



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO
INTEGRABLE A UNA RED INALÁMBRICA PARA SUPERVISIÓN DE
PARÁMETROS DE VELOCIDAD Y RITMO CARDÍACO DE
DEPORTISTAS EN ENTRENAMIENTO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

HENRY DAVID ESPINOZA MOREIRA

DANIELA VICTORIA TRUJILLO AGUIRRE

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO
INTEGRABLE A UNA RED INALÁMBRICA PARA SUPERVISIÓN DE
PARÁMETROS DE VELOCIDAD Y RITMO CARDÍACO DE
DEPORTISTAS EN ENTRENAMIENTO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: HENRY DAVID ESPINOZA MOREIRA

DANIELA VICTORIA TRUJILLO AGUIRRE

DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba - Ecuador

2022

©2022, Henry David Espinoza Moreira, Daniela Victoria Trujillo Aguirre

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Henry David Espinoza Moreira y Daniela Victoria Trujillo Aguirre, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de julio de 2022



Henry David Espinoza Moreira
2300406481



Daniela Victoria Trujillo Aguirre
0605939891

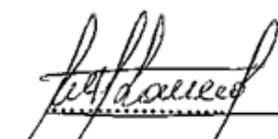
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO INTEGRABLE A UNA RED INALÁMBRICA PARA SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS DE VELOCIDAD Y RITMO CARDÍACO DE DEPORTISTAS EN ENTRENAMIENTO**, realizado por los señores **DANIELA VICTORIA TRUJILLO AGUIRRE** y **HENRY DAVID ESPINOZA MOREIRA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

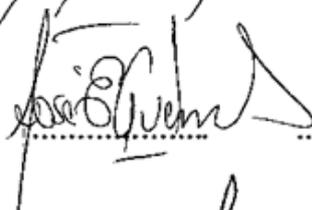
FIRMA

FECHA

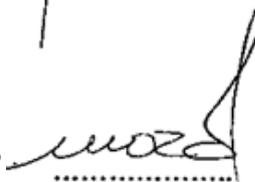
Ing. Paul Patricio Romero Riera
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

 09-11-2022

Ing. José Enrique Guerra Salazar
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

 09-11-2022

Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro
ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

 09-11-2022

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres Moisés y Virginia, pero de manera especial a mi madre ya que gracias a su esfuerzo y sacrificio estoy cumpliendo una meta en mi vida profesional, le agradezco de todo corazón por brindarme su amor y total apoyo, y a mis hermanos Emilia, Angela, Isabel y Moisés por estar presentes en mi diario vivir y darme el ánimo y cariño para seguir adelante, gracias a Uds. estoy cumpliendo este logro.

Daniela

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a mi familia por haberme apoyado durante mi proceso de formación personal y académica, especialmente a mis padres por brindarme su amor y ser los pilares de mi vida. A mis hermanas por brindarme su confianza y compartir tantos momentos de felicidad y a todas las personas que han estado presentes durante este proceso.

Henry

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a los docentes que lo conforman, por compartir su conocimiento y ser una profesional que ayude a lo sociedad. También agradezco a mi familia por su amor y apoyo.

Daniela

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y poder formarme académicamente, a los docentes que han estado presentes durante mi proceso de aprendizaje, en especial al Ing. José Guerra, docente tutor para la elaboración del presente trabajo de integración curricular. Agradezco a mi familia y amigos por todo el apoyo que me han brindado.

Henry

2.18	Selección de la batería	27
CAPÍTULO III		
3	MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1	Requerimientos del módulo electrónico	29
3.2	Concepción de la arquitectura general del sistema	30
3.3	Diseño de bloques del sistema del módulo electrónico.....	31
3.3.1	<i>Capa de sensado</i>	<i>31</i>
3.3.2	<i>Capa de control y recepción</i>	<i>32</i>
3.3.3	<i>Capa de administración, visualización y almacenamiento</i>	<i>33</i>
3.4	Descripción de los elementos <i>hardware</i> del Sistema.....	33
3.4.1	<i>Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01</i>	<i>33</i>
3.4.2	<i>Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01 con antena.....</i>	<i>34</i>
3.4.3	<i>Módulo MPU6050: Acelerómetro.....</i>	<i>35</i>
3.4.4	<i>Módulo MAX30102</i>	<i>36</i>
3.4.5	<i>Módulo TP4056.....</i>	<i>37</i>
3.4.6	<i>Arduino Nano</i>	<i>37</i>
3.4.7	<i>Esp8266</i>	<i>38</i>
3.4.8	<i>Módulo SIM800L.....</i>	<i>39</i>
3.4.9	<i>Pantalla OLED 128 x 64.....</i>	<i>40</i>
3.4.10	<i>Consumo de corriente teórico del nodo secundario</i>	<i>41</i>
3.4.11	<i>Consumo de corriente teórico del nodo central</i>	<i>41</i>
3.4.12	<i>Batería LiPo.....</i>	<i>42</i>
3.5	Esquema de conexión del módulo electrónico	43
3.5.1	<i>Esquema de conexión del nodo central.....</i>	<i>43</i>
3.5.2	<i>Esquema de conexión del nodo secundario.....</i>	<i>45</i>
3.5.3	<i>Diseño de carcasa del nodo secundario</i>	<i>47</i>
3.6	Software de desarrollo del módulo electrónico.....	50
3.6.1	<i>Arduino IDE 1.8.19</i>	<i>50</i>
3.6.2	<i>Proteus 8.12</i>	<i>51</i>
3.6.3	<i>Eagle 9.6.2</i>	<i>51</i>
3.6.4	<i>Firestore Realtime Database</i>	<i>51</i>
3.6.5	<i>Android studio 11.0.11</i>	<i>51</i>
3.7	Programación de los nodos del módulo electrónico.....	52
3.7.1	<i>Diagrama de flujo del bloque de procesamiento del nodo central</i>	<i>53</i>
3.7.2	<i>Diagrama de flujo del bloque de transmisión de información del nodo central</i>	<i>56</i>
3.7.3	<i>Diagrama de flujo del nodo secundario</i>	<i>59</i>
3.8	Base de datos en Firebase.....	63

3.8.1	<i>Realtime Database</i>	64
3.9	Interfaz de administración y visualización.....	66

CAPITULO IV

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1	Consideraciones generales.....	70
4.2	Validación de sensores.....	72
4.2.1	<i>Validación del sensor Max 30102</i>	72
4.2.2	<i>Validación del sensor MPU 6050</i>	74
4.3	Estabilidad de sensores.....	76
4.3.1	<i>Estabilidad del sensor Max30102</i>	76
4.3.2	<i>Estabilidad sensor MPU6050</i>	78
4.4	Comunicación.....	79
4.5	Distancia máxima sin pérdida.....	81
4.6	Integridad de la información	83
4.7	Prueba de red inalámbrica	85
4.8	Consumo de corriente.....	85
4.8.1	<i>Consumo de corriente del nodo central</i>	85
4.8.2	<i>Consumo de corriente del nodo secundario</i>	86
4.9	Envío de mensajes de alerta.....	87
4.10	Tiempo de carga y descarga de la batería	88
4.11	Funcionamiento general del módulo electrónico.....	90
4.12	Evaluación económica	94

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.....	96
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	98
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tiempo recorrido en segundos en la prueba de 10x5.....	7
Tabla 2-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 30 m.	8
Tabla 3-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 50 m.	9
Tabla 4-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 100m	10
Tabla 5-2: Fórmula para calcular el ritmo cardiaco máximo en la población no deportista y deportista.....	11
Tabla 6-2: Valores del ritmo cardiaco promedio para ejercicios con intensidad alta.....	11
Tabla 7-2: Niveles del estado de salud de una persona en base al índice de Ruffier.....	12
Tabla 8-2: Zonas de trabajo y porcentaje de intensidad de cada zona.....	13
Tabla 9-2: Selección de topología de la red.....	17
Tabla 10-2: Selección de tecnologías inalámbricas.....	19
Tabla 11-2: Comparativa de familias de tarjetas de desarrollo.....	25
Tabla 12-2: Comparativa entre los tipos de batería en el mercado.....	27
Tabla 1-3: Características del módulo NRF24L01.....	34
Tabla 2-3: Características del módulo NRF24L01 con antena.....	35
Tabla 3-3: Características módulo MPU6050.....	35
Tabla 4-3: Características del sensor MAX30102.....	36
Tabla 5-3: Características del módulo TP4056.....	37
Tabla 6-3: Características del Arduino Nano.....	38
Tabla 7-3: Características principales del Esp8266.....	39
Tabla 8-3: Características principales del módulo SIM800L.....	40
Tabla 9-3: Características de la pantalla OLED.....	41
Tabla 10-3: Consumo de corriente teórico del nodo secundario.....	41
Tabla 11-3: Consumo de corriente teórico del nodo central.....	42
Tabla 12-3: Características principales de la batería LiPo.....	42
Tabla 13-3: Medidas que constituye la carcasa del reloj.....	48
Tabla 14-3: Medidas que constituye la carcasa del sensor del ritmo cardiaco.....	50
Tabla 15-3: Librerías más usadas en los programas desarrollados.....	52

Tabla 16-3: Variables empleadas en la programación del bloque de procesamiento del nodo central.....	54
Tabla 17-3: Trama de datos.....	54
Tabla 18-3: Variables usadas en el bloque de transmisión de información del nodo central....	56
Tabla 19-3: Eariables asociadas a la base de datos.....	57
Tabla 1-4: Análisis del Error Absoluto y Error Relativo de los valores del ritmo cardiaco....	73
Tabla 2-4: Análisis del error absoluto y error relativo del sensor MPU6050	75
Tabla 3-4: Prueba de estabilidad del sensor Max 30102.....	77
Tabla 4-4: Prueba de estabilidad del sensor Max 30102.....	78
Tabla 5-4: Comparativa entre los datos enviados desde el nodo secundario y la aplicación móvil.....	81
Tabla 6-4: Análisis del alcance de la comunicación RF	82
Tabla 7-4: Integridad de datos entre los datos enviados y los datos recibidos.....	84
Tabla 8-4: Consumo de corriente real del nodo central.	86
Tabla 9-4: Consumo de corriente real del nodo secundario.	86
Tabla 10-4: Edad y frecuencia de reposo promedio de los jugadores del Centro Deportivo Olmedo.....	87
Tabla 11-4: Evaluación económica del módulo electrónico.....	94
Tabla 12-4: Tabla comparativa entre el módulo electrónico y el sistema de cronometraje.	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Prueba de velocidad de 10 x 5 m.....	7
Ilustración 2-2:	Prueba de velocidad de 30 m	8
Ilustración 3-2:	Prueba de velocidad de 50 m	9
Ilustración 4-2:	Prueba de velocidad de 100 m.....	10
Ilustración 5-2	Topología estrella.....	16
Ilustración 6-2	Topología árbol.....	16
Ilustración 7-2:	Topología anillo.....	17
Ilustración 8-2:	Topología malla.....	17
Ilustración 9-2:	Medición del ritmo cardiaco por transmisión	20
Ilustración 10-2:	Medición del ritmo cardiaco por reflexión	20
Ilustración 11-2:	Células fotoeléctricas	21
Ilustración 12-2:	Sensores laser para medir distancias	22
Ilustración 13-2:	Modelo de acelerómetro capacitivo	23
Ilustración 14-2:	Tipos de radar utilizados en el deporte.....	23
Ilustración 1-3:	Concepción de la arquitectura general del sistema	31
Ilustración 2-3:	Diagrama de bloque del módulo de adquisición	32
Ilustración 3-3:	Diagrama de bloques de la capa de control y recepción.....	32
Ilustración 4-3:	Diagrama de bloques de la capa de administración, visualización y almacenamiento.....	33
Ilustración 5-3:	Módulo NRF24L01.....	34
Ilustración 6-3:	NRF24L01 con antena.....	34
Ilustración 7-3:	Módulo MPU6050	35
Ilustración 8-3:	Sensor MAX30102	36
Ilustración 9-3:	Módulo TP4056.....	37
Ilustración 10-3:	Arduino Nano.....	38
Ilustración 11-3:	Esp8266	39
Ilustración 12-3:	Módulo SIM800L.....	40
Ilustración 13-3:	Pantalla OLED 128 x 64.....	40
Ilustración 14-3:	Batería LiPo	42
Ilustración 15-3:	Esquema de conexión del nodo central	44
Ilustración 16-3:	PCB del nodo central	44
Ilustración 17-3:	Placa PCB del nodo central implementada físicamente	45
Ilustración 18-3:	Esquema de conexión del nodo secundario	46

Ilustración 19-3:	Diseño de la PCB del nodo secundario	46
Ilustración 20-3:	Placa PCB (a) y nodo secundario implementado físicamente (b)	47
Ilustración 21-3:	Diseño de carcasa de la placa PCB del reloj.....	47
Ilustración 22-3:	Dimensiones de la carcasa para el reloj.....	48
Ilustración 23-3:	Diseño de la carcasa del sensor del ritmo cardíaco.....	49
Ilustración 24-3:	Dimensiones de la carcasa del sensor de ritmo cardíaco.....	49
Ilustración 25-3:	Diseño físico de la carcasa del módulo	50
Ilustración 26-3:	Diagrama de flujo del bloque de procesamiento del nodo central.....	55
Ilustración 27-3:	Diagrama de flujo del bloque de transmisión de información del nodo central.....	58
Ilustración 28-3:	Diagrama de flujo del nodo secundario.....	62
Ilustración 29-3:	Base de datos en Firebase	64
Ilustración 30-3:	Sección de usuarios en la base de datos	64
Ilustración 31-3:	Datos que conforman la sección del usuario 1	65
Ilustración 32-3:	Datos recolectados por los sensores del usuario 1	65
Ilustración 33-3:	Información del jugador registrada en la base de datos.....	66
Ilustración 34-3:	Información del jugador que se visualiza en la app móvil.....	66
Ilustración 35-3:	Pantalla principal de la aplicación móvil.....	67
Ilustración 36-3:	Información personal de cada jugador	67
Ilustración 37-3:	Pantalla de visualización de datos de la aplicación móvil.....	68
Ilustración 38-3:	Información gráfica de los datos histórica en los entrenamientos	68
Ilustración 39-3:	Información numérica de los datos históricos en los entrenamientos.....	69
Ilustración 1-4:	Módulo electrónico para supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco	70
Ilustración 2-4:	Toma de muestras entre el pulsímetro automático y el módulo electrónico.....	72
Ilustración 3-4:	Comparación de mediciones de ritmo cardíaco entre el pulsímetro digital y el módulo electrónico.....	74
Ilustración 4-4:	Comparación de mediciones de velocidad entre el equipo patrón y el módulo electrónico	76
Ilustración 5-4:	Tomas de muestras para prueba de estabilidad	77
Ilustración 6-4:	Supervisión de datos enviados por el nodo secundario mediante el monitor serial para la prueba de comunicación	79
Ilustración 7-4:	Datos recibidos por del nodo secundario y visualizados en la aplicación móvil	80
Ilustración 8-4:	Datos registrados en el informe PDF de la aplicación móvil.....	80
Ilustración 9-4:	Distancia máxima de comunicación RF.....	82
Ilustración 10-4:	Comunicación a 130 metros de distancia del nodo central.....	83

Ilustración 11-4:	Resultado de los puertos supervisados por el monitor serie del nodo secundario y nodo central.....	83
Ilustración 12-4:	Comunicación simultanea de nodos secundarios visualizada en el monitor serial del nodo central	85
Ilustración 13-4:	Mensajes de alerta al equipo médico	88
Ilustración 14-4:	Fuente de energía para la alimentación del módulo Tp4056	89
Ilustración 15-4:	Módulo electrónico en funcionamiento durante entrenamientos en el Centro Deportivo Olmedo	89
Ilustración 16-4:	Implementación del módulo electrónico en entrenamientos del Centro Deportivo Olmedo	90
Ilustración 17-4:	Instalación y configuración del módulo electrónico en el Centro Deportivo Olmedo	91
Ilustración 18-4:	Conexión a la red WIFI mediante el <i>Access Point</i> del ESP8266	91
Ilustración 19-4:	Pruebas de medición del ritmo cardiaco en el Centro Deportivo Olmedo .	92
Ilustración 20-4:	Pruebas de medición de velocidad en el Centro Deportivo Olmedo	92
Ilustración 21-4:	Registro de datos en la aplicación móvil de los deportistas del centro deportivo olmedo.....	92
Ilustración 22-4:	Certificado de aceptación del centro deportivo Olmedo	93

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Hoja de datos del módulo Nrf24101
- Anexo B:** Hoja de datos del módulo Nrf24101 con antena
- Anexo C:** Hoja de datos del módulo MPU6050
- Anexo D:** Hoja de datos del módulo Max30102
- Anexo E:** Hoja de datos TP4056
- Anexo F:** Hoja de datos del Arduino Nano
- Anexo G:** Hoja de datos del módulo ESP8266
- Anexo H:** Hoja de datos del módulo SIM800L
- Anexo I:** Hoja de datos de la pantalla OLED 128x64
- Anexo J:** Hoja de datos de la batería Lipo 400mA y 3.7V
- Anexo K:** Programación de los nodos del módulo electrónico
- Anexo L:** Programación realizada para el desarrollo de la App móvil
- Anexo M:** Hoja de datos equipo patrón del ritmo cardiaco
- Anexo N:** Pruebas de validacion del sensor Max30102
- Anexo O:** Pruebas de validacion del sensor MPU6050
- Anexo P:** Pruebas de estabilidad del sensor Max30102
- Anexo Q:** Pruebas de estabilidad del sensor MPU6050
- Anexo R:** Medición de corriente del nodo central
- Anexo S:** Medición de corriente del nodo secundario

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo diseñar y construir un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas en entrenamiento. Está constituido por dos tipos de nodos, el nodo secundario compuesto por un sensor de ritmo cardíaco basado en el método fotopletimográfico y un acelerómetro, es el encargado de sensar y enviar los datos mediante comunicación de radiofrecuencia (RF) hacia el nodo central. El nodo central está encargado de recibir los datos enviados y transmitirlos mediante tecnología WiFi hacia una base de datos y posteriormente ser visualizada en la aplicación móvil. El módulo incorpora un sistema de envío de mensajes de alerta al equipo médico cuando el ritmo cardíaco del deportista se encuentre en estado crítico. Para la validación del módulo se realizaron pruebas de exactitud para los sensores de ritmo cardíaco y velocidad, se obtuvo errores absolutos del 1.27% y 2.47% respectivamente, sin sobrepasar los errores propios de cada sensor. De las pruebas de precisión los sensores de ritmo cardíaco y velocidad obtuvieron un coeficiente de variación de 3.84% y 4.69% respectivamente. En las pruebas de comunicación se comprueba que el estado de conexión es excelente a una distancia máxima de 130 m y se verifica la comunicación de los dos nodos secundarios sin pérdida de información. En las pruebas de autonomía se determinó que la batería puede suministrar energía hasta siete entrenamientos de 1:45 cada uno. De esto se concluye que el módulo electrónico implementado cumple con los requerimientos establecidos para los procesos de entrenamiento y es competitivo con equipos comerciales con similares características. Se recomienda que se incorpore inteligencia artificial que permita generar rutinas de entrenamiento de forma automática en base a las necesidades de los deportistas.

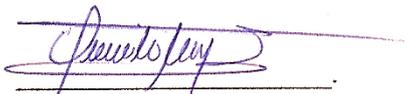
Palabras clave: <FOTOPLETIMOGRAFÍA>, <GIROSCOPIO>, <RADIOFRECUENCIA (RF)>, <ERROR ABSOLUTO>, <COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)>.



ABSTRACT

The objective of this curricular integration work was to design and build an electronic module that can be integrated into a wireless network for the supervision of speed and heart rate parameters of athletes in training. It is made up of two types of nodes, the secondary node, made up of a heart rate sensor based on the photoplethysmographic method and an accelerometer, is in charge of collecting and sending the data through radio frequency (RF) communication to the central node. The central node is in charge of receiving the data sent and transmitting it through WiFi technology to a database to later being displayed in the mobile application. The module incorporates a system for sending alert messages to the medical team when the athlete's heart rate is in a critical state. For the validation of the module, accuracy tests were carried out for the heart rate and speed sensors, obtaining absolute errors of 1.27% and 2.47%, respectively, without exceeding the errors of each sensor. From the accuracy tests, the heart rate and speed sensors obtained a coefficient of variation of 3.84% and 4.69%, respectively. In the communication tests, it is verified that the connection status is excellent at distance no longer than 130 m and the communication of the two secondary nodes is verified without loss of information. In the autonomy tests, it was determined that the battery can supply energy for up to seven training sessions of 1:45 each. From this, it is concluded that the implemented electronic module meets the requirements established for training processes and is competitive with commercial equipment with similar features. It is recommended to incorporate artificial intelligence which allows training routines to be generated automatically based on the needs of the athletes.

Keywords: <PHOTOPLETHYSMOGRAPHY>, <GYROSCOPE>, <RADIOFREQUENCY (RF)>, <ABSOLUTE ERROR>, <COEFFICIENT OF VARIATION (CV)>.



Lic. Nelly Padilla P. Mgs.
0603818717
DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento se establece como un proceso sistemático orientado al perfeccionamiento deportivo, pretendiendo desarrollar eficazmente cualidades físicas y psíquicas, la práctica y desarrollo de dichas cualidades determinan el éxito deportivo, sin embargo, es necesario organizar el proceso con el fin de maximizar el rendimiento de las capacidades de cada jugador en un área deportiva específica (Pérez y Pérez, 2009).

En los últimos años, las competencias deportivas profesionales presentan un incremento en el rendimiento de los atletas. Montoya (2012) afirma que cada vez es más habitual que exista una mínima diferencia entre los competidores. Por lo tanto, si no se sigue un control exhaustivo en el desarrollo del deportista, su rendimiento no será suficiente para destacar en las competencias nacionales o internacionales.

Uno parámetro primordial para un entrenamiento es la velocidad, Zatsiorsky (1994) define a la velocidad como “la capacidad de una persona para realizar diferentes acciones motrices en determinadas condiciones en el menor tiempo posible”. Según el criterio de Martín (2009), la velocidad es uno de los parámetros más importantes a desarrollar en el deporte. Sin embargo, este parámetro está definido por la genética del individuo, convirtiéndose en una de las cualidades más difíciles en perfeccionar (García y Lamothe, 2010). Además, el margen de mejora de la velocidad es bajo y es necesario obtener datos precisos en las mediciones. La imprecisión humana es uno de los principales problemas en la medición de tiempo, obteniendo como resultado datos con incertidumbre e impide un control adecuado en el desarrollo del deportista.

Otro parámetro fundamental es la medición de señales biológicas en deportistas ya que permite controlar y evaluar la respuesta del organismo ante el entrenamiento. El ritmo cardiaco indica si el corazón bombea la cantidad necesaria de sangre al cuerpo para cumplir con la actividad física (García, 2013). Llevar un registro minucioso del estado de salud del deportista permite establecer la capacidad de recuperación, detectar variaciones en la actividad cardiovascular, evaluar el desarrollo del entrenamiento y prevenir el sobre e infra entrenamiento. Usando esta información, el entrenador desarrollará programas para aumentar el rendimiento de cada deportista.

Entre los años 1979 a 1996, la región de Veneto de Italia registró un total de 269 muertes por paro cardíaco en personas menores de 36 años. Además, se mencionó que 40 de ellos fallecieron durante o después de la actividad física, y unos 14 tenían síntomas preexistentes. De acuerdo al artículo denominado detección de miocardiopatía hipertrófica en atletas jóvenes,

aproximadamente 1.6 atletas sufren de paro cardíaco repentino por cada 100.000 personas al año (Corrado et al. 1998).

Debido a la importancia anteriormente mencionada surge la necesidad de supervisar dichos parámetros, hoy en día existen sistemas, pero con altos costos de adquisición, impidiendo estar al alcance y disponibilidad de las empresas deportivas. Entre los sistemas más comercializados internacionalmente se encuentran: el sistema de cronometraje MDG-carreras y el sistema Polar. El MDG-carreras es utilizado para el cronometraje de todo tipo de carreras y su costo (Software y Hardware) oscila entre los \$9.767,00 (Farinango, 2017: p. 35), el sistema Polar empleado para determinar el valor ritmo cardiaco, resistencia y velocidad, su pulsera tiene un valor de \$117,39, mientras que su chaleco tiene un costo aproximado de \$203,32 (Innovasport, 2022).

Existen estudios como es el caso de la universidad Católica Andrés Bello de Venezuela, donde, Chaurel y Murillo (2014) realizan un sistema de monitoreo para el rendimiento físico específicamente parámetros como la velocidad y frecuencia cardiaca de los atletas de alto desempeño, donde proponen el diseño de un prototipo para medir de forma automática e inalámbrica, brindando así al especialista medir y determinar el rendimiento físico en una sección de ejercicios.

En las universidades Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) y CES de Medellín, López (2018) elabora un sistema para monitoreo de consumo de oxígeno (VO_2) para deportistas, donde se implementa el sistema de monitoreo continuo e inalámbrico buscando estimar un valor de consumo máximo para tener una idea clara del rendimiento físico que se encuentra el deportista.

En la universidad Politécnica Salesiana de Cuenca de Ecuador, Barros y Delgado (2017) desarrollaron un prototipo de sistema de cronometraje para las competencias en dicha universidad donde se enfocaron en prestar un servicio propio de cronometraje en las competencias de pedestres de la Universidad basándose en el uso de tecnología RFID.

Entre las principales limitaciones de estos sistemas está la poca disponibilidad, los costos elevados y cada deportista debe poseer un kit de medición, donde, los resultados son enviados a una base de datos individual, impidiendo el acceso tanto a los entrenadores como al equipo médico del club deportivo.

El proyecto propuesto se basa en el diseño y construcción de un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas en entrenamiento, brindando al entrenador una herramienta que ayudará a determinar el progreso del deportista.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se analiza el planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicativa, los objetivos y la metodología utilizada en la presente investigación.

1.1 Planteamiento del problema

¿Cómo diseñar y construir un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas en entrenamiento?

1.2 Justificación teórica

En el ámbito deportivo para poder obtener alto rendimiento, la clave se encuentra en un buen entrenamiento físico, gracias a eso los deportistas optimizan el desempeño en sus áreas deportivas, para conseguirlo los entrenadores implementan rutinas de ejercicios que le ayudaran a evaluar y ejercitar parámetros que influenciaran en el rendimiento de sus deportistas.

Dentro de estos parámetros se encuentra la velocidad que es una de capacidades más relevantes a la hora de practicar actividades físicas, se define como la capacidad de realizar acciones motrices en el menor tiempo, sin embargo, es una cualidad difícil de desarrollar, que solo con un buen entrenamiento se puede perfeccionar y llevar al máximo de los límites heredados.

Otro parámetro es el ritmo cardíaco que se define como el número de latidos del corazón durante un minuto, según Escobar (2018) el ritmo cardíaco máximo (FC_{máx}) indica el máximo de latidos que puede alcanzar el corazón en el lapso de un minuto cuando se realiza un esfuerzo máximo, este valor ayuda a calcular la intensidad al ejecutar ejercicios aeróbicos, la supervisión de intensidad en el transcurso del ejercicio es esencial en el proceso de entrenamiento ya que su progreso depende de buen control.

Existen sistemas comerciales que permiten el monitoreo de parámetros como los indicados, por ejemplo, SondaSports empresa europea que se dedica a desarrollar sistemas para el entrenamiento seguro y sostenible brindando una gama de herramientas, POLAR empresa finlandesa dedicada a fabricar equipos deportivos para el monitoreo del ritmo cardíaco.

Entre los estudios realizados se encuentra el caso de la universidad Católica Andrés Bello de Venezuela, donde, Chaurel y Murillo (2014) realiza un sistema de monitoreo para el rendimiento físico de los atletas. En las universidades de EIA Y CES de Medellín, López (2018) elabora un sistema para monitoreo de VO_2 para deportistas. En la universidad Politécnica Salesiana de Cuenca de Ecuador, Barros y Delgado (2017) desarrollaron un prototipo de sistema de cronometraje para las competencias en dicha universidad.

Estos dispositivos mencionados tienen limitaciones ya sean económicas, poca disponibilidad e incluso el uso exclusivo para cada jugador impidiendo al entrenador tener los datos disponibles de su equipo por tal razón surge la necesidad de construir un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de deportistas en entrenamiento el cual brindará al entrenador una herramienta que le ayudara a determinar la evolución de los parámetros en los períodos de entrenamiento de los deportistas, además incentivándonos en el plan nacional de desarrollo del 2021-2025 objetivo 7 política 7.2 donde se promueve la modernización y eficiencia de la educación haciendo uso de herramientas tecnologías y la innovación.

1.3 Justificación aplicativa

El módulo electrónico para la supervisión de velocidad y ritmo cardíaco está formado por una capa de captura que consta de un conjunto de sensores para adquirir los datos de la velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas durante el entrenamiento.

Los datos obtenidos son transmitidos de forma inalámbrica hacia un nodo central. La capa de control se encarga de analizar e interpretar la información, posteriormente se almacena en una base de datos y se clasifica acorde a la identificación de cada usuario.

En este proyecto hay tres tipos participantes durante el proceso y son: deportista o usuario, supervisor de entrenamiento y supervisores médicos.

Este equipo o metodología consta de tres etapas: registro o administración de los jugadores, registro y almacenamiento de datos de entrenamiento, procesar los datos, visualización de resultados.

La etapa de registro o administración está encargada de ingresar a los usuarios en el sistema, se guarda información de cada usuario para la identificación del jugador durante el entrenamiento.

La etapa de registro y almacenamiento está encargada guardar y almacenar en una base de datos los valores de velocidad y ritmo cardíaco del jugador obtenidos en cada sesión de entrenamiento.

La etapa de procesamiento se encarga de procesar e interpretar la información obtenida de los variables censadas.

Finalmente, la etapa de visualización es la encargada de reflejar mediante una interfaz gráfica la información adquirida en tiempo real y los datos históricos de entrenamientos previos, esto permitirán al entrenador observar el desempeño de la velocidad del deportista en el transcurso de cada entrenamiento y al equipo médico el estado en el que se encuentra el ritmo cardíaco de cada jugador.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas en entrenamiento.

Objetivos Específicos

- Estudiar las pruebas existentes utilizadas para medir la velocidad y el ritmo cardíaco en el entrenamiento, las normativas que rigen dicha medición y los sistemas electrónicos que existen.
- Definir los requerimientos de la red inalámbrica y del módulo electrónico para la supervisión de velocidad y ritmo cardíaco.
- Establecer el diseño que cumple con los requerimientos propuestos para implementar el módulo electrónico y la red inalámbrica.
- Seleccionar el software y hardware necesarios para implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si el módulo electrónico y la red inalámbrica implementados cumplen con los requerimientos de diseño.

1.5 Metodología

Se presenta los métodos y técnicas que se planean utilizar para el desarrollo del presente trabajo de integración curricular:

Métodos Teóricos

Revisión documental: conocer información mediante la indagación de documentos, publicaciones, libros, revistas etc. relacionadas con la construcción de un módulo electrónico para la supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de los deportistas en entrenamiento.

Sistematización: aplicar la información bibliográfica y experimental para establecer los requerimientos de diseño que debe contener el sistema propuesto.

Análisis y síntesis: evaluar los resultados de las pruebas realizadas y llegar a conclusiones y recomendaciones.

Métodos empíricos

Experimentación: realizar la simulación y comprobación de los diversos bloques que conforman el sistema.

