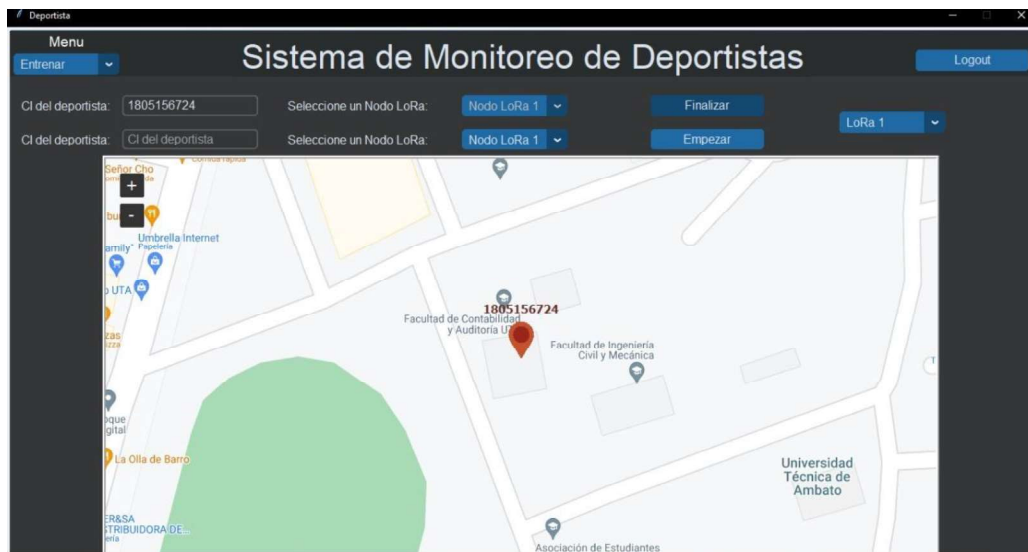


**Fig. 17:** Pantalla de actualizar contraseña

**Elaborado por:** El Investigador

## Sistema de monitoreo.

Al ingresar a la pantalla de monitorización encontraremos las opciones de escoger al usuario, seleccionar el nodo que está utilizando el deportista y presionar el botón de empezar para la monitorización del entrenamiento del atleta. Se implementó un sistema de ubicación para ir detectando por donde está el deportista y ubicarle en caso de emergencia ya que tiene un botón de pánico, el cual genera una notificación en el sistema al ser accionado, se puede observar en la figura 18.



**Fig. 18:** Pantalla del sistema de monitorización

**Elaborado por:** El Investigador

## Implementación del sistema

Para la ubicación de los equipos se realizó un chaleco de tela licra para deportista antitranspirante en donde se ubicó el nodo Lora del sistema, sensor max30102 para la medición de pulso y la medición de consumo de oxígeno, el módulo GPS y el botón de pánico que puede ser accionado cuando se presente una situación de emergente. Se ilustra en la figura 19.



**Fig. 19:** Implementación del nodo LoRa

**Elaborado por:** El Investigador

En el Gateway Lora se realizó una cajita para la colocación del microcontrolador y la antena, el cual siempre se estará con el entrenador para la monitorización de los atletas mediante la aplicación de escritorio, se puede ilustrar en la figura 20.



**Fig. 20:** Implementación del Gateway LoRa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Funcionamiento del sistema**

La implementación del sistema se aprecia en la figura 21, a su vez se ilustra en la figura 22 a la figura 24 puesta en marcha del prototipo.



**Fig. 21:** Funcionamiento del sistema.

**Elaborado por:** El Investigador.



**Fig. 22:** Prueba de funcionamiento del Nodo 1.

**Elaborado por:** El Investigador.





**Fig. 23:** Prueba de funcionamiento del Nodo 2.

**Elaborado por:** El Investigador.



**Fig. 24:** Prueba de funcionamiento de la comunicación LoRa.

**Elaborado por:** El Investigador.

### 3.2.7. Pruebas de funcionamiento del sistema.

Las pruebas se realizaron en el Club Formativo QUINES a cargo del licenciado Néstor Quinapanta. Dicha institución está conformada por 31 deportistas entre 13 a 35 años que realizan su preparación profesional en el deporte, de los cuales se va a realizar con dos deportistas un fondista y medio fondista para el seguimiento de un día de entrenamiento de cada uno de ellos, debido a que se encuentra en el proceso de preparación para la competencia en Valencia en el mes de diciembre. La autorización de los deportistas se encuentra en el anexo 12.

Los demás deportistas se encuentran en proceso de recuperación por la participación del mes de julio en los juegos bolivarianos, por lo que se les dificulta colaborar para realizar las pruebas respectivas según órdenes del entrenador.

Lo primero que se realizó es el registro de datos personales de los deportistas en el aplicativo de escritorio para el seguimiento del rendimiento en el entrenamiento de atleta, en la tabla 13 se detalla los datos personales.

**Tabla 13:** Datos personales de los deportistas

	ID	Nombre	Apellidos	Telefono	Cedula	Sexo	Edad	Fecha
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	3	Gerson	Montes de Oca	0992729579	1804707824	Masculino	25	15-07-2022
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	4	Ariel	Montes de Oca	0994117042	1804707832	Masculino	23	15-07-2022

**Elaborado por:** El Investigador.

La actividad física se realiza con un cronograma presentado por el entrenador, quien autoriza, gestiona y planifica el lugar en este caso el circuito es realizado en Huachi Chico, de 1h y media de entrenamiento para cada atleta, según lo requiera y se adapte a su rendimiento físico, el cual se presenta en la tabla 14 y se encuentra en el anexo 13.

**Tabla 14:** Planificación de entrenamiento de los deportistas de la semana 18/07/22 a 23/07/22

Atletas	Frecuencia cardiaca FC				Km/día	Martes 19 /07/22	Miércoles 20/07/22
	FC Max	FC min	% Ent.	FC Ent.			
Gerson Montes de Oca	195	41	80%	164	6 km	6 km cc	Gimnasio 30 min cc
Ariel Montes de Oca	194	43	75%	156	18 km	12 km cc a 3'55"	18 km cc

**Elaborado por:** El Investigador en base a [10].

Se procedió a realizar la toma de datos del sistema en los dos deportistas. En la tabla 15 y la tabla 16 se detalla los valores obtenidos en las mediciones registradas en la base de datos. Cada deportista fue evaluado 1h y media de entrenamiento, donde el sistema registra un valor cada 5 minutos para no colapsar al sistema, para ello se tomó datos como la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y el nivel de entrenamiento.

**Tabla 15:** Datos medidos del sistema del deportista NN1

Id	Fecha	Hora	Nodo	Rendimiento %	Frecuencia Cardiaca (latidos por minuto)	Oxigenación %	GPS
1	19/7/2022	7:00:10	1	46	83	83	-1,282284 -78,62717
2	19/7/2022	7:03:20	1	40	80	85	-1,282284 -78,62717
3	19/7/2022	7:06:30	1	48	121	80	-1,282291 -78,62717
4	19/7/2022	7:09:40	1	62	115	86	-1,282294 -78,62718
5	19/7/2022	7:12:50	1	59	132	89	-1,282315 -78,62718
6	19/7/2022	7:16:00	1	68	142	91	-1,282341

							-78,62718
7	19/7/2022	7:19:10	1	73	111	91	-1,282354 -78,62723
8	19/7/2022	7:22:20	1	70	98	91	-1,282355 -78,62723
9	19/7/2022	7:25:30	1	65	100	91	-1,282357 -78,62723
10	19/7/2022	7:28:40	1	57	135	91	-1,282357 -78,62723
11	19/7/2022	7:31:50	1	70	157	84	-1,282357 -78,62723
12	19/7/2022	7:35:00	1	81	166	84	-1,282372 -78,62724
13	19/7/2022	7:38:10	1	86	143	84	-1,282373 -78,62724
14	19/7/2022	7:41:20	1	74	174	94	-1,282373 -78,62724
15	19/7/2022	7:44:30	1	92	169	84	-1,282373 -78,62724
16	19/7/2022	7:47:40	1	87	170	82	-1,282390 -78,62723
17	19/7/2022	7:50:50	1	88	173	82	-1,282390 -78,62723
18	19/7/2022	7:54:00	1	89	175	82	-1,282389 -78,62723
19	19/7/2022	7:57:10	1	70	165	86	-1,282386 -78,62723
20	19/7/2022	8:00:20	1	90	169	86	-1,282389 -78,62723
21	19/7/2022	8:03:30	1	87	173	87	-1,282391 -78,62723
22	19/7/2022	8:06:40	1	89	128	84	-1,282484 -78,62724

23	19/7/2022	8:09:50	1	82	139	89	-1,282488 -78,62724
24	19/7/2022	8:13:00	1	81	147	90	-1,282490 -78,62724
25	19/7/2022	8:16:10	1	73	141	92	-1,282291 -78,62717
26	19/7/2022	8:19:20	1	62	121	85	-1,282294 -78,62717
27	19/7/2022	8:22:30	1	89	172	83	-1,282296 -78,62717
28	19/7/2022	8:25:40	1	76	147	87	-1,282299 -78,62717
29	19/7/2022	8:28:50	1	79	153	83	-1,282484 -78,62717
Promedio				77	147	86	

Elaborado por: El Investigador

**Tabla 16:** Datos medidos del sistema del deportista NN2

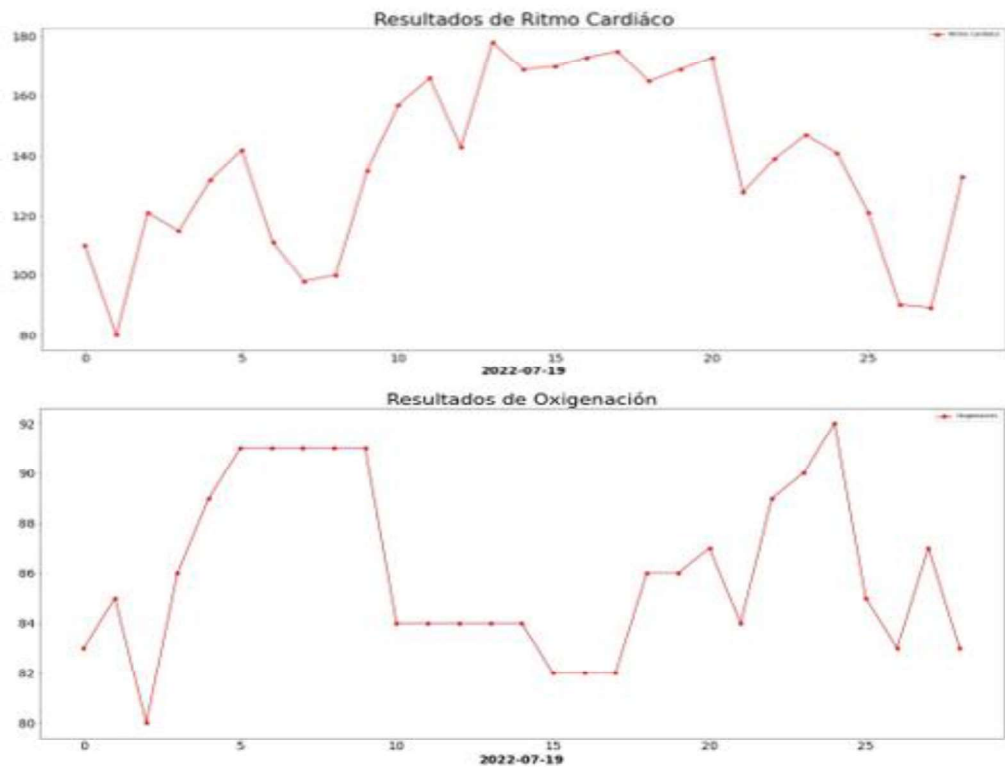
<b>Id</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Nodo</b>	<b>Rendimiento %</b>	<b>Frecuencia Cardíaca (latidos por minuto)</b>	<b>Oxigenación %</b>	<b>GPS</b>
1	20/7/2022	7:00:10	2	85	165	86	-1,282284 -78,62717
2	20/7/2022	7:03:20	2	91	170	80	-1,282284 -78,62717
3	20/7/2022	7:06:30	2	89	171	90	-1,282291 -78,62717
4	20/7/2022	7:09:40	2	93	172	91	-1,282294 -78,62718
5	20/7/2022	7:12:50	2	75	145	81	-1,282315 -78,62718
6	20/7/2022	7:16:00	2	77	149	84	-1,282341 -78,62718