Medición: evaluación de las variables durante la implementación práctica de la investigación.

Observación: validación del sistema diseñado.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza la investigación teórica referente al rendimiento en los deportistas, las pruebas utilizadas para medir la velocidad y ritmo cardíaco, tipos y tecnologías de redes, sensores y tarjetas de desarrollo utilizadas para la presente investigación en conjunto con el tipo de alimentación utilizada.

2.1 El rendimiento en los deportistas

Es definido como la correlación entre la práctica y los resultados de una actuación deportiva, donde, es evaluada bajo condiciones determinadas con diferentes técnicas de medición (Cortegaza y Luong, 2015).

El deportista de alto rendimiento es aquel que presenta cualidades para obtener grandes logros deportivos, para lograrlo, es necesario reducir la tasa de lesiones y enfermedades, y a su vez controlar el proceso de entrenamiento con planificación y estableciendo metas. Este proceso hace que las actividades del deportista sean más eficientes y efectivas mejorando su rendimiento de juego (Moya, 2011: p. 11).

Los deportistas tienen la posibilidad de desarrollar diferentes tipos de capacidades físicas durante los entrenamientos. Mariscal (2021) clasifica las capacidades físicas en dos tipos: coordinativas y condicionales. Las condicionales están relacionadas con parámetros como la fuerza, la velocidad, la flexibilidad y la resistencia, donde, cada una de ellos son desarrollados en base al rendimiento físico y al entrenamiento.

2.2 Pruebas de medición de velocidad en deportistas

Según Versosa (2016) define la velocidad como la relación entre la distancia y el tiempo, es la capacidad de desplazarse en el menor tiempo posible y con la mayor eficiencia. En las actividades de velocidad existen tres fases: la aceleración, la máxima velocidad y la resistencia.

La aceleración es el cociente entre el incremento de la velocidad y el tiempo que dura en llevarse a cabo. Para evaluarla se emplean prueba de carreras de corta distancia y es necesario garantizar la fiabilidad del cronometraje desde el inicio hasta el final de la carrera. La máxima velocidad establece la relación existente entre la amplitud y frecuencia de la zancada, se mide en base al tiempo de desplazamiento en una distancia determinada y en carreras con distancias no superiores a los 60 m. La resistencia a la velocidad implica mantener la resistencia en forma constante durante el tiempo de ejecución del desplazamiento (Morales et al., 2014).

Las pruebas que miden velocidad son de corta duración debido a que solo se puede mantener la velocidad máxima durante un corto espacio de tiempo, aproximadamente 10 segundos, posterior a ello, la velocidad disminuye. Ejemplo en una carrera de 100 m los primeros metros se encuentran en la fase de aceleración (20-30 m), después transcurre unos metros en el cual se mantiene la velocidad (50-60 m) y en los últimos metros (90-100 m) la velocidad tiende a disminuir ligeramente (Morales et al., 2014; Versosa, 2016).

a) Prueba de 10 x 5 m

El objetivo es evaluar la velocidad de desplazamiento y la rapidez del deportista. Para llevar a cabo es necesario una superficie plana de más de 5 m, cronómetro, cinta métrica, conos y silbato. Se inicia midiendo una distancia de 5 m y con los conos se marcará el punto inicial y final, representada en la ilustración 1-2. La prueba consiste en que el deportista estará ubicado detrás del punto de inicio y en dirección al punto final, deberá correr y mantener la máxima velocidad posible hasta alcanzar el cono del punto final, inmediatamente se realiza un cambio de sentido en la carrera para desplazarse al punto inicial de nuevo, el cual tocara al menos con un pie, este recorrido se realizará cinco veces, en el último recorrido se deberá pasar el punto inicial para que el cronómetro se detenga (Aranda, 2018: p.25).

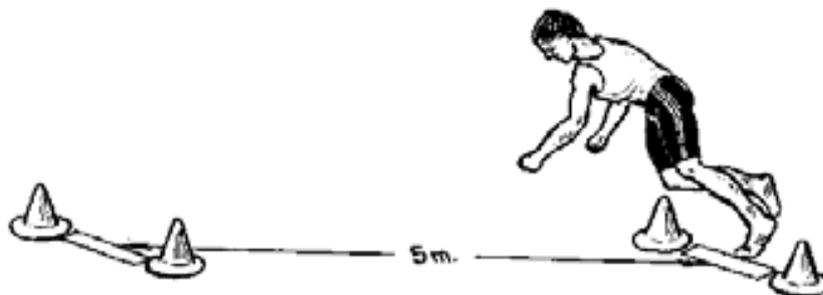


Ilustración 1-2: Prueba de velocidad de 10 x 5 m.

Fuente: (Aranda, 2018)

Mediante la tabla 1-2, Aranda (2018: p.25) califica los resultados obtenidos de mujeres y hombres en la prueba de 10 x 5 m.

Tabla 1-2: Tiempo recorrido en segundos en la prueba de 10x5.

Valoración	Mujeres (segundos)	Hombres (segundos)
Excelente	<=15	<=14
Bueno	16 - 18	15 - 17
Mediano	19 - 20	18 - 19
Bajo	21 - 22	20 - 21
Muy bajo	>=23	>=22

Fuente: (Aranda, 2018: p.25)

b) Prueba de 30 m

Su objetivo es medir la velocidad de reacción y la velocidad de desplazamiento. Para realizar esta prueba es necesario una superficie plana mayor de 30 m, cronómetro, cinta métrica, conos y silbato. La prueba inicia midiendo una distancia de 30 m, por medio de conos, se marca el punto inicial y final, ilustrada en la ilustración 2-2.

Consiste en que el deportista, situado en la posición inicial, salga corriendo a la señal del entrenador con la velocidad máxima posible, el cronómetro empieza una vez el jugador salga del punto inicial y se detiene cuando llegue al punto final, la prueba se valorará en función del tiempo invertido (Alto Rendimiento, 2022).



Ilustración 2-2: Prueba de velocidad de 30 m

Fuente: (Alto Rendimiento, 2022)

La tabla 2-2 muestra valores referenciales en cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de 30 m (Alto Rendimiento, 2022).

Tabla 2-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 30 m.

Rango (%)	Mujer (segundos)	Hombre (segundos)
91-100	2.90 a 2.99	2.50 a 2.59
81-90	3.00 a 3.09	2.60 a 2.69
71-80	3.10 a 3.19	2.70 a 2.79
61-70	3.20 a 3.29	2.80 a 2.89
51-60	3.30 a 3.39	2.90 a 2.99
41-50	3.40 a 3.49	3.00 a 3.09
31-40	3.50 a 3.59	3.10 a 3.19
21-30	3.60 a 3.69	3.20 a 3.29
11-20	3.70 a 3.79	3.30 a 3.39
1-10	3.80 a 3.89	3.40 a 3.49

Fuente: (Alto Rendimiento, 2022)

c) Prueba de 50 m

Tiene por objetivo medir la velocidad de traslación partiendo de una velocidad nula. Para ejecutar esta prueba es necesario una superficie plana mayor de 50 m, cronómetro, cinta métrica, conos y silbato. Se inicia midiendo con la cinta métrica una distancia de 50 m y, utilizando conos, se marca el punto inicial y final (ilustración 3-2).

La prueba radica en que el jugador se situó en la posición inicial con una pierna y el tronco ligeramente inclinado hacia delante, una vez que el entrenador del aviso de salida, el deportista debe correr a la velocidad máxima posible y detenerse al momento de llegar al punto final. El cronómetro mide el tiempo que le toma al deportista ir del punto de inicio al punto final (Aranda, 2018: p.26).

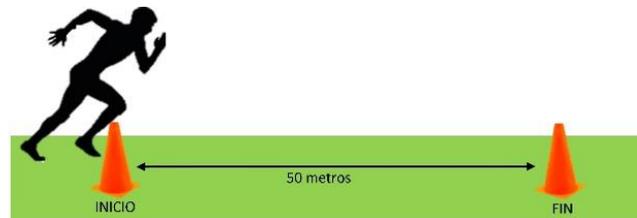


Ilustración 3-2: Prueba de velocidad de 50 m.

Fuente: (Aranda, 2018: p.26)

En la tabla 3-2, Aranda (2018: p.26) califica los resultados obtenidos de mujeres y hombres en la prueba de 50 m.

Tabla 3-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 50 m.

Valoración	Mujeres (segundos)	Hombres (segundos)
Excelente	< 7.8	<6.6
Bueno	7.8-8.3	6.6-7
Mediano	8.3-8.8	7-7.4
Bajo	8.8-9.2	7.4-8
Malo	>9.2	>8

Fuente:(Aranda, 2018: p.26)

d) Prueba de 100 m

Tiene por objetivo estimar de manera indirecta la velocidad aeróbica máxima y el consumo de oxígeno. Para realizar esta prueba es necesario una pista de atletismo o una superficie plana de 100 m, cronómetro, cinta métrica, conos y silbato. Se inicia midiendo con la cinta métrica una distancia de 100m y por medio de conos se marca el punto inicial y final, como se puede observar en la ilustración 4-2.

La prueba consiste en que el deportista se ubique en la posición inicial y saldrá corriendo a la señal del entrenador a una velocidad que le permita completar los 100 m en el menor tiempo posible, el cronómetro empieza una vez el jugador salga del punto inicial y se detiene cuando llegue al punto final (Aranda, 2018: p.27).

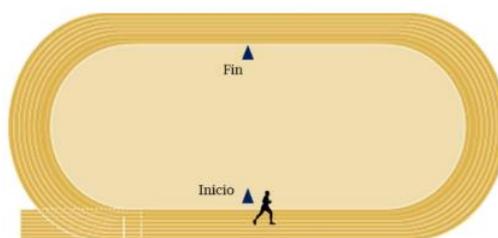


Ilustración 4-2: Prueba de velocidad de 100 m

Fuente: (Aranda, 2018: p.27)

En la tabla 4-2, Aranda (2018: p.27) califica los resultados obtenidos de mujeres y hombres en la prueba de 100 m.

Tabla 4-2: Valores de referencia de los tiempos empleados en la prueba de velocidad de 100 m.

Valoración	Mujeres (minutos)	Hombres (minutos)
Excelente	<= 3:48	<= 3:08
Bueno	3:49-4:16	3:09-3:34
Mediano	4:17-4:58	3:35-4:24
Bajo	4:59-5.54	4:25-5:36
Malo	>=5:55	>= 5:37

Fuente: (Aranda, 2018: p.27)

2.3 Ritmo cardiaco

Los parámetros fisiológicos son indicadores que muestran información del estado de salud del organismo ya sea en reposo o durante la actividad física. Dentro de estos parámetros se encuentra el ritmo cardiaco, frecuencia respiratoria y temperatura (Piña et al., 2002: p.1).

El Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos define el ritmo cardiaco como el número de contracciones que realiza el corazón durante un determinado periodo de tiempo (generalmente 60 segundos). Es posible realizar la medición del ritmo cardiaco en partes del cuerpo donde se encuentre una arteria cercana a la piel, por ejemplo, en la muñeca, dedo, etc.

2.4 Pruebas para medir el ritmo cardíaco

Existen pruebas que miden parámetros que proporcionan información relacionada a la salud cardiovascular de los deportistas y permiten establecer diferentes intensidades de entrenamientos. Permiten establecer valores como el ritmo cardíaco máxima, el ritmo cardíaco de recuperación, el ritmo cardíaco objetivo y el índice de estado del corazón.

a) Prueba de ritmo cardiaco máximo

Permite conocer el límite de latidos por minutos (lpm) que puede llegar el corazón sin arriesgar la salud. La mejor manera de obtener el ritmo cardiaco máximo es por medio de pruebas de

esfuerzo, las cuales se realizan con un adecuado calentamiento inicial de al menos 15 minutos, para luego empezar a correr e incrementar la velocidad de forma constante. Puede durar de 2 a 4 minutos, dentro de este tiempo la frecuencia dejará de aumentar y se obtendrá el ritmo cardiaco máxima (Martí, 2021).

Mediante el cálculo del ritmo cardiaco máximo teórico ($FC_{m\acute{a}x}$) se establecen valores referenciales que permiten comparar los valores reales obtenidos en las pruebas físicas con los valores teóricos.

Una de las formas para calcular es mediante las ecuaciones mostradas en la tabla 5-2 (American Heart Association, 2021).

Tabla 5-2: Fórmula para calcular el ritmo cardiaco máximo en la población no deportista y deportista.

Población no deportista		Población deportista
Hombres	$FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{edad}$	$FC_{m\acute{a}x} = 208 - (0.7 \times \text{edad})$
Mujeres	$FC_{m\acute{a}x} = 226 - \text{edad}$	

Fuente: (American Heart Association, 2021)

Precker (2021) representante de la Asociación Americana del Corazón establece que el ritmo cardiaco máximo del deportista durante un ejercicio de intensidad alta debe estar en un rango de 70% al 85% de su capacidad máxima.

La tabla 6-2, en base a las ecuaciones de la tabla 5-2, muestra el ritmo cardiaco máximo promedio y la zona del ritmo cardiaco objetivo para ejercicios con intensidad alta, correspondientes a la edad del deportista.

Tabla 6-2: Valores del ritmo cardiaco promedio para ejercicios con intensidad alta.

Edad	Zona del ritmo cardiaco objetivo, 70% -85%	Ritmo cardiaco máximo promedio, 100%
20 años de edad	De 136 a 165 lpm	194 lpm
30 años de edad	De 131 a 159 lpm	187 lpm
35 años de edad	De 129 a 156 lpm	184 lpm

Fuente: (American Heart Association 2021)

b) Prueba de ritmo cardiaco de recuperación

Permite valorar la salud y la forma física del deportista. Para efectuarla es necesario realizar una serie intensa de ejercicios, una vez finalizado, se mide inmediatamente el ritmo cardiaco, correspondiente al ritmo cardiaco inicial ($FC_{inicial}$), pasado un minuto se vuelve a realizar la medición, obteniendo el ritmo cardiaco de recuperación ($FC_{recuperación}$). Mediante la ecuación 1, se obtiene el índice de descenso del ritmo cardiaco ($IDFC$), por consecuencia, mientras más

rápida descienda el valor del ritmo cardiaco, el jugador estará en mejores condiciones. Para una persona promedio, el descenso de la frecuencia se encuentra entre 15 a 20 latidos por minuto, un deportista de alto rendimiento presenta un descenso de al menos 25 latidos por minuto (Cercas, 2014).

$$IDFC = FC_{inicial} - FC_{recuperación} \quad (1)$$

c) Prueba de Ruffier-Dickson

Hace una valoración del estado que se encuentre el corazón. Consiste en realizar mediciones del ritmo cardiaco, la primera medición empieza cuando el deportista se encuentra de pie previo a la realización del ejercicio (P0), después se realiza 30 flexiones de piernas profundas hasta quedar en cuclillas y volver a subir en intervalo de 45 segundos, inmediatamente se realiza la segunda medición (P1), transcurrido un minuto se realiza la última medición (P2), los tres valores obtenidos se emplean para obtener el índice de Ruffier que se determina en base a la ecuación 2 (Martínez, 2007: p.112).

$$I = \frac{(P0 + P1 + P2) - 200}{10} \quad (2)$$

Mediante la tabla 7-2 se establece los cinco niveles posibles del estado de salud de una persona en base al índice de Ruffier resultante.

Tabla 7-2: Niveles del estado de salud de una persona en base al índice de Ruffier.

Índice de Ruffier	Descripción
0 – 4	Óptima
4 – 8	Aceptable
8 – 12	Empezar un plan sucesivo de acondicionamiento físico
12 – 16	Es necesario una revisión médica antes del ejercicio
>16	No apto para esfuerzos intensos

Fuente: (TodoMountainBike, 2011)

d) Ecuación de Karvonen

Determina el ritmo cardíaco objetivo, utilizado para programar los entrenamientos en base a zonas y evitar el sobre esfuerzo, la fórmula de Karvonen utiliza el ritmo cardiaco máximo, la frecuencia en reposo combinado con la intensidad de entrenamiento deseado (Cristancho et al., 2016).

El ritmo cardiaco en reposo que una persona normalmente se encuentra entre 60 y 100 lpm, pero un deportista de alto rendimiento usualmente solo necesita 40 latidos por minuto (Moore, 2012).

Para aplicar esta ecuación se establecen cinco zonas de trabajo, descritas en la tabla 8-2; ya que tener un registro de los valores y clasificarlos en zonas, permite planificar el entrenamiento en base a los resultados deseados, obteniendo un desarrollo controlado de los deportistas.

Tabla 8-2: Zonas de trabajo y porcentaje de intensidad de cada zona.

Zonas	% Intensidad	Descripción
Zona 1	50% - 70%	Procesos de recuperación y resistencia a la fatiga
Zona 2	60% - 70%	Entrenamiento de resistencia
Zona 3	70% - 80%	Entrenamientos de resistencia mayor
Zona 4	80% - 90%	Entrenamientos de intensidad alta
Zona 5	90% - 100%	Entrenamiento de VO ₂ máximo

Fuente: (2142runners, 2022)

Definidas las zonas y conociendo el valor de $FC_{m\acute{a}x}$, el ritmo cardiaco en reposo ($FC_{reposito}$) y el porcentaje de intensidad de entrenamiento deseado (% *Intensidad*), el ritmo cardiaco objetivo se calcula mediante la ecuación 3.

$$Rco = ((FC_{m\acute{a}x} - FC_{reposito}) * \%Intensidad) + FC_{reposito} \quad (3)$$

2.5 Sistemas comerciales que existen en el mercado

Sonda Sports es una empresa europea ubicada en Polonia, se dedica al desarrollo de sistemas de seguimiento y análisis para deportistas al aire libre y bajo techo. Ofrece productos como chalecos rastreadores GPS, monitores del ritmo cardiaco, track de juegos que incluyen ambos productos mencionados. Su funcionamiento se basa en el estudio de los datos descargados mediante una aplicación que proporciona información sobre el impulso deportivo de los deportistas. Dicha aplicación mide parámetros como la distancia, tempo, pulso, capacidad metabólica, aceleración, ralentización, etc. Los datos son almacenados en la nube de Amazon y se puede controlar cada minuto mediante WiFi o analizar los datos históricos que ya se haya recogido (SondaSpots, 2014).

La empresa finlandesa POLAR está dedicada a la fabricación de equipos deportivos, dispositivos de monitoreo del ritmo cardiaco y accesorios para el entrenamiento físico. Entre los productos que ofrecen está sensores de GPS encargados de medir distancia, velocidad y ruta además son compatibles con un software online, también se ha insertado sensores que miden la zancada, cadencia, la potencia de pedaleo y productos inalámbricos usados en la formación ecuestre (Polar, 2016).

En la universidad Católica Andrés Bello de Venezuela, se realizó un sistema de monitoreo para el rendimiento físico enfocados específicamente en parámetros como la velocidad y ritmo cardiaco de los atletas de alto desempeño. Proponen el diseño de un prototipo de medición automático e inalámbrico, brindando al especialista medir y determinar el rendimiento físico en

una sección de ejercicios. Para medir la velocidad hacen uso de la tecnología RFID el deportista lleva consigo un tag que al pasar por las antenas colocadas en la pista se detecta el tiempo en el que desarrolla el ejercicio, el tag está asociado a un módulo encargado de captar las pulsaciones del ritmo cardiaco del transmisor-receptor de la marca Polar enviando la información por radiofrecuencia y almacenando en un Arduino. Utilizando el tiempo empleado en las pruebas y el ritmo cardiaco calculan la velocidad, potencia y habilidad (Chaurel y Murillo, 2014).

En las universidades Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) y CES de Medellín, elaboraron un sistema para monitoreo de consumo de oxígeno (VO_2) para deportistas, donde se implementa un sistema continuo e inalámbrico para obtener un valor de consumo máximo del deportista. El sistema está formado por un sensor electroquímico tipo celda para la medición del oxígeno, consta de un interruptor tipo Rocker el cual se encarga de encender el dispositivo, para su alimentación usa unas pilas alcalinas de 9V y un regulador de voltaje de 5V, para acondicionar la señal emplea un circuito análogo, una vez adquirido la señal se emplea un Arduino UNO que se encarga de adquirir la señal analógica y mandar una señal digital por los puertos seriales hacia un módulo de Bluetooth donde su objetivo es procesar y visualizar la señal en LabVIEW (López, 2018).

En la universidad Politécnica Salesiana de Cuenca de Ecuador, Barros y Delgado (2017) desarrollaron un prototipo de sistema de cronometraje para las competencias en dicha universidad, se enfocaron en prestar un servicio propio de cronometraje en las competencias de pedestres haciendo uso de tecnología RFID. La tecnología RFID está formada por una etiqueta que posee un código único y es leída por el lector RFID cada jugador tiene una etiqueta y su información es almacenada en una base de datos y ordenada de forma ascendente en función al tiempo empleado, el ganador es el participante que realizó el menor tiempo.

En base a lo analizado anteriormente, los sistemas comerciales son de difícil acceso y costos elevados, en cambio, en las investigaciones estudiadas sus principales inconvenientes son que varias utilizan marcas comerciales para su funcionamiento y carecen de adquisición de datos en tiempo real, salida a internet y un sistema de alerta cuando las mediciones del ritmo cardiaco se encuentren fuera del rango aceptable. Además, al utilizar receptores RFID fijos, limita los tipos de prácticas a realizar ya que, dependiendo la prueba, será necesario aumentar o disminuir el número de antenas receptoras y la distancia que se encuentran entre ellas. Por tal razón el presente trabajo plantea el diseño y construcción de un módulo electrónico que sea capaz de adquirir los datos en tiempo real, visualizarlos en una interfaz gráfica con acceso a internet y que disponga de un sistema de alerta para precautelar la integridad del deportista en entrenamiento.

2.6 Realidad de la zona

En la ciudad de Riobamba existen variedad de centros deportivos ya sea de tipo profesional o no, sin embargo, la realidad es similar para ambos casos, en los entrenamientos no existen sistemas especializados para medir parámetros como la velocidad y ritmo cardíaco.

En las entrevistas realizadas a entrenadores del área de fútbol del Centro Deportivo Olmedo y del centro de educación física de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mencionan que la velocidad es una cualidad importante en el desempeño de cada deporte, por tal motivo en los entrenamientos comúnmente se emplean pruebas de 30, 50 y 100 m donde se puede evaluar la aceleración, la máxima velocidad y la resistencia. Estas pruebas son empleadas en varios deportes, siendo el fútbol con el mayor número de deportistas en las prácticas, con un promedio de edad de 25 años y un aproximado de 25 participantes con un entrenamiento promedio de 2 horas.

Para obtener el tiempo empleado en cada prueba se utiliza un cronómetro manual, el cual es activado una vez iniciada la prueba y finaliza cuando el deportista pasa la meta. Con el valor arrojado por el cronómetro se puede obtener la velocidad, en cuanto a la medición del ritmo cardíaco no existe un seguimiento detallado debido a que se lo realiza esporádicamente y fuera de los entrenamientos. Aunque saben de la existencia de sistemas especializados en el monitoreo de dichos parámetros, no está dentro de sus posibilidades disponer de dichos sistemas para sus entrenamientos.

La mayoría de los centros deportivos siguen la misma rutina para medir la velocidad y ritmo cardíaco porque no está a su disposición y alcance utilizar sistemas de monitoreo comerciales.

En base a las entrevistas realizadas se determina que el monitoreo tanto de la velocidad y ritmo cardíaco se realiza de forma manual en las diferentes áreas del deporte profesional, además de no existir un sistema a disposición que ayude con la medición. Por tal motivo el presente trabajo plantea el diseño y construcción de un módulo que ayude a la medición y monitoreo de la velocidad y ritmo cardíaco en el entrenamiento. De esta forma se empezará hablando sobre el tipo de red a utilizar.

2.7 Topologías de la red

Es la estructura física o lógica de cómo se conectan los nodos de una red. La topología física hace referencia a la disposición geométrica real de los dispositivos de red y su infraestructura de conexión, la topología lógica indica la manera que fluye la información transmitida entre los nodos (Pandya, 2013). La topología se implemente de acuerdo a la cantidad de nodos que existan, la tasa de datos a enviar, la distancia de transmisión y la demanda de energía, los tipos de topologías más utilizadas son:

a) Topología estrella

Cada nodo se conecta directamente a un nodo central como se observa en la ilustración 5-2, todos los datos pasan por el nodo central antes de llegar a su destino, el cual se encarga de controlar el acceso a la red de los demás nodos (Buettrich, 2007). Su consumo de energía es bajo, obteniendo una comunicación de baja latencia, además si se produce un fallo en alguno de los terminales esto no afectará a los demás (Pandya, 2013).

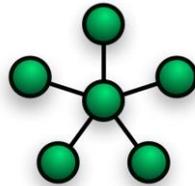


Ilustración 5-2: Topología estrella.

Fuente: (Pandya, 2013)

b) Topología árbol

Utiliza dos o más redes tipo estrella interconectadas, los terminales de las redes estrella se conectan al nodo secundario, que a su vez se conecta a un nodo central. Cumplen un patrón similar a un árbol, como se observa en la ilustración 6-2, en la cual las ramas surgen de una raíz, sin embargo, se puede producir interferencias porque los nodos están en un medio de transmisión compartida (Pandya, 2013).

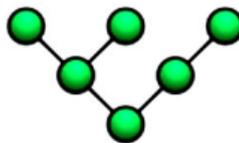


Ilustración 6-2: Topología árbol.

Fuente: (Pandya, 2013)

c) Topología anillo

La estructura de sus nodos se encuentra conectados entre sí formando un círculo y la transmisión de información tiene un único sentido como se puede apreciar en la ilustración 7-2. El problema radica en que si un nodo deja de funcionar toda la red se cae, por tal motivo es poco eficaz, además debido a su estructura la transmisión de datos conlleva más tiempo (Buettrich, 2007).

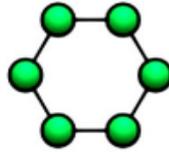


Ilustración 7-2: Topología anillo.

Fuente: (Pandya, 2013)

d) Topología malla

En su estructura se interconectan los nodos entre sí realizando una forma de malla o trama, la información puede viajar en diferentes caminos alternativos, de tal forma que, si un nodo falla se puede seguir intercambiando la información sin trabas, como se observa en la ilustración 8-2. Su desventaja es el consumo de energía, debido a la variedad de trayectos que existen en la red (López y Quiñonez, 2018).

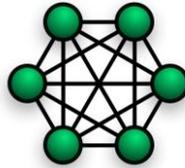


Ilustración 8-2: Topología malla.

Fuente: (Pandya, 2013)

2.8 Selección de topologías

En bases al estudio anterior de los tipos de topologías de red existentes se realiza una tabla comparativa de ventajas y desventajas con el propósito de definir la topología ideal a usar.

Tabla 9-2: Selección de topología de la red.

Topología	Ventajas	Desventajas
Estrella	<ul style="list-style-type: none"> Es más fiable si un nodo falla no se ven afectados los demás nodos. Fácil de reemplazar, instalar o quitar dispositivos de la red. Debido a su conexión se puede detectar fallos con mayor facilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Depende de un nodo central si esté falla la red deja de funcionar
Árbol	<ul style="list-style-type: none"> Instalación y configuración de la red es de poca complejidad Es menos costosa que la topología de malla Los fallos pueden ser detectados en rastros 	<ul style="list-style-type: none"> Fallo en el concentrador puede dejar de funcionar la red Se necesita más cableado
Anillo	<ul style="list-style-type: none"> Alto rendimiento si existen pocos nodos Pueden abarcar distancias más largas 	<ul style="list-style-type: none"> Si falla un nodo perjudica a toda la red La transmisión de información es más lenta
Malla	<ul style="list-style-type: none"> Mayor redundancia en caso de que un nodo falle el tráfico de la red puede ser redirigido Permite el aislamiento de los fallos 	<ul style="list-style-type: none"> Físicamente la cantidad de cableado es elevada Requiere mayor número de puertos de entrada y salida

Fuente: (López y Quiñonez 2018)

En base a la tabla 9-2 y sus ventajas de mayor fiabilidad, fácil reemplazo e instalación y la gran capacidad de detección de fallas la topología seleccionada para la red de este trabajo es de tipo estrella.

2.9 Tecnologías Inalámbricas

La comunicación vía radio puede ser transmitida mediante antenas, donde se aprovecha el espectro electromagnético para enviar, mediante ondas, los datos deseados. Las tecnologías inalámbricas se clasifican basándose en el nivel de alcance de su señal. Podemos encontrar comunicaciones satelitales, por ejemplo, GPS. Señales de dos vías, por ejemplo, GSM, CDMA, HSDPA y LTE. En otra categoría están señales de menor alcance, como WiFi, Zigbee y UWB. Luego se encuentran los protocolos de enlace dentro de una red de área personal, por ejemplo, Bluetooth. Por último, se encuentran las comunicaciones que se realizan cerca de las antenas transmisoras, como los RFID (Fernández et al., 2009).

a) Tecnología por Radiofrecuencia

Las ondas de radio son identificadas como un tipo de radiación electromagnética con frecuencias que oscilan desde 3 kHz a 300 GHz, convirtiéndose en una señal inalámbrica que se utiliza como un modo de comunicación. Los sistemas de redes de datos funcionan en frecuencias de 2,4 GHz. Las principales bandas de frecuencia utilizadas son: onda corta, onda media, onda larga y frecuencia muy alta. La ventaja de utilizar señales de radiofrecuencia es que se propagan a la velocidad de la luz y no es necesario un medio como el aire para trasladarse (Misra, 2015).

b) Tecnología Zigbee

Es un protocolo de comunicación inalámbrico, su funcionamiento está basado en el estándar IEEE 802.15.4, utilizado dentro de redes de área personal con una baja tasa de transferencia de datos. Puede trabajar en bandas de operación de 2.4 GHz (funcionamiento estándar), 868 MHz (Europa), 915 MHz (Estados Unidos) y para ámbitos industriales, científicos y médicos trabaja en la banda ISM. Generalmente es utilizado para redes inalámbricas en el ámbito industrial, comercial, domótica e inmótica (Loyola y Becerra, 2015).

c) Tecnología WiFi

Es un protocolo de transmisión de datos inalámbrico dentro de área local, basada en las especificaciones IEEE 802.11, con una tasa de transmisión máxima de 54 kbps, utiliza las bandas de transmisión de 2.4 GHz y 5 GHz. Es considerada como una tecnología escalable y de instalación sencilla. Referente a la seguridad, en la tecnología WiFi existen los protocolos de cifrado WPA2-AES y el WPA3-AESS (Viloria et al., 2009).

2.10 Selección de tecnologías inalámbrica

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 10-2 que muestra una comparativa entre las tecnologías inalámbricas estudiadas.

Tabla 10-2: Selección de tecnologías inalámbricas.

Características	Radiofrecuencia	Zigbee	WiFi
Alcance	100-1000 m	10-100 m	10-100 m
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz 868 MHz (Europa) 915 MHz (EE.UU.)	2.4 GHz 5 GHz
Velocidad de transmisión	Velocidad de la luz	250 Kbps	54 Mbps
Consumo de energía en transmisión	11.3 mA	30 mA	80 mA

Fuente: (Loyola y Becerra 2015; Vilorio et al., 2009)

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a las especificaciones mostradas en la tabla 10-2, las pruebas de velocidad en deportistas descritas en la sección 2.2, para la prueba con mayor distancia que el deportista debe recorrer es de 100 m, de esta forma, la tecnología de radiofrecuencia cumple con dicha demanda al tener un alcance de hasta 1000 m. La tecnología por radiofrecuencia utiliza la banda de 2.4 GHz, siendo esta un estándar a nivel mundial. Otra ventaja es que sus señales se propagan a la velocidad de la luz debido a que no necesita de un medio por donde viajar, además, el nivel de consumo de energía es menor en comparación a las tecnologías descritas en la tabla 10-2.

En base a características de alcance, frecuencia de trabajo, velocidad de transmisión de datos y consumo de energía en transmisión se obtiene que la tecnología inalámbrica más adecuada para la construcción del módulo electrónico es la comunicación por radiofrecuencia.

2.11 Métodos no invasivos de adquisición de señal del ritmo cardíaco

A continuación, se detalla los métodos no invasivos usados comúnmente para medir el ritmo cardíaco.

a) *Electrocardiograma (ECG)*

Es un procedimiento encargado de medir la actividad eléctrica del corazón producido por cada latido cardíaco, donde, mediante el uso de electrodos colocados en diferentes partes del cuerpo miden los cambios de potencial que produce la piel al contraerse en cada latido. Este método es utilizado para el monitoreo del ritmo cardíaco y la detección de anomalías en el corazón, por la complejidad de su uso, este procedimiento lo debe realizar un especialista (Ruiz, 2019).

b) Fotopletiografía (PPG)

Es una técnica óptica no invasiva, utilizada para la monitorización periférica de las alteraciones volumétricas de la circulación de la sangre por medio de fotodetectores colocados en determinadas regiones del cuerpo. Se basa en iluminar la piel cercana a alguna vena o arteria para medir la variación de absorción de la luz producido por el bombeo de sangre del corazón (Alvarado y Caiza, 2021).

Monge (2021) describe dos métodos para la medición de las señales fotopletiográficas:

- Medición por transmisión (ilustración 9-2): Está basado en un diodo emisor (LED) que envía una luz que atraviesa la sección del cuerpo, viajando a través de la sangre pulsátil y tejidos hasta ser detectada por el receptor que se encuentra colocado en el extremo opuesto.

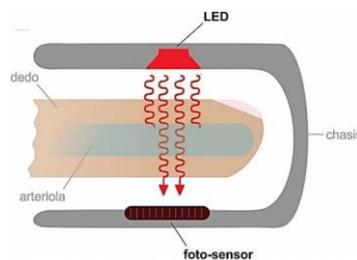


Ilustración 9-2: Medición del ritmo cardiaco por transmisión.

Fuente: (Alvarado y Caiza, 2021).

- Medición por reflexión (ilustración 10-2): De igual forma consta de un emisor y un receptor, a diferencia de la medición por transmisión, en este método ambos elementos se encuentran contiguos en el mismo segmento epidérmico, de esta forma, al emitir el haz de luz, este se refleja al encontrarse con la sangre pulsátil y es detectada por el receptor.

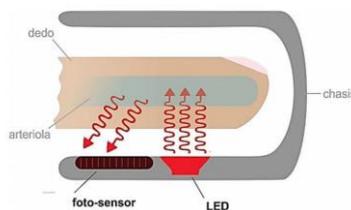


Ilustración 10-2: Medición del ritmo cardiaco por reflexión.

Fuente: (Alvarado y Caiza, 2021).

c) Fonocardiografía (FCG)

Es un método no invasivo donde su objetivo es monitorear los sonidos cardiacos del corazón. Se trata de situar un micrófono en el pecho, permitiendo captar los sonidos producidos por los latidos del corazón, para luego, procesarlos y así obtener información cardiovascular (Tovar et al., 2020).

2.12 Selección del método no invasivo para la adquisición de señal del ritmo cardíaco

Para la selección es necesario tener en cuenta ciertas características de cada uno de los métodos. Para el caso del ECG en un proceso que tiene una alta precisión en la obtención de datos relacionados al ritmo cardíaco, con la desventaja de que es un método complejo que necesita de un especialista, además que la colocación de los electrodos impediría el movimiento natural del deportista.

En el método FCG, a pesar del avance de la electrónica y que los sensores han mejorado en gran medida para el procesamiento de señales y calidad del sonido, este método no brinda suficiente información con respecto a afecciones cardiovasculares.

El método PPG, en relación a los demás métodos, es el más utilizado en la medición de ritmo cardíaco ya que el dispositivo puede ser colocado en cualquier superficie vascular pulsátil. La superficie de medición, al ser un área pequeña, no interfiere en el movimiento natural del deportista, de esta forma, el método fotopletimográfico es la mejor opción para el diseño y construcción del módulo electrónico.

2.13 Métodos de adquisición para la velocidad

A continuación, se detalla los métodos usados para medir la velocidad de los deportistas:

a) *Células fotoeléctricas*

Es un dispositivo que convierte fotones o energía luminosa en electricidad a través del efecto fotovoltaico y se utiliza para medir el tiempo en carreras de corta duración, cuenta con luz infrarroja sensible a la luz y al movimiento, lo que permite recopilar cualquier gesto o movimiento realizado en una carrera como se aprecia en la ilustración 11-2. Las dos células fotovoltaicas con sus respectivos receptores están colocadas de tal forma que pueden medir el tiempo que tardan en recorrer una determinada distancia y calcular la velocidad media a partir de estos datos (Guillamón, 2014).



Ilustración 11-2: Células fotoeléctricas.

Fuente: (Guillamón 2014)

b) Sensor Láser

La tecnología láser se ha utilizado en pruebas donde el objetivo principal es recorrer una distancia en el menor tiempo posible. La posibilidad de realizar mediciones sin el uso de un reflector y en tiempo real permite probar el sistema de medición de láser en condiciones de carrera y entrenamiento. El sistema láser golpea en la espalda del deportista situándose detrás de la línea de salida, controlándose la horizontalidad del haz en la distancia total de la prueba, después calcula los datos de posición del deportista para hallar la velocidad máxima y media, en la ilustración 12-2 se puede observar sensores láser (Ferro et al., 2012).



Ilustración 12-2: Sensores laser para medir distancias.

Fuente: (Guillamón 2014)

c) Acelerómetro capacitivo

Es un dispositivo utilizado para medir el nivel de actividad, fabricados basándose en sistemas microelectromecánicos (MEMS) combinando el silicio y las funciones mecánicas en el mismo sustrato micrómetro de silicio. Utilizan placas de silicio estacionarias y resortes mecánicos que responden a fuerzas externas (Baker, 2018).

En los acelerómetros se encuentran capacitores variables, conformadas por dos tipos de placas, una de ellas permanece fijas mientras que las otras se flexionan por medio del movimiento a lo largo de un eje de aceleración, tal como se muestra en la ilustración 13-2. Cuando se flexionan las placas se produce un cambio de distancia entre las placas alterando el valor de capacitancia permitiendo medir la aceleración lineal a lo largo de los ejes cartesianos (Baker, 2018).

Los acelerómetros poseen rangos programables de la fuerza que son capaces de medir. Normalmente los intervalos varían de $\pm 1g$ hasta $\pm 250g$, donde los rangos pequeños son más sensibles y son utilizados para medir movimientos más sutiles (Ordinola y Ticliahuanca, 2014).

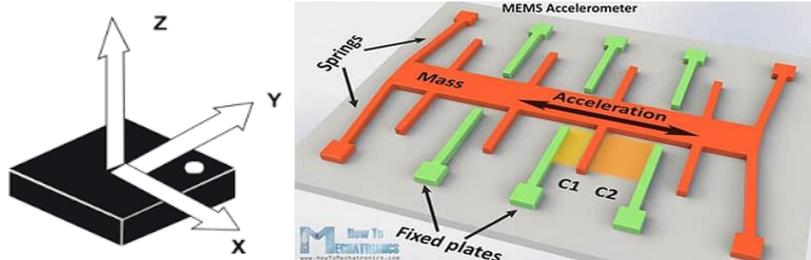


Ilustración 13-2: Modelo de acelerómetro capacitivo

Fuente: (Baker, 2018)

d) Radar

Es un transceptor que emite ondas de radio y las recibe después de ser reflejadas en algún objeto en movimiento dentro de su rango de alcance (ilustración 14-2). Su funcionamiento se basa en el principio Doppler que hace referencia al cambio en la frecuencia de una onda causada por el movimiento relativo entre fuente, emisor, y/o el medio; a partir de los datos referentes a la frecuencia de onda, el tiempo de emisión y el tiempo de recepción de las ondas, calcula la velocidad en base al desplazamiento del objeto en movimiento (Valadés y Palao, 2012).

Se necesita de un protocolo de actuación probado y confiable en el cual incluya la ubicación del radar, la distancia al ejecutante, cómo se realiza la medición, etc. El sistema de radar más utilizado es la llamada pistola de radar, que puede llevarse en la mano o usando un trípode para registrar velocidades de 1 a 1287 km/h y distancia máximas de 152 m. El principal inconveniente viene determinado por factores que pueden distorsionar la medida cómo, por ejemplo: aparatos que interfieran la frecuencia debido a que emiten frecuencias de ondas similares, el ángulo de movimiento, el nivel de sensibilidad, más objetos en movimiento dentro del rango de alcance del radar y las fallas de calibración (Valadés y Palao, 2012).



Ilustración 1-2: Tipos de radar utilizados en el deporte

Fuente: (Valadés y Palao 2012)

2.14 Selección del método para la adquisición de la velocidad

En los métodos estudiados anteriormente se puede recalcar las siguientes observaciones: las fotocélulas para medir la velocidad son utilizadas para tiempos de carreras de poca duración y

donde exista escasa diferencia entre los tiempos de los deportistas, además para calcular la velocidad es necesario cálculos adicionales.

En el caso del sensor laser depende el impacto de su haz de luz en el jugador haciendo que sea inestable y más propenso a errores, sin embargo, un acelerómetro tiene un elevado grado de precisión, con un costo relativamente bajo, además su funcionamiento proporciona el promedio de las aceleraciones experimentadas durante varios días.

Por las razones mencionadas para el presente trabajo se utiliza un acelerómetro para medir la velocidad del deportista en entrenamiento.

2.15 Tarjetas de desarrollo

Son consideradas como herramientas utilizadas para el modelado y prototipado de sistemas electrónicos, capaces de ejecutar una serie de instrucciones de programación. Son útiles para realizar mejoras de algún proceso y brindar una solución y un producto final (González y Silva, 2013). Entre las tarjetas de desarrollo más utilizadas se encuentran:

a) Arduino

Son placas de circuito impreso con un diseño de conexiones eléctricas predefinidas para el funcionamiento del microcontrolador trabajan con diversos tipos de microcontroladores AVR, se distinguen por características como por ejemplo el número de terminales de entrada y salida, el tamaño de *hardware*, entre otras (Arduino, 2022d).

b) Raspberry Pi

Es una tarjeta de microordenador basada en *hardware* libre y sistema operativo Linux, es utilizada para el desarrollo de prototipos de electrónica. La tarjeta está conformada principalmente por un procesador, memoria de acceso aleatorio (RAM), unidad de procesamiento gráfico (GPU), puertos USB, HDMI, Ethernet, terminales de entrada y salida (GPIO). Para cargar el sistema operativo se necesita de una tarjeta SD y el disco duro puede ser reemplazado por una memoria USB (Escalante y Vargas, 2019).

c) Orange Pi

Es una tarjeta de desarrollo de código abierto que posee un propio sistema operativo conocido como Armbian, se puede encontrar una variedad de modelos que emplean familias de microprocesadores como AllWinner, Quad-core, Cortex, entre otros. Según el modelo poseen puertos Ethernet, Bluetooth, WiFi, USB y HDMI, además de ser capaz de trabajar con tecnología

2G. Son utilizadas principalmente para servidores inalámbricos, sistemas de vigilancia, creación de ordenadores, servidor de archivos, entre más opciones (Shenzhen Xunlong Software CO., 2022).

d) ESP32

Es una tarjeta de desarrollo que posee un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 con una frecuencia de reloj máxima de 240MHz. El ESP32 integra la conexión WiFi y Bluetooth en la tarjeta. Los distintos modelos de la familia ESP32 cuentan con pines GPIO y permiten la conexión con interfaces externas como I²C, Ethernet, tarjetas SD, interfaces táctiles, transmisor receptor asíncrono universal (UART), entre otros (Beningo, 2020).

2.16 Selección de familia de tarjeta de desarrollo

Apoyándose en la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 11-2 que muestra una comparativa entre las tarjetas de desarrollo estudiadas.

Tabla 11-2: Comparativa de familias de tarjetas de desarrollo.

Características	Arduino	Raspberry Pi	Orange Pi	ESP8266
Sistema operativo	No requiere	Si requiere	Si requiere	No requiere
Voltaje de operación	5 V	5 V	5 V	2.5 V – 3.6 V
Conectividad	UART, SPI, I ² C	WiFi, Bluetooth, Ethernet, HDMI USB, UART, SPI, I ² C	WiFi, Bluetooth, Ethernet, HDMI USB, UART, SPI, I ² C	WiFi,, UART, SDIO, SPI, I ² C, I2S, IR Remote Control
Almacenamiento	EEPROM 1 KB – 4KB	MicroSD	MicroSD	Flash 4MB
Peso	13 – 25 g	23 – 45 g	26– 50 g	10.3 – 104 g
Dimensiones	Min: 48x18 mm Max: 102 x 54 mm	Min: 65 x 56.5 mm Max: 85.6x56.5 mm	Min: 46x48 mm Max: 85.6x56.5 mm	Min: 26x35 mm Max: 84.3x85.5 mm
Consumo de energía	19 mA – 85 mA	140 mA – 320 mA	90mA – 610 mA	80 mA-225 mA

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base al análisis de la tabla 11-2, para el módulo electrónico que censará los parámetros de velocidad y ritmo cardíaco del deportista se ha seleccionado la familia de tarjetas de desarrollo Arduino, debido a que es necesario una tarjeta con peso y dimensiones reducidas para no

interrumpir el movimiento natural del deportista. Además, no necesita de un sistema operativo, ni almacenamiento externo para su funcionamiento. Al ser un módulo electrónico portátil es necesario de un consumo de energía bajo y la familia Arduino destaca en esta característica.

El nodo central se encuentra gestionado por bloques y es necesario seleccionar las tarjetas de desarrollo que lo conforman. Para el bloque de procesamiento se ha seleccionado la familia de tarjetas de desarrollo Arduino, debido a que cumple precisamente con los protocolos de comunicación necesarios con los demás módulos que conforman el nodo central, no demanda de sistema operativo y posee un consumo de energía bajo. De igual forma el bloque de transmisión de información está conformado por una tarjeta de desarrollo encargada de enviar los datos de forma inalámbrica hacia la base de datos. Raspberry Pi y Orange Pi disponen de conexión WiFi, pero están sobredimensionadas para el presente proyecto, esto implica que necesitan de un sistema operativo para funcionar y un mayor consumo de energía. En base a esto, se ha seleccionado las tarjetas de desarrollo ESP8266, debido a que esta familia integra conexión WiFi en su placa y posee un consumo de energía bajo, esta conexión permitirá enviar los datos procesados por el nodo central a la capa de visualización, encargada de mostrar la información resultante en la interfaz gráfica.

2.17 Baterías

Son dispositivos cuya función es convertir la energía química en energía eléctrica utilizada para el funcionamiento de dispositivos eléctricos o electrónicos (Padrón, 2013). Existen diferentes tipos los cuales se detallan a continuación:

a) Batería alcalina

Emplean hidróxido de potasio (KOH) como electrolito, tienen una cobertura blindada para evitar derrames, su vida es de corta duración. Son desechables y son comúnmente empleadas en juguetes, radios, linternas, relojes etc. (Ingeniería Mecafenix, 2021).

b) Batería de plomo ácido

Son recargables utilizadas principalmente en vehículos y motocicletas, es la tecnología de almacenamiento más antigua. Se caracteriza por su corta duración un promedio de 500 a 1000 ciclos, densidad energética de 30 a 50 Wh/Kg (vatio-hora por kilogramo). Su eficiencia se encuentra entre el 75-80%, son baterías de bajo costo, tolerantes a su uso intensivo y una tasa de autodescarga baja (González, 2015).

c) Batería de iones de litio (Li-ION)

Emplea la sal de litio como electrolito, son comúnmente empleadas en la electrónica de pequeño tamaño especialmente en el área de la telefonía móvil y los dispositivos electrónicos portátiles. Se caracterizan por su alta densidad energética 75-125 Wh/Kg, eficiencia alrededor del 78% con más de 3500 ciclos, tienen un bajo efecto de memoria, poseen una baja tasa de pérdida de energía; además son livianas y pequeñas (González, 2015; Padrón, 2013).

d) Batería de polímero de litio (LiPo)

Es una batería de litio formada con un polímero sólido como electrolito, debido a su forma la hace menos probable a un derrame. Presenta alta densidad de energía 300 Wh/Kg y una mejor tasa de descarga, además son más flexibles y resistentes a esfuerzos de deformación es decir se curvan con mayor facilidad de adaptarse a diseños. Son ideales para aplicaciones que requieren más de 1 A y que el peso y tamaño sea pequeño (Ortega, 2017; Padrón, 2013).

2.18 Selección de la batería

En función a la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 12-2 que muestra una comparativa entre los diferentes tipos de baterías.

Tabla 12-2: Comparativa entre los tipos de batería en el mercado.

Características	Alcalina	Plomo-Ácido	Li-ION	LiPo
Densidad Energética	85 Wh/Kg	30 a 50 Wh/Kg	75-125 Wh/Kg	300 Wh/Kg
Duración (número de recargas)	-	1000	4000	5000
Tiempo de carga	-	8-16h	2-4h	1-1,5h
% Auto descarga por mes	-	5%	25%	10%
Vida útil	Menos de 5 años	4-5 años	2-5 años	2-3 años
Aplicaciones	Juguetes, radios, linternas, relojes etc.	Uso automotriz, sistemas de tracción, industrial y doméstico	Telefonía celular, computadoras, cámaras	Sistemas electrónicos móviles
Flexibilidad	No	No	No	Si
Mantenimiento	No	Si	No	No

Fuente: (Rodríguez et al. 2018) (Padrón 2013)(González 2015)

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a la tabla 12-2, las baterías seleccionadas para alimentar los nodos secundarios es de tipo LiPo, debido a su alta densidad energética, menor tasa de descarga, mayor flexibilidad y sobre todo menor peso y tamaño, cualidad indispensable para el módulo electrónico ya que este debe ser lo más pequeño posible para que no obstaculice el entrenamiento de los deportistas.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se plantea los requerimientos que debe cumplir el módulo electrónico, la concepción de la arquitectura detallando cada una de las etapas que lo componen, diagrama de bloques, *hardware* y *software* necesarios para el desarrollo, además se especifica conexiones, algoritmos y diagramas de flujo necesarios para la construcción del módulo electrónico para supervisar parámetros de velocidad y ritmo cardiaco.

3.1 Requerimientos del módulo electrónico

En base al estudio realizado en el capítulo anterior se definen los requerimientos necesarios para el diseño y construcción del módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de deportistas en entrenamiento, los cuales son:

- Supervisar del ritmo cardiaco en tiempo real.
- Comunicación por radio frecuencia (RF) entre la capa de sensado con la capa de control y recepción.
- Comunicación de RF con una capacidad de 100 m para adquisición de datos.
- Utilizar tecnología WiFi para enviar la información desde la capa de control y recepción hacia la capa de almacenamiento.
- Utilizar protocolo SPI para la comunicación de la antena de RF y el bloque de procesamiento.
- Utilizar comunicación UART en la capa de control y recepción para comunicar el bloque de procesamiento con el de envío de mensajes de alerta y el bloque de transmisión WiFi.
- Tener un registro de deportistas en una base de datos donde se almacene los valores de la velocidad y ritmo cardiaco.
- Información recolectada en la capa de sensado se podrá visualizar mediante una pantalla OLED ubicada en cada nodo secundario la cual mostrará los datos medidos.
- La información recopilada debe ser visualizada de manera remota por medio de una aplicación móvil.
- El sistema manejará dos tipos de información: en tiempo real y datos históricos.
- La aplicación móvil podrá visualizar la información en forma numérica y grafica.
- Emitir mensajes de alerta al equipo médico por GSM cuando el valor del ritmo cardiaco sensado se encuentre fuera de los valores permitidos.
- Generar informes tipo texto de los datos históricos de entrenamientos de cada jugador.
- Aplicación móvil de fácil instalación y manejo.
- Ser transportable, ligero, de fácil operación y de sencillo ensamblaje.
- Módulo replicable capaz de constituir más nodos de medición dentro de la red.

3.2 Concepción de la arquitectura general del sistema

En la ilustración 1-3 se observa la arquitectura general del sistema que consta de las siguientes capas:

Capa de sensado. - consta de un acelerómetro encargado de medir la velocidad y un sensor que emplea la técnica de fotopleitismografía para medir el ritmo cardíaco del deportista.

Capa de control y recepción. - se encarga de receptar, procesar e interpretar la información obtenida de los variables sensadas.

Capa de almacenamiento. - está encargada guardar y almacenar en una base de datos los valores de velocidad y ritmo cardíaco del jugador obtenidos en cada sesión de entrenamiento.

Capa de administración y visualización. - es la encargada de ingresar a los usuarios en el sistema, la información de cada usuario es guardada para la identificación durante el entrenamiento y refleja mediante una interfaz gráfica la información adquirida en tiempo real y los datos históricos de entrenamientos previos. Esto permitirá al entrenador observar el desempeño de la velocidad del deportista en el transcurso de cada entrenamiento y al equipo médico el estado en el que se encuentra el ritmo cardíaco del jugador.

Inicialmente, en la capa de administración y visualización se debe realizar el registro de los deportistas para su identificación durante los entrenamientos. La adquisición de datos consiste en una arquitectura tipo estrella, los nodos secundarios conforman la capa de sensado, donde se adquiere los datos referentes al ritmo cardíaco y a la velocidad. La información recogida es enviada de forma inalámbrica mediante la tecnología RF hacia la capa de control y recepción.

Posteriormente, la capa de control y recepción envía la información de cada deportista mediante conexión WiFi hacia un Gateway, para luego almacenarla en la capa de almacenamiento formada por una base de datos con la información de cada jugador que se encuentre en entrenamiento. La capa de administración y visualización también muestra la información de los jugadores durante el entrenamiento, así como datos históricos de prácticas anteriores, capaces de exportarlos a un documento de texto. Además, en caso de registrar valores de ritmo cardíaco fuera del rango normal establecido, se envían mensajes de advertencia por medio del módulo GSM.

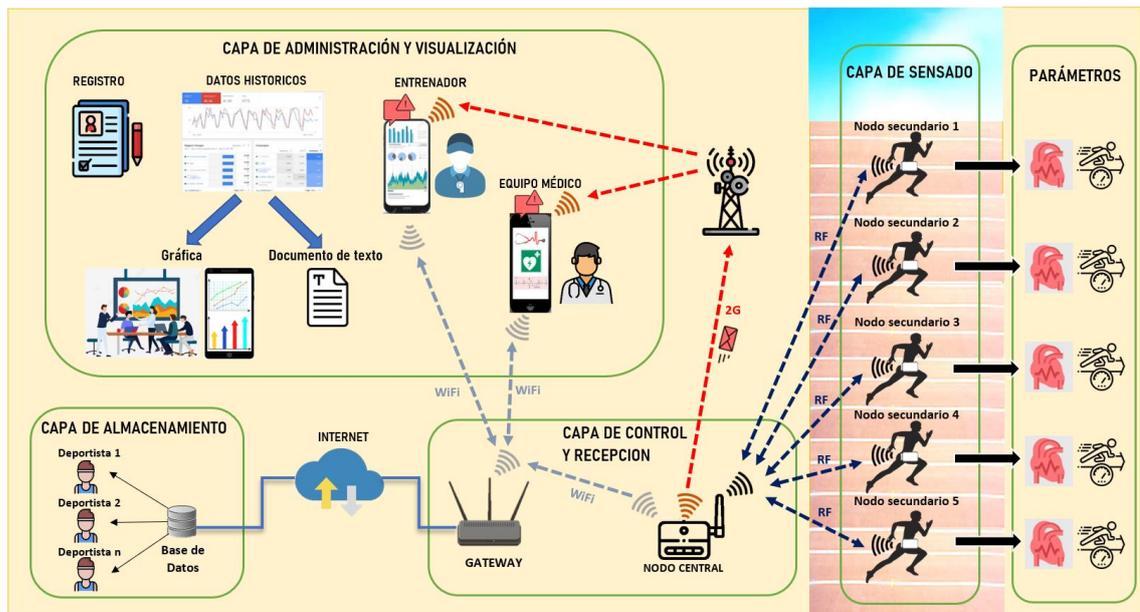


Ilustración 1-3: Concepción de la arquitectura general del sistema.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.3 Diseño de bloques del sistema del módulo electrónico

Después de realizar la concepción general del sistema, a continuación, se detalla el diseño que conforma el módulo electrónico mediante un diagrama de bloques.

3.3.1 Capa de sensado

El diagrama de bloques de la capa de sensado consta de cinco bloques como se muestra en la ilustración 2-3.

Bloque de alimentación: compuesto por una batería de LiPo encargada de energizar a la tarjeta de desarrollo Arduino.

Bloque de adquisición de datos: compuesto por un acelerómetro y un sensor que emplea la fotopletimografía para medir la velocidad y el ritmo cardíaco respectivamente.

Bloque de procesamiento: compuesto por una tarjeta de desarrollo Arduino Nano, el cual recibe los datos por los terminales GPIO y se encarga de tratar la información obtenida.

Bloque de visualización: compuesto por una pantalla encargada de visualizar los valores numéricos de los datos obtenidos.

Bloque de transmisión de información: compuesto por una antena de RF encargada de enviar los datos procesados.

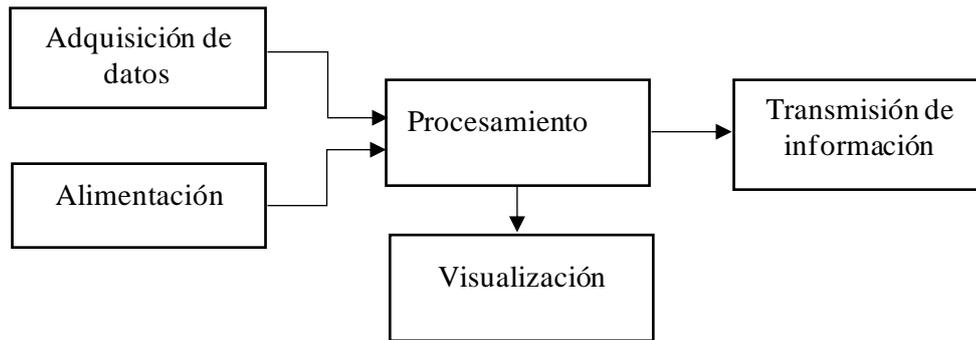


Ilustración 2-3: Diagrama de bloque del módulo de adquisición.

Realizado por: (Espinoza Henry y Trujillo Daniela 2022)

3.3.2 Capa de control y recepción

El diagrama de bloques de la capa de control y recepción está formado por cinco bloques como se observa en la ilustración 3-3 a continuación se detalla cada bloque:

Bloque receptor de información: compuesto por una antena de RF cuyo objetivo es enviar los datos recolectados al bloque de procesamiento.

Bloque de alimentación: compuesto por una fuente conectada a la red encargada de energizar los elementos que conforman dicha capa.

Bloque de procesamiento: compuesto por un Arduino Nano encargada de recibir la información de la antena de radiofrecuencia conectada y procesarla.

Bloque de envío de mensajes de alerta: compuesto por un módulo GSM encargado de enviar un mensaje al cuerpo médico y al entrenador cuando los rangos del ritmo cardiaco no estén en los valores aceptados.

Bloque de transmisión de información: compuesto por el ESP8266 la cual por medio de conexión WiFi se conecta a un Gateway que sirve como puerta de comunicación.

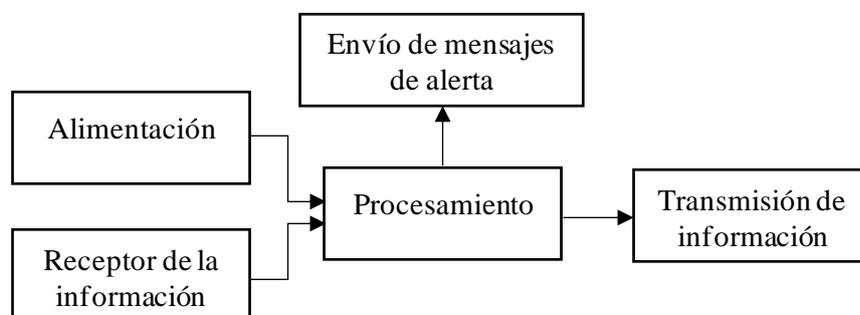


Ilustración 3-3: Diagrama de bloques de la capa de control y recepción.

Realizado por: (Espinoza Henry y Trujillo Daniela 2022)

3.3.3 Capa de administración, visualización y almacenamiento

El diagrama de bloques de esta capa está formado por cuatro bloques como se observa en la ilustración 4-3 que se detalla a continuación.

Bloque Gateway: compuesto por un router encargado de comunicar la información hacia la aplicación móvil y base de datos.

Bloque aplicación móvil: es una aplicación para dispositivos móviles donde se ingresará a los deportistas con sus respectivos datos y donde se visualizará la información histórica de los entrenamientos realizados.

Bloque de base de datos: Compuesta por la plataforma computacional localizada en la nube, encargada de recolectar los datos adquiridos.

Bloque de usuario: compuesta por los jugadores y entrenador que tendrán a su disposición la aplicación para ver los datos recogidos.



Ilustración 4-3: Diagrama de bloques de la capa de administración, visualización y almacenamiento.

Realizado por: (Espinoza Henry y Trujillo Daniela 2022)

3.4 Descripción de los elementos *hardware* del Sistema

A continuación, se detallan los componentes *hardware* que conforman el módulo electrónico en conjunto con sus características más relevantes.

3.4.1 Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01

En la ilustración 5-3 se puede observar el módulo transceiver RF (emisor y receptor), trabaja en la banda 2,4 GHz con un bajo consumo de energía, son comúnmente utilizados en aplicaciones de monitoreo remoto, sistemas de seguridad, red inalámbrica para domótica y automatización industrial (Llamas, 2016;(Naylamp 2021c).

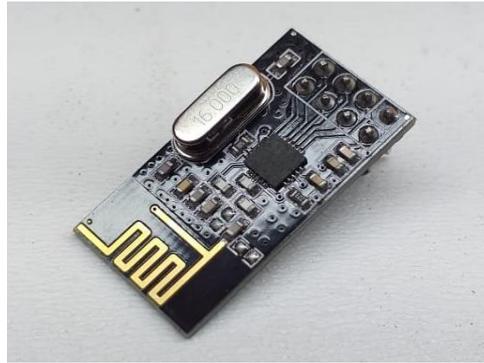


Ilustración 5-3: Módulo NRF24L01.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base al datasheet (anexo A) sus principales características son:

Tabla 1-3: Características del módulo NRF24L01.