7	20/7/2022	7:19:10	2	77	149	87	-1,282354 -78,62723
8	20/7/2022	7:22:20	2	92	172	91	-1,282355 -78,62723
9	20/7/2022	7:25:30	2	62	121	89	-1,282357 -78,62723
10	20/7/2022	7:28:40	2	65	126	80	-1,282357 -78,62723
11	20/7/2022	7:31:50	2	38	71	89	-1,282357 -78,62723
12	20/7/2022	7:35:00	2	43	84	81	-1,282372 -78,62724
13	20/7/2022	7:38:10	2	56	109	81	-1,282373 -78,62724
14	20/7/2022	7:41:20	2	80	155	92	-1,282373 -78,62724
15	20/7/2022	7:44:30	2	71	138	83	-1,282373 -78,62724
16	20/7/2022	7:47:40	2	50	97	79	-1,282390 -78,62723
17	20/7/2022	7:50:50	2	42	81	86	-1,282390 -78,62723
18	20/7/2022	7:54:00	2	80	155	85	-1,282389 -78,62723
19	20/7/2022	7:57:10	2	85	165	82	-1,282386 -78,62723
20	20/7/2022	8:00:20	2	88	170	87	-1,282389 -78,62723
21	20/7/2022	8:03:30	2	85	164	89	-1,282391 -78,62723
22	20/7/2022	8:06:40	2	87	169	85	-1,282484 -78,62724
23	20/7/2022	8:09:50	2	89	169	81	-1,282488 -78,62724

24	20/7/2022	8:13:00	2	90	171	80	-1,282490 -78,62724
25	20/7/2022	8:16:10	2	86	167	85	-1,282291 -78,62717
26	20/7/2022	8:19:20	2	91	168	88	-1,282294 -78,62717
27	20/7/2022	8:22:30	2	69	133	89	-1,282296 -78,62717
28	20/7/2022	8:25:40	2	73	141	84	-1,282299 -78,62717
29	20/7/2022	8:28:50	2	77	149	89	-1,282484 -78,62717
Promedio				75	146	85	

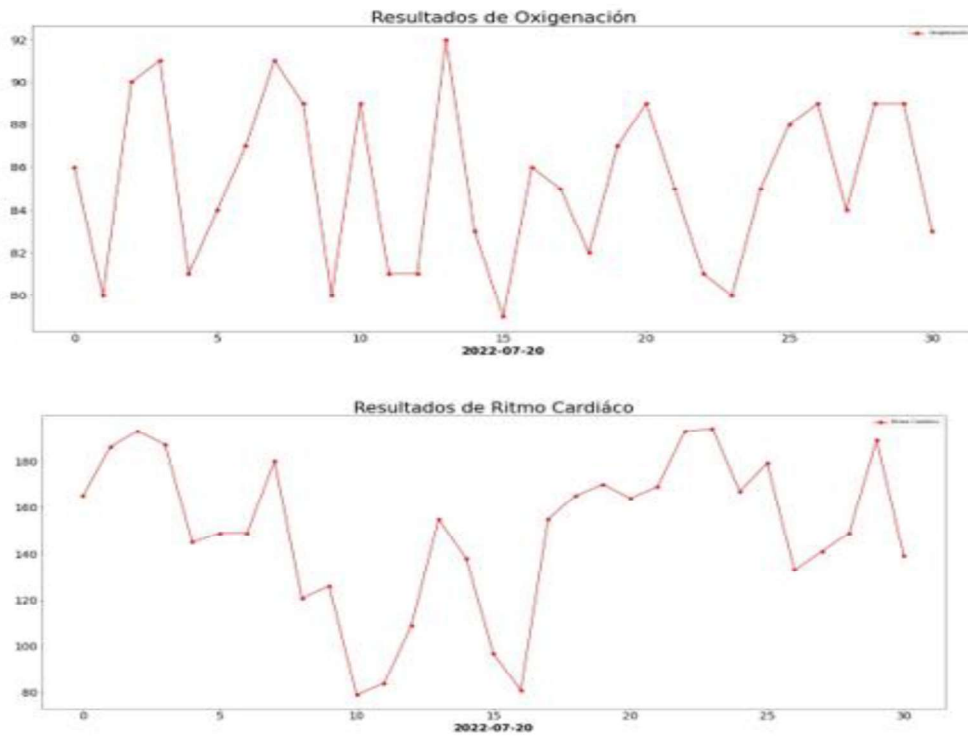
Elaborado por: El Investigador

En la figura 25 y figura 26, se observa las gráficas de rendimiento durante el entrenamiento de los deportistas con respecto al tiempo de entrenamiento.



**Fig. 25:** Gráfica del rendimiento de entrenamiento del deportista NN1

**Elaborado por:** El Investigador

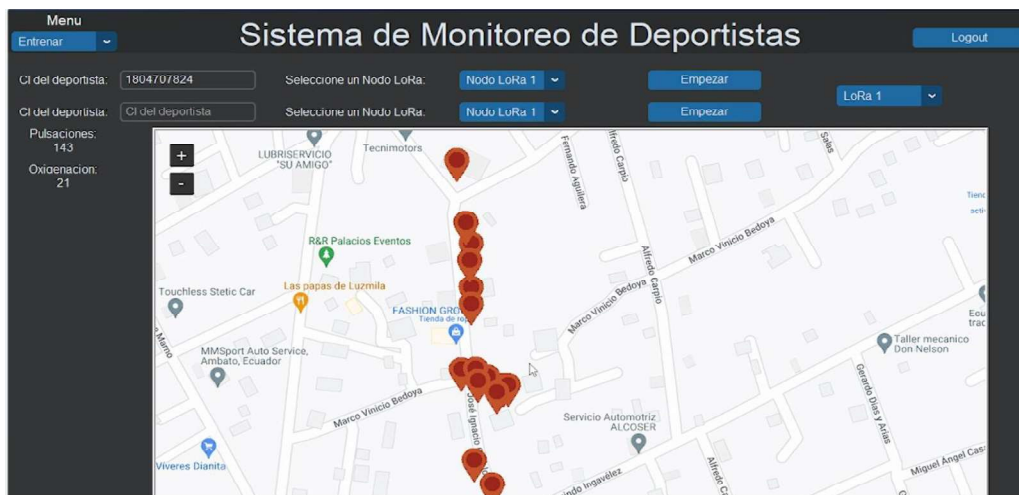


**Fig. 26:** Gráfica del rendimiento de entrenamiento del deportista NN2

**Elaborado por:** El Investigador

Además, el prototipo realiza el seguimiento de la ruta de entrenamiento que realiza el deportista, como se observa en la figura 27.





**Fig. 27:** Pruebas de funcionamiento del sistema

**Elaborado por:** El Investigador

### Resultados Obtenidos

En la tabla 17, se encuentran los resultados obtenidos durante la prueba del sistema que se encuentran registrados en la base de datos durante el seguimiento de entrenamiento de los deportistas. Además, para calcular la frecuencia de entrenamiento se utilizó la siguiente ecuación 2.

$$F_{c_{entrenamiento}} = ((F_{c_{max}} - F_{c_{basal}}) * \% \text{ de entrenamiento}) + F_{c_{basal}} \quad (2)$$

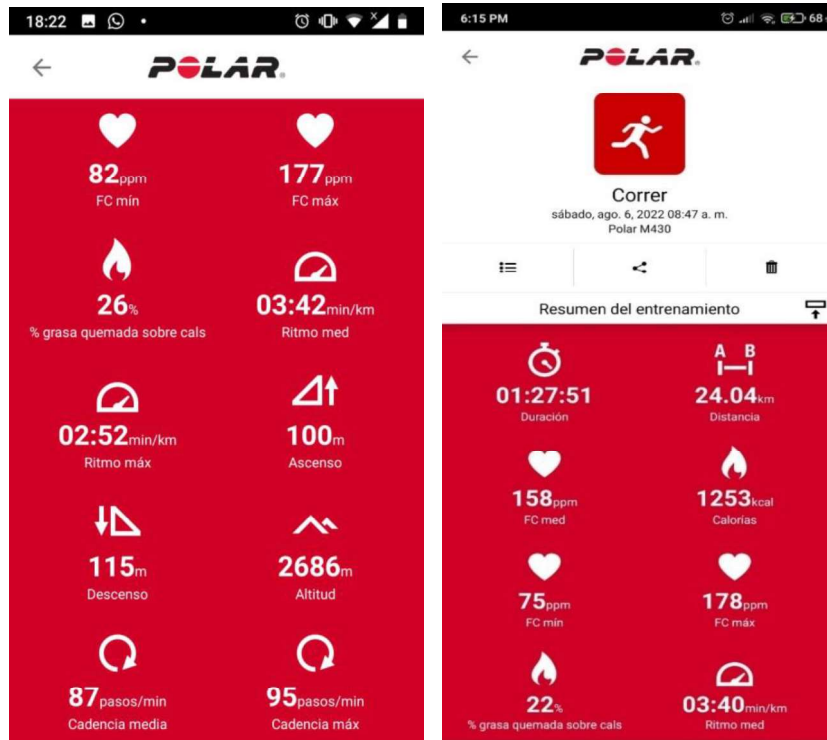
**Ecuación 2:** Fórmula de la frecuencia de entrenamiento [8].

**Tabla 17:** Resumen de los datos registrados del sistema

Nombre	Frecuencia cardiaca de entrenamiento			Saturación de oxígeno en la sangre	Distancia
	Frecuencia cardiaca máxima	% de entrenamiento	Frecuencia de entrenamiento		
Deportista NN1	174 lpm	77%	152 lpm	85%	6Km/día
Deportista NN2	172 lpm	75%	149 lpm	86%	18Km/día

**Elaborado por:** El Investigador.

Para validar el sistema se procedió a realizar una tabla comparativa con el sistema POLAR mediante un reloj inteligente que se utilizó en el momento de realizar las mediciones del sistema para comparar los resultados. Se detalla a continuación en la tabla 18. Los datos del sistema Polar se encuentran en la figura 28, además el anexo 14 y 15 se detalla todos datos obtenidos.



**Fig. 28:** Datos obtenidos por el entrenador POLAR

**Elaborado por:** El Investigador.

En la adquisición de los datos de ritmo cardiaco y la oxigenación en la sangre, se usó un dispositivo de entrenamiento POLAR con el propósito de obtener el margen de error del sistema propuesto y desarrollado. Con estos datos se conmemora que el sistema de entrenamiento realizado tiene similitud a los sistemas convencionales de entrenamiento con un margen de error mínimo como se detalla en la tabla 18.

**Tabla 18:** Comparación de parámetros técnicos

Parámetros	Sistema del proyecto		Sistema Polar		% Error	
	Deportista NN1	Deportista NN2	Deportista NN1	Deportista NN2	Deportista NN1	Deportista NN2
Disciplina	Medio fondo	Fondo	Medio fondo	Fondo	Medio fondo	Fondo
Frecuencia cardiaca máxima	174	172	177	178	0.017	0.034
Frecuencia basal o mínima teórica	80	71	82	75	0.024	0.047
Frecuencia cardiaca de entrenamiento	152	149	155	153	0.019	0.026
% de entrenamiento	77%	75%	90%	86%	-----	-----
Distancia	6km/día	18km/día	6km/día	18km/día	6km/día	18km/día

**Elaborado por:** El Investigador

Para determinar el margen de error que existe entre el sistema polar y el sistema implementado, se procedió a utilizar la ecuación 3.

$$\%Error = \left( \frac{V_{medido\ del\ aplicativo\ del\ reloj} - V_{del\ sistema\ de\ monitoreo}}{Valor\ medido\ del\ aplicativo\ del\ reloj} \right) * 100$$

**Ecuación 3:** Fórmula de la determinación del margen de error [6].

Según la tabla comparativa de la medición de datos de los atletas existe un margen mínimo de error en el rango de 1% al 5% entre las dos mediciones, lo cual se puede decir que el sistema implementado es factible y confiable, los datos de los deportistas según el sistema Polar.

Según los datos obtenidos del sistema implementado, se pudo cumplir con la planificación elaborada por el entrenamiento donde los deportistas realizan su nivel de entrenamiento del 80% al 75%

Se puede analizar que los datos obtenidos de los dos deportistas dependen del nivel físico de entrenamiento que cada uno tiene.

### 3.2.8. Presupuesto de desarrollo

Para el desarrollo del proyecto se detalla los componentes que se configuraron para la implementación del sistema. En la tabla 19 se observa el presupuesto del proyecto.

**Tabla 19:** Tabla de presupuesto del sistema en marcha

id	Equipos	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Elementos electrónicos					
1	ESP32 Lora Nodo	c/u	2	\$90,00	\$180,00
2	ESP32 Lora Gateway	c/u	1	\$90,00	\$90,00
3	Sensor Max30102	c/u	2	\$22,00	\$44,00
4	Raspberry Pi	c/u	1	\$72,00	\$72,00
5	Botón de pánico	c/u	1	\$5,00	\$5,00
6	Módulos GPS Neo-M6	c/u	2	\$30,40	\$60,80
9	Antena Lora	c/u	1	\$15,00	\$15,00
7	Baterías Lipo	c/u	3	\$10,10	\$30,20
8	Material de electrónica	c/u	1	\$15,00	\$15,00
9	Bus de datos	c/u	2	\$2,00	\$4,00
Diseño del prototipo					
10	Madera MDF	m2	1	\$10,00	\$10,00
11	Tela de algodón	m	1	\$6,00	\$6,00
12	Tela antifluido	m	1	\$8,00	\$8,00
Mano de obra					
13	Diseño del chaleco	c/u	2	\$15,00	\$30,00
14	Diseño del case	c/u	2	\$5,00	\$10,00
Subtotal					\$580,00
Iva 12%					\$69,60
<b>TOTAL</b>					<b>\$649,60</b>

**Elaborado por:** El Investigador

### 3.2.9. Presupuesto General

El proyecto en presentación donde se detalla el desarrollo, la investigación y la implementación del prototipo en general, además con los elementos que configura el módulo de entrenamiento se detalla en la tabla 20.