Descripción	Características
Voltaje	3.3 V
Consumo corriente	60 mA
Interfaz digital	SPI
Conexión simultánea	5 dispositivos
Alcance de transmisión	250 m en zona abierta
Dimensiones	15 x 29 mm
Peso	3 g

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.2 Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01 con antena

En la ilustración 6-3 se puede observar el módulo transceiver RF (emisor y receptor), trabaja en la banda 2,4 GHz con un bajo consumo de energía, además posee un circuito amplificador de potencia, un amplificador de bajo ruido y una antena que permite un alcance de hasta 1000 m (Nordic, 2008; Naylamp, 2021b).

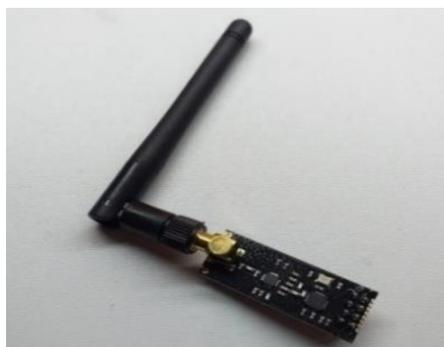


Ilustración 6-3: NRF24L01 con antena.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del módulo NRF24L01, en base a la hoja de datos (anexo B) son:

Tabla 2-3: Características del módulo NRF24L01 con antena

Descripción	Características
Voltaje	3.3 V
Consumo corriente	45 mA
Interfaz digital	SPI
Alcance de transmisión	1000 m en zona abierta
Conexión simultánea	5 dispositivos
Dimensiones	16.5 x 45.5 mm

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.3 Módulo MPU6050: Acelerómetro

Fabricado por TDK InvenSense, es un módulo de movimiento compuesto por un giroscopio y acelerómetro de 3 ejes, ambos están basados en la tecnología *MicroElectroMechanical Systems* (MEMS) que les permite medir la aceleración y la velocidad angular a partir del efecto Coriolis (Naylamp, 2021a; InvenSense Inc., 2013).

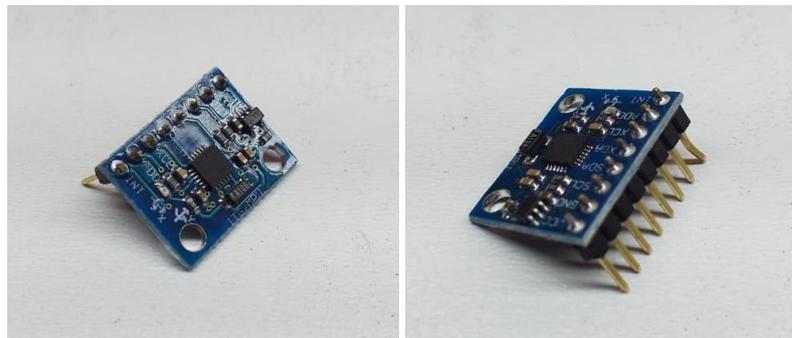


Ilustración 7-3: Módulo MPU6050.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del módulo MPU6050, en base a la hoja de datos (anexo C) son:

Tabla 3-3: Características módulo MPU6050.

Descripción	Características
Voltaje	3V/3.3V~5V DC
Consumo de corriente	3.9 mA
Grados de libertad	6
Rango Giroscopio	250, 500, 1000, 2000 Grad/Seg
Interfaz	I ² C
Dimensiones	20 x 16 x 3 mm

Rangos de sensibilidad	± 2 g, ± 4 g, ± 8 g y ± 16 g
Resolución de lectura	16 bits (-32768 a 32767)
Frecuencia de muestreo	8 Khz
Peso	6 g
Error	3%

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.4 Módulo MAX30102

Es un módulo integrado fabricado por Maxim Integrated que emplea la técnica de fotoplethismografía, con dimensiones y peso reducidos, integra un pulsioxímetro y un monitor de ritmo cardíaco. Está conformado por un led rojo (660nm) y un led infrarrojo (920nm), fotodetectores, elementos ópticos y electrónica de bajo ruido. Emplea una interfaz estándar compatible con I²C para la comunicación con tarjetas Arduino (Akhlakur et al., 2017).

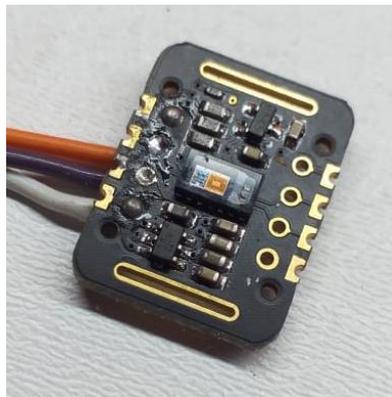


Ilustración 8-3: Módulo MAX30102.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del módulo MAX30102, en base a la hoja de datos (anexo D) son:

Tabla 4-3: Características del sensor MAX30102.

Descripción	Características
Voltaje de operación	5V DC
Consumo corriente	0.6 mA
Tasa de muestreo máxima	3200 Hz
Protocolo	I ² C
Peso	3 g
Dimensiones	20 x 15 mm
Error	3%

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.5 Módulo TP4056

Módulo de carga lineal de corriente constante/voltaje constante para baterías de celda única. Fabricado por NanJing Top Power, está compuesto por un chip TP4056 y un chip de protección de batería DW0 que desconectará la carga para proteger la batería cuando trabaje a voltajes muy bajos, además proporciona bloqueo de sobretensiones y protección a polaridad inversa. Voltaje de carga fijada en 4,2 V con una corriente de carga programable externamente con una resistencia. El ciclo de carga finaliza automáticamente cuando la corriente cae a 1/10 del valor programado después de alcanzar el voltaje final (Tousiful Islam et al. 2017).



Ilustración 9-3: Módulo TP4056.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del módulo TP4056, en base a la hoja de datos (anexo E) son:

Tabla 5-3: Características del módulo TP4056.

Descripción	Características
Voltaje de alimentación	4.5V a 5.5V DC
Consumo corriente	100 uA
Corriente de carga	1000 mA (configurable)
Temperatura de trabajo	-10 ° C a 85 ° C
Indicadores	Rojo (carga en curso), Verde o Azul (carga finalizada)
Dimensiones	28 x 19 mm
Precisión de carga	1.5%
Peso	3 g

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.6 Arduino Nano

Forma parte de la familia de tarjetas de desarrollo Arduino, caracterizada por su bajo consumo de energía, enfocado para la elaboración de prototipos electrónicos que requieran tarjetas con espacio

y peso reducidos. Está conformada por un microcontrolador ATmega328, dispone de 6 salidas PWM de 8 bits, 8 entradas analógicas, conexión Mini-USB y botón de reinicio. (Abrajan, 2020; Arduino, 2022a)



Ilustración 10-3: Arduino Nano.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del Arduino Nano, en base a la hoja de datos (anexo F) son:

Tabla 6-3: Características del Arduino Nano.

Descripción	Características
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V DC
Consumo de corriente	19 mA
Peso	7 g
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Terminales	14 terminales de IO
Dimensiones	18 x 45 mm

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.7 Esp8266

Es un sistema en chip fabricado por Espressif como se observa en la ilustración 11-3, utilizado como adaptador WiFi a través de interfaces SPI/SDIO o UART e integra el protocolo TCP/IP, su principal objetivo es permitir al microcontrolador tener acceso a una red (Llamas, 2018; Espressif Systems, 2020).



Ilustración 11-3: Esp8266.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del ESP8266, en base a la hoja de datos (anexo G) son:

Tabla 7-3: Características principales del Esp8266.

Descripción	Características
Procesador	32 bits
Voltaje de operación	5 V DC
Consumo de corriente	80 mA
Rango de frecuencia	2.4 GHz – 2.5 GHz
Protocolo	802.11 b/g/n (HT20)
Terminales	16 GPIO
Interfaz	Serial UART
Memoria RAM instrucciones	32 KiB
Memoria RAM para datos de usuario	80 KiB

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.8 Módulo SIM800L

Es un módulo GSM/GPRS de 4 bandas de telefonía móvil (850/900/1800/1900MHz), permite enviar y recibir voz, texto, datos y SMS en un pequeño paquete, posee pines para la conexión de auriculares y micrófono, para su funcionamiento es necesario ingresar una tarjeta Micro SIM 2G. Posee un protocolo serial de comunicación UART para el envío y recolección de comandos AT con detección automática de velocidad de baudios (Unit Electronics, 2018; SIMCom, 2013; Espressif Systems, 2020).



Ilustración 12-3: Módulo SIM800L.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características del módulo SIM800L, en base a la hoja de datos (anexo H) son:

Tabla 8-3: Características principales del módulo SIM800L.

Descripción	Características
Voltaje de operación	3.4 a 4.4V DC
Consumo de corriente	60 mA
Dimensiones	25 x 23 mm
Interfaz	Serial UART
Controlado por	Comandos AT
Tamaño de la SIM	Micro SIM
Peso	2.8g

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.9 Pantalla OLED 128 x 64

Es un dispositivo tipo LED con resolución 128×64 píxeles, formada por un compuesto orgánico que emite luz en respuesta a la electricidad. Es necesario un controlador específico que transforme los datos recibidos en las señales electrónicas para controlar la pantalla (NovatronicEC, 2020).

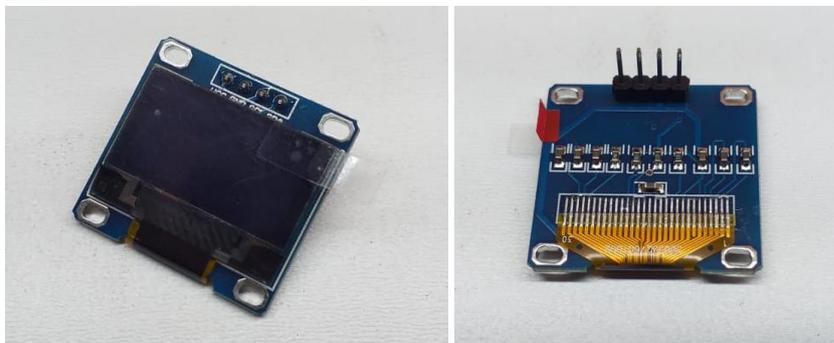


Ilustración 13-3: Pantalla OLED 128 x 64.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características de la pantalla OLED 128x64, en base a la hoja de datos (anexo I) son:

Tabla 9-3: Características de la pantalla OLED.

Descripción	Características
Voltaje de operación	3.3V - 5VDC
Consumo de corriente	11mA
Dimensiones	36 x 34 x 3 mm
Interfaz	I ² C (nivel lógico 3.3V)
Resolución	128 x 64
Angulo de visión	160 grados
Peso	8.5 g

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.10 Consumo de corriente teórico del nodo secundario

El nodo secundario está conformado por los módulos MAX30102, MPU6050 y RF 2.4GHZ - NRF24L01, un Arduino Nano y la pantalla OLED 128 x 64. En base a la revisión bibliográfica realizada, en la tabla 10-3 se obtiene el consumo de corriente teórico total del nodo central por medio de la suma de las corrientes de cada elemento proporcionadas por las hojas de datos.

Tabla 10-3: Consumo de corriente teórico del nodo secundario.

Elemento	Consumo de corriente
Módulo MAX30102	0.6 mA
Módulo MPU6050	3.9 mA
Pantalla OLED 128 x 64	11 mA
Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01	13.5 mA
Arduino nano	19 mA
Total (I_c)	48 mA

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.11 Consumo de corriente teórico del nodo central

El nodo central está conformado por los módulos RF- NRF24L01 y SIM800L, un Arduino Nano y un Esp8266. En base a la revisión bibliográfica realizada, en la tabla 13-3 se obtiene el consumo de corriente teórico total del nodo central por medio de la suma de las corrientes de cada elemento proporcionadas por las hojas de datos.

Tabla 11-3: Consumo de corriente teórico del nodo central.

Elemento	Consumo de corriente
MóduloRF- NRF24L01	45 mA
Módulo SIM800L	60 mA
Esp8266	80 mA
Arduino Nano	19 mA
Total	204 mA

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.4.12 Batería LiPo

De acuerdo con el consumo de corriente teórico obtenido en la tabla 11-3, la batería seleccionada para el nodo secundario es del tipo LiPo de 3.7 V y 400 mA que cumple con la demanda requerida por los elementos.



Ilustración 14-3: Batería LiPo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las principales características de la batería LiPo, en base a la hoja de datos (anexo J) son:

Tabla 12-3: Características principales de la batería LiPo.

Descripción	Características
Voltaje nominal (V_b)	3.7V DC
Corriente (I_b)	400 mA
Ciclos de vida	≥ 800
Potencia	1.48Wh
Dimensiones	35 x 20 x 6 mm
Peso	8 g

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Para calcular la autonomía de la batería se utiliza la ecuación 4.

$$h = \frac{V_b * I_b}{V_b * I_c} \quad (4)$$

Donde:

- (h) duración en horas de la batería
- (Vb) voltaje de la batería
- (Ib) corriente de la batería
- (Ic) corriente total de consumo

Considerando la ecuación 4, el tiempo de duración de la batería es de 8.33 h, lo cual implica que la batería puede suministrar energía al módulo electrónico para el transcurso de cuatro entrenamientos con un tiempo de duración aproximado de 2 horas por entrenamiento.

3.5 Esquema de conexión del módulo electrónico

En base a los elementos de *hardware* seleccionados, se realizan los diagramas de conexión de los dispositivos que conforman el nodo central y el nodo secundario.

3.5.1 Esquema de conexión del nodo central

La ilustración 15 -3 muestra el diagrama de conexión del nodo central, está conformado por las tarjetas de desarrollo Arduino Nano y Wemos D1 mini ESP8266, encargadas del procesamiento y envío de datos por conexión WiFi, el módulo NRF24L01 recepta y envía la información a los nodos secundarios, el módulo SIM800L es el responsable del envío de los mensajes de texto de alerta y los reguladores DC-DC convierten una entrada de voltaje a un nivel deseado. A continuación, se especifica las conexiones necesarias para el funcionamiento del nodo central:

- El terminal V+ del módulo NRF24L01 está conectado al terminal 3V3 del Arduino Nano, esto permitirá alimentar a la antena para su funcionamiento.
- El módulo SIM800L es alimentado por medio del terminal P\$11, conectado a la salida de 4V del regulador DC-DC.
- La tarjeta Wemos D1 mini ESP8266 es alimentado por medio del terminal 5V, conectado a la salida de 5V del regulador DC-DC
- La tarjeta Arduino Nano es alimentado por medio del terminal 5V, conectado a la salida de 5V del regulador DC-DC.
- El terminal MOSI del módulo NRF24L0, se conecta al terminal D11/MOSI del Arduino Nano, permite que el módulo reciba datos de la tarjeta de desarrollo.
- El terminal MISO del módulo NRF24L0, se conecta al terminal D12/MISO del Arduino Nano, permite que el módulo envíe datos desde la tarjeta de desarrollo.

- Los terminales D1/TX y D0/RX del Arduino Nano conforman los puertos de comunicación serial para la transferencia de datos con la tarjeta Wemos D1 mini ESP8266
- Los terminales D2 y D3 del Arduino Nano conforman los puertos de comunicación serial para la transferencia de datos con el módulo SIM800L.
- El terminal D4 del Arduino Nano es una salida conectada a un diodo LED que indica si existe conexión por RF con los nodos secundarios.

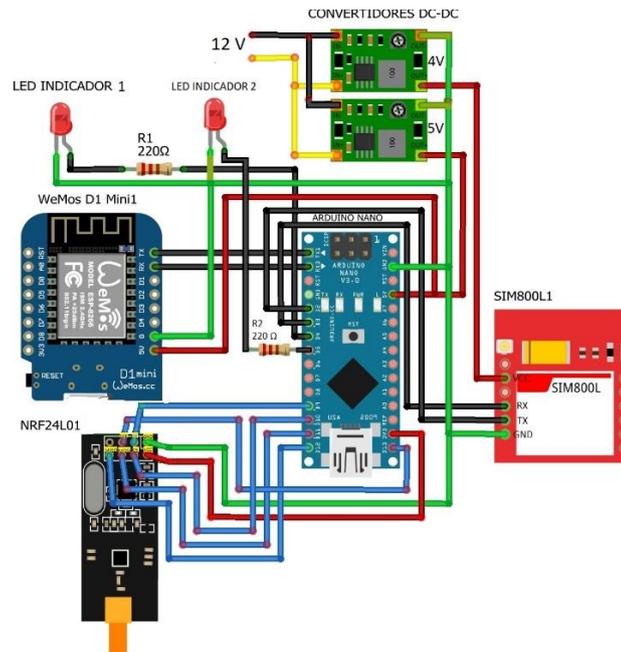


Ilustración 15-3 Esquema de conexión del nodo central.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Después de realizar correctamente las conexiones de cada uno de los componentes se procedió a diseñar la placa en Eagle, la cual es una herramienta que facilita el diseño PCB. En la ilustración 16-3 se puede observar el diseño de la placa PCB del nodo central.

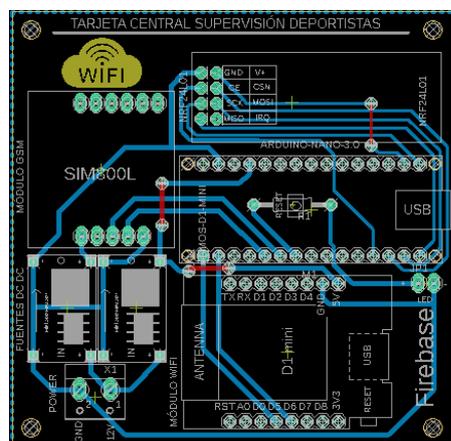


Ilustración 16-3: PCB del nodo central.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 17-3 se aprecia la placa PCB implementada físicamente y soldada con los elementos necesarios.

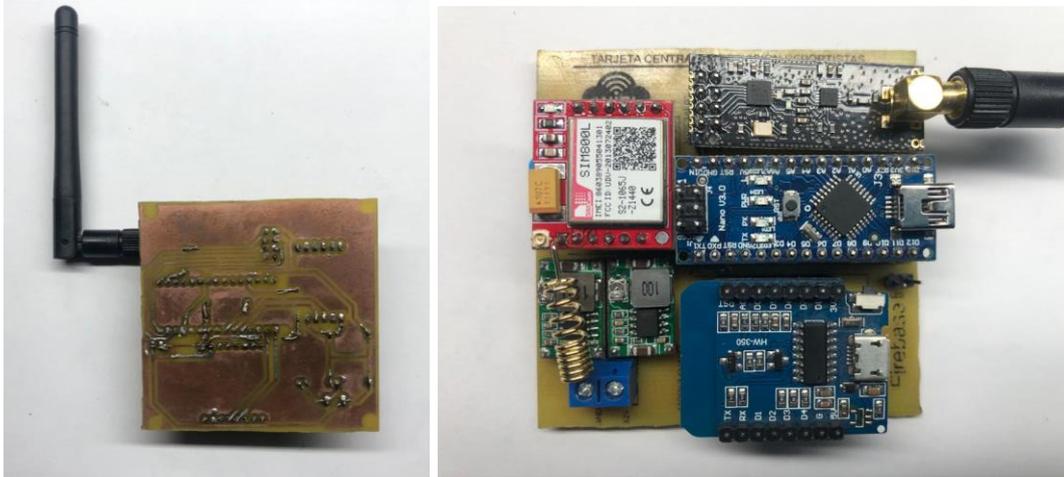


Ilustración 17-3: Placa PCB del nodo central implementada físicamente.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.5.2 Esquema de conexión del nodo secundario

La ilustración 18-3 muestra el diagrama de conexión del nodo secundario, está conformado por la tarjeta de desarrollo Arduino Nano, encargada del procesamiento de datos, el módulo NRF24L01 recepta y envía la información al nodo central, mediante el módulo TP4056 se realiza el proceso de carga de la batería que alimenta al nodo secundario, el módulo MPU6050 mide la velocidad del usuario al correr, el módulo MAX30102 sensa el ritmo cardíaco del deportista y una pantalla OLED que permite la visualización de los datos medidos. A continuación, se especifica las conexiones necesarias para el funcionamiento del nodo secundario:

- La batería se conecta en los terminales B+ y B- del módulo TP4056 y para la alimentación del módulo se utiliza los terminales OUT+ y OUT-, la batería puede ser recargada mediante una conexión mini USB 5V.
- El nodo secundario posee un *switch* que controla el encendido y apagado del módulo, donde VCC se conecta a las entradas de alimentación de los dispositivos.
- El módulo MPU6050 se comunica con el Arduino a través de la comunicación serie I²C por medio de los terminales SCL y SDA que posee el módulo.
- El módulo MAX30102 se comunica con el Arduino a través de la comunicación serie I²C por medio de los terminales SCL y SDA que posee el módulo.
- Para la visualización de los datos, el Arduino envía los datos al *display* a través de la comunicación serie I²C por medio de los terminales SCL y SDA.
- En el terminal D3 del Arduino Nano se conecta a un pulsador que permite el reinicio de los valores mostrados en el *display*.

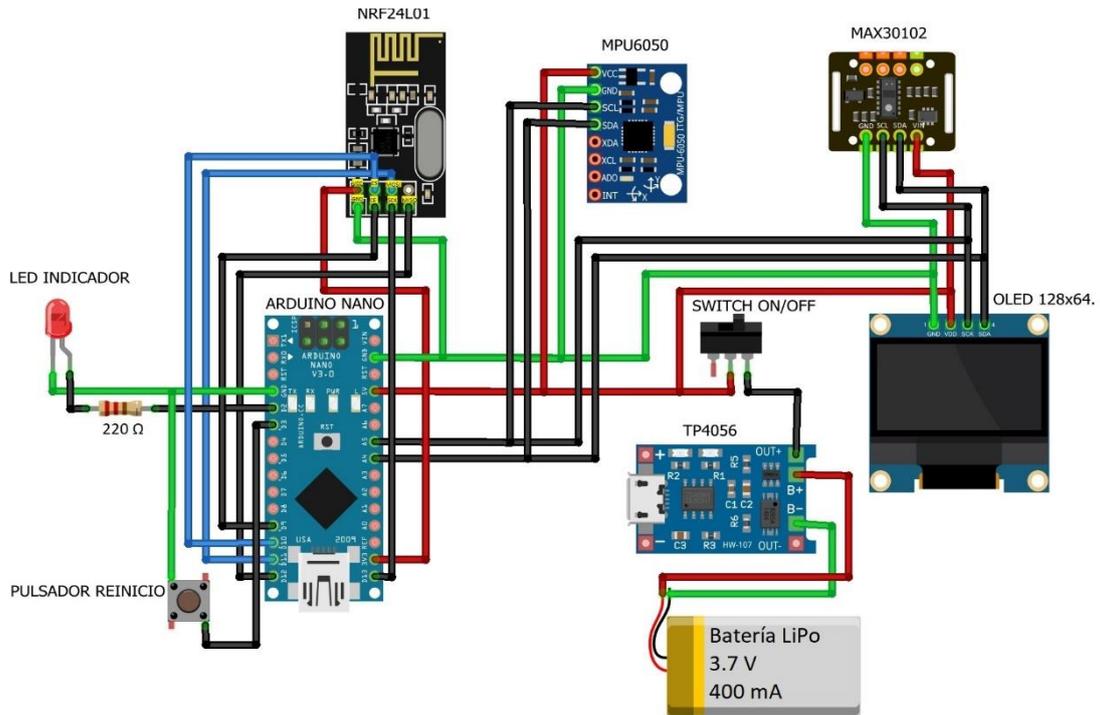


Ilustración 18-3: Esquema de conexión del nodo secundario.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Realizadas las conexiones de los componentes se diseña la placa PCB en Ares de Proteus, en la figura 32-3 se puede observar el diseño.

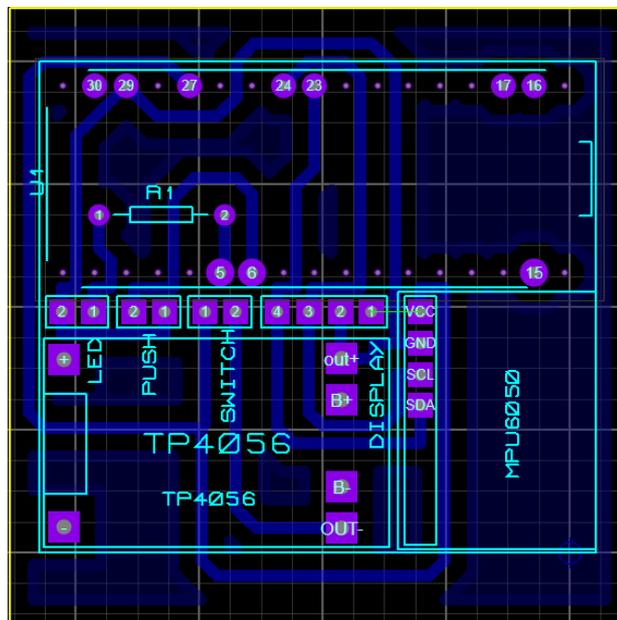


Ilustración 19-3: Diseño de la PCB del nodo secundario.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 20-3 se aprecia la placa PCB del nodo secundario implementada físicamente y soldada con los elementos necesarios.

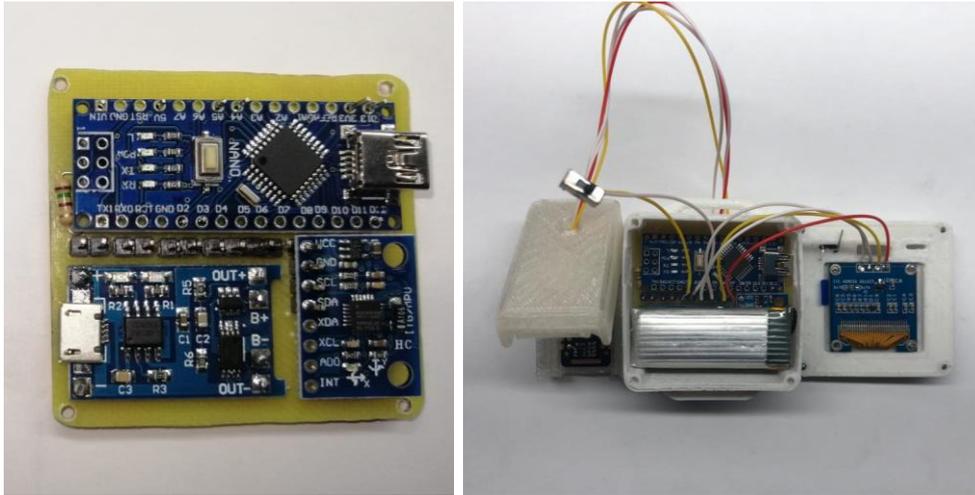


Ilustración 20-3: Placa PCB del nodo secundario implementado físicamente.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.5.3 *Diseño de carcasa del nodo secundario*

Se han realizado dos diseños de carcasas en SolidWorks 2020 SP1.0, la primera es del reloj que almacena principalmente la placa PCB con sus elementos, la batería y la pantalla OLED, y la segunda es donde está ubicado el sensor del ritmo cardiaco.

a) *Reloj*

En la ilustración 21-3 se observa el diseño en 3D del reloj, donde se ensamblarán los elementos que forman el módulo y será ubicada en la muñeca del usuario.

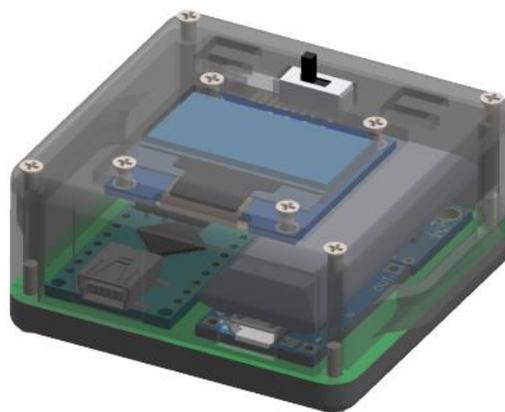


Ilustración 21-3: Diseño de carcasa de la placa PCB del reloj.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

La carcasa se ha realizado en base a impresión 3D usando como material el PLA (*Poly Lactic Acid*) que se caracteriza por su alta obstrucción a la humedad y grasa con resistencia a las caídas. En la ilustración 22-3 se detalla las dimensiones de la carcasa del reloj.

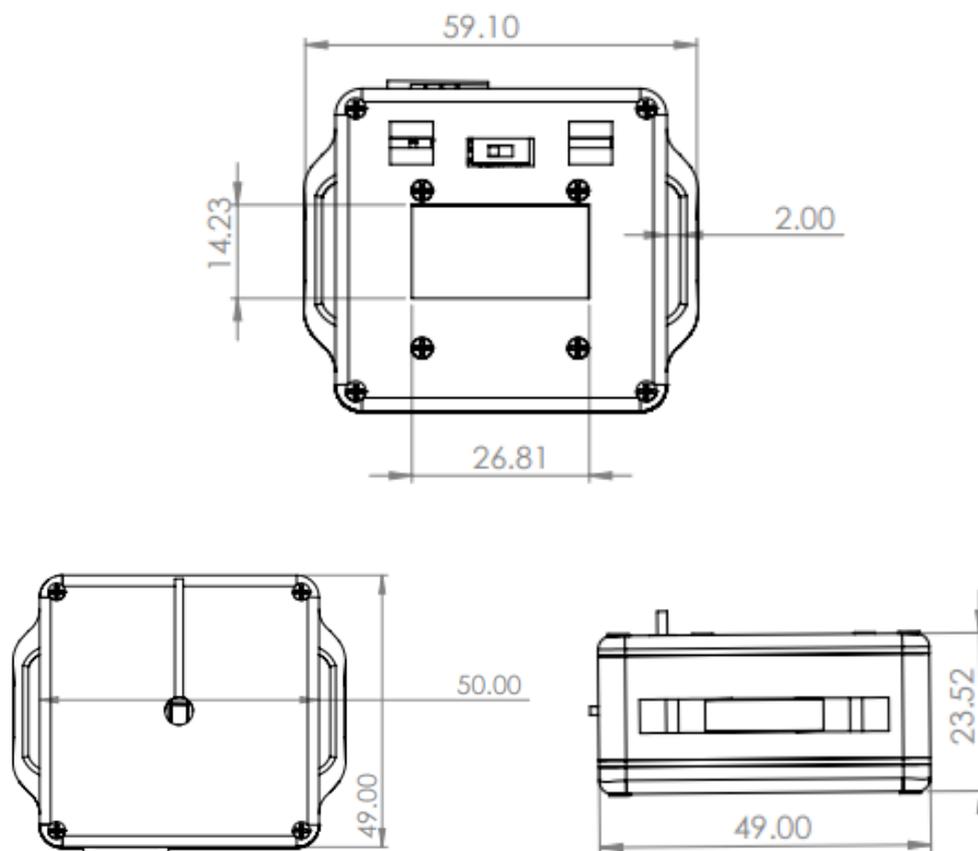


Ilustración 22-3: Dimensiones de la carcasa del reloj.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 13-3 se observa a mayor detalle las medidas que constituye la carcasa del reloj:

Tabla 13-3: Medidas que constituye la carcasa del reloj

Medida	Dimensión
Largo	50 mm
Ancho	49 mm
Alto	23.52 mm

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

b) Carcasa para el sensor de ritmo cardiaco

La carcasa para el sensor del ritmo cardiaco se puede observar en la ilustración 23-3 y estará ubicada en el dedo del jugador, tiene forma de pinza la cual asegura el dedo y permite la medición.

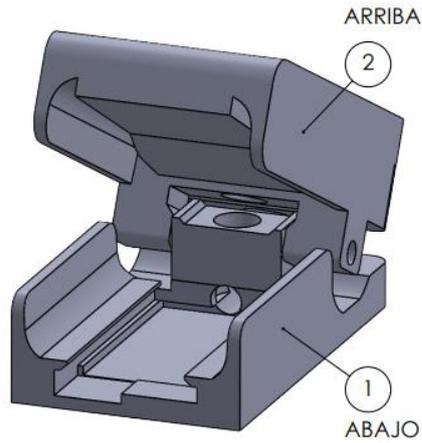


Ilustración 23-3: Diseño de la carcasa del sensor del ritmo cardiaco.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Las dimensiones de la carcasa se pueden observar en las ilustraciones 24-3 y se encuentran expresadas en pulgadas.

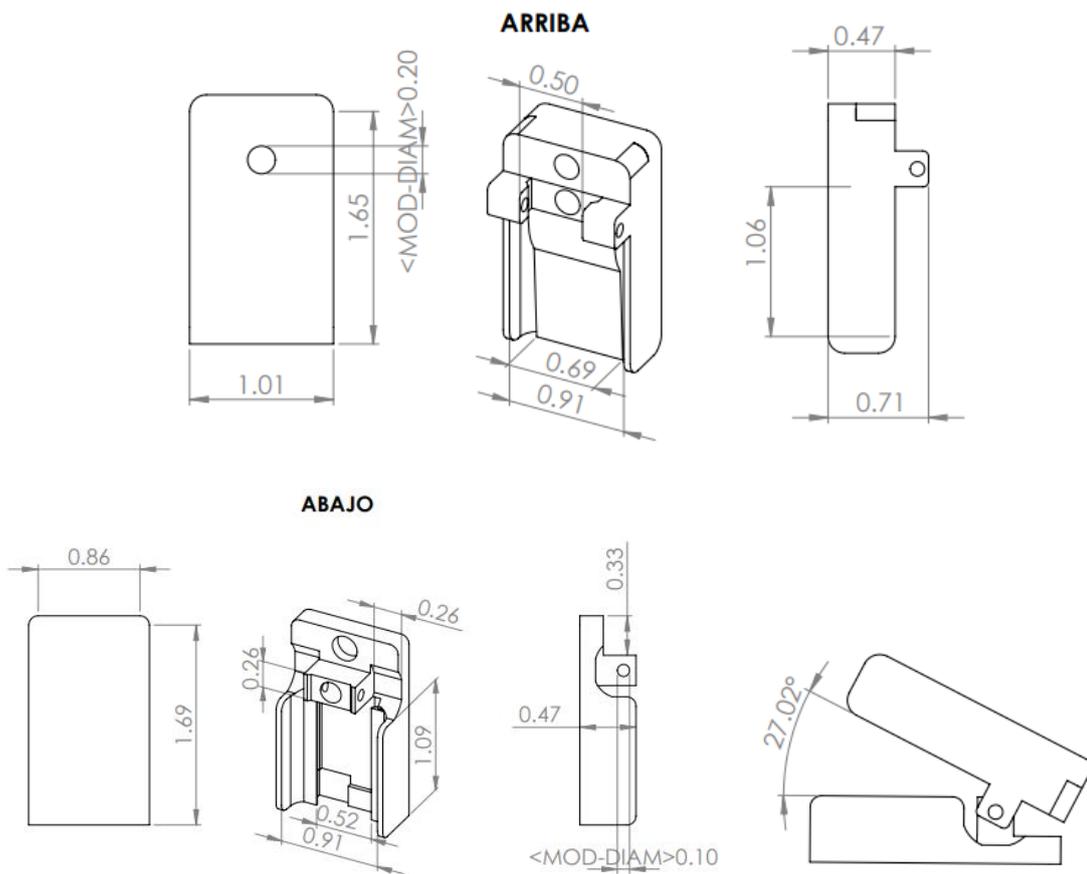


Ilustración 24-3: Dimensiones de la carcasa para el sensor de ritmo cardiaco.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 14-3 se observa a mayor detalle las medidas que constituye la carcasa del sensor del ritmo cardiaco:

Tabla 14-3: Medidas que constituye la carcasa del sensor del ritmo cardiaco.

Medida	Parte superior	Parte inferior
Largo	41.91 mm	42.93 mm
Ancho	25.66 mm	21.84 mm
Alto	18.03 mm	11.94 mm

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 25-3 se observa el diseño físico de la carcasa tanto del reloj como para el sensor de ritmo cardiaco.

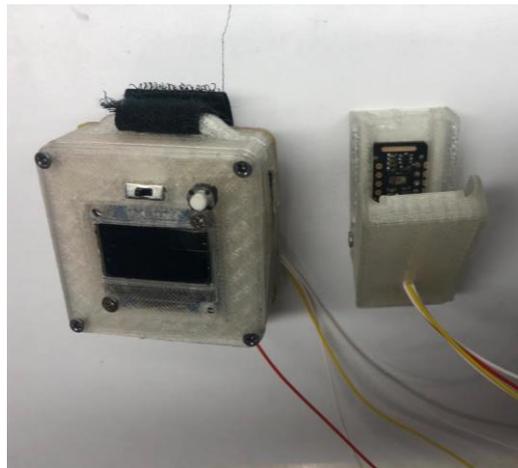


Ilustración 25-3: Diseño físico del nodo secundario.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.6 Software de desarrollo del módulo electrónico

El módulo electrónico es controlado a través de la programación estructurada para lo cual se usó los siguientes softwares que se detallan a continuación:

3.6.1 *Arduino IDE 1.8.19*

Proporciona un entorno de programación claro y fácil de usar para usuarios avanzados y principiantes, es multiplataforma, lo que le permite ejecutarlo en Windows, Linux y Mac OS X. La aplicación está escrita en Java e incluye un editor de código que verifica la sintaxis del texto. Proporciona un mensaje de error o advertencia en la parte del código donde ocurrió el error. Se admiten los lenguajes de programación C y C++ y se almacena en el ordenador con la extensión .ino, contiene dos funciones principales, setup() se usa para inicializar variables, la función loop() se ejecuta cuando el terminal está operando en modo de entrada o salida repita mientras la función setup() se complete, hasta que Arduino se apaga o reinicia (Peña, 2020; Arduino, 2018).

3.6.2 *Proteus 8.12*

Es una herramienta software de pago que permite diseñar y simular circuitos electrónicos en las etapas de bosquejo de esquemas electrónicos, programación de software, simulación y fabricación de placa de circuito impreso. Está compuesto por aplicaciones como ISIS, sirve para elaborar el modelo esquemático de los circuitos, ARES sirve para la elaboración de las placas de circuito impreso (PCB) además permite posicionar elementos y generar de forma automática pistas, PROSPICE es la herramienta encargada de simular el comportamiento de los circuitos electrónicos según el estándar industrial SPICE3F5 (González et al., 2008; Gallardo, 2015; Rossano, 2013).

3.6.3 *Eagle 9.6.2*

Es un software de diseño electrónico pagado que brinda a diseñadores de placas de circuito impreso (PCBs) poder conectar diagramas esquemáticos, ubicar componentes, enrutar PCB y tener acceso a elementos de su biblioteca. Contiene un editor de esquemas y un editor de PCBs que generan dos tipos de archivos uno con extensión .SCH y otro con extensión .BRD. Permite el enrutamiento automático en función de las conexiones definidas en el esquema, además proporciona una interfaz gráfica de múltiples ventanas y un menú para editar, administrar y personalizar la interfaz y los parámetros de diseño (Torres, 2014; Autodesk, 2022).

3.6.4 *Firebase Realtime Database*

Es una base de datos gratuita no relacional (NoSQL) ubicada en la nube, accesible desde dispositivos móviles o un navegador web. La información es almacenada en formato JSON y permite la sincronización en tiempo real con el usuario. Usa la sincronización de datos, cada vez que varían los dispositivos conectados se actualiza la información en cuestión de milisegundos. Se caracteriza por que los datos persisten de forma local incluso sin conexión y una vez que se reestablezca la conexión el dispositivo cliente recibe los cambios que faltaban y se sincroniza con el estado actual del servidor. Utilizada en el desarrollo de aplicaciones web y móviles (Herrera, 2022; Digital55, 2020; Firebase, 2022).

3.6.5 *Android studio 11.0.11*

Software empleado para la elaboración de aplicaciones móviles para dispositivos con sistema operativo Android. Está basado en la herramienta de IntelliJ IDEA y cuenta con un editor de códigos potente compatible con C++, NDK y Google Cloud Platform. Es una herramienta que se puede descargar gratuitamente y trabaja con una gran variedad de sistemas operativos como Windows, MacOS, ChromeOs y Linux (Barahona, 2018; Android Studio, 2021).

3.7 Programación de los nodos del módulo electrónico

A continuación, se detallan los diagramas de flujo correspondiente a la programación de las tarjetas de desarrollo Arduino Nano y Esp8266 que componen los nodos del módulo electrónico y se describe el funcionamiento, en el Anexo K se presentan las programaciones respectivas.

En la tabla 15-3 se describen las librerías más representativas en la programación.

Tabla 15-3: Librerías más usadas en los programas desarrollados.

Librerías	Descripción
SoftwareSerial.h	Permitir la comunicación serial en otros pines digitales del Arduino (Arduino, 2022).
SPI.h	Establece la tarjeta Arduino como dispositivo controlador para la comunicación con dispositivos SPI (Arduino, 2022a).
MPU6050_tockn.h	Biblioteca Arduino para facilitar la comunicación con el MPU6050. Puede obtener datos de aceleración, giroscopio y ángulo (MPU6050, 2019).
nRF24L01.h RF24.h	Controla el funcionamiento del módulo transceptor nRF24L01 (Arduino, 2021b).
WiFiClient.h	Crea un cliente que puede conectarse a una dirección IP de Internet y un puerto especificado (Arduino, 2021c).
Wire.h	Permite comunicarse por I ² C. Usa dos líneas: SDA (línea de datos) y SCL (línea de reloj) (Arduino, 2020).
ESP8266WiFi.h	Necesaria para realizar todas las funciones relacionadas con WiFi como conexión, AP, etc (Grokhotkov, 2017).
ESP8266WebServer.h	Maneja todos los protocolos HTTP (Díaz, 2016).
ESP8266HTTPUpdateServer.h	Encargada del update de firmware vía WiFi (Bhageria, 2021).
EEPROM.h	Para el uso de la memoria EEPROM cuyos valores se mantienen cuando se apaga la placa (Arduino, 2022b).
ArduinoOTA.h	Sirve para cargar bocetos a través de la red hacia la placa de Arduino (Bhageria, 2021).
avr/pgmspace.h	La función de este módulo proporcionar una interfaz para que los programas accedan a los datos almacenados en el espacio de programa del dispositivo (flash) (Patapom, 2017).
MAX30102.h	Biblioteca para MAX30102 Pulse y MAX30105 Proximity Breakout (SparkFun Electronics, 2022).
NTPClient.h	Conectarse a un servidor de tiempo NTP y mantenerlo sincronizado en hora y fecha actual (Arduino, 2021d).
Separador.h	Se encarga de separar datos de un array (Llamas, 2019).
sd1306h.h	Controlador para trabajar con pantallas OLED, posibilita la creación de animaciones dinámicas (Dynda, 2022).
FirebaseESP8266.h	Para la comunicación con la base de datos (mobizt, 2022).

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.7.1 Diagrama de flujo del bloque de procesamiento del nodo central

En la ilustración 26-3 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento del algoritmo del bloque de procesamiento del nodo central. El programa se realiza en la IDE de Arduino 1.8.19 y se compone de la siguiente forma:

Inicialización

- Se incluyen las librerías: **SoftwareSerial.h**, **SPI.h**, **nRF24L01.h** y **RF24.h**, descritas en la tabla 16-3.
- Se definen terminales de salida para los diodos leds indicadores del estado de conexión de los nodos secundarios.
- Se crea un objeto **radio(CE,CSN)** del tipo **RF24**, donde **CE** y **CSN** son los terminales de control del módulo NRF24L01, conectados a los terminales 9 y 10 del Arduino.
- Se crea un objeto **sim(TX,RX)** del tipo **SoftwareSerial**, donde **TX** y **RX** son los terminales de comunicación del módulo SIM800L, conectados a los terminales 2 y 3 del Arduino respectivamente.
- Se declaran las variables descritas en la tabla 16-3.
- Se establece un tiempo de espera de 8000 ms para asegurar la conexión del módulo SIM800L a la red 2G.
- Se inicializa la comunicación serial, GSM y RF con una velocidad de 9600 baudios.
- Se habilita la comunicación entre los módulos transmisores y receptor, estableciendo la dirección del canal de lectura.
- Se establece al módulo como receptor activando el modo “escuchar” en los canales de lectura de RF.

Bucle de repetición

- Se configura el módulo GSM en modo de envío de texto, se establece el número de teléfono y se envía el mensaje SMS: "SISTEMA LISTO".
- Se comprueba que la trama de datos es recibida.
- Se lee la trama de datos y se guarda en la variable **datos**.
- Se identifica el nodo secundario que ha enviado la trama de datos y se activa el diodo led correspondiente, indicando que se ha establecido la conexión.
- En la variable **strEnvio** se unen los valores de la trama de datos en una cadena de caracteres.
- Se trasmite la cadena de caracteres por el puerto serial.

Tabla 16-3: Variables empleadas en la programación del bloque de procesamiento del nodo central.

Nombre	Tipo de variable	Descripción
number	<i>string</i>	Guarda el número de teléfono de destino.
dirección	<i>byte</i>	Guarda la dirección del canal de comunicación de escritura.
estadoConexion1	<i>boolean</i>	Indica el estado de conexión del nodo secundario 1.
estadoConexion2	<i>boolean</i>	Indica el estado de conexión del nodo secundario 2.
datos	<i>float</i>	Arreglo encargado de guardar la trama de datos enviados.
strEnvio	<i>string</i>	Utilizada para unir y almacenar los valores del arreglo de la trama de datos enviada.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Tabla 17-3: Trama de datos.

Parámetros	Ritmo cardíaco	Oximetría	Número de pasos	Distancia	Velocidad	Voltaje	Dispositivo
Variable	datos[0]	datos[1]	datos[2]	datos[3]	datos[4]	datos[5]	datos[6]

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

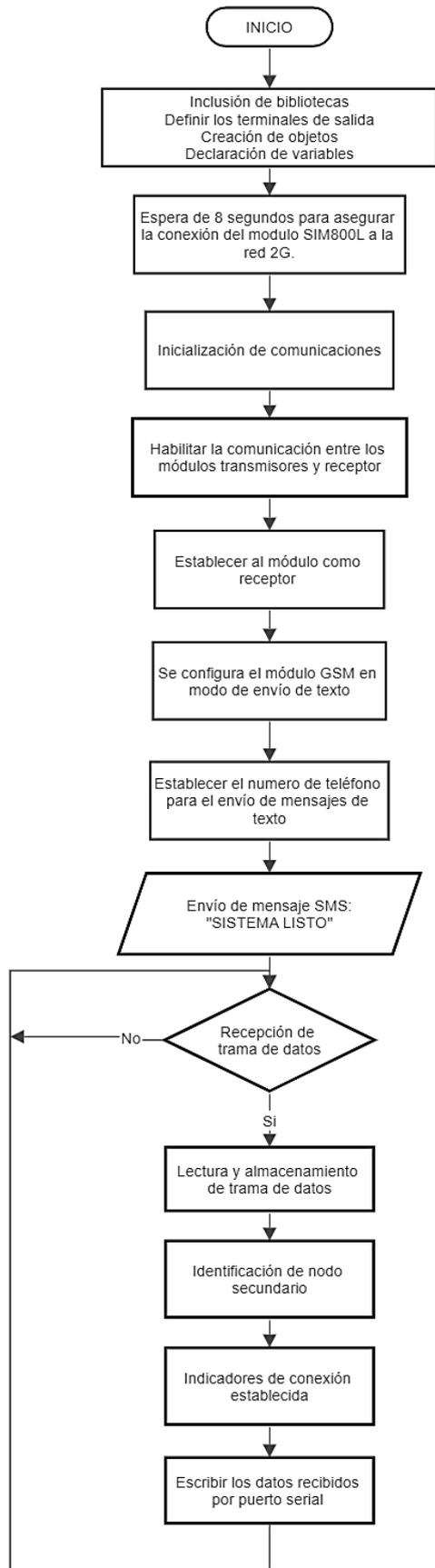


Ilustración 26-3: Diagrama de flujo del bloque de procesamiento del nodo central.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.7.2 Diagrama de flujo del bloque de transmisión de información del nodo central

En la ilustración 27-3 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento del algoritmo del bloque de transmisión del nodo central. El programa se realiza en la IDE de Arduino 1.8.19 y se compone de la siguiente forma:

Inicialización

- Se definen las librerías a usar entre ellas se encuentran: **WiFiClient.h**, **ESP8266WiFi.h**, **ESP8266WebServer.h**, **ESP8266HTTPUpdateServer.h**, **ArduinoOTA.h**, **NTPClient.h**, **Separador.h**, **SoftwareSerial.h** y **FirebaseESP8266.h**.
- Se declaran las variables descritas en las tablas 18-3 y 19-3.
- Se asigna los nuevos terminales de comunicación serial.
- Se crea un objeto de servidor web que escucha la solicitud HTTP en el puerto 80.
- Se define el Host de Firebase y la clave para desbloquear la base de datos, permitiendo la conexión del Esp8266 con Firebase.
- Se declara Envío de lecturas de datos cada segundo, para lo cual, se declara un tiempo de espera de 1000 ms.
- Se obtiene la fecha y hora actual.
- Se inicializa las comunicaciones.

Bucle de repetición

- Se comprueba el estado de conexión WiFi, si no se ha realizado, se crea un bucle repetitivo hasta lograr la conexión a la red.
- Si la conexión WiFi se ha realizado, se comprueba la recepción de datos por el puerto serial y la trama recibida se almacena en la variable **str**. Cuando haya transcurrido el tiempo de espera de 1s, se separa los datos de la variable **str** y se convierten en variables flotante.
- Se añaden los datos separados de la trama recibida a Firebase, se almacenan y se comprueba que los datos hayan sido guardados.

Tabla 18-3: Variables usadas en el bloque de transmisión de información del nodo central.

Nombre	Tipo de variable	Descripción
Router_SSID	<i>string</i>	SSID del router
Router_Pass	<i>string</i>	Pass del router
ssid1	<i>const char</i>	Ingresar SSID para el Access point
password1	<i>const char</i>	Ingresar la contraseña para Access point
numeroClientes	<i>int</i>	Indica cuantos clientes están conectados a la red
UID	<i>string</i>	Identificador de usuario (nodo secundario)

database_path	<i>string</i>	Variable asignada para mostrar como texto "/CENTRO DEPORTIVO/" y el usuario del nodo secundario
parent_path	<i>string</i>	Variable encargada de mostrar datos de la variable database_path y la hora y fecha actual
epoch_time	<i>int</i>	Variable encargada de almacenar la hora y fecha actual.
previous_time	<i>unsigned long</i>	Variable inicializada en 0m que ayuda para verificar el tiempo de espera para envío de datos.
Delay	<i>unsigned long</i>	Tiempo de espera de 1 s para envío de datos.
datoSubido	<i>boolean</i>	Comprueba si existe o no datos subidos a Firebase
str	<i>string</i>	Variable encargada de guardar los datos recibidos de la trama por comunicación serial.
str1-str7	<i>string</i>	Variables usadas para guardar individualmente los datos separados de la trama recibida.
dato1-dato7	<i>float</i>	Variables usadas para convertir cada dato separado de la trama en flotante.

Realizado por: (Espinoza Henry y Trujillo Daniela 2018)

Tabla 19-3: Variables asociadas a la base de datos.

Variable	Valor
cardiaco_path	Ritmo cardiaco
oximetria_path	Oximetría
pasos_path	Numero de pasos
velocidad_path	Velocidad
distancia_path	Distancia
bateria_path	Batería
time_path	Tiempo

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

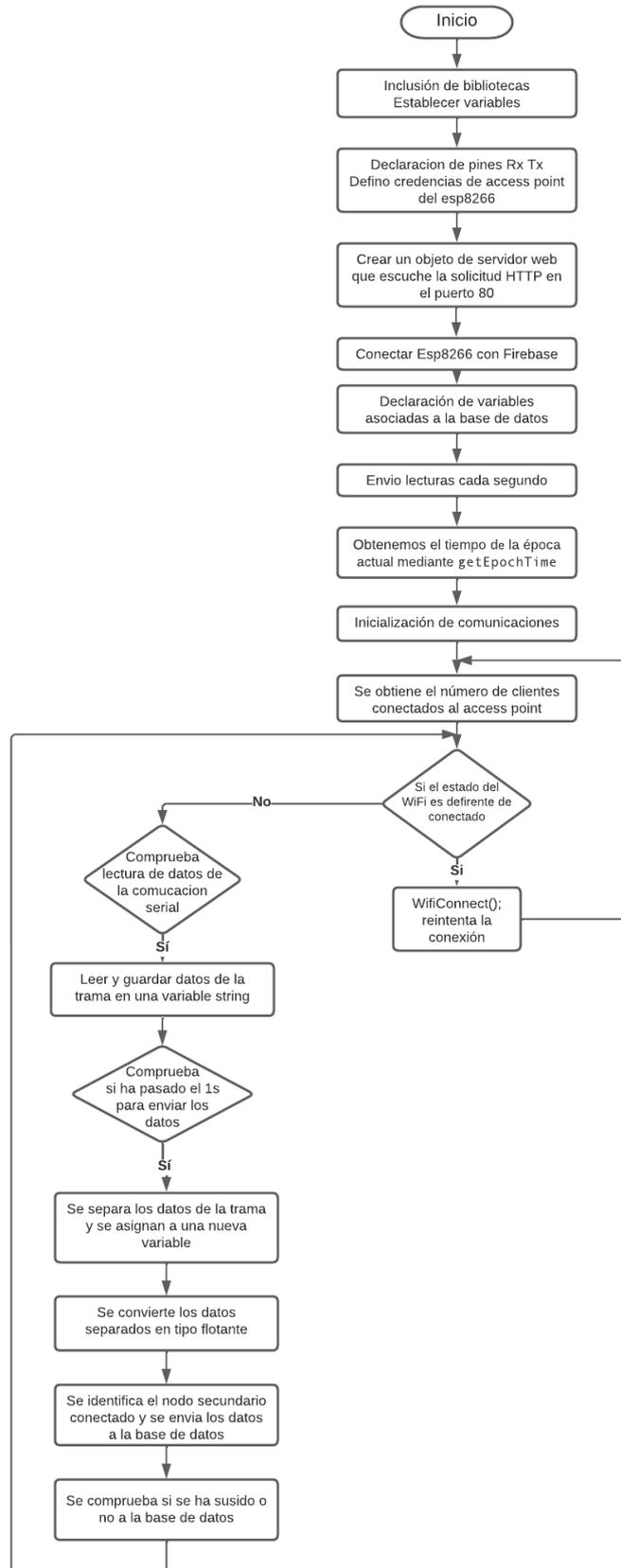


Ilustración 27-3: Diagrama de flujo del bloque de transmisión de información del nodo central.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.7.3 Diagrama de flujo del nodo secundario

En la ilustración 28-3 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento del algoritmo del nodo secundario. El programa se realiza en la IDE de Arduino 1.8.19 y se compone de la siguiente forma:

Inicialización

- Se definen las librerías a usar entre ellas se tiene: **MPU6050_tockn.h, ssd1306h.h, MAX30102.h, SPI.h, nRF24L01.h, RF24.h, Wire.h, avr/pgmspace.h.**
- Se declara los terminales CE y el CSN
- Declaración de la variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir los datos recolectados.
- Creación del objeto radio NR24L01
- Creación del vector en el cual se guardarán los datos los 7 datos a enviar.
- Declaración de variables adicionales como: steps, distanceinonestep, distance, entero, previousMillis2, previousMillis, Interval y dispositivo.
- Se establece los posibles valores del nivel SPO2 basado en una tabla indicada en la programación.
- Inicialización de comunicaciones de NR24L01
- Abrir un canal de escritura para la comunicación RF
- Declaración del modo de trabajo de los terminales
- Inicialización de la pantalla OLED
- Se imprime mensaje en la pantalla OLED "SMARTWATCHIOT"
- Inicialización de los sensores MAX30102 y MPU6050
- Definir el pulsador para que actúe como interrupción
- Calcular ángulo por acelerómetro y giroscopio
- Inicialización de variable de tiempo

Bucle de repetición

- Se comprueba el envío de datos por el sensor Max 30102
- Se obtiene y guarda los datos de los leds rojo e infrarrojo en una variable asignada, también se recolecta el valor del voltaje de la batería
- Se compara si existe presencia del dedo, si no existe entra en un estado de sleep y empieza un contador el cual una vez finalizado apaga la pantalla y el proceso se queda deshabilitado, si existe presencia del dedo se procede aplicar filtros para la señal de los leds rojo e infrarrojo del sensor MAX30102.

- Definir la señal receptada del rojo e infrarrojo como latido
- Si el valor de los latidos se encuentra entre 0 y 200 se invierte la forma de onda de la señal del ritmo cardiaco y se guarda una variable asignada.
- Comprobación de existencia de latidos
- Conteo de latidos realizados en un minuto
- Se realiza el cálculo para obtener el valor de SPO2 a partir de los datos de rojo e infrarrojo y la aplicación de fórmulas y la tabla declarada inicialmente.
- Impresión de datos obtenidos se realiza cada 50 ms.
- Para calcular la velocidad se define los límites de aceleración en el eje X que una vez superados o no permitirán indicar como verdadero o falso el estado actual del jugador.
- Si el estado actual es diferente del estado siguiente comienza el conteo de pasos y el cálculo de la velocidad, de no ser el caso la velocidad instantánea igual a 0.
- Se calcula la velocidad instantánea teniendo en cuenta la distancia de la zancada y una variable para medir el tiempo.
- Se calcula la distancia recorrida
- Se carga los datos en la variable datos y se envía por medio de RF.



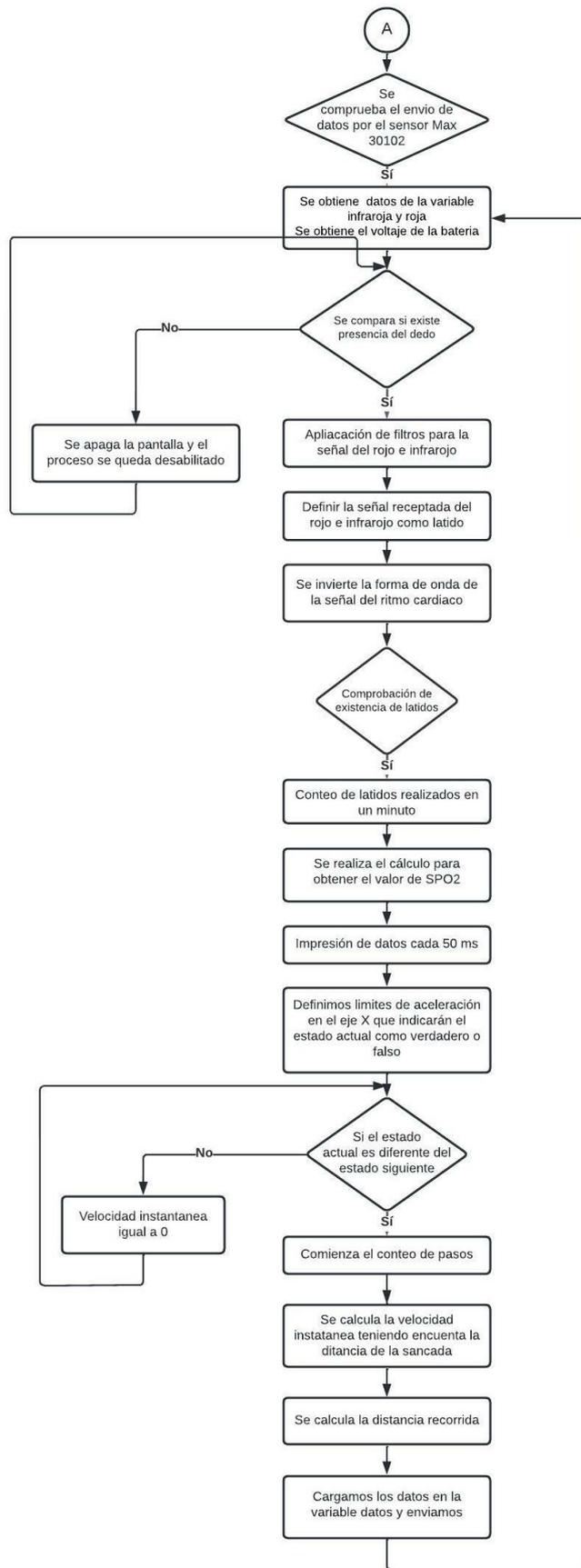


Ilustración 28-3: Diagrama de flujo del nodo secundario.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.8 Base de datos en Firebase

Para el presente trabajo es necesario la creación de una base de datos para almacenar la información adquirida en la capa de sensado, como es la velocidad y ritmo cardiaco, además guarda los datos personales de cada jugador, la información complementaria de los entrenamientos y datos de funcionamiento del módulo electrónico. Se trabajó con Firebase, una base de datos gratuita no relacional (NoSQL) alojada en la nube, donde la información es almacenada en formato JSON y permite la sincronización en tiempo real con el usuario.

Para la creación de la base de datos en Firebase se emplean los siguientes pasos:

- Dirigirse a la página oficial de Firebase
- Seleccionar “Ir a la consola”
- Agregar nuevo proyecto
- Asignar un nombre de proyecto
- Confirmar el uso de Firebase
- Habilitar Google Analytics
- Configurar Google Analytics
- Seleccionar “Crear proyecto”
- Seleccionar y crear una base de datos en tiempo real (realtime database)

Una vez creada la base de datos se deben asignar los nombres de las variables a utilizar dentro de Firebase, como se observa en la ilustración 29-3.

Para vincular la base de datos con la programación del Esp8266 es necesario asignar el host a FIREBASE_HOST, para obtenerlo se realiza los siguientes pasos:

- Dirigirse a la pestaña llamada “Datos” dentro de la base de datos creada
- Copiar el host y se eliminar “https://” y “/”

Para obtener la clave de autenticación de FIREBASE_AUTH se realiza los siguientes pasos:

- Dirigirse a la “Descripción general del proyecto”.
- Luego a “Configuración del proyecto”.
- Después “Cuentas de servicio”.
- En “Secretos de la base de datos” se copia el parámetro “secreto”.