**Tabla 20:** Tabla de presupuesto del sistema en marcha

<b>id</b>	<b>Equipos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Elementos electrónicos					
1	Servidor Linux en Raspberry Pi	c/u	1	\$72,00	\$72,00
2	Chaleco con Nodos Lora	c/u	2	\$203,50	\$407,00
3	Acceso Lora Gateway	c/u	1	\$120,00	\$120,00
Diseño de Ingeniería					
4	Interfaz y electrónica	m2	1	\$650,00	\$650,00
Mano de obra Implementación					
5	Implementación	c/u	1	\$32,50	\$32,50
				Subtotal	\$1281,50
				Iva 12%	\$153,78
				<b>TOTAL</b>	<b>\$1435,28</b>

El sistema de entrenamiento tiene un costo aproximado de 1435 dólares para toda una sede, a diferencia de módulos existentes que alcanzan los 1000 por deportista, como son los de POLAR, Apple, Samsung o diferentes marcas que circulan por el mercado.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Un deportista de atletismo de fondo, medio fondo y marcha necesita mantener un nivel adecuado en su rendimiento físico, llevando un control eficiente de respiración, oxigenación y ritmo cardiaco, que son importantes para no perder su desempeño en el entrenamiento, en estas situaciones es necesario realizar un monitoreo en tiempo real de signos vitales, en donde el entrenador pueda corregir y opinar de acuerdo a los datos que disponga y en momento exacto del entrenamiento, por lo cual a diferencia de los equipos tradicionales el sistema permitió dar el momento que los deportistas tienen eventos inusuales en sus signos vitales, mejorando así su rendimiento físico en el recorrido de entrenamiento. Además, los atletas tuvieron nuevas experiencias con el dispositivo al sentirse protegidos ya que el sistema cuenta con un pulsador de pánico en caso de asaltos.
- La investigación del sistema de entrenamiento generó la obligación del uso de los módulos IoT con comunicación Lora WAN que incluya GPS, muchos de estos módulos IoT son compatibles con el lenguaje de programación que se usó, además según su respectiva documentación con los protocolos de comunicación, a pesar de esto existen escasas investigaciones en el uso y configuración de todos los parámetros en la transmisión LoRa, que generó pérdidas de datos cuando se utiliza placas de desarrollo de diferentes fabricantes, generando un margen de error entre 0.017% a 0.034% al momento del diagnóstico del deportista en marcha.
- En la construcción del prototipo del sistema electrónico para el entrenamiento es importante que los dispositivos de selección dispongan geolocalización, de este modo se incorporó dispositivos con tecnologías en desarrollo IoT con complejos módulos de adquisición de datos físicos y datos satelitales, estos dispositivos son compactos y poseen mayor prestaciones a diferencia de la

gama de Arduino, además poseen documentaciones escasas pero factibles para el desarrollo, uno de ellos son los módulos IoT LoRa GPS que sincronizan una cadena de datos según la región, dichos datos son extraídos de los satélites que rodean el globo terrestre, en estos dispositivos genera un retraso mínimo en la sincronización de la ubicación, por lo que se requiere de un tiempo de espera en su inicialización, lo cual generó un tiempo de retraso al momento de iniciar el entrenamiento.

#### **4.2. Recomendaciones**

- LoRa WAN establece una frecuencia de uso para cada región de acuerdo a la documentación existente, por lo que los módulos de comunicación LoRa deben ser configuradas a la frecuencia de región en este caso 915MHz frecuencia en América, así mejorar la red de comunicación.
- Los nodos Lora tienen el sensor max30102 para la adquisición de la oxigenación y el ritmo cardiaco, el cual requiere un nivel de corriente de al menos de 1.2mA, por el cual es aconsejable verificar la carga del dispositivo antes de iniciar el entrenamiento del deportista, ya que las baterías con nivel 0V no proporciona corriente.
- El Lora Gateway debe estar conectado a una misma red que el servidor, ya que el dispositivo ocupa datos del servidor para actualizar la base de datos según el deportista en entrenamiento.
- Se recomienda generar una dirección IP estática para el servidor, ya que los dispositivos utilizan archivos .PHP almacenados en el servidor para el control de las variables del deportista en entrenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jairo Andrés Rodríguez Sánchez, Jhoiner Smith Rojas González, «Diseño de un Nodo LoRa-GPS para Localización de Bicicletas Implementado en una Red LoRaWAN,» Universidad Santo Tomás, Bogotá, 2021. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35661/2021jhoinerrojas.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [2] Fredy. Bladimir. Llambo Yansaguano, «Sistema Electrónico de corrección del gesto deportivo en base a la biomecánica en deportistas de marcha atlética,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/31788/1/t1742ec.pdf>
- [3] Sheyla Monrroy, «Geolocalización basada en Tecnologías GPS a personas con enfermedad de Alzheimer» Universidad Mayor de San Andrés, 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17535/T-3439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4] Lenin Leonardo La Rosa Vargas y Mauricio Santana Calixto Segarra, «Prototipo de Banda Pectoral Deportiva Digital con sistema de monitoreo cardiaco y rastreo satelital, con alarma; orientado a atletas amateurs, adultos medios para prevenir problemas cardiacos durante la competencia» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32816/1/B-CISC-PTG-1581%20La%20Rosa%20Vargas%20Lenin%20Leonardo%20.%20Santana%20Segarra%20Mauricio%20Calixto.pdf>.
- [5] María. Angelica. Llamuca Caiza y Geovanny. Fabian. Tobón Tite, «Sistema de Monitoreo personal inalámbrico para atletas de fondo,» Universidad Nacional



de Chimborazo, Riobamba, 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4467/1/UNACH-EC-ING-TEL-2017-0015.pdf>

- [6] Vinicio Rodrigo Aguaguña Cadena y Roben Mauricio Enriquez Aguilar , «Diseño y contrucción de un equipo para monitoreo de parametros de interes en el entrenamiento de un atleta,» Escuela Politecnica Nacional Quito, 2015. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/lis\\_2/Downloads/CD-6324%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/lis_2/Downloads/CD-6324%20(1).pdf)
- [7] Cesar. Chaurel y Juan de Dios Murillo, «Sistema de monitoreo de rendimiento fisico para atletas de alto desempeño,» Universidad Catolica Andres Bello Caracas, 2014. [En línea]. Available: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT2026.pdf>
- [8] Luis Miguel Mazón Arévalo, Xavier Almeida Briones, Klever Loor Zambrano, Carlos Manuel Castillo Gallo, Nelly Panchana Rodríguez, L. Villao Laylel, Diego Leónidas. Aquino Castillo, Jesica Rebeca Loor Pozo y Mónica Paola Castillo Ambrossi, «Introducción del atletismo básico en las escuelas de Ecuador, una alternativa pedagógica desde las actividades físicas generales,» Efdportes,2016. [En línea]. Available: <https://efdportes.com/efd215/introduccion-del-atletismo-en-escuelas-de-ecuador.htm>
- [9] Emilio. Mazzeo y Eduardo. Mazzeo, Atletismo para todos, Buenos Aires: Stadium S.R.L, 2008.
- [10] Nestor Estuardo Quinapanta Vargas, Interviewee, *Coordinador del Club Especializado Formativo QUINES*. [Entrevista]. 01 04 2022.
- [11] Dimas Carrasco Bellido y David Carrasco Bellido, Instituto Nacional de Educación Física, Colombia, 2003. [En línea]. Available:

<https://futbolcarrasco.com/wpcontent/uploads/2014/08/futbolcarrascoinef2curso12.pdf>

- [12] José María Villalón y Antonio López Farre, «El corazón del deportista,» [En línea]. Available: [extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fbbva.es/microsites/salud\\_cardio/mult/fbbva\\_libroCorazon\\_cap68.pdf](https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap68.pdf). [Último acceso: 9 07 2022].
- [13] Juan Diego Bueno Gómez, Jhoan Sebastian Ortiz Bravo, «Métodos de evaluación de la resistencia cardiorrespiratoria en atletas jóvenes,» UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, Bucaramanga, 2020.
- [14] García Mariano, El entrenamiento de resistencia basado en zonas o áreas funcionales, Paidotribo, 2018, pp. 88-100.
- [15] Ana. Anzaldo, Microcontrolador, Mexico, 2016.
- [16] Elizabeth María Alcendra Franco, Steven Stee Pérez Noguera, «Diseño y Contrucción de un Sensor de Ritmo Cardíaco,» Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, 2018.
- [17] José García, «XATAKA,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/wearables/oximetros-moda-pleno-covid-19-sirven-no-que-hay-smartwatches-pulseras>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [18] Colque Marlene, «Repositorio Universidad Mayor de San Andrés,» 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18447/PG-2065.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [19] Paulo Antonio Tasayco Arenas, «REDES INALÁMBRICAS,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, Lima, 2018.
- [20] Jordi Salazar, «Redes Inalámbricas,» Erasmus+, República Checa.

- [21] Centro de Innovación y Soluciones Empresariales y Tecnológicas, «CISSET,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ciset.es/glosario/496-wifi-red-inalambrica>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [22] NetSpot, «NetSpot,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.netspotapp.com/es/blog/wifi-security/explaining-wifi-standards.html>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [23] Norfipc, «Norfipc,» 2019. [En línea]. Available: <https://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [24] Carlos Gavazzi, Automation Componentes, Italia: Safforze, 2019.
- [25] Catherine Ricardo, Base de datos, Mexico: mexicana, 2009.
- [26] Santiago Borges, «Infranetworking,» 2020. [En línea]. Available: <https://blog.infranetworking.com/servidor-lamp/>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [27] Samsara, «Samsara,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.samsara.com/mx/products/models/panic-button/>. [Último acceso: 20 7 2022].
- [28] Manuel Rojas, «Repositorio Universidad de Tumbes,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1617/MARRUFO%20ROJAS%2c%20MANUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [29] Ana Ogueta, «RYCYDE,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/710/71046278006.pdf>.
- [30] Limas Llamas, «Ingeniería informática y diseño,» 12 4 2020. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/pulsimetro-y-oximetro-con-arduino-y-max30102/>. [Último acceso: 1 6 2022].

- [31] Team-DYNAMO, «Dynamo Electronics,» 2021. [En línea]. Available: <https://dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>. [Último acceso: 1 6 2022].
- [32] Aprendiendo Arduino , «Aprendiendo Arduino,» 7 3 2018. [En línea]. Available: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/lora-gateway/>. [Último acceso: 1 6 2022].
- [33] Naylamp Mechatronics SAC, «Naylamp Mechatronics SAC,» 2021. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/106-modulo-gps-neo-6m.html>. [Último acceso: 1 6 2022].
- [34] Eduardo Rodriguez, «Xataka,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/seleccion/todas-pulseras-smartwatch-sensor-spo2-para-medir-saturacion-oxigeno-sangre>. [Último acceso: 14 07 2022].
- [35] Beurer Salud y belleza, «Beurer Salud y belleza,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.beurer.com/web/es/productos/medical/electrocardiografos-y-pulsioximetros/pulsioximetros/>. [Último acceso: 14 07 2022].

## ANEXOS

### Anexo 1: Aval del ministerio de deportes para el Club los QUINES



Oficio Nro. MD-CZ3-2018-0798-OF

Riobamba, 17 de mayo de 2018

**Asunto:** RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° MD-CZ3-2018-PJ-0088

Señor  
Javier Dario Quinapanta Vargas  
**Presidente**  
**CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO DE ALTO RENDIMIENTO "QUINES"**  
En su Despacho

De mi consideración:

En atención a su oficio S/N de fecha 23 de marzo del 2018, suscrito por el Lcdo. Javier Dario Quinapanta Vargas, Presidente del CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "QUINES", ingresado al Ministerio del Deporte, con número de trámite Nro. MD-CZ3-2018-0688-INGR, de fecha 28 marzo del 2018, mediante el cual solicita "La Concesión de personería jurídica y la aprobación del Estatuto" del CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "QUINES", de la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato.