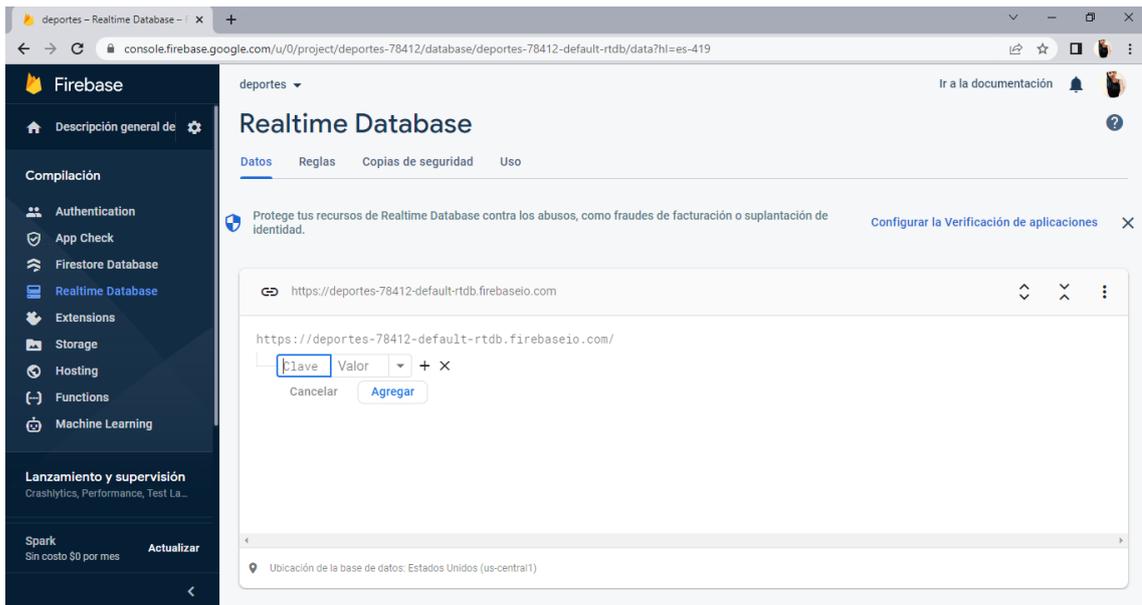


Ilustración 29-3: Asignación de variables en Firebase.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.8.1 *Realtime Database*

Es una base de datos en tiempo real alojada en la nube que tiene la capacidad de almacenar y sincronizar los datos de cada usuario conectado, cada que varíe los datos receptados estos se actualizan en cuestión de milisegundos además se caracteriza por que los datos persisten de forma local incluso sin conexión a internet.

El nodo secundario el cual está constituido de forma física por un reloj, en su programación es encargado de sensar datos luego transmitirlos por medio de radiofrecuencia hacia el nodo principal en cual transmite hasta el Esp8266 quien establece la conexión con Firebase y guarda los datos receptados. Dentro de la base de datos se van añadiendo los usuarios como se observa en la ilustración 30-3 los cuales serán los jugadores que conformen el equipo deportivo.



Ilustración 30-3: Sección de usuarios en la base de datos.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Dentro de la sección de usuario se almacenan tres tipos de datos: los datos recolectados por los sensores de velocidad y ritmo cardíaco, los datos personales registrados del deportista y los datos de visualización para la aplicación móvil, se pueden observar en la ilustración 31-3.



Ilustración 31-3: Datos que conforman la sección del usuario 1.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Los datos que se reciben de los sensores se muestran en la ilustración 32-3 y son 7: el voltaje de la batería, el ritmo cardíaco, la distancia recorrida, el porcentaje de oxígeno en la sangre, el número de pasos dados, el tiempo y la velocidad.



Ilustración 32-3: Datos recolectados por los sensores del usuario 1.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

La información que se añade en la aplicación al momento de registrar a un jugador es la que se observa en la ilustración 33-3: apellido, número de cedula, código de la antena RF, edad, estatura, índice de masa corporal (IMC), nombre y nombre de usuario.

```
INFORMACION
— apellido: "Espinoza "
— cedula: "2300406481"
— codigo: "1"
— edad: "23"
— estatura: "1.73"
— imc: "24.39"
— nombre: "Henry"
— nombreUsuario: "Henry Espinoza "
```

Ilustración 33-3: Información del jugador registrada en la base de datos.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Y finalmente en la ilustración 34-3 se observa que existe una sección de los datos más importantes cada deportista que se visualizaran en la aplicación móvil como son: el voltaje de la batería, el ritmo cardiaco, la distancia recorrida, el porcentaje de oxigenación de la sangre, el número de pasos y la velocidad instantánea.

```
VISOR
— bateria: 3.900000095
— cardiaco: 98
— distancia: 2.130000114
— oxigeno: 93
— pasos: 3
— velocidad: 0
```

Ilustración 34-3: Información del jugador que se visualiza en la app móvil.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

3.9 Interfaz de administración y visualización

El módulo electrónico cuenta con una aplicación para dispositivos móviles Android desarrollada en el software Android Studio 11.0. Desarrollada para la visualización de los datos sensados en entrenamiento, tiene como objetivo servir de herramienta de administración y visualización ya que muestra de forma gráfica y numérica los valores de velocidad y ritmo cardiaco. Brinda al entrenador la facilidad de obtener y almacenar los datos. La programación empleada en el desarrollo de la aplicación móvil se muestra en el anexo L.

La aplicación móvil cuenta con una interfaz intuitiva para el usuario, constituida por un conjunto de ventanas, donde, en la ilustración 35-3 se observa la pantalla principal, en la cual se observa los usuarios registrados y en la parte inferior permite la opción de añadir más usuarios.



Ilustración 35-3: Pantalla principal de la aplicación móvil.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Para el registro de los usuarios es necesario llenar la información mostrada en la ilustración 36-3, la cual son datos personales de cada jugador como: nombre, apellido, número de cédula, estatura en m, peso en Kg, edad, índice de masa corporal y el código de la antena de radio frecuencia.

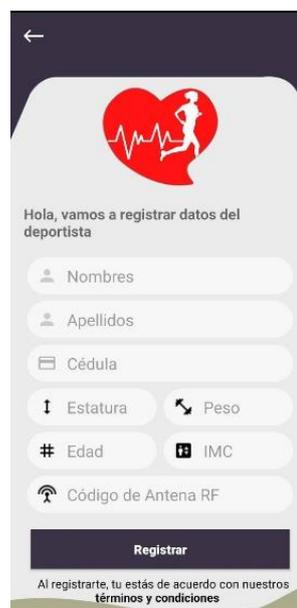


Ilustración 36-3: Registro de datos de usuario.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 37-3 se observa la pantalla donde se visualizará los datos recolectados principalmente la velocidad y ritmo cardiaco y datos adicionales como la batería de nodo secundario, el número de pasos dados y el porcentaje de oxigenación de la sangre.



Ilustración 37-3: Pantalla de visualización de datos de la aplicación móvil.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Existe dos formas de visualizar la información mediante gráfica como se observa en la ilustración 38-3 y en forma numérica figura 51-3, además cuenta con la opción de descargar los datos históricos del entrenamiento en formato PDF.

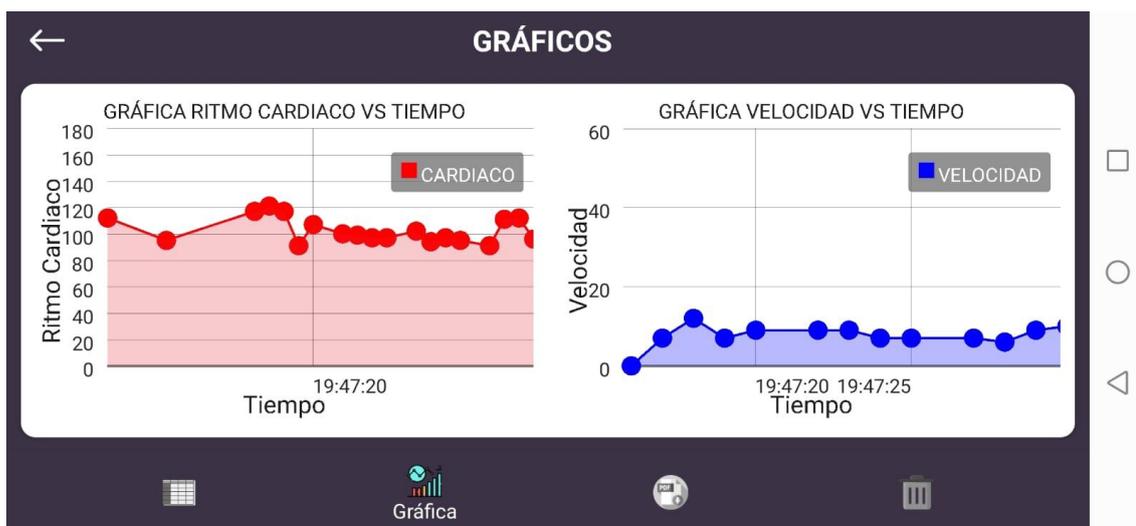


Ilustración 38-3: Información gráfica de los datos histórica en los entrenamientos.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

HISTORIAL DE DATOS

NOMBRE: Daniela Trujillo **EDAD:** 23 años **IMC:** 21.30

No	FECHA	RITMO CARDIACO	VELOCIDAD	OXIGENO	PASOS	DISTANCIA	BATERIA
1	31/12/1969 19:00:08	147.0	0.00	87.0	25.0	17.75	4.20
2	24/06/2022 16:25:03	107.0	0.00	85.0	53.0	37.63	4.20

Tabla

Ilustración 39-3: Información numérica de los datos históricos en los entrenamientos.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo se evalúa el desempeño del hardware y software del módulo electrónico mediante pruebas de validación de sensores, estabilidad, comunicación, alcance de comunicación, integridad de los datos, red inalámbrica, envío de mensajes de alerta, consumo de corriente, carga y descarga de la batería del nodo secundario, funcionamiento general del módulo electrónico y un análisis económico.

En la ilustración 1-4 se aprecia el prototipo a evaluar, constituido por el nodo central, nodos secundarios y la aplicación móvil.



Ilustración 1-4: Módulo electrónico para supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

4.1 Consideraciones generales

Para la validación del módulo se realizó pruebas que permitan definir la precisión y la exactitud del módulo. Según Santo y Lecumberry (2005) la precisión es la medida de dispersión que pueden presentar las mediciones de varias muestras, se utiliza en un conjunto de medidas de una misma magnitud y realizadas bajo las mismas circunstancias.

La precisión de un dispositivo se determina mediante el coeficiente de variación (*CV*) definido por la ecuación 5.

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}}\right) * 100\% \quad (5)$$

Donde:

σ : es la desviación estándar

\bar{X} : media de las muestras

Para hallar la desviación estándar se utiliza la ecuación 6.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (6)$$

Donde:

X_i : Observación número i de la variable X

\bar{X} : media de la variable X

N: Numero de observaciones

Según Portuondo y Portuondo (2010) es necesario la toma de 10 muestras para la prueba de estabilidad. Donde al obtener resultados menores al 5% son interpretados como resultados óptimos, si se encuentra en un rango mayor al 5% y menor al 10% los resultados son aceptables (Romero, 2012; DANE, 2008).

La exactitud indica que tan cerca está el valor medido con el valor real, mientras más cerca se encuentre el valor medido del valor real, más exacto será el resultado hallado (Santo y Lecumberry, 2005). Para hallar la exactitud se debe calcular el error absoluto en cual viene definido por la ecuación 7.

$$\Delta X = |X_r - X_m| \quad (7)$$

Donde:

X_r : valor real

X_m : valor medido

En la prueba de exactitud hallada mediante el error absoluto es necesario la toma de 30 muestras, ya que mientras mayor sea el número de muestras recolectadas menor será el error conseguido (Ochoa, 2013; Fisher et al., 1991).

El cálculo del error relativo porcentual también es fundamental para la validación del módulo ya que es un indicador de la calidad de las mediciones y permite determinar el criterio de calidad del resultado experimental. Para hallar el error relativo (e_r) se emplea la ecuación 8.

$$e_r = \frac{\Delta X}{X_r} * 100 \quad (8)$$

Donde:

ΔX : error absoluto

X_r : valor real

Según Santo y Lecumberry (2005) cuando se obtiene un valor de e_r menor al 1% es interpretado como un resultado bueno, si el valor se encuentra en un rango mayor al 5% y menor al 10% el resultado es aceptable

A continuación, se detallan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

4.2 Validación de sensores

Tiene como objetivo verificar la exactitud de los sensores ubicados en el nodo secundario por medio del cálculo del error relativo.

4.2.1 Validación del sensor Max 30102

Se verifica que el módulo electrónico no incorpore errores adicionales al del sensor Max 30102. Para ello se ha seleccionado como equipo patrón al oxímetro de pulso de dedo LK87, el cual posee un error del $\pm 2\%$, según lo indicado en su hoja de datos (anexo M).

Para la toma de datos se colocó el equipo patrón en la muñeca derecha y el módulo en el dedo índice de la mano izquierda, los datos se reflejan en la pantalla de cada equipo, como se observa en la ilustración 2-4. Se tomó un total de 30 muestras en diferentes circunstancias e intervalos de tiempo, se compara las mediciones entre el equipo patrón y el módulo electrónico (anexo N). Finalmente se calcula el error absoluto y el error relativo como se muestra en la tabla 1-4 y se verifica que el error obtenido no supere al error propio del sensor.



Ilustración 2-4: Toma de muestras entre el pulsímetro automático y el módulo electrónico.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

A continuación, se procede con el cálculo del error absoluto y el error relativo entre las muestras tomadas.

Tabla 1-4: Análisis del Error Absoluto y Error Relativo de los valores del ritmo cardiaco.

Número de Muestras	Fecha/Hora	Medición con equipo patrón [lpm]	Medición con el módulo [lpm]	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	23/6/2022 09:15:00	71	69	2	2.82
2	23/6/2022 09:45:00	70	73	3	4.29
3	23/6/2022 10:25:00	73	71	2	2.74
4	23/6/2022 10:40:00	69	71	2	2.90
5	23/6/2022 11:00:00	69	66	3	4.35
6	23/6/2022 11:15:00	92	97	5	5.43
7	23/6/2022 11:35:00	99	100	1	1.01
8	23/6/2022 12:05:00	94	93	1	1.06
9	23/6/2022 14:35:00	96	92	4	4.17
10	23/6/2022 14:55:00	106	107	1	0.94
11	23/6/2022 15:15:00	133	131	2	1.50
12	23/6/2022 15:30:00	92	91	1	1.09
13	23/6/2022 16:00:00	98	94	4	4.08
14	23/6/2022 16:15:00	93	92	1	1.08
15	23/6/2022 16:45:00	92	94	2	2.17
16	25/6/2022 09:00:00	88	86	2	2.27
17	25/6/2022 09:17:00	91	94	3	3.30
18	25/6/2022 09:35:00	78	76	2	2.56
19	25/6/2022 10:10:00	91	93	2	2.20
20	25/6/2022 10:40:00	95	94	1	1.05
21	25/6/2022 11:07:00	97	99	2	2.06
22	25/6/2022 11:25:00	72	76	4	5.56
23	25/6/2022 12:35:00	76	77	1	1.32
24	25/6/2022 14:50:00	112	109	3	2.68
25	25/6/2022 15:30:00	109	110	1	0.92
26	25/6/2022 15:52:00	120	117	3	2.50
27	25/6/2022 16:30:00	85	83	2	2.35
28	25/6/2022 17:00:00	90	87	3	3.33
29	25/6/2022 17:15:00	101	104	3	2.97
30	25/6/2022 17:45:00	94	96	2	2.13
PROMEDIO				±2.27	2.56%

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 3-4 se observa una gráfica comparativa donde se evidencia la similitud de los datos obtenidos por el equipo patrón y el módulo electrónico, basándose en los cálculos realizados en la tabla 1-4 donde se obtiene un error absoluto de ± 2.27 lpm, equivalente al 1.27%, siendo este

menor al 3% de error que posee originalmente el sensor Max 30102. Se puede concluir que el módulo no añadió errores adicionales al del sensor. Además, se obtiene un error relativo de 2.56%, el cual, al ser mayor que 1% y menor al 5% indica que la calidad de la medida es entre buena y aceptable, concluyendo que el resultado experimental se encuentra en un rango de bueno y aceptable (Santo y Lecumberry, 2005a).

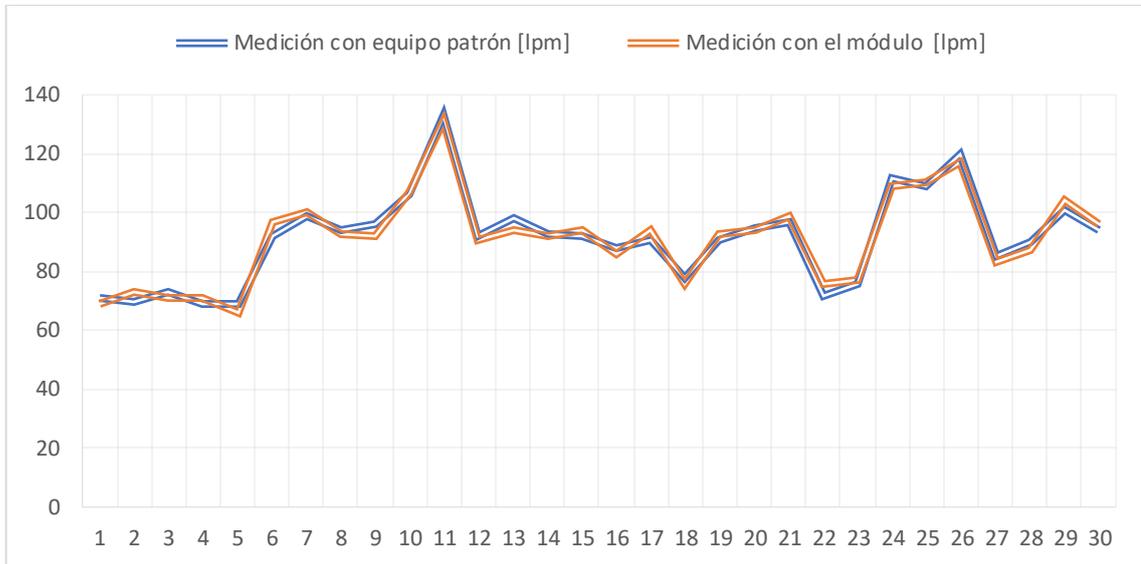


Ilustración 3-4: Comparación de mediciones de ritmo cardíaco entre el pulsímetro digital y el módulo electrónico.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

4.2.2 Validación del sensor MPU 6050

Se verifica que el módulo electrónico no incorpore errores adicionales al del sensor MPU6050. Para ello se ha seleccionado como equipo patrón una aplicación móvil de cronómetro llamada “Cronómetro Temporizador” encargada de medir el tiempo empleado y un flexómetro de 50 m para medir la distancia.

Para hallar la velocidad promedio basta con dividir la distancia recorrida con el tiempo empleado. El módulo se coloca en la muñeca y dedo índice de la mano izquierda y se asegura el ajuste de las correas y del sensor max30102 del dedo, una vez que se empieza a correr los datos se reflejan en la pantalla del módulo, pero para mayor facilidad los datos serán comparados con los datos arrojados en la gráfica y reporte de la aplicación móvil (anexo O). La validación fue realizada en pruebas de velocidad de 30 m, se tomó un total de 30 muestras en diferentes circunstancias e intervalos de tiempo, se compara las mediciones entre el equipo patrón y el módulo electrónico. Finalmente se calcula el error absoluto y el error relativo como se observa en la tabla 2-4 y se compara si dicho error es mayor o menor al del sensor.

Tabla 2-4: Análisis del error absoluto y error relativo del sensor MPU6050.

Número de Muestras	Fecha/Hora	Medición con equipo patrón [Km/h]	Medición con el módulo [Km/h]	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	24/6/2022 08:30:00	9	8	1	11.11
2	24/6/2022 08:45:00	12	11	1	8.33
3	24/6/2022 09:30:00	12	12	0	0.00
4	24/6/2022 09:45:00	13	12	1	7.69
5	24/6/2022 10:15:00	12	12	0	0.00
6	24/6/2022 10:25:00	13	12	1	7.69
7	24/6/2022 10:36:00	15	13	2	13.33
8	24/6/2022 10:52:00	9	8	1	11.11
9	24/6/2022 11:06:00	11	11	0	0.00
10	24/6/2022 11:23:00	13	12	1	7.69
11	24/6/2022 12:00:00	15	14	1	6.67
12	24/6/2022 12:15:00	9	11	2	22.22
13	24/6/2022 12:20:00	9	10	1	11.11
14	24/6/2022 14:15:00	12	12	0	0.00
15	24/6/2022 14:15:00	11	9	2	18.18
16	24/6/2022 14:33:00	10	9	1	10.00
17	24/6/2022 14:37:00	10	11	1	10.00
18	26/6/2022 14:16:00	15	14	1	6.67
19	26/6/2022 14:21:00	17	16	1	5.88
20	26/6/2022 14:37:00	8	7	1	12.50
21	26/6/2022 15:15:00	13	12	1	7.69
22	26/6/2022 15:50:00	16	17	1	6.25
23	26/6/2022 16:08:00	17	16	1	5.88
24	26/6/2022 16:19:00	13	11	2	15.38
25	26/6/2022 16:41:00	11	13	2	18.18
26	26/6/2022 17:30:00	17	16	1	5.88
27	26/6/2022 17:56:00	8	9	1	12.50
28	26/6/2022 18:13:00	11	9	2	18.18
29	26/6/2022 18:22:00	12	13	1	8.33
30	26/6/2022 18:30:00	13	14	1	7.69
PROMEDIO				±1.07	9.21%

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 4-4 se observa una gráfica comparativa donde se evidencia la similitud de los datos obtenidos por el equipo patrón y el módulo electrónico, basándose en los cálculos realizados en la tabla 2-4 donde se obtiene un error absoluto de ± 1.07 Km/h, equivalente al 2.47%, siendo este menor al 3% de error que posee originalmente el sensor MPU6050. Se puede concluir que el

módulo no añadió errores adicionales al del sensor. Además, el valor del error relativo hallado es de 9.21%, el cual, al ser mayor al 5% y menor al 10% indica que la calidad de la medida es aceptable, concluyendo que el resultado experimental es aceptable. (Santo y Lecumberry, 2005).

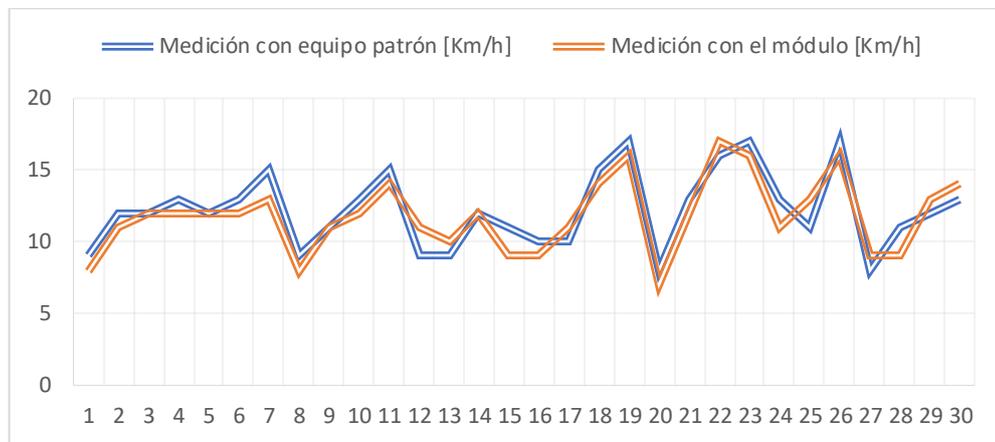


Ilustración 4-4: Comparación de mediciones de velocidad entre el equipo patrón y el módulo electrónico.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

4.3 Estabilidad de sensores

Tiene como objetivo verificar la precisión de los sensores ubicados en el nodo secundario por medio del cálculo del coeficiente de variación.

4.3.1 Estabilidad del sensor Max30102

Se determina el comportamiento del sensor Max30102 durante un periodo de tiempo, bajo las mismas condiciones como temperatura, humedad u otros factores.

La hora de inicialización de la prueba fue a las 16:15:00, con un intervalo de diez segundo por cada medición. Inicialmente, se toman muestras de los valores medidos por el módulo electrónico (ilustración 5-4) en el intervalo de tiempo establecido y mediante la obtención del coeficiente de variación se compara con los rangos de estabilidad establecidos (anexo P).



Ilustración 5-4: Tomas de muestras para prueba de estabilidad

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 3-4, se obtiene el coeficiente de variación en base a las muestras tomadas.

Tabla 3-4: Prueba de estabilidad del sensor Max 30102.

Número de Muestras	Fecha/Hora	Medición de ritmo cardiaco con el módulo electrónico (lpm)
1	28/6/2022 16:15:00	71
2	28/6/2022 16:15:10	73
3	28/6/2022 16:15:20	69
4	28/6/2022 16:15:30	72
5	28/6/2022 16:15:40	76
6	28/6/2022 16:15:50	74
7	28/6/2022 16:16:00	72
8	28/6/2022 16:16:10	75
9	28/6/2022 16:16:20	77
10	28/6/2022 16:16:30	78
Media \bar{X}		73.7
Desviación estándar		2.83
CV		3.84%

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Con base a la tabla 3-4, se calculó el coeficiente de variación del módulo electrónico y obteniendo un valor de 3.84% al compararse con los rangos de aceptación y rechazo de CV, se concluye que

el sensor Max30102 es preciso y tiene poca variabilidad ya que su coeficiente de variación es menor al 5% (Romero, 2012; DANE, 2008).

4.3.2 Estabilidad sensor MPU6050

Se determina el comportamiento del sensor MPU6050 durante las pruebas de velocidad de 30 m, bajo las mismas condiciones como temperatura, humedad u otros factores.

Para ello, se toman muestras de los valores medidos por el módulo electrónico en intervalos de tiempos cortos (anexo Q), se calcula la desviación estándar y el coeficiente de variación y se compara con los rangos establecidos de estabilidad por autores.

En la tabla 4-4, se obtiene el coeficiente de variación en base a las muestras tomadas.

Tabla 4-4: Prueba de estabilidad del sensor MPU6050.

Número de Muestras	Fecha/Hora	Medición de velocidad con el módulo electrónico (km/h)
1	28/6/2022 18:20:00	12
2	28/6/2022 18:20:10	11
3	28/6/2022 18:20:20	12
4	28/6/2022 18:20:30	12
5	28/6/2022 18:20:40	13
6	28/6/2022 18:20:50	13
7	28/6/2022 18:21:00	12
8	28/6/2022 18:21:10	12
9	28/6/2022 18:21:20	12
10	28/6/2022 18:21:20	12
Media \bar{X}		12.1
Desviación estándar		0.57
CV		4.69%

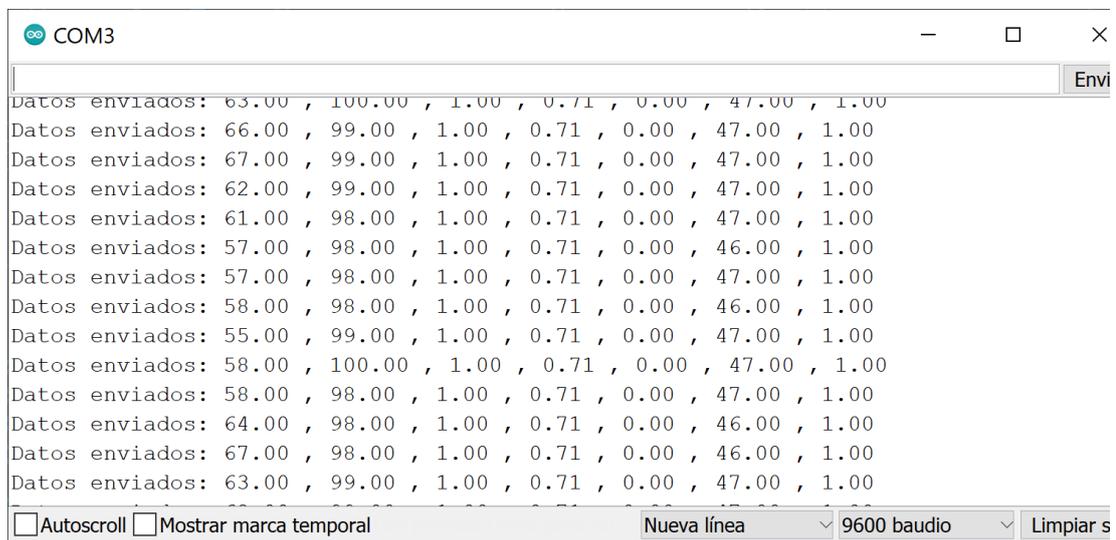
Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Con base a la tabla 4-4, se calculó el coeficiente de variación del módulo electrónico, obteniendo un valor de 4.69%. Al compararse con los rangos de aceptación y rechazo de C.V, se concluye que el sensor MPU6050 es preciso y tiene poca variabilidad ya que su coeficiente de variación es menor al 5% (Romero, 2012; DANE, 2008).

4.4 Comunicación

Tiene como objetivo comprobar que exista comunicación entre el nodo secundario y el nodo central, para luego enviar la trama recibida a la base de datos y ser visualizada en la aplicación móvil. Se supervisan los datos generados y enviados por el nodo secundario mediante el monitor serial del IDE de Arduino 1.8.19 (ilustración 6-4), compararlos con la información que presenta la aplicación móvil (ilustración 7-4 e ilustración 8-4) y verificar que sea completa y correcta.

La hora de inicialización de la prueba fue a las 22:31:17, con un intervalo de un segundo para el envío de tramas. Se comprueba los datos enviados mediante el monitor serial del nodo secundario, esta información es comparada con la gráfica de los datos históricos y con el informe tipo PDF que proporciona la aplicación móvil, donde se detalla los datos receptados desde el nodo secundario.



```
COM3
Datos enviados: 63.00 , 100.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 66.00 , 99.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 67.00 , 99.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 62.00 , 99.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 61.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 57.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 46.00 , 1.00
Datos enviados: 57.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 58.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 46.00 , 1.00
Datos enviados: 55.00 , 99.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 58.00 , 100.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 58.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
Datos enviados: 64.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 46.00 , 1.00
Datos enviados: 67.00 , 98.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 46.00 , 1.00
Datos enviados: 63.00 , 99.00 , 1.00 , 0.71 , 0.00 , 47.00 , 1.00
```

Ilustración 6-4: Supervisión de datos enviados por el nodo secundario mediante el monitor serial para la prueba de comunicación.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022



Ilustración 7-4: Visualización de datos desde la aplicación móvil.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
 Apellido: Espinoza
 Cédula: 2300406481
 Estatura: 1.73 m
 Peso: 73 Kg
 Edad: 23 años
 IMC: 24.39
 Código de Antena RF: 1

Fecha de Reporte: 04/07/2022 22:31:34

No	FECHA	RITMO CARDIACO (Lpm)	VELOCIDAD (Km/h)	OXIGENO (%)	PASOS (#)	DISTANCIA (m)	BATERIA (V)
1	04/07/2022 22:31:17	63.0	0.00	100.0	1.0	0.71	4.70
2	04/07/2022 22:31:18	66.0	0.00	99.0	1.0	0.71	4.70
3	04/07/2022 22:31:20	67.0	0.00	99.0	1.0	0.71	4.70
4	04/07/2022 22:31:21	62.0	0.00	99.0	1.0	0.71	4.70
5	04/07/2022 22:31:22	61.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.70
6	04/07/2022 22:31:23	57.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.60
7	04/07/2022 22:31:24	57.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.70
8	04/07/2022 22:31:26	58.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.60
9	04/07/2022 22:31:27	55.0	0.00	99.0	1.0	0.71	4.70
10	04/07/2022 22:31:28	58.0	0.00	100.0	1.0	0.71	4.70
11	04/07/2022 22:31:29	58.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.70
12	04/07/2022 22:31:31	64.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.60
13	04/07/2022 22:31:32	67.0	0.00	98.0	1.0	0.71	4.60
14	04/07/2022 22:31:33	63.0	0.00	99.0	1.0	0.71	4.70

Ilustración 8-4: Datos históricos descritos en el informe PDF generado desde la aplicación móvil.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 5-4 se observa los datos enviados por el nodo secundario y los datos recibidos por el nodo central.