Adjunto; sírvase encontrar RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° MD-CZ3-2018-PJ-0088 de fecha 17 de Mayo del 2018.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes

Atentamente,

  
Lcdo. Manuel Perfecto Carriel Fajardo  
**COORDINADOR ZONAL 3**



Referencias:  
- MD-CZ3-2018-1268

Anexos:  
- dig\_2017\_12\_19\_19\_35\_40\_8550737390001523483398.pdf  
- md-cz3-2018-1015.pdf  
- quines0393649001523483399.pdf

## **Anexo 2: Entrevista al Sr Néstor Quinapanta presidente del Club QUINES**

### **DATOS: Club Especializado Formativo QUINES**

**Encargado:** Néstor Estuardo Quinapanta Vargas

**Entrevistador:** Bryan Danilo Montes de Oca Santamaria      **Fecha:** 01 de abril 2022

### **OBJETIVO:**

Determinar las condiciones que están expuesto los atletas y los parámetros médicos del deportista que se debe considerar para mejorar el rendimiento de los atletas de fondo, medio fondo y marcha para determinar los requerimientos adecuados al sistema electrónico de entrenamiento y geolocalización de deportistas de la disciplina atletismo del Club Especializado Formativo Quines de la ciudad de Ambato y a su vez obtener información para el desarrollo del proyecto de titulación.

### **Preguntas:**

#### **1. ¿Cuándo se fundó la institución y que servicios ofrece?**

El Club se fundó en enero del 2018, toma el nombre de las iniciales de su fundador Néstor Quinapanta – QUINES, nace con la necesidad de tener un grupo de atletas que puedan participar en los campeonatos nivel nacional e internacional, en las especialidades de medio fondo, fondo y velocidad.

**Análisis:** Ofrece los entrenamientos gratuitos a todos los jóvenes que se quieran formar en esta hermosa disciplina como es el atletismo, dónde se enseña la técnica de correr, se desarrolla la coordinación, la velocidad, la resistencia, la fuerza y sobre todo se forman personas útiles para la sociedad.

#### **2. ¿Qué tipo de deportes entrenan?**

ATLETISMO

**Análisis:** El atletismo es el deporte practicado por los deportistas del club especialmente en la modalidad de medio fondo, fondo, velocidad y deporte adaptado en atletismo.

#### **3. ¿Cuentan con diferentes áreas de entrenamiento, cuantas y cuáles son?**

Pista atlética y el Gimnasio de pesas perteneciente a la Federación Deportiva de Tungurahua y calles aledañas a las parroquias rurales.

**Análisis:** Las áreas como la pista atlética y el gimnasio de pesas son propiedad de la Federación Deportiva de Tungurahua el cual permite el acceso a los integrantes del club para realizar sus entrenamientos. Entre las calles aledañas a las parroquias rurales se encuentran el Rosario perteneciente a Salasaca.

#### **4. ¿Tiene algún tipo de método sofisticado para el entrenamiento de los deportistas?**

Pruebas de Lactato

**Análisis:** Las pruebas de lactato las cuales se realizan a los deportistas en los lugares de entrenamientos, especialmente en la pista en la cual se analiza el ritmo cardiaco de forma manual para acorde a este dato realizar los cálculos respectivos para obtener un resultado poco asertivo.

#### **5. ¿Cuántos entrenadores especializados cuenta la institución y en área?**

1 entrenador especializado en la modalidad de medio fondo, fondo, velocidad y deporte adaptado.

**Análisis:** El club al ser semi nuevo únicamente está especializado en las modalidades de medio fondo, fondo, velocidad y deporte adaptado, aspirando a obtener deportistas elite en todas las modalidades a futuro.

#### **6. ¿Cuántos deportistas cuenta de atletismo, ¿cuáles son las diferentes disciplinas y que edades tiene?**

Existen 30 atletas inscritos distribuidos en todas las categorías, pero por el club han pasado más de un centenar de atletas que actualmente son profesionales en diferentes ramas.

Velocidad, Fondo, Medio Fondo, Atletismo Adaptado

Infantiles hasta 13 años

Menores – sub16 hasta los 15 años

Prejuveniles – sub18 hasta los 17 años

Juveniles –sub20 hasta los 19 años

Sub23 hasta los 22 años

Senior – de 20 años en adelante

**Análisis:** Los atletas inscritos en el club son de todas las edades con la finalidad de llenar los cupos en cada categoría.

### **7. ¿Desde qué edad pueden entrenar?**

Pueden entrenar desde los 9 años.

**Análisis:** La edad mínima para que puedan entrenar no existe, pero se recomienda comenzar desde los 9 años ya que ahí poseen una madurez deportiva.

### **8. ¿Cuáles son las condiciones físicas del entorno que está expuesto los deportistas al momento de entrenar?**

Las instalaciones deportivas de la federación son las adecuadas, ya que poseen los implementos necesarios para el mismo, al momento de salir a las parroquias rurales existe la posibilidad de sufrir algún accidente debido a que se entrena en las calles.

**Análisis:** al utilizar la infraestructura y los implementos de la federación permite mejorar el rendimiento de los deportistas de la mejor manera.

### **9. ¿Qué parámetros médicos se debe considerar para mejorar el rendimiento de los deportistas?**

- Medir la saturación en la sangre.
- Medir el Ritmo Cardíaco.
- Medir la estatura y el peso.
- Revisar sus articulaciones, fuerza, flexibilidad y postura

**Análisis:** Entre los principales parámetros médicos que se puede considerar en un atleta que ya se dedica a entrenar es el nivel de saturación en la sangre y el ritmo cardíaco, para personas que están comenzando en el mundo del atletismo hay que analizar desde la estatura, el peso, las articulaciones, la fuerza, flexibilidad y postura.

### **10. ¿Cuál es el tiempo máximo que el deportista debe entrenar?**



Depende de la especialidad, edad deportiva, edad biológica, de los objetivos de la temporada.

Puede durar entre 1 hora a 4 horas

**Análisis:** si son deportistas de categorías inferiores los entrenamientos son específicos para la edad que poseen, al ir incrementando las categorías el tiempo de entrenamiento sigue aumentando.

#### **11. ¿Existe algún accidente en los deportistas por entrenar?**

Si el deportista se pone en manos de un entrenador especializado previo a pruebas médicas y exámenes de laboratorio, además de entrenar en lugares adecuados NO existe ningún riesgo de accidente.

**Análisis:** el único riesgo que se puede correr es el de la sociedad ya que existen personas que se dedican a hacer el mal a los demás.

#### **12. ¿Cuentan con personal médico en caso de un accidente?**

El club si cuenta con personal médico, aunque es algo básico.

**Análisis:** al poder utilizar las instalaciones de la Federación Deportiva de Tungurahua, se posee el acceso al personal médico, aunque este se encuentra limitado ya que únicamente posee un kit básico para cualquier emergencia.



Firmado electrónicamente por:  
**NESTOR ESTUARDO  
QUINAPANTA VARGAS**

**Lcdo. Néstor Quinapanta Vargas  
PRESIDENTE CLUB “QUINES”**

### Anexo 3: Características Técnicas del sensor Max30102

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

#### MAX30102

#### High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

##### General Description

The MAX30102 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30102 provides a complete system solution to ease the design-in process for mobile and wearable devices.

The MAX30102 operates on a single 1.8V power supply and a separate 3.3V power supply for the internal LEDs. Communication is through a standard I<sup>2</sup>C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

##### Applications

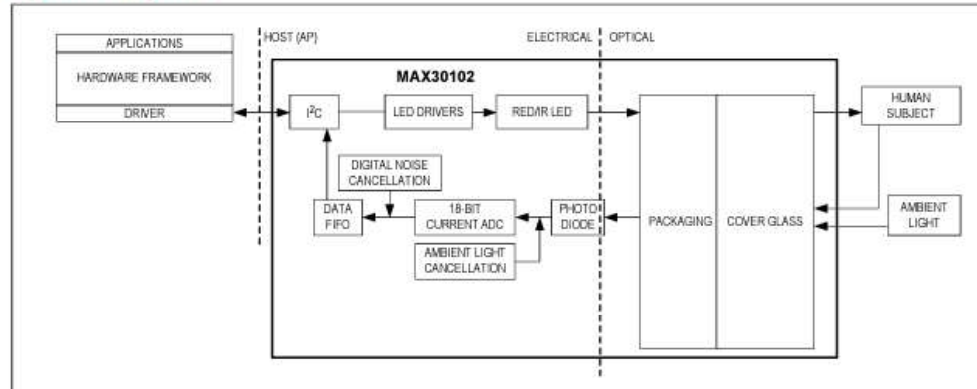
- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Smartphones
- Tablets

##### Benefits and Features

- Heart-Rate Monitor and Pulse Oximeter Sensor in LED Reflective Solution
- Tiny 5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module
  - Integrated Cover Glass for Optimal, Robust Performance
- Ultra-Low Power Operation for Mobile Devices
  - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
  - Low-Power Heart-Rate Monitor (< 1mW)
  - Ultra-Low Shutdown Current (0.7µA, typ)
- Fast Data Output Capability
  - High Sample Rates
- Robust Motion Artifact Resilience
  - High SNR
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range

*Ordering Information appears at end of data sheet.*

##### System Diagram



19-7740; Rev 1; 10/18



**Absolute Maximum Ratings**

V <sub>DD</sub> to GND .....	-0.3V to +2.2V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
GND to PGND .....	-0.3V to +0.3V	OESIP (derate 5.5mW/°C above +70°C) .....	440mW
V <sub>LED+</sub> to PGND .....	-0.3V to +6.0V	Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
All Other Pins to GND .....	-0.3V to +6.0V	Junction Temperature .....	+90°C
Output Short-Circuit Current Duration .....	Continuous	Soldering Temperature (reflow) .....	+260°C
Continuous Input Current into Any Terminal .....	±20mA	Storage Temperature Range .....	-40°C to +105°C
ESD, Human Body Model (HBM) .....	2.5kV		
Latchup Immunity .....	±250mA		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only; functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Package Information**

<b>PACKAGE TYPE: 14 OESIP</b>	
Package Code	F143A5MK+1
Outline Number	21-1048
Land Pattern Number	90-0602
<b>THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD</b>	
Junction to Ambient (θ <sub>JA</sub> )	180°C/W
Junction to Case (θ <sub>JC</sub> )	150°C/W

Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [www.maximintegrated.com/thermal-tutorial](http://www.maximintegrated.com/thermal-tutorial).

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to [www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages). Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

**Electrical Characteristics**

(V<sub>DD</sub> = 1.8V, V<sub>LED+</sub> = 5.0V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY</b>						
Power-Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	Guaranteed by RED and IR count tolerance	1.7	1.8	2.0	V
LED Supply Voltage V <sub>LED+</sub> to PGND	V <sub>LED+</sub>	Guaranteed by PSRR of LED driver	3.1	3.3	5.0	V
Supply Current	I <sub>DD</sub>	SpO <sub>2</sub> and HR mode, PW = 215μs, 50sps		600	1200	μA
		IR only mode, PW = 215μs, 50sps		600	1200	
Supply Current in Shutdown	I <sub>SHDN</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C, MODE = 0x80		0.7	10	μA

**Electrical Characteristics (continued)**(V<sub>DD</sub> = 1.8V, V<sub>LED+</sub> = 5.0V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>PULSE OXIMETRY/HEART-RATE SENSOR CHARACTERISTICS</b>						
ADC Resolution				18		bits
Red ADC Count (Note 2)	REDC	LED1_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05, ADC_RGE = 0x00		65536		Counts
IR ADC Count (Note 2)	IRC	LED2_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05 ADC_RGE = 0x00		65536		Counts
Dark Current Count	LED_DCC	LED1_PA = LED2_PA = 0x00, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01 ADC_RGE = 0x02		30	128	Counts
				0.01	0.05	% of FS
DC Ambient Light Rejection	ALR	ADC counts with finger on sensor under direct sunlight (100K lux), ADC_RGE = 0x3, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01	Red LED	2		Counts
			IR LED	2		Counts
ADC Count—PSRR (V <sub>DD</sub> )	PSRR <sub>VDD</sub>	1.7V < V <sub>DD</sub> < 2.0V, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05  Frequency = DC to 100kHz, 100mV <sub>p-p</sub>		0.25	1	% of FS
				10		LSB
ADC Count—PSRR (LED Driver Outputs)	PSRR <sub>LED</sub>	3.1V < V <sub>LED+</sub> , < 5.0V, LED1_PA = LED2_PA = 0x0C, LED_PW = 0x01, SPO2_SR = 0x05  Frequency = DC to 100kHz, 100mV <sub>p-p</sub>		0.05	1	% of FS
				10		LSB
ADC Clock Frequency	CLK		10.32	10.48	10.64	MHz
ADC Integration Time	INT	LED_PW = 0x00		69		μs
		LED_PW = 0x01		118		
		LED_PW = 0x02		215		
		LED_PW = 0x03		411		
Slot Timing (Timing Between Sequential Channel Samples; e.g., Red Pulse Rising Edge To IR Pulse Rising Edge)	INT	LED_PW = 0x00		427.1		μs
		LED_PW = 0x01		524.7		
		LED_PW = 0x02		720.0		
		LED_PW = 0x03		1106.6		
<b>COVER GLASS CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
Hydrolytic Resistance Class		Per DIN ISO 719		HGB 1		

Spectral Range of Sensitivity	$\lambda$ (QE > 50%)	QE: Quantum Efficiency	600	900	nm
Radiant Sensitive Area	A		1.36		mm <sup>2</sup>
Dimensions of Radiant Sensitive Area	L x W		1.38 x 0.98		mm x mm
<b>INTERNAL DIE TEMPERATURE SENSOR</b>					
Temperature ADC Acquisition Time	$T_T$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	29		ms
Temperature Sensor Accuracy	$T_A$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 1$		$^\circ\text{C}$
Temperature Sensor Minimum Range	$T_{\text{MIN}}$		-40		$^\circ\text{C}$
Temperature Sensor Maximum Range	$T_{\text{MAX}}$		85		$^\circ\text{C}$
<b>DIGITAL INPUT CHARACTERISTICS: SCL, SDA</b>					
Input High Voltage	$V_{\text{IH}}$	$V_{\text{DD}} = 2\text{V}$	0.7 x $V_{\text{DD}}$		V
Input Low Voltage	$V_{\text{IL}}$	$V_{\text{DD}} = 2\text{V}$		0.3 x $V_{\text{DD}}$	V
Hysteresis Voltage	$V_{\text{H}}$		0.2		V
Input Leakage Current	$I_{\text{IN}}$	$V_{\text{IN}} = \text{GND or } V_{\text{DD}} (\text{STATIC})$	$\pm 0.05$	$\pm 1$	$\mu\text{A}$
<b>DIGITAL OUTPUT CHARACTERISTICS: SDA, INT</b>					
Output Low Voltage	$V_{\text{OL}}$	$I_{\text{SINK}} = 6\text{mA}$		0.2	V

MAX30102

High-Sensitivity Pulse Oximeter and  
Heart-Rate Sensor for Wearable Health

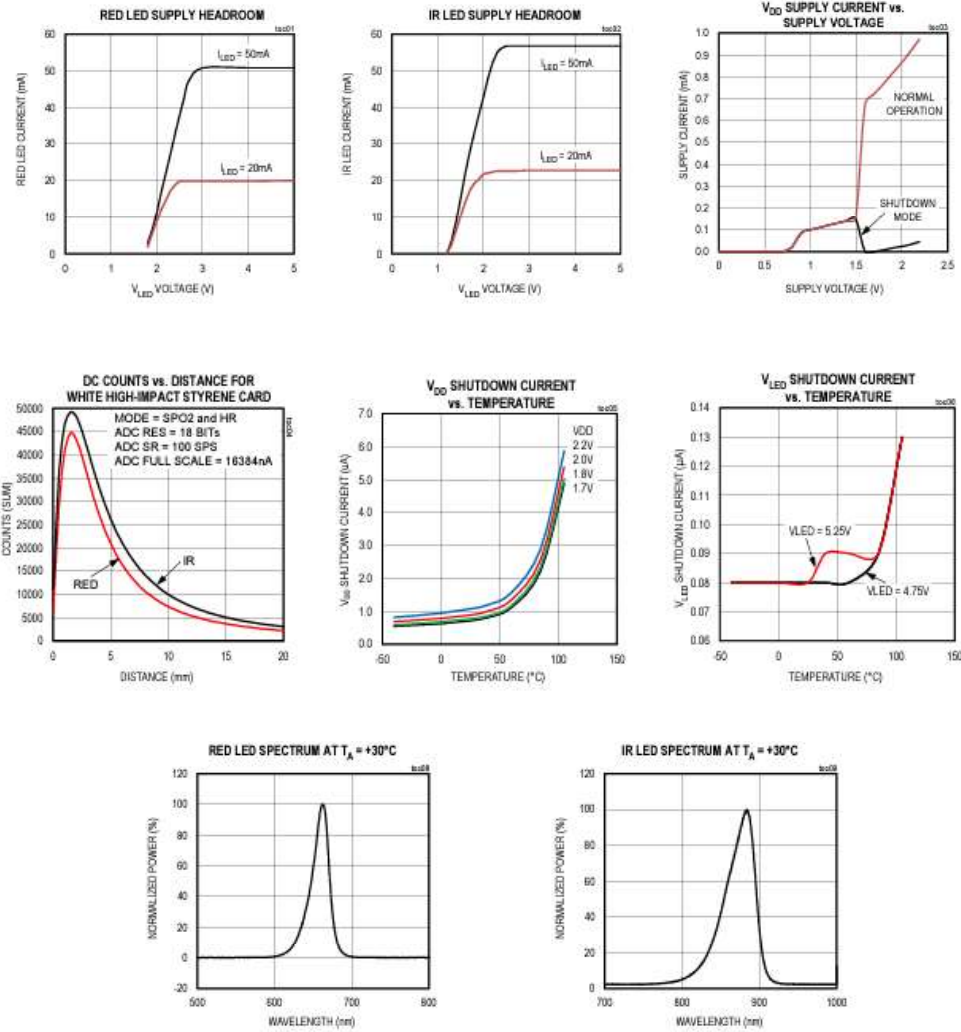
**Electrical Characteristics (continued)**

( $V_{\text{DD}} = 1.8\text{V}$ ,  $V_{\text{LED+}} = 5.0\text{V}$ ,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>IR LED CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
LED Peak Wavelength	$\lambda_P$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$	870	880	900	nm
Full Width at Half Max	$\Delta\lambda$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		30		nm
Forward Voltage	$V_F$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		1.4		V
Radiant Power	$P_O$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		6.5		mW
<b>RED LED CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
LED Peak Wavelength	$\lambda_P$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$	650	660	670	nm
Full Width at Half Max	$\Delta\lambda$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		20		nm
Forward Voltage	$V_F$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		2.1		V
Radiant Power	$P_O$	$I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$		9.8		mW
<b>PHOTODETECTOR CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						

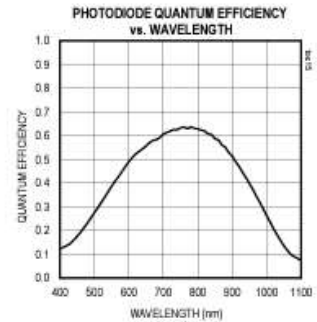
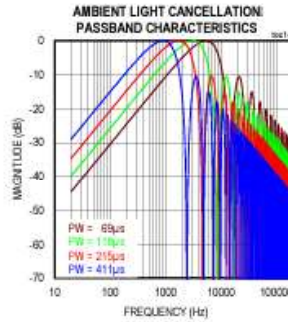
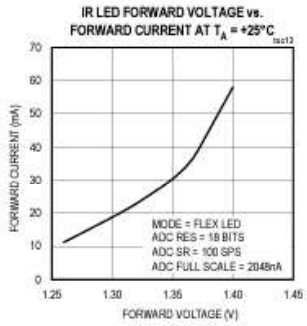
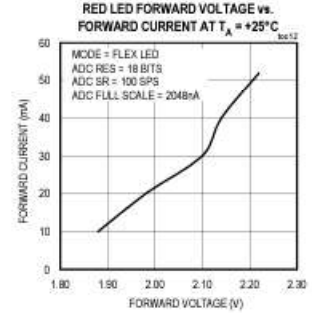
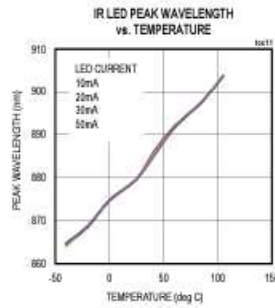
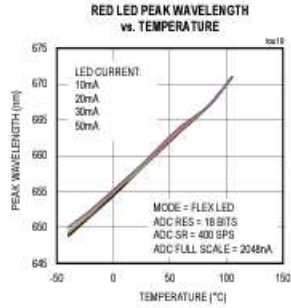
Typical Operating Characteristics

( $V_{DD} = 1.8V$ ,  $V_{LED+} = 5.0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , RST, unless otherwise noted.)



Typical Operating Characteristics (continued)

(V<sub>DD</sub> = 1.8V, V<sub>LED+</sub> = 5.0V, T<sub>A</sub> = +25°C, R<sub>ST</sub>, unless otherwise noted.)



## Anexo 4: Características técnicas del módulo GPS NEO-6M



NEO-6 - Data Sheet

### 1.4 Block diagram

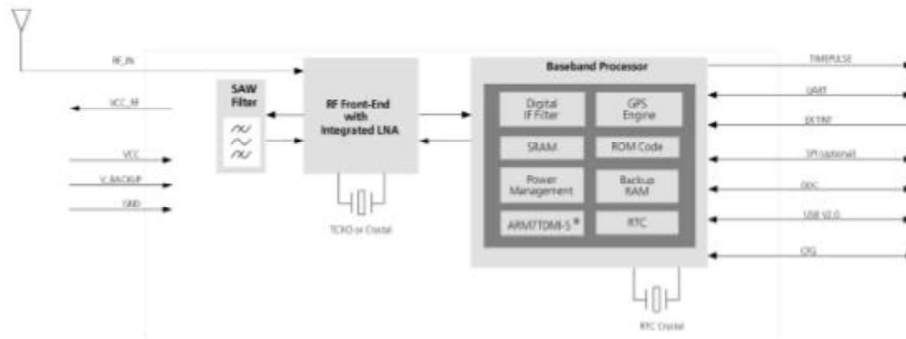


Figure 1: Block diagram (For available options refer to the product features table in section 1.2).

### 1.5 Assisted GPS (A-GPS)

Supply of aiding information like ephemeris, almanac, rough last position and time and satellite status and an optional time synchronization signal will reduce time to first fix significantly and improve the acquisition sensitivity. All NEO-6 modules support the u-blox AssistNow Online and AssistNow Offline A-GPS services<sup>1</sup> and are OMA SUPL compliant.

### 1.6 AssistNow Autonomous

AssistNow Autonomous provides functionality similar to Assisted-GPS without the need for a host or external network connection. Based on previously broadcast satellite ephemeris data downloaded to and stored by the GPS receiver, AssistNow Autonomous automatically generates accurate satellite orbital data ("AssistNow Autonomous data") that is usable for future GPS position fixes. AssistNow Autonomous data is reliable for up to 3 days after initial capture.

u-blox' AssistNow Autonomous benefits are:

- Faster position fix
- No connectivity required
- Complementary with AssistNow Online and Offline services
- No integration effort, calculations are done in the background



For more details see the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].



## 1.7 Precision Timing

### 1.7.1 Time mode

NEO-6T provides a special Time Mode to provide higher timing accuracy. The NEO-6T is designed for use with stationary antenna setups. The Time Mode features three different settings described in Table 3: Disabled, Survey-In and Fixed Mode. For optimal performance entering the position of the antenna (when known) is recommended as potential source of errors will be reduced.

Time Mode Settings	Description
Disabled	Standard PVT operation
Survey-In	The GPS receiver computes the average position over an extended time period until a predefined maximum standard deviation has been reached. Afterwards the receiver will be automatically set to Fixed Mode and the timing features will be activated.
Fixed Mode	In this mode, a fixed 3D position and known standard deviation is assumed and the timing features are activated. Fixed Mode can either be activated directly by feeding pre-defined position coordinates (ECEF - Earth Center Earth Fixed format) or by performing a Survey-In. In Fixed mode, the timing errors in the TIMEPULSE signal which otherwise result from positioning errors are eliminated. Single-satellite operation is supported. For details, please refer to the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

Table 3: Time mode settings

### 1.7.2 Timepulse and frequency reference

NEO-6T comes with a timepulse output which can be configured from 0.25 Hz up to 10 MHz. The timepulse can either be used for time synchronization (i.e. 1 pulse per second) or as a reference frequency in the MHz range. A timepulse in the MHz range provides excellent long-term frequency accuracy and stability.

### 1.7.3 Time mark

NEO-6T can be used for precise time measurements with sub-microsecond resolution using the external interrupt (EXTINT0). Rising and falling edges of these signals are time-stamped to the GPS or UTC time and counted. The Time Mark functionality can be enabled with the UBX-CFG-TM2 message

For details, please refer to the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

## 1.8 Raw data

Raw data output is supported at an update rate of 5 Hz on the NEO-6T and NEO-6P. The UBX-RXM-RAW message includes carrier phase with half-cycle ambiguity resolved, code phase and Doppler measurements, which can be used in external applications that offer precision positioning, real-time kinematics (RTK) and attitude sensing.

## 1.9 Automotive Dead Reckoning

Automotive Dead Reckoning (ADR) is u-blox' industry proven off-the-shelf Dead Reckoning solution for tier-one automotive customers. u-blox' ADR solution combines GPS and sensor digital data using a tightly coupled Kalman filter. This improves position accuracy during periods of no or degraded GPS signal.

The NEO-6V provides ADR functionality over its software sensor interface. A variety of sensors (such as wheel ticks and gyroscope) are supported, with the sensor data received via UBX messages from the application processor. This allows for easy integration and a simple hardware interface, lowering costs. By using digital sensor data available on the vehicle bus, hardware costs are minimized since no extra sensors are required for Dead Reckoning functionality. ADR is designed for simple integration and easy configuration of different sensor options (e.g. with or without gyroscope) and vehicle variants, and is completely self-calibrating.

For more details contact the u-blox support representative nearest you to receive dedicated u-blox 6 Receiver Description Including Protocol Specification [3].