Tabla 5-4: Comparativa entre los datos enviados desde el nodo secundario y la aplicación móvil.

Fecha		Datos enviados							Datos mostrados						
		D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]
1	4/7/2022 22:31:17	63	100	1	0.71	0	4.7	1	63	100	1	0.71	0	4.7	1
2	4/7/2022 22:31:18	66	99	1	0.71	0	4.7	1	66	99	1	0.71	0	4.7	1
3	4/7/2022 22:31:20	67	99	1	0.71	0	4.7	1	67	99	1	0.71	0	4.7	1
4	4/7/2022 22:31:21	62	99	1	0.71	0	4.7	1	62	99	1	0.71	0	4.7	1
5	4/7/2022 22:31:22	61	98	1	0.71	0	4.7	1	61	98	1	0.71	0	4.7	1
6	4/7/2022 22:31:23	57	98	1	0.71	0	4.6	1	57	98	1	0.71	0	4.6	1
7	4/7/2022 22:31:24	57	98	1	0.71	0	4.7	1	57	98	1	0.71	0	4.7	1
8	4/7/2022 22:31:26	58	98	1	0.71	0	4.6	1	58	98	1	0.71	0	4.6	1
9	4/7/2022 22:31:27	55	99	1	0.71	0	4.7	1	55	99	1	0.71	0	4.7	1
10	4/7/2022 22:31:28	58	100	1	0.71	0	4.7	1	58	100	1	0.71	0	4.7	1
11	4/7/2022 22:31:29	58	98	1	0.71	0	4.7	1	58	98	1	0.71	0	4.7	1
12	4/7/2022 22:31:31	64	98	1	0.71	0	4.6	1	64	98	1	0.71	0	4.6	1
13	4/7/2022 22:31:32	67	98	1	0.71	0	4.6	1	67	98	1	0.71	0	4.6	1
14	4/7/2022 22:31:33	63	98	1	0.71	0	4.7	1	63	98	1	0.71	0	4.7	1

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 5-4 se observa que existe comunicación entre el nodo secundario formado por los sensores y la aplicación, teniendo en cuenta que para que los datos sean transmitidos hacia la aplicación móvil es necesario que primero pasen hacia el nodo central formado por un bloque de procesamiento constituido por un Arduino Nano y un bloque de transmisión formado por el Esp8266, y como se puede apreciar en las ilustraciones 6-4, 7-4 y 8-4 se puede concluir que la comunicación se realiza sin problema.

4.5 Distancia máxima sin pérdida

Tiene como objetivo determinar la distancia máxima de transmisión de datos por medio de comunicación por RF. Mediante Google Maps se estableció el espacio para efectuar las pruebas de comunicación con una distancia máxima de 250m.

El Punto A esta fijado el nodo central y el nodo secundario se traslada por el espacio establecido hasta llegar al Punto B (ilustración 9-4). Se establecen rangos de lectura y así evaluar la calidad de la señal mediante el número de tramas perdidas en cada segmento de distancia. La pérdida de tramas se establece por el número de desconexiones del nodo secundario con el nodo central. Cada desconexión dura aproximadamente un segundo y el nodo secundario envía una trama cada segundo, obteniendo una pérdida de trama por cada desconexión.

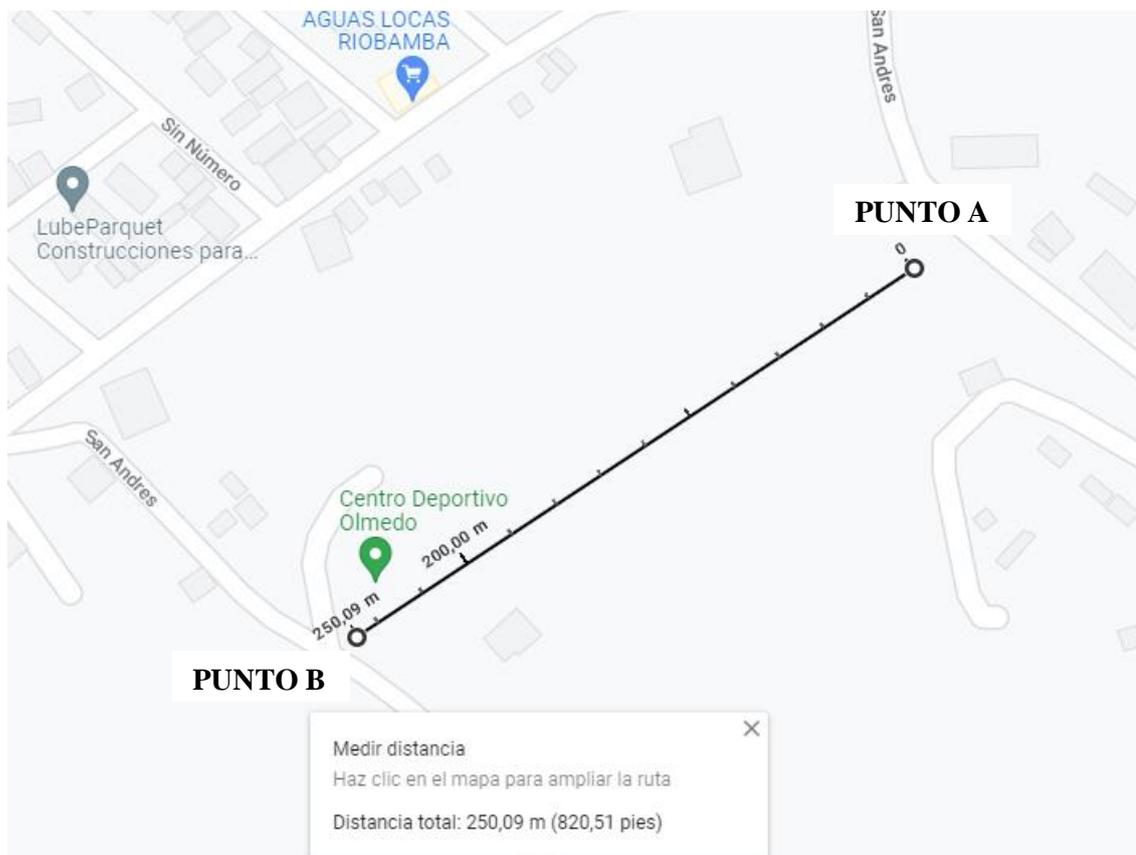


Ilustración 9-4: Distancia establecida en Google Maps para la prueba de comunicación por RF.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la Tabla 6-4 se detalla los rangos de lectura y la calidad de la señal.

Tabla 6-4: Análisis del alcance de la comunicación RF

Rangos de lectura (m)	N° tramas perdidas	Calidad señal
0-130	0	Excelente
130-175	1	Alto
175-210	3	Medio
210-250	4	Bajo
>250	-	Nulo

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Como se puede observar en la tabla 6-4 en una distancia de 0-130 m existe una excelente calidad de la señal sin desconexiones ni pérdidas de tramas por lo cual se concluye que se cumple con el requerimiento de comunicación de 100m como se observa en la ilustración 10-4, además hay que tener en cuenta que hasta los 250 m existe comunicación a pesar de tener 4 desconexiones de aproximadamente 1s lo que significa que se pierden 4 tramas, sin embargo comparando con los datos adquiridos las tramas perdidas no afectan de forma relevante la visualización de los datos por tal razón se puede decir que la comunicación puede llegar hasta los 250 m.

Tabla 7-4: Integridad de datos entre los datos enviados y los datos recibidos

Fecha		Trama enviada							Trama recibida							Error absoluto de trama						
		D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]
1	04/07/2022 16:15:10	107	95	1	0.71	0	4.5	1	107	95	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
2	04/07/2022 16:15:11	107	95	1	0.71	0	4.5	1	107	95	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
3	04/07/2022 16:15:12	107	95	1	0.71	0	4.5	1	107	95	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
4	04/07/2022 16:15:13	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
5	04/07/2022 16:15:14	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
6	04/07/2022 16:15:15	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
7	04/07/2022 16:15:16	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
8	04/07/2022 16:15:17	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
9	04/07/2022 16:15:18	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
10	04/07/2022 16:15:19	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
11	04/07/2022 16:15:20	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
12	04/07/2022 16:15:21	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
13	04/07/2022 16:15:22	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
14	04/07/2022 16:15:23	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
15	04/07/2022 16:15:24	106	97	1	0.71	0	4.5	1	106	97	1	0.71	0	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0
Promedio del error relativo																0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la tabla 7-4 se obtiene un error absoluto nulo para cada dato enviado en la trama, el cual indica el índice de exactitud existente entre los datos enviados y los datos recibidos, concluyendo que la información enviada y recibida es la misma y existe integridad a la hora de transmitir la información. El error relativo al estar por debajo del 0,1% indica que la comunicación es de muy alta precisión, indicando que el resultado experimental es bueno. (Santo y Lecumberry, 2005).

4.7 Prueba de red inalámbrica

Tiene como objetivo verificar que no exista conflicto en la comunicación inalámbrica simultánea de los nodos secundarios con el nodo central y una correcta recepción de las tramas de cada nodo emisor.

La comunicación es realizada mediante RF, los dos nodos secundarios se encuentran en operación y las tramas de ambas son receptadas por el nodo central. Para la visualización de la recepción de datos se la realiza mediante el monitor serial de la IDE de Arduino 1.8.19.

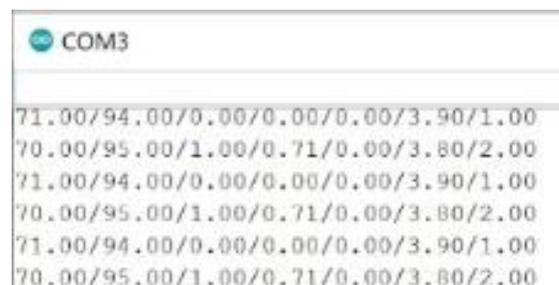


Ilustración 12-4: Comunicación simultánea de nodos secundarios visualizada en el monitor serial del nodo central.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 12-4 se observa las tramas enviadas por los nodos secundarios, donde el séptimo dato de cada trama identifica al nodo emisor. Se concluye que no existe conflicto en la comunicación simultánea y cada trama se recibe correctamente.

4.8 Consumo de corriente

Tiene como objetivo determinar el consumo de corriente del nodo central y del nodo secundario en operación y así comparar lo obtenido con los valores teóricos. Mediante el multímetro digital KAIWEETS modelo KM100, se han realizado diez muestras para cada nodo, obteniendo el consumo de corriente real de cada uno.

4.8.1 Consumo de corriente del nodo central

La tabla 8-4 se indica el consumo de corriente obtenido en cada muestra (anexo R), de esta forma se establece un promedio de consumo del nodo central.

Tabla 8-4: Consumo de corriente real del nodo central.

N° de muestra	Consumo de corriente
Muestra 1	112.9 mA
Muestra 2	111.3 mA
Muestra 3	110.2 mA
Muestra 4	103.7 mA
Muestra 5	95.7 mA
Muestra 6	99.1 mA
Muestra 7	96.4 mA
Muestra 8	92.9 mA
Muestra 9	95.3 mA
Muestra 10	87.7 mA
Promedio de consumo	100.52 mA

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a la tabla 8-4 se concluye que el consumo de corriente real del nodo central en operación es de 100.52 mA, esto representa el 49.27% del consumo de corriente teórico obtenido en la tabla 12-3.

4.8.2 Consumo de corriente del nodo secundario

La tabla 9-4 se indica el consumo de corriente obtenido en cada muestra (anexo S), de esta forma se establece un promedio de consumo del nodo secundario.

Tabla 9-4: Consumo de corriente real del nodo secundario.

N° de muestra	Consumo de corriente
Muestra 1	35.3 mA
Muestra 2	35.9 mA
Muestra 3	35.2 mA
Muestra 4	37.1 mA
Muestra 5	36.8 mA
Muestra 6	39.6 mA
Muestra 7	38.2 mA
Muestra 8	36.5 mA
Muestra 9	36.2 mA
Muestra 10	35.5 mA
Promedio de consumo	36.63 mA

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a la tabla 9-4 se concluye que el consumo de corriente real del nodo central en operación es de 36.63 mA, esto representa el 76.31% del consumo de corriente teórico obtenido en la tabla 11-3.

4.9 Envío de mensajes de alerta

Tienen como objetivo comprobar que exista un correcto envío y recepción de mensajes de alerta cuando existan niveles críticos de ritmo cardiaco.

Para ello se observa si existe la llegada de los mensajes de alerta al celular del equipo médico. Para poder establecer el límite de la frecuencia máxima para el envío de mensajes de alerta fue necesario hacer una recopilación de datos en jugadores donde se obtuvo las medias de la edad y frecuencia de reposo.

Tabla 10-4: Edad y frecuencia de reposo promedio de los jugadores del Centro Deportivo Olmedo.

Jugadores	Edad (años)	Frecuencia de reposo (lpm)
Jhon Huilca	22	51
Eduardo Olmedo	20	45
Andrés Vinueza	32	47
Gabriel Yllaramendi	18	46
Lucas Pugh	28	51
Rommel Cabezas	22	50
Andrés Quiñonez	25	52
Mauricio Yedro	35	55
Bryan Oña	28	57
Edison Medina	22	50
Promedio	25	50

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Con los datos promedio obtenidos en la tabla 10-4 se determinó la frecuencia máxima de los jugadores, la cual se calcula en base a la ecuación de la población deportista descrita en tabla 5-2, obteniendo como resultado una frecuencia igual a 190 lpm.

Una vez hallada la frecuencia cardiaca máxima se emplea la ecuación de Karvonen (ecuación 3) para poder encontrar la frecuencia objetiva en la zona 4 al 90% con una intensidad de entrenamiento alta, obteniendo un valor de 176 lpm.

El valor de frecuencia objetiva al 90% permite establecer una zona de alerta que determina cuando el ritmo cardiaco del jugador se encuentra en estado crítico. Cuando el ritmo cardiaco del jugador sobrepase el valor de 176 lpm, se envía un mensaje de texto al equipo médico identificando al jugador e indicando el nivel crítico de ritmo cardiaco en que se encuentra, como se puede observar en la ilustración 13-4.

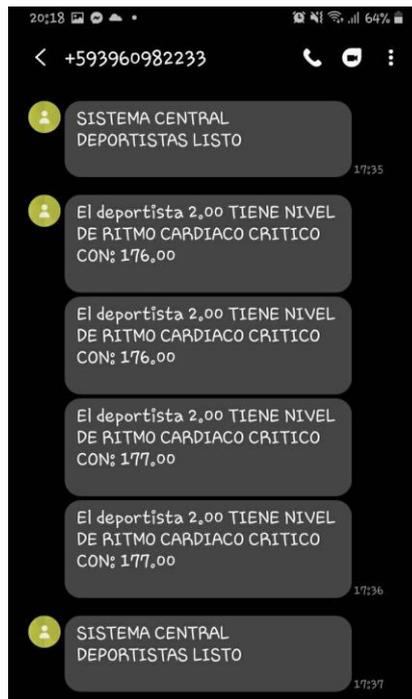


Ilustración 13-4: Mensajes de alerta al equipo médico.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a la ilustración 13-4 se puede concluir que el envío de mensajes de alerta se realiza correctamente en el valor límite establecido, identificando al usuario y el valor del ritmo cardiaco en que se encuentra.

4.10 Tiempo de carga y descarga de la batería

Tiene como objetivo medir los tiempos de carga completa y duración de la batería cuando el módulo electrónico se encuentre en operación.

Para medir el tiempo de carga completa es necesario que la batería se encuentre descargada en su totalidad. La batería posee un corte de descarga en 2.75 V y un voltaje de carga máximo de 4.2 V con una capacidad de corriente máxima de 400 mAh, valores definidos en su hoja de datos (Anexo J).

La Asociación de Industrias de Tecnología de la Información y Electrónica de Japón (JEITA) establece que la corriente de carga segura de baterías de litio debe estar limitada un 50% de su capacidad máxima. Para limitar la corriente de carga se ha utilizado una fuente de energía de 5V – 500mAh (ilustración 14-4), se conecta al módulo Tp4056 y este a su vez se conecta a la batería, iniciando el proceso de carga.



Ilustración 14-4: Fuente de energía para la alimentación del módulo Tp4056.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Se cronometra el tiempo necesario para que la batería alcance su voltaje de carga máximo, obteniendo un valor de 2.09 horas, en base a este valor y aplicando la ecuación 4, se calcula la corriente que el módulo cargador Tp4056 suministra a la batería para su carga, alcanzando un valor promedio de 191 mA, esto representa un 47.25% de la capacidad de corriente máxima de la batería, encontrándose en la zona segura de la corriente de carga de baterías de litio.

El consumo real de corriente del nodo secundario es de 36.63 mA, obtenido en la tabla 41-4, este valor es necesario para determinar el tiempo real de duración de la batería cuando el módulo electrónico se encuentre en operación. Para ello se emplea la ecuación 4, donde se calcula un tiempo de 10.92 horas.

Para la prueba de descarga de la batería, el módulo electrónico fue puesto en funcionamiento en los entrenamientos del Centro Deportivo Olmedo (ilustración 15-4). En cada entrenamiento el módulo permaneció en operación aproximadamente 1.45 horas, este proceso fue reiterado hasta completar el proceso de descarga de la batería, registrando que la batería suministró energía al módulo electrónico en el transcurso de siete entrenamientos.



Ilustración 15-4: Módulo electrónico en funcionamiento durante entrenamientos en el Centro Deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

4.11 Funcionamiento general del módulo electrónico

Una vez realizado las pruebas de validación, estabilidad, comunicación, integridad de comunicación, distancia máxima sin pérdidas, envío de mensajes de alerta entre otras, se procedió a realizar pruebas de funcionamiento general del módulo electrónico durante los entrenamientos del Centro Deportivo Olmedo como se puede apreciar en la ilustración 16-4.



Ilustración 16-4: Implementación del módulo electrónico en entrenamientos del Centro Deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Antes de empezar con las pruebas de funcionamiento es necesario ingresar al *Access Point* del ESP8266 llamada NODO CENTRAL WIFI, permite seleccionar y guardar las credenciales de la red a la cual el nodo central estará conectado y permitirá el acceso a internet, como se observa en la ilustración 18-4. Una vez establecido la conexión se encienden los nodos secundarios y se comprueba que exista conexión mediante la visualización de datos en la aplicación móvil.



Ilustración 17-4: Instalación y configuración del módulo electrónico en el Centro Deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

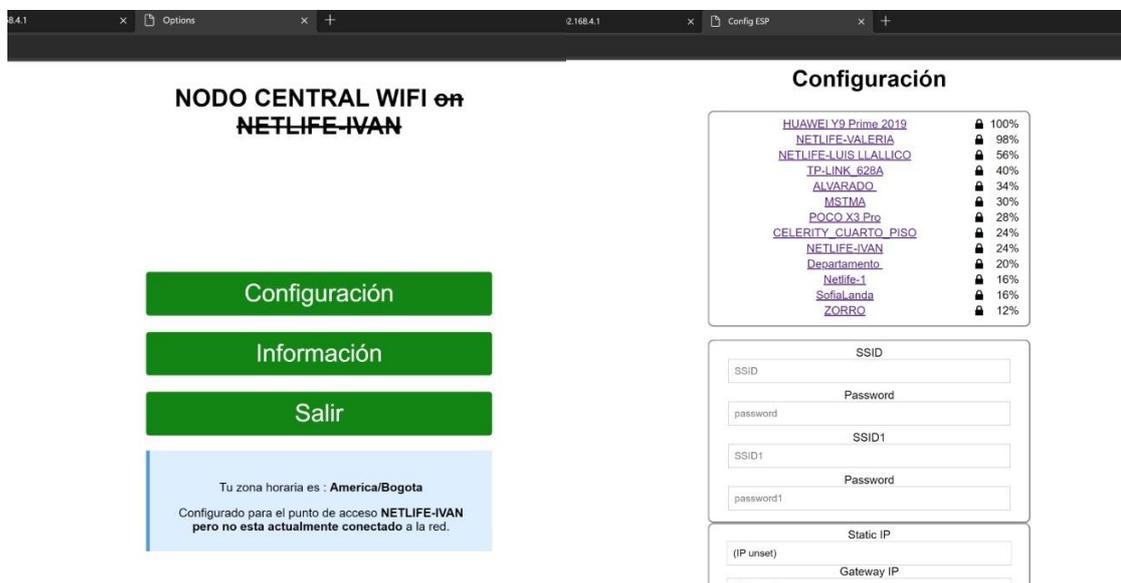


Ilustración 18-4: Conexión a la red WiFi mediante el *Access Point* del ESP8266

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

La primera prueba que se realizó fue la toma del ritmo cardiaco en los jugadores como se puede observar en la ilustración 9-4.



Ilustración 19-4: Pruebas de medición del ritmo cardiaco en el Centro Deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Posteriormente se realizó pruebas de velocidad de 10, 50 y 100 m en los deportistas (ilustración 20-4) y se verificó el correcto envío de datos hacia la aplicación móvil.



Ilustración 20-4: Pruebas de medición de velocidad en el Centro Deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En la ilustración 21-4 se puede comprobar el correcto envío de los datos obtenidos hacia la aplicación móvil.



Ilustración 21-4: Registro de datos en la aplicación móvil de los deportistas del centro deportivo olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a las pruebas realizadas se puede observar el correcto funcionamiento del módulo electrónico y para validar se adjunta en la ilustración 22-4 el certificado de aceptación y constancia del correcto funcionamiento por parte del Centro Deportivo Olmedo.



Ilustración 22-4: Certificado de aceptación del centro deportivo Olmedo.

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

4.12 Evaluación económica

En la tabla 11-4 se realiza el análisis de costos del módulo electrónico en donde se obtiene un costo total de \$301.60, tomando en cuenta los valores de cada dispositivo que conforma los diferentes nodos del prototipo implementado.

Tabla 11-4: Evaluación económica del módulo electrónico

Nodo	Dispositivos	Cantidad	Precio Unitario	Total
Secundario	Sensor Max30102	1	\$10.00	\$10.00
	Sensor MPU6050	1	\$3.50	\$3.50
	Arduino Nano	1	\$9.00	\$9.00
	Pantalla OLED 128 x 64	1	\$8.00	\$8.00
	Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01	1	\$2.50	\$2.50
	LiPo de 3.7 V y 400 mA	1	\$12.00	\$12.00
	Módulo Tp4056	1	\$2.00	\$2.00
	Material electrónico	1	\$3.50	\$3.50
	Material estructural del nodo secundario			
Costo del nodo secundario c/u				\$65.50
Costo total de 2 nodos secundarios				\$131.00
Central	Arduino Nano	1	\$9.00	\$9.00
	Esp8266	1	\$7.00	\$7.00
	MóduloSIM800L	1	\$14.00	\$14.00
	MóduloRF 2.4GHZ - NRF24L01 con antena	1	\$7.00	\$7.00
	Regulador DC-DC	2	\$2.00	\$4.00
	Material electrónico	1	\$1.00	\$15.00
	Material estructural del nodo central			
Costo del nodo central				\$91.00
Material eléctrico				\$10.00
Gastos totales de material				\$232.00
Costo de ingeniería				\$69.60
TOTAL				\$301.60

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

Con el valor total del módulo electrónico se puede realizar una tabla costo- beneficio en comparación con el sistema de cronometraje propuesto por Farinango (2017) el cual presenta características similares al módulo electrónico realizado, las cuales se detallan en la tabla 12-4.

Tabla 12-4: Tabla comparativa entre el módulo electrónico y el sistema de cronometraje.

Características	Módulo electrónico	Sistema de cronometraje
Parámetros monitoreados	Velocidad, ritmo cardiaco, oxigenación en la sangre	Velocidad
Tecnología utilizada	Radiofrecuencia, WiFi	RFID, XBee
# Nodos de adquisición de datos	2	2
# Nodos centrales	1	1
Aplicación	Si	Si
Registro de usuarios	Si	No
Registro de datos históricos en forma gráfica.	Si	No
Descarga de datos en archivo tipo texto.	Si	Si
Base de datos	Firestore	Excel
Distancia de lectura máxima	250 m	5 m
Libertad de movimiento	Si	No
Consumo de corriente	36.63 mA	390.5mA
Costo	\$301.60	\$449.20

Realizado por: Espinoza Henry, Trujillo Daniela, 2022

En base a la tabla 12-4 se observa que el costo del módulo electrónico en comparación con el sistema de cronometraje es 32.86% más económico, además se puede resaltar beneficios adicionales como es el mayor número de parámetros monitoreados, el módulo electrónico además de medir velocidad permite medir el ritmo cardio, la oxigenación en la sangre entre otros. Y finalmente uno de los mayores benéficos es la libertad de movimiento y la distancia de lectura máxima ya que al utilizar tecnología RF la distancia de alcance se incrementa permitiendo mayor libertad de movimiento en comparación con el sistema de cronometraje que al utilizar RFID la distancia entre el tag y la antena puede ser de máximo 5 m restringiendo la movilidad del deportista.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un módulo electrónico integrable a una red inalámbrica para supervisión de parámetros de velocidad y ritmo cardíaco de deportistas en entrenamiento. La supervisión de parámetros es en tiempo real mediante una aplicación móvil e incorpora un sistema de mensajes de alerta encargado de informar cuando el ritmo cardíaco se encuentre en estado crítico.
- El módulo electrónico está constituido por las capas de sensado, control y recepción, almacenamiento y administración – visualización, los cuales cumplen con funciones específicas. Se ha utilizado dos tipos de comunicaciones inalámbricas: comunicación por radiofrecuencia para el envío de datos sensados en campo y tecnología WiFi como puerta de acceso a internet para el almacenamiento de información en la base de datos.
- En base a las pruebas de validación de sensores de ritmo cardíaco y de medición de velocidad se encontró errores absolutos del 1.27% y 2.47% respectivamente, lo que indica que mantienen el error establecido en la hoja de datos de cada sensor. Se concluye que el módulo no añadió errores adicionales al del sensor.
- En base a las pruebas de validación de sensores se determinó que los sensores de ritmo cardíaco y de medición de velocidad poseen un error relativo de 2.56 % y 9.21 % respectivamente, los cuales al ser mayor que 1% y menor al 10% indicando que el resultado experimental se encuentra entre bueno y aceptable.
- En base a las pruebas de estabilidad se determinó que los sensores de ritmo cardíaco y de medición de velocidad poseen un coeficiente de variación de 3.84% y 4.69% respectivamente. Se concluye que el módulo electrónico es preciso y tiene poca variabilidad ya que el coeficiente de variación de los sensores implementados en el módulo electrónico es menor al 5%.
- Las pruebas de comunicación fueron realizadas mediante observación y comparación, comprobando que existe comunicación entre el nodo secundario y el nodo central mediante el monitor serial del IDE de Arduino 1.8.19 y verificar que la información se envié a la base de datos y sea visualizada en la aplicación móvil.

- En las pruebas de distancia máxima sin pérdidas se obtiene que a una distancia de 0-130 m existe una excelente calidad de la señal, sin presentar desconexiones ni pérdidas de tramas, cumpliendo con el requerimiento de comunicación de 100 m.
- Mediante la prueba de integridad de la información, se obtiene un error absoluto nulo, indicando que los datos enviados con los recibidos son iguales y existe integridad a la hora de transmitir la información, de igual forma se obtiene un error relativo por debajo del 0,1% concluyendo que las medidas son de muy alta precisión con un resultado experimental bueno.
- En las pruebas de red inalámbrica se comprueba la comunicación simultánea de los nodos secundarios hacia el nodo central visualizando la recepción de datos mediante el monitor serial de la IDE de Arduino 1.8.19 identificando al nodo emisor. Se concluye que no existe conflicto en la comunicación simultánea y cada trama se recibe correctamente.
- Las pruebas de envío de mensajes de alerta fueron realizadas mediante observación, comprobando que existe un correcto funcionamiento ya que una vez que los jugadores sobrepasaban la frecuencia cardíaca máxima establecida se recibía un mensaje de texto donde se indicaba el jugador y la frecuencia crítica en la que se encontraba, por esa razón se concluye que se cumplió con los requerimientos establecidos referentes a los mensajes de alerta.
- En base a las pruebas de consumo de corriente y descarga de la batería, se obtuvo un consumo real de corriente del nodo secundario de 36.63 mA, estableciendo un tiempo de 10.92 horas de suministro de energía de la batería. En los entrenamientos realizados en el Centro Deportivo Olmedo el módulo permaneció en operación aproximadamente 1.45 horas durante cada entrenamiento, registrando que la batería suministró energía al nodo secundario por el transcurso de siete entrenamientos.
- Con base al análisis económico realizado para la construcción del módulo electrónico se determinó un costo de \$301,60 con el cual se puede concluir que dicho precio representa un 32.86% más económico que sistemas de similares características, además de incluir beneficios adicionales como mayor número de parámetros monitoreados, mayor facilidad de movimiento y mayor distancia de comunicación.

RECOMENDACIONES

- Aumentar el tiempo de pruebas para la validación de los nodos que componen el módulo electrónico, con la finalidad de encontrar posibles mejoras al diseño.
- Se recomienda implementar inteligencia artificial con la finalidad de generar rutinas de entrenamiento personalizadas para los deportistas basado en las necesidades reflejadas en los datos sensados.
- Miniaturizar el dispositivo con la finalidad de facilitar la movilidad de los deportistas en el entrenamiento.
- Incorporar una página Web que permita compartir la información obtenida con expertos en el desarrollo deportivo.
- Generar modelos matemáticos en base a los datos históricos de los entrenamientos para prevenir y diagnosticar problemas del corazón.
- Monitorizar otras variables relacionadas a la salud y al desarrollo deportivo de los deportistas.

BIBLIOGRAFÍA

- 2142RUNNERS**, 2022. Fórmula De Karvonen: Como calcular zonas de entrenamiento de frecuencia cardíaca. [en línea]. [Consulta: 18 abril 2022]. Disponible en: <https://2142runners.com/formula-de-karvonen/>.
- ABRAJAN, C.**, 2020. Diseño Y Construcción De Un Robot Seguidor De Línea Evasor De Obstáculos Empleando Arduino Nano. Quito:
- AKHLAKUR, R., TAMEEM, J. y KAZI, O.**, 2017. Portable Non-Invasive Cardiac Health Monitoring Device. Dhaka: BRAC University.
- ALTO RENDIMIENTO**, 2022. Prueba Vuelo En 30 Metros. [en línea]. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://altorendimiento.com/prueba-vuelo-en-30-metros/>.
- ALVARADO, M. y CAIZA, L.**, 2021. Diseño E Implementación De Un Prototipo Wearable Para La Alerta Y Control De Estrés Mediante Monitoreo De Parámetros Fisiológicos Empleando Tecnologías De Bajo Costo. Guayaquil: Universidad De Guayaquil.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION**, 2021. Tabla de frecuencia cardíaca objetivo [en línea]. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <https://www.heart.org/en/news/2021/02/10/vigile-su-ritmo-cardiaco-pero-no-se-obsesione>.
- ANDROID STUDIO**, 2021. Introducción a Android Studio. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419#find_sample_code.
- ARANDA, E.**, 2018. Manual De Pruebas Para Evaluación De La Forma Física. *Universidad Autónoma de Yucatán* [en línea]. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://www.deportes.uady.mx/recursos/manualpruebasfisicas.pdf>.
- ARDUINO**, 2018. Etiqueta: IDE. [en línea], [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/ide/>.
- ARDUINO**, 2020. Wire. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/wire/>.
- ARDUINO**, 2021a. Cliente NTP. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/ntpclient/>.