## 1.10 Precise Point Positioning

u-blox' industry proven PPP algorithm provides extremely high levels of position accuracy in static and slow moving applications, and makes the NEO-6P an ideal solution for a variety of high precision applications such as surveying, mapping, marine, agriculture or leisure activities.

Ionospheric corrections such as those received from local SBAS<sup>12</sup> geostationary satellites (WAAS, EGNOS, MSAS) or from GPS enable the highest positioning accuracy with the PPP algorithm. The maximum improvement of positioning accuracy is reached with PPP+SBAS and can only be expected in an environment with unobstructed sky view during a period in the order of minutes.

## 1.11 Oscillators

NEO-6 GPS modules are available in Crystal and TCXO versions. The TCXO allows accelerated weak signal acquisition, enabling faster start and reacquisition times.

## 1.12 Protocols and interfaces

Protocol	Type
NMEA	Input/output, ASCII, 0183, 2.3 (compatible to 3.0)
UBX	Input/output, binary, u-blox proprietary
RTCM	Input, 2.3

**Table 4: Available protocols**

All listed protocols are available on UART, USB, and DDC. For specification of the various protocols see the u-blox 6 Receiver Description including Protocol Specification [2].

### 1.12.1 UART

NEO-6 modules include one configurable UART interface for serial communication (for information about configuration see section 1.15).

### 1.12.2 USB

NEO-6 modules provide a USB version 2.0 FS (Full Speed, 12Mbit/s) interface as an alternative to the UART. The pull-up resistor on USB\_DP is integrated to signal a full-speed device to the host. The VDDUSB pin supplies the USB interface. u-blox provides a Microsoft® certified USB driver for Windows XP, Windows Vista and Windows 7 operating systems.

### 1.12.3 Serial Peripheral Interface (SPI)

The SPI interface allows for the connection of external devices with a serial interface, e.g. serial flash to save configuration and AssistNow Offline A-GPS data or to interface to a host CPU. The interface can be operated in master or slave mode. In master mode, one chip select signal is available to select external slaves. In slave mode a single chip select signal enables communication with the host.



The maximum bandwidth is 100kbit/s.

## Anexo 5: Características Técnicas LoRa ESP32 Gateway



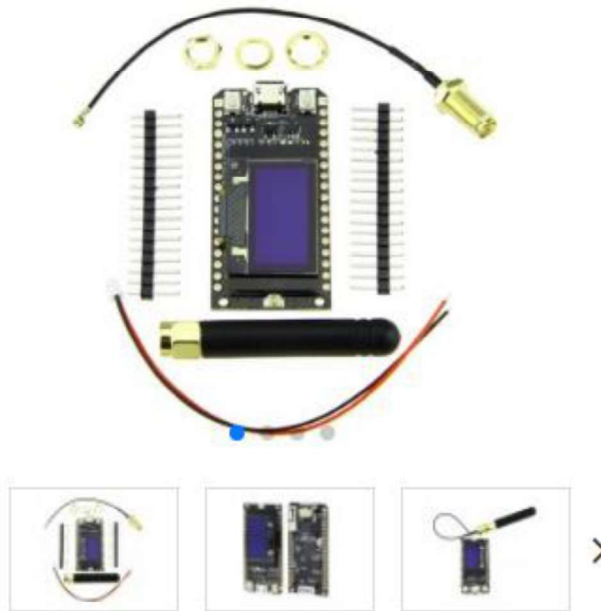
### Technical Parameters

Resource	Parameter		
Master Chip	ESP32( 240MHz Tensilica LX6 dual-core + 1 ULP, 600 DMIPS)		
Wireless Communication	Wi-Fi	Bluetooth	LoRa
	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)	Bluetooth V4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification	Node-to-node communication or LoRaWAN
LoRa Chip	SX1276/SX1278		
LoRaWAN Area	hardware version	Support frequency	
	LF	E1433	
		CN470	
		IN865	
		EU868	
		US915	
AU915			
HF	KR920		
	AS923		
LoRa Maximum Output Power	19dB ± 1dB		
Hardware Resource	UART x 3; SPI x 2; I2C x 2; I2S x 1; 12-bits ADC input x 18; 8-bits DAC output x 2; GPIO x 22; GPI x 6		
FLASH	0MB(4M-bits) SPI FLASH		
RAM	520KB internal SRAM		
Interface	Micro USB x 1; LoRa Antenna interface(IPEX) x 1; 18 x 2.54 pin x 2		
Maximum Size (Including protruding parts such as switch and battery compartment)	51 x 25.5 x 10.6 mm		
USB to Serial Chip	CP2102		
Battery	3.7V Lithium (SH1.25 x 2 socket)		
Solar Energy	x		
Battery Detection Circuit	√		
External Device Power Control (Vext)	√		
Low Power	Deep Sleep 800µA		
Display Size	0.96-inch OLED		
Working Temperature	-40~80°C		

### Características electricas

Electrical Features	Condition	Minimum	Typica	Maximum
Power Supply	USB powered (≥500mA)	4.7V	5V	6V
	Lithium powered (≥250mA)	3.3V	3.7V	4.2V
	3.3V (pin) powered (≥150mA)	2.7V	3.3V	3.5V
	5V (pin) powered (≥500mA)	4.7V	5V	6V
Power Consumption(mA)	WIFI Scan		115mA	
	WIFI AP		135mA	
	LoRa 10dB output		50mA	
	LoRa 12dB output		60mA	
	LoRa 15dB output		110mA	
	LoRa 20dB output		130mA	
Output	3.3V pin output			500mA
	5V pin output (USB powered only)		Equal to the input current	
	External device power control (Vext 3.3V)			350mA

## Anexo 6: Características Técnicas LoRa ESP32 TTGO Nodo



El módulo Wifi ESP32 es el hermano mayor del ESP8266 que ya casi no requiere de presentación. Éste popular módulo Wifi es compatible con Arduino y ofrece conectividad inalámbrica 802.11 b/g/n de una forma totalmente sencilla. Sin embargo muchas veces necesitas mostrar algún tipo de información al usuario como la de un sensor o el estado de la aplicación por ejemplo. Para eso se suele cablear externamente una pantalla y eso hace más complejo el montaje. La ESP32 OLED combina ambas cosas en una única y sencilla placa: El módulo ESP32 junto con una pantalla OLED en la misma placa. Además, dispone de un conector microUSB para alimentación y para programarlo directamente desde el IDE de Arduino. Añade un extra de potencia con el potente procesador ESP32!

La placa también dispone de un módulo LoRa que permite transmitir de forma bidireccional datos a grandes distancias. Es la versión de 900 Mhz y por lo tanto **se puede configurar por software tanto a 868Mhz como a 915Mhz**. Incluye una antena de 2 dBi con rosca para que puedas montarla en una caja.

**NOTAS SOBRE DEEP-SLEEP:** Ten en cuenta que por su diseño, la placa en modo deep sleep consume entorno a 20mA, no menos. Si buscas una placa capaz de reducir mucho más su consumo en deep sleep, prueba el [ESP32 Thing de Sparkfun](#).

Se entrega con una tira de pines macho sin soldar, una antena de 2dBi con roscas y un cable para batería.

### Características:

- Chip Wifi ESP32 @ 80 MHz - 802.11 b/g/n
- Módulo LoRa 900 Mhz
- Compatible con Arduino
- Pantalla OLED 128x64 pixeles (SSDI306 dirección I2C 0x3C)
- Conexión MicroUSB (Alimentación y programación)
- Antena de 2dBi con rosca SMA

## Anexo 7: Características técnicas Raspberry PI3

### 2 Features

#### 2.1 Hardware

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72 running at 1.5GHz
- 1, 2 and 4 Gigabyte LPDDR4 RAM options
- H.265 (HEVC) hardware decode (up to 4Kp60)
- H.264 hardware decode (up to 1080p60)
- VideoCore VI 3D Graphics
- Supports dual HDMI display output up to 4Kp60

#### 2.2 Interfaces

- 802.11 b/g/n/ac Wireless LAN
- Bluetooth 5.0 with BLE
- 1x SD Card
- 2x micro-HDMI ports supporting dual displays up to 4Kp60 resolution
- 2x USB2 ports
- 2x USB3 ports
- 1x Gigabit Ethernet port (supports PoE with add-on PoE HAT)
- 1x Raspberry Pi camera port (2-lane MIPI CSI)
- 1x Raspberry Pi display port (2-lane MIPI DSI)
- 28x user GPIO supporting various interface options:
  - Up to 6x UART
  - Up to 6x I2C
  - Up to 5x SPI
  - 1x SDIO interface

## 2.3 Software

- ARMv8 Instruction Set
- Mature Linux software stack
- Actively developed and maintained
  - Recent Linux kernel support
  - Many drivers upstreamed
  - Stable and well supported userland
  - Availability of GPU functions using standard APIs

## 3 Mechanical Specification

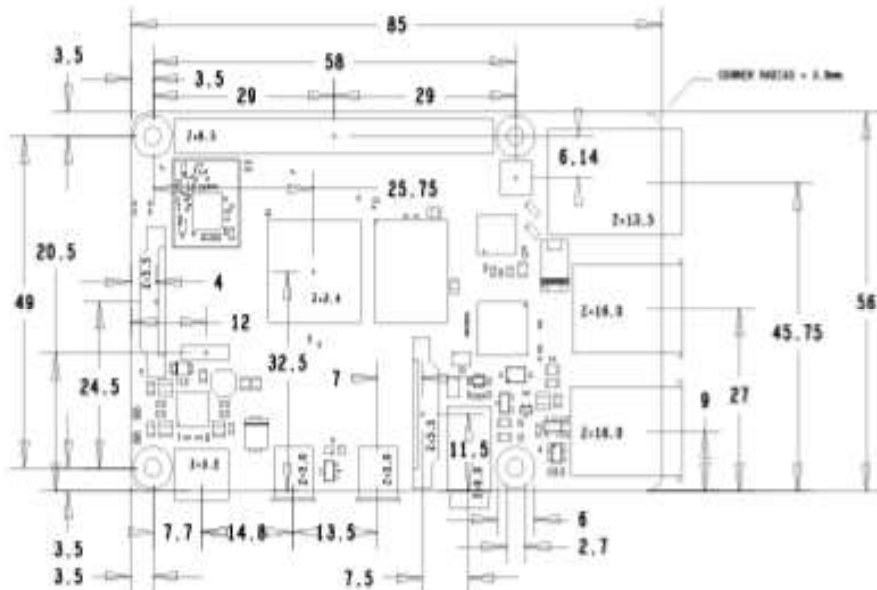


Figure 1: Mechanical Dimensions

## 4 Electrical Specification

**Caution!** Stresses above those listed in Table 2 may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device under these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
VIN	5V Input Voltage	-0.5	6.0	V

Table 2: Absolute Maximum Ratings

Please note that VDD\_IO is the GPIO bank voltage which is tied to the on-board 3.3V supply rail.

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
$V_{IL}$	Input low voltage <sup>a</sup>	VDD_IO = 3.3V	-	-	TBD	V
$V_{IH}$	Input high voltage <sup>a</sup>	VDD_IO = 3.3V	TBD	-	-	V
$I_{IL}$	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	TBD	μA
$C_{IN}$	Input capacitance	-	-	TBD	-	pF
$V_{OL}$	Output low voltage <sup>b</sup>	VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	TBD	V
$V_{OH}$	Output high voltage <sup>b</sup>	VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	TBD	-	-	V
$I_{OL}$	Output low current <sup>c</sup>	VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	TBD	-	-	mA
$I_{OH}$	Output high current <sup>c</sup>	VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	TBD	-	-	mA
$R_{PU}$	Pullup resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ
$R_{PD}$	Pulldown resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ

<sup>a</sup> Hysteresis enabled

<sup>b</sup> Default drive strength (8mA)

<sup>c</sup> Maximum drive strength (16mA)

Table 3: DC Characteristics

Pin Name	Symbol	Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Digital outputs	$t_{rise}$	10-90% rise time <sup>a</sup>	-	TBD	-	ns
Digital outputs	$t_{fall}$	90-10% fall time <sup>a</sup>	-	TBD	-	ns

<sup>a</sup> Default drive strength, CL = 5pF, VDD\_IO = 3.3V

Table 4: Digital I/O Pin AC Characteristics

## Anexo 8: Algoritmo del nodo

```
#include "LoRaWan_APP.h"
#include "Arduino.h"
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include "MAX30100.h"
#include "GPS_Air530.h"
#include "GPS_Air530Z.h"

Air530ZClass GPS;

#define REPORTING_PERIOD_MS      1000
#define PULSE_WIDTH              MAX30100_SPC_PW_1600US_16BITS
#define IR_LED_CURRENT           MAX30100_LED_CURR_40MA
#define LED_CURRENT              MAX30100_LED_CURR_20_8MA
#define SAMPLING_RATE            MAX30100_SAMPRATE_1000HZ

PulseOximeter pox;
MAX30100 sensor;

uint32_t tsLastReport = 0;
uint32_t last_beat=0;
bool initialized=false;
int HRclean=0;
int SpO2=0;
int contador = 0;
int G_HRclean=0;
int G_SpO2=0;

String latitudGPS="0.0000";
String longitudGPS="0.0000";

void onBeatDetected()
{
  last_beat=millis();
}

/*
 * set LoraWan_RGB to 1,the RGB active in loraWan
 * RGB red means sending;
 * RGB green means received done;
 */
#ifndef LoraWan_RGB
#define LoraWan_RGB 0
#endif
```



```

#define RF_FREQUENCY          915000000 // Hz

#define TX_OUTPUT_POWER      14         // dBm

#define LORA_BANDWIDTH       0         // [0:
125 kHz,
                                // 1:
250 kHz,
                                // 2:
500 kHz,
                                // 3:
Reserved]
#define LORA_SPREADING_FACTOR 7         //
[SF7..SF12]
#define LORA_CODINGRATE      1         // [1:
4/5,
                                // 2:
4/6,
                                // 3:
4/7,
                                // 4:
4/8]
#define LORA_PREAMBLE_LENGTH 8         // Same
for Tx and Rx
#define LORA_SYMBOL_TIMEOUT  0         //
Symbols
#define LORA_FIX_LENGTH_PAYLOAD_ON false
#define LORA_IQ_INVERSION_ON false

#define RX_TIMEOUT_VALUE     1000
#define BUFFER_SIZE          1024 // Define the
payload size here

char txpacket[BUFFER_SIZE];
char rxpacket[BUFFER_SIZE];

static RadioEvents_t RadioEvents;

double txNumber;

int16_t rssi,rxSize;
void DoubleToString( char *str, double double_num,unsigned int len);

void setup() {
    Serial.begin(115200);

```

```

Wire.begin();
Wire.setFrequency(100000);
pox.begin();
GPS.begin();
pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
pox.setIRLedCurrent(LED_CURRENT);
sensor.setMode(MAX30100_MODE_SPO2_HR);
sensor.setLedsPulseWidth(PULSE_WIDTH);
sensor.setSamplingRate(SAMPLING_RATE);

txNumber=0;
rssi=0;

Radio.Init( &RadioEvents );
Radio.SetChannel( RF_FREQUENCY );
Radio.SetTxConfig( MODEM_LORA, TX_OUTPUT_POWER, 0, LORA_BANDWIDTH,
LORA_SPREADING_FACTOR,
LORA_CODINGRATE,
LORA_PREAMBLE_LENGTH,
LORA_FIX_LENGTH_PAYLOAD_ON,
true, 0, 0, LORA_IQ_INVERSION_ON,
3000 );
PINMODE_INPUT_PULLUP(GPI010);
}

void loop()
{
pox.update();
HRclean = pox.getHeartRate();
SpO2 = pox.getSpO2();
G_HRclean=G_HRclean+HRclean;
G_SpO2=G_SpO2+SpO2;
if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS){// and
(HRclean>30 and HRclean<220 and SpO2>30 and SpO2<100)} {

while (GPS.available() > 0)
{
GPS.encode(GPS.read());
}
if (GPS.date.isValid()){

latitudGPS = String(GPS.location.lat(),4);
longitudGPS = String(GPS.location.lng(),4);
}
}

```

```

Serial.println(latitudGPS);
Serial.println(longitudGPS);
Serial.print(HRclean);
Serial.print(',');
Serial.print(SpO2);
Serial.print(',');
Serial.println();
contador++;

if (contador >= 10){
    int HRclean_s=G_HRclean/10;
    int SpO2_s=G_SpO2/10;

    String envio = "a,"+String(HRclean) + "," + String(SpO2) + "," +
String(latitudGPS) + "," + String(longitudGPS);
    int logitud = envio.length();
    char charBuf[logitud];
    envio.toCharArray(charBuf, logitud);
    //sprintf(txpacket+strlen(txpacket),"%d",txNumber); //add to the end of
package
    Radio.Send( (uint8_t *)charBuf, strlen(charBuf) ); //send the package
out
    G_HRclean=0;
    G_SpO2=0;
    contador=0;
}
    tsLastReport = millis();
}
}
}

```

## Anexo 9: Algoritmo del Gateway

```
//Libraries for LoRa
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

//Libraries for OLED Display
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#include <WiFi.h>
//#include
<WiFiMulti.h>
#include <HTTPClient.h>

//WiFiMulti;

const char* ssid1 = "CNT_FIBRA_VILLARROEL";
const char* password1 = "Villarroel2021";

const char* ssid2 = "TELPONET_WUILBER";
const char* password2 = "1709497703";

const char* nodo_as = "http://192.168.0.100/pi/nodo_a.php";
const char* nodo_bs = "http://192.168.0.100/pi/nodo_b.php";
const char* usuario_as = "http://192.168.0.100/pi/usuario_a.php";
const char* usuario_bs = "http://192.168.0.100/pi/usuario_b.php";
const char* serverdatosuser = "http://192.168.0.100/pi/datosuser.php";
const char* servererrora = "http://192.168.0.100/pi/error_a.php";
const char* servererrorb = "http://192.168.0.100/pi/error_b.php";
const char* serve_up_errora = "http://192.168.0.100/pi/uperror_a.php";
const char* serve_up_errorb = "http://192.168.0.100/pi/uperror_a.php";

String HRClean="0";
String SpO2="0";
String latitudGPS="0.0";
String longitudGPS="0.0";
String pulsador="0";
String nodo_a, nodo_b, usuario_a, usuario_b, error_a, error_b;
String datosLora;
bool loraAvailable = false;

//define the pins used by the LoRa transceiver module
#define SCK 5
#define MISO 19
#define MOSI 27
#define SS 18
```

```

#define RST 14
#define DIO0 26

//433E6 for Asia
//866E6 for Europe
//915E6 for North America
#define BAND 915E6

//OLED pins
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
#define OLED_RST 16
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RST);

String LoRaData;
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 5000;

void
conectarWifi(){ //*****
WiFi Conect

    Serial.println("Connecting Wifi..");

    WiFi.begin(ssid2, password2);

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

    if(WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        Serial.println("");
        Serial.println("WiFi connected");
        Serial.println("IP address: ");
        Serial.println(WiFi.localIP());
    }
}

void setup() {
    //initialize Serial Monitor
    Serial.begin(115200);

    //reset OLED display via software

```

```

pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
digitalWrite(OLED_RST, LOW);
delay(20);
digitalWrite(OLED_RST, HIGH);

//initialize OLED
Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) { //
Address 0x3C for 128x32
  Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
  for(;;); // Don't proceed, loop forever
}

display.clearDisplay();
display.setTextColor(WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,0);
display.print("LORA RECEIVER ");
display.display();

Serial.println("LoRa Receiver Test");

//SPI LoRa pins
SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
//setup LoRa transceiver module
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);

if (!LoRa.begin(BAND)) {
  Serial.println("Starting LoRa failed!");
  while (1);
}
Serial.println("LoRa Initializing OK!");
display.setCursor(0,10);
display.println("LoRa Initializing OK!");
display.display();
conectarWifi();
}

void loop() {
unsigned long currentMillis = millis();
//try to parse packet
int packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
  //received a packet
  Serial.print("Received packet ");

  //read packet
  while (LoRa.available()) {

```

```

    LoRaData = LoRa.readString();
    Serial.print(LoRaData);
    loraAvailable=true;
}

//print RSSI of packet
int rssi = LoRa.packetRssi();
Serial.print(" with RSSI ");
Serial.println(rssi);

// Display information
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);
display.print("LORA RECEIVER");
display.setCursor(0,20);
display.print("Received packet:");
display.setCursor(0,30);
display.print(LoRaData);
display.setCursor(0,40);
display.display();

if(loraAvailable){
if(WiFi.status()== WL_CONNECTED ){
    String parte1 = getValue(LoRaData,' ',0);
    String parte2 = getValue(LoRaData,' ',1);
    String parte3 = getValue(LoRaData,' ',2);
    String parte4 = getValue(LoRaData,' ',3);
    String parte5 = getValue(LoRaData,' ',4);
    String gpssc=parte4+" "+parte5;
    Serial.println(parte1);
    Serial.println(parte2);
    Serial.println(parte3);
    Serial.println(gpssc);

    if(parte1 == "a" || parte1 == "b"){
        nodo_a = httpGETRequest(nodo_as);
        nodo_b = httpGETRequest(nodo_bs);
        usuario_a = httpGETRequest(usuario_as);
        usuario_b = httpGETRequest(usuario_bs);
        error_a = httpGETRequest(servererrora);
        error_b = httpGETRequest(servererrorb);
        previousMillis = currentMillis;

        if (nodo_a == "1" && parte1 == "b" && parte4 != "0.000000" &&
parte5 != "0.000000"){
            httpPOSTdatos(serverdatosuser,usuario_a,parte2,parte3,gpsc);

```

```

        Serial.println("enviado");
    }

    Serial.println("Nodo_A: " + nodo_a+ " Nodo_B: " + nodo_b + "
Usuaría: " + usuario_a + " usuarb " + usuario_b+ " err_a " +
error_a+ " err_b " + error_b);
    }
}
else {
    conectarWifi();
}
}

}

loraAvailable=false;
}

String getValue(String data, char separator, int index)
{
    int found = 0;
    int strIndex[] = {0, -1};
    int maxIndex = data.length()-1;

    for(int i=0; i<=maxIndex && found<=index; i++){
        if(data.charAt(i)==separator || i==maxIndex){
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1]+1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
        }
    }

    return found>index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

String httpGETRequest(const char* serverName) {
    HTTPClient http;
    http.begin(serverName);
    int httpResponseCode = http.GET();
    String payload = "";

    if (httpResponseCode>0){
        if(httpResponseCode == 200){
            payload = http.getString();
        }
    }
    http.end();
    return payload;
}

```



```

}

String httpPOSTdatos(const char* serverName, String user, String rt,
                    String ox, String gps){
    HTTPClient http;
    String datos_a_enviar = "user=" + user + "&rt=" + rt + "&ox=" + ox +
"&gps=" + gps;
    http.begin(serverName);
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
    int codigo_respuesta = http.POST(datos_a_enviar);
    String payload = "";
    if(codigo_respuesta>0){
        if(codigo_respuesta == 200){
            payload = http.getString();
        }
    }
    http.end();
}

String httpPOSTerro(const char* serverName, String erro){
    HTTPClient http;
    String datos_a_enviar = "error="+erro;
    http.begin(serverName);
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
    int codigo_respuesta = http.POST(datos_a_enviar);
    String payload = "";

    if(codigo_respuesta>0){
        if(codigo_respuesta == 200){
            payload = http.getString();
            Serial.println(payload);
        }
    }
    http.end();
}

```

## Anexo 10: Algoritmo del Aplicativo

```
import tkinter
import tkinter.messagebox
import customtkinter
from tkinter import ttk
from tkinter.font import Font, nametofont
from tkintermapview import TkinterMapView
from PIL import Image, ImageTk
from screeninfo import get_monitors
from win32api import GetSystemMetrics
import qrcode
import random
import string
import os
import time

import conexionsql

customtkinter.set_appearance_mode("Dark") # Modes: "System"
(standard), "Dark", "Light"
customtkinter.set_default_color_theme("blue") # Themes: "blue"
(standard), "green", "dark-blue"

PATH = os.path.dirname(os.path.realpath(__file__))

class Deportista(customtkinter.CTk):

    def __init__(self):

        self.conexion=conexionsql.Conexion()

        self.app = customtkinter.CTk() # create CTk window like you do
with the Tk window (you can also use normal tkinter.Tk window)
        self.app.title("Deportista")
        self.app.state('zoomed')
        self.app.resizable(width=False, height=False)

        self.width=int(GetSystemMetrics(0))
        self.height=int(GetSystemMetrics(1))

        #Variables Globales -----
        self.varG_Administrador=customtkinter.StringVar()
        self.varG_FiguraSeleccionado=customtkinter.StringVar()
        self.varG_Pregunta1=customtkinter.StringVar()
        self.varG_Pregunta2=customtkinter.StringVar()
        self.varG_Answer1=customtkinter.StringVar()
        self.varG_Answer2=customtkinter.StringVar()
```

```
self.varG_QR=customtkinter.StringVar()
self.varG_Node1=customtkinter.StringVar()
self.varG_Node2=customtkinter.StringVar()
self.varG_gpsNode1=customtkinter.StringVar()
self.varG_gpsNode2=customtkinter.StringVar()
self.varG_MapNode1=customtkinter.StringVar()
self.varG_MapNode2=customtkinter.StringVar()
self.varG_InMap=customtkinter.StringVar()
self.varG_Pulso=customtkinter.StringVar()
self.varG_Ox=customtkinter.StringVar()
```

```
self.varG_FiguraSeleccionado.set("")
self.varG_Administrador.set("")
self.varG_Pregunta1.set("")
self.varG_Pregunta2.set("")
self.varG_Answer1.set("")
self.varG_Answer2.set("")
self.varG_QR.set("")
self.varG_Node1.set("")
self.varG_Node2.set("")
self.varG_gpsNode1.set("")
self.varG_gpsNode2.set("")
self.varG_MapNode1.set("")
self.varG_MapNode2.set("")
self.varG_InMap.set("")
self.varG_Pulso.set("0")
self.varG_Ox.set("0")
```

```
self.actualizarUbicacion()
self.constructorImages()
self.frameLoggin()
```

```
self.app.mainloop()
```

```
pass
```

## interfaz loggin

```
def frameLoggin(self):

    self.image_label = tkinter.Label(master=self.app,
image=self.bg_image, bd=4)
    self.image_label.place(x=0, y=0)

    self.frameInicio = customtkinter.CTkFrame(master=self.app,
width=self.width/4, height=self.height-76, corner_radius=0)
    self.frameInicio.place(x=5, y=5)

    self.labelImageUser =
customtkinter.CTkLabel(master=self.frameInicio, image=self.imageUser)
    self.labelImageUser.place(relx=0.5, rely=0.2,
anchor=tkinter.CENTER)

    self.switchVerPass =
customtkinter.CTkSwitch(master=self.frameInicio, text="", onvalue="on",
offvalue="off",
command=self
f.functionVerOcultarP)
    self.switchVerPass.place(x=255, y=355)

    self.labelErroLoggin =
customtkinter.CTkLabel(master=self.frameInicio, text="Usuario o
Contraseña Incorrecto", text_color="red",
text_font=("Ari
al", 12))
    #self.labelErroLoggin.place(relx=0.5, rely=0.2,
anchor=tkinter.CENTER)

    self.entryUserLoggin =
customtkinter.CTkEntry(master=self.frameInicio, corner_radius=6,
width=200, placeholder_text="username")
    self.entryUserLoggin.place(x=50, y=300)

    self.entryPassLoggin =
customtkinter.CTkEntry(master=self.frameInicio, corner_radius=6,
width=200, show="*", placeholder_text="password")
    self.entryPassLoggin.place(x=50, y=350)

    self.buttonLoggin =
customtkinter.CTkButton(master=self.frameInicio, text="Login",
corner_radius=6,
command=self.function_loggin, width=200)
    self.buttonLoggin.place(x=50, y=400)
```

```

        self.buttonRegistrar =
customtkinter.CTkButton(master=self.frameInicio, text="Registrar",
                        corner_radius=6,
command=self.function_registar, width=200)
        self.buttonRegistrar.place(x=50, y=450)

        self.buttonForget =
customtkinter.CTkButton(master=self.frameInicio, text="Recuperar
contraseña",
                        corner_radius=6,
command=self.function_forget, width=200)
        #self.buttonForget.place(x=50, y=500)

def function_registar(self):
    self.frameRegistrarAdmin()
    pass

def functionVerOcultarP(self):
    value = self.switchVerPass.get()
    if value == "on":
        self.entryPassLoggin.configure(show="")
    elif value == "off":
        self.entryPassLoggin.configure(show="*")

    pass

def diccionario(self):
    number_of_strings = 1
    length_of_string = 8
    for x in range(number_of_strings):
        return(''.join(random.choice(string.ascii_letters +
string.digits) for _ in range(length_of_string)))
    pass

def generarQR(self):

    qr = qrcode.QRCode(
        version = 1,
        error_correction = qrcode.constants.ERROR_CORRECT_H,
        box_size = 10,
        border = 4
    )

    self.info = self.diccionario()

    qr.add_data(self.info)

```

```
qr.make(fit=True)

imagen = qr.make_image(fill_color="black", back_color="white")

self.sizeImagenQR=imagen.resize((250,250))
self.imagenQR=ImageTk.PhotoImage(self.sizeImagenQR)

#imagen.save('codigo.png')

pass
```

## Anexo 11: Algoritmo de archivos PHP

```
<?php
include("conexiona.php");

$sql=$conexion->query("SELECT * FROM `datos_control` WHERE 1");

// Verifica si existe la consulta.
if (!$sql) {
    die('No se pudo conectar.');
```

```
}

// Verifica si tiene registro y si es asi mostrar los datos.

if($row_cnt = $sql->num_rows>0){

    $fila = $sql->fetch_array(MYSQLI_ASSOC);

    echo $fila['nodo_a'];
}

else{

    echo "error";
}

/* liberar la serie de resultados */
$sql->free();
/* cerrar la conexión */
$conexion->close();
?>
```

## Anexo 12: Autorización de los deportistas

### Carta de Autorización

Ambato 8 de junio del 2022

Yo Néstor Quinapanta, con número de cedula 1804707824, en calidad de dirigente del Club Quinés autorizó a los deportistas Gerson Montes de Oca y Ariel Montes de Oca, a colaborar para realizar las pruebas del proyecto de titulación de la Carrera de Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato con el tema: "SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENTRENAMIENTO Y GEOLOCALIZACIÓN DE DEPORTISTAS DE LA DISCIPLINA DE ATLETISMO DEL CLUB ESPECIALIZADO FORMATIVO QUINES UTILIZANDO DISPOSITIVOS IoT" y que se haga uso de esa información con el fin de validar el funcionamiento del proyecto de titulación del Sr. Bryan Montes de Oca.

Atentamente,



-----  
Gerson Montes de Oca  
Atleta fondista



Firmado electrónicamente por:  
NESTOR ESTUARDO  
QUINAPANTA VARGAS

-----  
Lcdo. Néstor Quinapanta Vargas  
Presidente del "Club Quinés"



-----  
Ariel Montes de Oca  
Atleta medio fondista



Firmado electrónicamente por:  
NESTOR ESTUARDO  
QUINAPANTA VARGAS

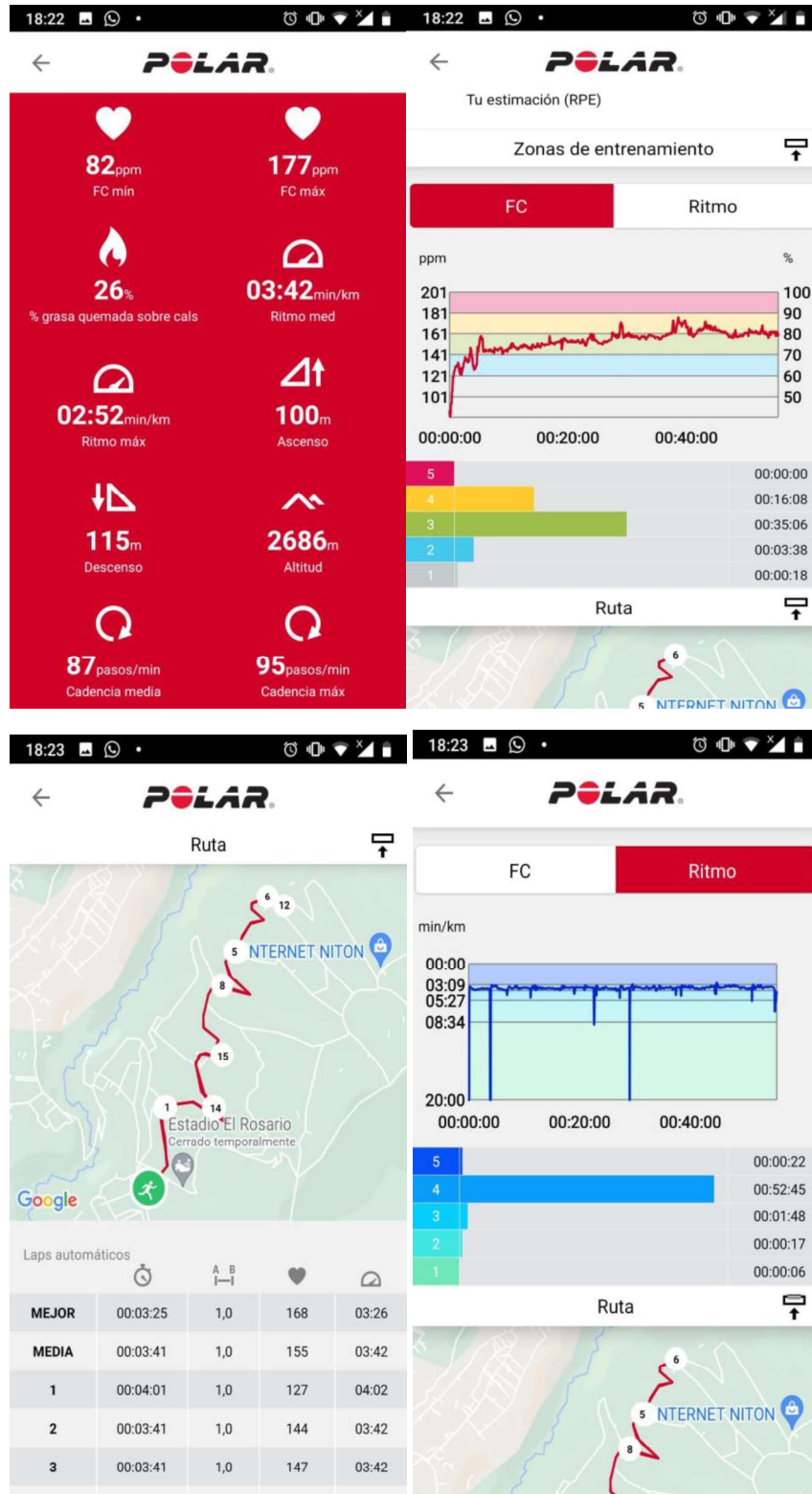
-----  
Lcdo. Néstor Quinapanta Vargas  
Presidente del "Club Quinés"



Anexo 13: Planificación de entrenamiento de los deportistas.

1	RITMOS POR FRECUENCIA CARDÍACA		SALASACA (CIRCUITO)			PISTA			SALASACA (CIRCUITO)			SALASACA			TOTAL (SEMANA)	CASA
	FC Max	% Ent. (bata)	FC Ent.	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día	km/día		
					Martes 19 de julio	Miércoles 20 de julio	Jueves 21 de julio	Viernes 22 de julio	Sábado 23 de julio							
Aldeaz					6 Km	6 Km	8 Km	0 Km	12 Km							
1. Gerón Monter de Oca	195	41 80%	164	6 Km	9 Km cc	Gimnasio 30 min cc	Gimnasio 30 min cc	DESCANZO	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	41 Km	Disponible
2. Luis Mazaribarb	195	41 80%	164	6 Km	9 Km cc	Gimnasio 30 min cc	Gimnasio 30 min cc	DESCANZO	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	41 Km	DESCANZO
3. Soto Muroto	192	41 80%	162	###	18 Km cc a 3'55"	8x1000 a 3'16" resp. 130" /table gimnasio 8km	16 Km cc progresivos 40s 3'40"	3x2000 m. a 6'50" resp. 2 min/ 8km cc	20 Km	28 Km	20 Km	20 Km	20 Km	20 Km	124 Km	DESCANZO
4. Steven Proder	194	46 75%	157	10 Km	14 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130"	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	70 Km	DESCANZO
6. Esteban Sarab	201	48 75%	163	10 Km	12 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130"	8 Km cc progresivos 40s 3'40"	4x1000 m. a 3'40" resp. 2 min con 2 vallas 2 series	12 Km	10 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	62 Km	DESCANZO
7. Adria Teclana	201	48 75%	163	8 Km	10 Km cc a 3'55" /GIMNASIO 8x500 M.	Técnica de vallas /velocidad 4x(40,50,60,80)	8 Km cc progresivos 40s 3'40"	8 Km cc progresivos 40s 3'40"	12 Km	10 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	55 Km	DESCANZO
11. Emerson Alijiri	195	43 75%	157	18 Km	12 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130" /table gimnasio 8km	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	5x2000 m. a 6'50" resp. 2 min	20 Km	18 Km	20 Km	20 Km	20 Km	20 Km	95 Km	DESCANZO
12. Luis Bonilla	194	43 75%	156	18 Km	12 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130" /table gimnasio 8km	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	5x2000 m. a 6'50" resp. 2 min	20 Km	18 Km	20 Km	20 Km	20 Km	20 Km	95 Km	DESCANZO
13. Adria Monter de Oca	194	43 75%	156	18 Km	12 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130" /table gimnasio 8km	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	5x2000 m. a 6'50" resp. 2 min	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	95 Km	Disponible
14. Oscar Ruiz	195	43 75%	157	18 Km	12 Km cc a 3'55"	5x1000 a 2'16" resp. 130" /table gimnasio 8km	12 Km cc progresivos 40s 3'40"	5x2000 m. a 6'50" resp. 2 min	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	18 Km	95 Km	DESCANZO
15. Luis Nolas Luis Mabeo	202	47 75%	163	8 Km	10 Km cc a 3'55" /GIMNASIO 8x500 M.	Técnica de vallas /velocidad 4x(40,50,60,80)+4 min cc	10 Km cc progresivos 40s 3'40"	4x1000 m. a 3'30" resp. 2 min con 2 vallas 2 series	12 Km	10 Km	12 Km	12 Km	12 Km	12 Km	59 Km	DESCANZO

Anexo 14: Datos de los sistemas de reloj inteligente del deportista 1



Anexo 15: Datos de los sistemas de reloj inteligente del deportista 2