- ARDUINO**, 2021b. RF24. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/>.
- ARDUINO**, 2021c. Wi-Fi - Cliente Wi-Fi(). [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/wifi/wificlient/>.
- ARDUINO**, 2022a. Arduino Nano. [en línea]. [Consulta: 17 mayo 2022]. Disponible en: <https://arduino.cl/arduino-nano/>.
- ARDUINO**, 2022b. Biblioteca EEPROM. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/eeprom>.
- ARDUINO**, 2022c. SoftwareSerial Library. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial>.
- ARDUINO**, 2022d. SPI. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/spi/>.
- ARDUINO**, 2022e. What is Arduino? [en línea]. [Consulta: 7 junio 2022]. Disponible en: https://www.android.com/intl/es_es/what-is-android/.
- AUTODESK**, 2022. EAGLE Diseño de PCB fácil para todos los ingenieros [en línea]. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/solutions/pcb-design-software>.
- BAKER, B.**, 2018. Aplicar la fusión de sensores a acelerómetros y giroscopios. *Digi-Key*.
- BARAHONA, L.**, 2018. *Estudio De La Herramienta “Android Studio” Con Aplicativo De Gestión De Proveedores, Clientes Y Gestión De Proformas Para El Taller Mecánico “El Golpe Mágico”*. [en línea]. Ibarra: Universidad Técnica Del Norte. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8682/1/04%20ISC%20483%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
- BARROS, P. y DELGADO, P.**, 2017. *Desarrollo de un prototipo de sistema de cronometraje para competencias atléticas de la universidad*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca.
- BENINGO, J.**, 2020. Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial. *Editores de Digi-Key de América del Norte*,

- BHAGERIA, V.**, 2021. ESP8266 Over the Air (OTA) Actualización a través del navegador web. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://nerdyelectronics.com/esp8266-over-the-air-through-web-browser/>.
- BUETTRICH, S.**, 2007. *Topología e Infraestructur estructura Básica de Redes Inalámbricas* [en línea]. octubre 2007. S.l.: s.n. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: https://unac.edu.pe/images/inventario/documentos/manuales/topologia-e-infraestructura_guia_v02.pdf.
- CERCAS, J.**, 2014. Evaluación De La Forma Física: Test De Frecuencia Cardíaca De Recuperación. [en línea]. [Consulta: 18 abril 2022]. Disponible en: <https://theswimet.com/evaluacion-de-la-forma-fisica-test-de-frecuencia-cardiaca-de-recuperacion/>.
- CHAUREL, C. y MURILLO, J. de D.**, 2014. *Sistema de monitoreo de rendimiento físico para atletas de alto desempeño*. Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- CORRADO, D., BASSO, C., SCHIAVON, M. y THIENE, G.**, 1998. Screening for Hypertrophic Cardiomyopathy in Young Athletes. *New England Journal of Medicine*, vol. 339, no. 6, pp.364-369. ISSN 0028-4793. DOI 10.1056/NEJM199808063390602.
- CORTEGAZA, L. y LUONG, D.**, 2015. Bases teóricas del rendimiento deportivo. *EFDportes*, vol. 20.
- DANE**, 2008. Estimación E Interpretación Del Coeficiente De Variación De La Encuesta Cocensal [en línea]. [Consulta: 13 June 2022]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf.
- DÍAZ, M.**, 2016. LibreríaESP8266WebServer (Arduino IDE). [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <http://arduinoamuee.blogspot.com/2016/02/libreria-esp8266webserver-arduino-ide.html>.
- DIGITAL**, 2020. Firebase: qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://digital55.com/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/#:~:text=Firebase%20ofrece%20un%20sistema%20de,recios%20a%20completar%20el%20proceso.>
- DYNDA, A.**, 2022. SSD1306. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://github.com/lexus2k/ssd1306>.

- ESCALANTE, D. y VARGAS, D.**, 2019. Raspberry pi: la tecnología reducida en placa. . Cali:
- ESCOBAR, P.**, 2018. Frecuencia Cardíaca Y Entrenamiento. [en línea]. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/ejercicio/calculo-y-monitorizacion/3161-frecuencia-cardiaca-y-entrenamiento.html>.
- ESPRESSIF SYSTEMS**, 2020. ESP8266EX Datasheet. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.
- FARINANGO, F.**, 2017a. *Sistema de cronometraje de alta precisión y bajo costo, para medir el rendimiento deportivo de los integrantes del club de triatlón de la Universidad Técnica del Norte*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- FARINANGO, F.**, 2017b. Sistema de cronometraje de alta precisión y bajo costo, para medir el rendimiento deportivo de los integrantes del club de triatlón de la Universidad Técnica del Norte. . S.l.:
- FERNÁNDEZ, R., ORDIERES, J., MARTÍNEZ, F., GONZÁLEZ, A., ALBA, F., LOSTADO, R. y PERNÍA, A.**, 2009. *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. S.l.: s.n.
- FERRO, A., FLORÍA, P., VILLACIEROS, J. y AGUADO-GÓMEZ, R.**, 2012. Validez y fiabilidad del sensor láser del sistema BioLaserSport® para el análisis de la velocidad de la carrera. *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte* [en línea], vol. 8, no. 1885-3137, pp. 357-370. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/710/71024525006.pdf>.
- FIREBASE**, 2022. Firebase Realtime Database. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://firebase.google.com/docs/database#implementation_path.
- FISHER, A., LAING, J., STOECKEL, J. y TOWNSEND, J.**, 1991. Manual para el diseño de investigación operativa en planificación familiar. [en línea], [Consulta: 17 julio 2022]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3075>.
- GALLARDO, O.**, 2015. *Fabricación de placas de circuito impreso con Proteu* [en línea]. Valladolid: Universidad De Valladolid. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14625/TFG-P-312.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GARCÍA, J.**, 2013. Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca al control del entrenamiento deportivo: Análisis en modo frecuencia. . S.l.:

GARCÍA, R. y LAMOTHE, S., 2010. La velocidad en los deportes de conjunto. *EFDeportes*, vol. 15.

GONZÁLES, C., 2015. *Análisis Técnico De Los Diferentes Tipos De Baterías Comercialmente Disponibles Para Su Integración En El Proyecto De Una Microrred Aislada* [en línea]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3663/ANA%cc%81LISIS%20TE%cc%81CNICO%20DE%20LOS%20DIFERENTES%20TIPOS%20DE%20BATERI%cc%81AS%20COMERCIALMENTE%20DISPONIBLES%20PARA%20SU%20INTEGRACIO%cc%81N%20EN%20EL%20PROYECTO%20DE%20UNA%20MICRORRED%20AISLADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GONZÁLES, J., GONZÁLES, B. y HAM, T., 2008. Manual Proteus 6.0 Professional. [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.apuntesdeelectronica.com/disenio-simulacion/manual-proteus-profesional.htm>.

GONZÁLEZ, G. y SILVA, F., 2013. Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing [en línea]. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>

GROKHOTKOV, I., 2017. Librería ESP8266WiFi. [en línea]. [Consulta: 21 junio 2022]. Disponible en: <https://esp8266-arduino-spanish.readthedocs.io/es/latest/esp8266wifi/readme.html>

GUILLAMÓN, A., 2014. Biomecánica de la actividad física y el deporte: objetivos, principios y aparatos de medición. *EFDeportes* [en línea], [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd188/biomecanica-de-la-actividad-fisica.htm#:~:text=Las%20c%3%A9lulas%20fotoel%C3%A9ctricas%20son%20sensibles,velocidad%20100%20metros%20lisos>).

HERRERA, J., 2022. ¿Como crear una base de datos y conectarla a nuestra app con Firebase? [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.paradigmadigital.com/dev/crear-base-datos-firebase/>.

INGENIERÍA MECAFENIX, 2021. ¿Qué es una batería y cómo funciona? [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/que-es-una-bateria/>.

- INNOVASPORT**, 2022. Sensor de Frecuencia Cardiaca Polar H10. [en línea]. [Consulta: 24 julio 2022]. Disponible en: <https://www.innovasport.com/>.
- INVENSENSE**, 2013. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://octopart.com/datasheet/mpu-6050-invensense-19505926>.
- KEITH MOORE**, 2012. El supercorazón de los atletas de élite. *BBC*, [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/07/120726_supercorazon_atletas_bradley_wiggins.
- LLAMAS, L.**, 2016. Comunicación Inalámbrica A 2.4ghz Con Arduino Y Nrf24l01. [en línea]. [Consulta: 17 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/comunicacion-inalambrica-a-2-4ghz-con-arduino-y-nrf24l01/>.
- LLAMAS, L.**, 2018. Esp8266, La Alternativa A Arduino Con Wifi. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/esp8266/>.
- LLAMAS, L.**, 2019. Librería Arduino EasyComma. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://github.com/luisllamasbinaburo/Arduino-EasyComma>.
- LÓPEZ, M. y QUIÑONEZ, J.**, 2018. Diseño E Implementación De Un Prototipo De Una Red Inalámbrica Con Nodos Inteligentes Como Ayuda Para El Manejo Y Selección De Cultivos En Cielo Abierto [en línea]. Propuesta tecnológica. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. [Consulta: 24 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9152/5/98T00205.pdf>.
- LOPÉZ, S.**, 2018. *Sistema De Monitoreo De Vo2 Para Deportistas*. Medellín: Universidad EIA, Universidad CES.
- LOYOLA, M. y BECERRA, P.**, 2015. Manual para la aplicación de la tecnología Zigbee para edificios inteligentes en la ciudad de Cuenca.
- MARISCAL, M.**, 2021. Cuáles son las capacidades físicas condicionales [en línea]. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/deporte/articulo/cuales-son-las-capacidades-fisicas-condicionales-50771.html>
- MARTÍ, R.**, 2021. Cómo medir tu frecuencia cardiaca máxima (FC Máx). [en línea]. [Consulta: 24 julio 2022]. Disponible en: <https://www.runnersworld.com/es/>.

- MARTÍN, P.**, 2009. La velocidad: factores, manifestaciones, entrenamientos para niños y su evaluación. *EFDeportes*, vol. 14.
- MISRA, D.**, 2015. 26 Radio Frequency and Microwave Communication Systems. *Microwave and Radio-Frequency Technologies in Agriculture*. S.l.: De Gruyter Open Poland, pp. 322-336.
- MOBIZT**, 2022. Firebase-ESP8266. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP8266>.
- MONGE, C.**, 2021. *Fundamentos Científicos De Poligrafía*. S.l.: s.n.
- MONTOYA, C.**, 2012. Las experiencias de éxito y fracaso en el deporte, algunas de sus manifestaciones psicológicas asociadas. *EFDeportes*, vol. 17.
- MORALES, L., HERNÁNDEZ, H. y DÍAZ, I.**, 2014. Normas para evaluar talentos en condición física. Una experiencia en escolares entre 7 y 17 años en el Estado Portuguesa, Venezuela. Segunda parte. *EFDeportes* [en línea], [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd195/normas-para-evaluar-talentos-en-condicion-fisica.htm>.
- MOYA, G.**, 2011. *Proyección De La Importancia Subjetiva Del Deporte De Rendimiento En La Adulthood Desde La Percepción De Adolescentes Deportistas: Un Estudio De 12 Casos* [En Línea]. Costa Rica: Universidad Nacional De Costa Rica. [Consulta: 24 julio 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11056/11408>.
- MPU6050**. [en línea], 2019. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: https://github.com/tockn/MPU6050_tockn.
- NAYLAMP**, 2021a. Módulo Mpu6050: Acelerómetro, Giroscopio I2c. [en línea]. [Consulta: 17 mayo 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/33-modulo-mpu6050-acelerometro-giroscopio-i2c.html>.
- NAYLAMP**, 2021b. Módulo Rf 2.4ghz - Nrf24l01+Pa+Lna Con Antena. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/113-modulo-rf-nrf24l01-pa-lna-antena.html>.
- NAYLAMP**, 2021c. Módulo Rf 2.4ghz - Nrf24l01. [en línea], [Consulta: 17 mayo 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/38-modulo-rf-nrf24l01.html>.

- NORDIC**, 2008. NRF24L01+. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Plus_Preliminar_y_Product_Specification_v1_0.pdf.
- NOVATRONIC**, 2020. Pantalla Lcd Oled Azul 128x64 0.96 I2C. [en línea], Disponible en: <https://novatronicec.com/index.php/product/pantalla-lcd-oled-azul-128x64-0-96-i2c/>.
- OCHOA, C.**, 2013. ¿Qué tamaño de muestra necesito? [en línea]. [Consulta: 17 julio 2022]. Disponible en: <https://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito>.
- ORDINOLA, J. y TICLIAHUANCA, W.**, 2014. Sistema De Control De Silla De Ruedas Para Personas Parapléjicas Y Tetrapléjicas, Usando Movimiento Traslacional, Voz, Bluetooth Y S.O. Android. . Piura:
- ORTEGA, L.**, 2017. Baterías Li-Ion vs LiPo ¿dónde está la diferencia? [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.nextpit.es/bateria-li-ion-vs-lipo-tipos-comparacion#:~:text=A%20nivel%20usuario%2C%20que%20es,resistentes%20a%20esfuerzos%20de%20deformaci%C3%B3n>.
- PADRÓN, F.**, 2013. Baterías: Estado Del Arte Y Vigilancia Tecnológica 2013 [en línea]. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1536/BAT%20ER%20C3%20DAS_ESTADO%20DEL%20ARTE%20Y%20VIGILANCIA%20TECNOL%20GICA%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20bater%C3%ADa%20es%20un%20arreglo,una%20corriente%20el%C3%A9ctrica%20\(12\)](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1536/BAT%20ER%20C3%20DAS_ESTADO%20DEL%20ARTE%20Y%20VIGILANCIA%20TECNOL%20GICA%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20bater%C3%ADa%20es%20un%20arreglo,una%20corriente%20el%C3%A9ctrica%20(12)).
- PANDYA, K.**, 2013. Network Structure or Topology. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies* [en línea], vol. 1, no. 2. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: https://www.cftrialumni.com/images/v1i2-0006_8792.pdf.
- PATAPOM**, 2017. pgmspace.h. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://github.com/Patapom/Arduino/blob/master/Libraries/AVR%20Libc/avr-libc-2.0.0/include/avr/pgmspace.h>.
- PEÑA, C.**, 2020. *Arduino IDE Domina la programación y controla la placa* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=Xgv2DwAAQBAJ&oi=fnd&p

g=PP1&dq=ide+arduino&ots=vNCWCbOs-
Z&sig=tNUoG2TjXH3W5wS7XYp_V4Lca3s#v=onepage&q=ide%20arduino&f=false.

PÉREZ, J. y PÉREZ, D., 2009. El entrenamiento deportivo: conceptos, modelos y aportes científicos relacionados con la actividad deportiva. *EFDeportes*, vol. 13.

PIÑA, O., LORENZO, E., ACOSTA, C., RODRIGUES, C., RAVELO, R. y LUNA, G., 2002. Estudios de parámetros fisiológicos en el equipo juvenil masculino de baloncesto de la provincia de Sancti Spíritus. *Gaceta Médica Espirituana*, vol. 4.

POLAR, 2016. Polar, una empresa finlandesa que conquista el mundo del deporte. [en línea]. [Consulta: 9 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.polar.com/welcome/>.

PORTUONDO, Y. y PORTUONDO, J., 2010. La Repetibilidad Y Reproducibilidad En El Aseguramiento De La Calidad De Los Procesos De Medición [en línea]. Santiago de Cuba: [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543770014.pdf>.

PRECKER, M., 2021. Vigile su ritmo cardíaco, pero no se obsesione. *American Heart Association News*,

RODRÍGUEZ, J., LAU, J., IBARRA, S., VANOYE, J. y PENNA, A., 2018. Sistema de Monitoreo para un cargador de baterías. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan* [en línea], vol. 6. [Consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/2773/2796>.

ROMERO, M., 2012. *Diseño y construcción de una órtesis de rodilla, destinada a la rehabilitación automatizada de la extremidad inferior* [en línea]. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2814/1/UPS-CT002463.pdf>.

ROSSANO, V., 2013. *Proteus Vsm Simulación De Circuitos Electrónicos* [en línea]. Buenos Aires: s.n. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=b1mivOB6_YMC&oi=fnd&pg=PA4&dq=software+proteus&ots=PuNGPfrjb-&sig=iWz7SWV3coarP5GlnCpBXivKUMg#v=onepage&q=software%20proteus&f=true.

RUIZ, C., 2019. *Implementación de un sistema no invasivo de monitoreo y seguimiento de la actividad cardíaca en adultos mayores residentes en Bogotá*. Proyecto curricular de ingeniería electrónica. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas.

- SANTO, M. y LECUMBERRY, G.**, 2005a. *El proceso de medición: Análisis y comunicación de datos experimentales* [en línea]. Río Cuarto: [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El_proceso_de_med.pdf
- SHENZHEN XUNLONG SOFTWARE CO.**, 2022. Orange Pi en español. [en línea]. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <https://orangepiweb.es>.
- SIMCOM**, 2013. SIM800L_Hardware_Desing_V1.00]. [en línea]. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: https://www.filipeflop.com/img/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf.
- SPARKFUN ELECTRONICS**, 2022. SparkFun_MAX3010x_Sensor_Library. [en línea]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: https://github.com/sparkfun/SparkFun_MAX3010x_Sensor_Library.
- TODOMOUNTAINBIKE**, 2011. Test de Ruffier-Dickson: averigua cuál es tu estado de forma sin salir de casa. [en línea]. [Consulta: 18 abril 2022]. Disponible en: <https://www.todomountainbike.net/general/test-de-ruffier-dickson-averigua-cual-es-tu-estado-de-forma-sin-salir-de-casa>.
- TORRES, H.**, 2014. Guía de diseño de PCB con EAGLE. [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: https://hetpro-store.com/images/Tutoriales/pcb_eagle/hetpro_tutorial_pcb_eagle.pdf.
- TOUSIFUL ISLAM, MOHAMMAD MEHEDI, INJAMAMUL HAQUE y SHEKH ABDUL**, 2017. Cost Effective Solar Study Lamp and Solar Home Solution for Non-Critical Application. Bangladesh.
- TOVAR, B., ANZUETO, Á. y RÍOS, R.**, 2020. Auscultación Cardíaca Y Fonocardiografía. [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/899-cyt-numero-81/1854-auscultacion-cardiaca-y-fonocardiografia>.
- UNIT ELECTRONICS**, 2018. Modulo Gprs Gsm Sim800L Con Antena. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/sim800l-modulo-gprs-gsm-sim800-con-antena/>.
- VALADÉS, D. y PALAO, J.M.**, 2012. El radar como instrumento de control del entrenamiento. [en línea], [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: https://abacus.universidadeuropea.com/bitstream/handle/11268/3076/KRONOS_21_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

VERSOSA, M., 2016. Enseñanza De La Técnica De La Carrera De 100 Metros Planos En La Categoría De 15 Y 16 Años De Edad. Propuesta De Una Guía Metodológica [en línea]. Loja: Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17286/1/Marcelino%20Danny%20Versosa%20Loor.pdf>.

VILORIA, C., CARDONA, J. y LOZANO, C., 2009. Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. Barranquilla.

ZATSIORSKY, V., 1994. Advanced Sport Biomechanics. The Pennsylvania State University, Biomechanics Laboratory, PA, USA.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos del módulo Nrf24l01

PRELIMINARY PRODUCT SPECIFICATION 

Single chip 2.4 GHz Transceiver nRF24L01

FEATURES

- True single chip GFSK transceiver
- Complete OSI Link Layer in hardware
- Enhanced ShockBurst™
- Auto ACK & retransmit
- Address and CRC computation
- On the air data rate 1 or 2Mbps
- Digital interface (SPI) speed 0-8 Mbps
- 125 RF channel operation
- Short switching time enable frequency hopping
- Fully RF compatible with nRF24XX
- 5V tolerant signal input pads
- 20-pin package (QFN20 4x4mm)
- Uses ultra low cost +/- 60 ppm crystal
- Uses low cost chip inductors and 2-layer PCB
- Power supply range: 1.9 to 3.6 V

APPLICATIONS

- Wireless mouse, keyboard, joystick
- Keyless entry
- Wireless data communication
- Alarm and security systems
- Home automation
- Surveillance
- Automotive
- Telemetry
- Intelligent sports equipment
- Industrial sensors
- Toys

GENERAL DESCRIPTION

nRF24L01 is a single chip radio transceiver for the world wide 2.4 - 2.5 GHz ISM band. The transceiver consists of a fully integrated frequency synthesizer, a power amplifier, a crystal oscillator, a demodulator, modulator and Enhanced ShockBurst™ protocol engine. Output power, frequency channels, and protocol setup are easily programmable through a SPI interface. Current consumption is very low, only 9.0mA at an output power of +6dBm and 12.5mA in RX mode. Built-in Power Down and Standby modes makes power saving easily realizable.

QUICK REFERENCE DATA

Parameter	Value	Unit
Minimum supply voltage	1.9	V
Maximum output power	0	dBm
Maximum data rate	2000	kbps
Supply current in TX mode @ 0dBm output power	11.3	mA
Supply current in RX mode @ 2000 kbps	12.5	mA
Temperature range	-40 to +85	°C
Sensitivity @ 1000 kbps	-85	dBm
Supply current in Power Down mode	900	nA

Table 1 nRF24L01 quick reference data

PRELIMINARY PRODUCT SPECIFICATION 

nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Radio Transceiver

Type Number	Description	Version
nRF24L01	20 pin QFN 4x4, RoHS & SS-00259 compliant	D
nRF24L01 B	Blank Dice	D
nRF24L01-EVKKIT	Evaluation kit (2 test PCB, 2 configuration FR 3U, SW)	1.0

Table 2 nRF24L01 ordering information

BLOCK DIAGRAM

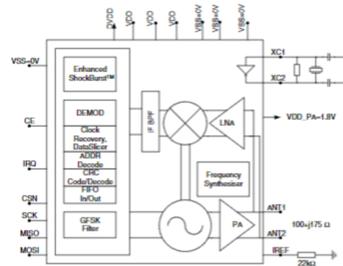


Figure 1 nRF24L01 with external components.

PRELIMINARY PRODUCT SPECIFICATION 

nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Radio Transceiver

PIN FUNCTIONS

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable/Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin
7	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XCI	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XCI	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.9V) to Power Amplifier
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
16	BIFF	Analog Input	Reference current
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
19	VDDIO	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 3 nRF24L01 pin function

PIN ASSIGNMENT

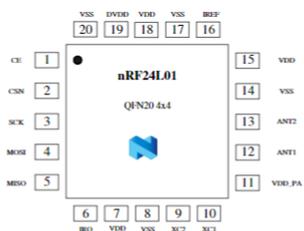


Figure 2 nRF24L01 pin assignment (top view) for a QFN20 4x4 package.

PRELIMINARY PRODUCT SPECIFICATION 

nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Radio Transceiver

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Conditions: VDD = +3V, VSS = 0V, TA = -40°C to +85°C

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
Operating conditions						
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C
Digital input pin						
V _{in}	High level input voltage	1	0.7VDD		5.25	V
V _{in}	Low level input voltage		VSS		0.3VDD	V
Digital output pin						
V _{in}	High level output voltage (I _{out} = 0.25mA)		VDD 0.3		VDD	V
V _{in}	Low level output voltage (I _{in} = 0.25mA)		VSS		0.3	V
General RF conditions						
f _{op}	Operating frequency	1	2400		2525	MHz
f _{crystal}	Crystal frequency			16		MHz
A _{TX}	Frequency deviation @ 1000kbps			+160		kHz
A _{RX}	Frequency deviation @ 2000kbps			+320		kHz
R _{data}	Data rate ShockBurst™		<0		2000	kbps
f _{channel}	Channel spacing @ 1000kbps			1		MHz
f _{channel}	Channel spacing @ 2000kbps			2		MHz
Transmitter operation						
P _{out}	Maximum Output Power	1	0		+4	dBm
P _{acc}	RF Power Control Range		16	18	20	dB
P _{acc}	RF Power Accuracy			+4		dB
P _{1dB}	1dB Bandwidth for Modulated Carrier (2000kbps)		1800	2000		kHz
P _{adj}	1 st Adjacent Channel Transmit Power 2MHz			-20		dBm
P _{adj}	2 nd Adjacent Channel Transmit Power 4MHz			-50		dBm
I _{TX}	Supply current @ 0dBm output power	4		11.3		mA
I _{TX}	Average Supply current @ 0dBm output power, Enhanced ShockBurst™	5		7.0		mA
I _{TX}	Supply current in Standby-1 mode	6		0.05		mA
I _{TX}	Supply current in power-down	7		900		nA

¹ All digital inputs handle up to 5.25V signal inputs. Keep in mind that the VDD of the nRF24L01 must match the V_{in} of the driving device for output pins.
² Stable band is determined by local regulations.
³ Antenna load impedance = 15Ω-j30Ω
⁴ Antenna load impedance = 15Ω-j30Ω. Effective data rate 1000kbps or 2000 kbps
⁵ Antenna load impedance = 15Ω-j30Ω. Effective data rate 10kbps and full packets
⁶ Given for a 12pF crystal. Current when using external clock is dependent on signal swing.

Anexo B: Hoja de datos del módulo Nrf24l01 con antena



nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver Preliminary Product Specification v1.0

Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- 250kpbs, 1Mbps and 2Mbps on air data rates
- Ultra low power operation
- 11.5mA TX at 0dBm output power
- 13.5mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 26µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCaster™
- Drop-in compatibility with nRF24L01
- On-air compatible in 250kbps and 1Mbps with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2
- Low cost BOM
- s80ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

All rights reserved.
Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.
March 2008



nRF24L01+ Preliminary Product Specification

Liability disclaimer

Nordic Semiconductor ASA reserves the right to make changes without further notice to the product to improve reliability, function or design. Nordic Semiconductor ASA does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuits described herein.

All application information is advisory and does not form part of the specification.

Limiting values

Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the specifications are not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Life support applications

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Nordic Semiconductor ASA customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Nordic Semiconductor ASA for any damages resulting from such improper use or sale.

Data sheet status	
Objective product specification	This product specification contains target specifications for product development.
Preliminary product specification	This product specification contains preliminary data, supplementary data may be published from Nordic Semiconductor ASA later.
Product specification	This product specification contains final product specifications. Nordic Semiconductor ASA reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product.

Contact details

Visit www.nordicsemi.no for Nordic Semiconductor sales offices and distributors worldwide

Main office:

Otto Nielsens vei 12
7004 Trondheim
Phone: +47 72 89 89 00
Fax: +47 72 89 89 89
www.nordicsemi.no



Revision 1.0

Page 2 of 75

nRF24L01+ Preliminary Product Specification



Writing Conventions

This product specification follows a set of typographic rules that makes the document consistent and easy to read. The following writing conventions are used:

- Commands, bit state conditions, and register names are written in *Courier*.
- Pin names and pin signal conditions are written in *Courier*, bold.
- Cross references are underlined and **highlighted in blue**.

Revision History

Date	Version	Description
March 2008	1.0	

Attention!

Observe precaution for handling
Electrostatic Sensitive Device.



Revision 1.0

Page 3 of 75



nRF24L01+ Preliminary Product Specification

Contents

1	Introduction	7
1.1	Features	8
1.2	Block diagram	9
2	Pin Information	10
2.1	Pin assignment	10
2.2	Pin functions	11
3	Absolute maximum ratings	12
4	Operating conditions	13
5	Electrical specifications	14
5.1	Power consumption	14
5.2	General RF conditions	15
5.3	Transmitter operation	15
5.4	Receiver operation	16
5.5	Crystal specifications	19
5.6	DC characteristics	19
5.7	Power on reset	19
6	Radio Control	20
6.1	Operational Modes	20
6.1.1	State diagram	20
6.1.2	Power Down Mode	21
6.1.3	Standby Modes	21
6.1.4	RX mode	22
6.1.5	TX mode	22
6.1.6	Operational modes configuration	23
6.1.7	Timing Information	23
6.2	Air data rate	24
6.3	RF channel frequency	24
6.4	Received Power Detector measurements	24
6.5	PA control	25
6.6	RX/TX control	25
7	Enhanced ShockBurst™	26
7.1	Features	26
7.2	Enhanced ShockBurst™ overview	26
7.3	Enhanced Shockburst™ packet format	27
7.3.1	Preamble	27
7.3.2	Address	27
7.3.3	Packet Control Field	27
7.3.4	Payload	28
7.3.5	CRC (Cyclic Redundancy Check)	28
7.4	Automatic packet handling	28
7.4.1	Static and Dynamic Payload Length	29
7.4.2	Automatic packet assembly	29
7.4.3	Automatic packet validation	30
7.4.4	Automatic packet disassembly	30

Revision 1.0

Page 4 of 75

Anexo C: Hoja de datos del módulo MPU6050

	InvenSense Inc. 1197 Bryn Mawr Ave, Sunnyvale, CA 94089 U.S.A. Tel: +1 (408) 368-7330 Fax: +1 (408) 368-8104 Website: www.invensense.com	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	---	---

MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4

1 of 52

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	---	---

CONTENTS

1 REVISION HISTORY	5
2 PURPOSE AND SCOPE	6
3 PRODUCT OVERVIEW	7
3.1 MPU-6000 Overview	7
4 APPLICATIONS	9
5 FEATURES	10
5.1 GYROSCOPE FEATURES	10
5.2 ACCELEROMETER FEATURES	10
5.3 ADDITIONAL FEATURES	10
5.4 MOTION PROCESSING	11
5.5 CLOSING	11
6 ELECTRICAL CHARACTERISTICS	12
6.1 GYROSCOPE SPECIFICATIONS	12
6.2 ACCELEROMETER SPECIFICATIONS	13
6.3 ELECTRICAL AND OTHER COMMON SPECIFICATIONS	14
6.4 ELECTRICAL SPECIFICATIONS, CONTINUED	15
6.5 ELECTRICAL SPECIFICATIONS, CONTINUED	16
6.6 ELECTRICAL SPECIFICATIONS, CONTINUED	17
6.7 I ² C TIMING CHARACTERIZATION	18
6.8 SPI TIMING CHARACTERIZATION (MPU-6000 ONLY)	19
6.9 ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS	20
7 APPLICATIONS INFORMATION	21
7.1 PIN OUT AND SIGNAL DESCRIPTION	21
7.2 TYPICAL OPERATING CIRCUIT	22
7.3 BILL OF MATERIALS FOR EXTERNAL COMPONENTS	22
7.4 RECOMMENDED POWER-ON PROCEDURE	23
7.5 BLOCK DIAGRAM	24
7.6 OVERVIEW	24
7.7 THREE-AXIS MEMS GYROSCOPE WITH 16-BIT ADCs AND SIGNAL CONDITIONING	25
7.8 THREE-AXIS MEMS ACCELEROMETER WITH 16-BIT ADCs AND SIGNAL CONDITIONING	25
7.9 DIGITAL MOTION PROCESSOR	25
7.10 PRIMARY I ² C AND SPI SERIAL COMMUNICATIONS INTERFACES	25
7.11 AUXILIARY I ² C SERIAL INTERFACE	26

2 of 52

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	---	---

7.12 SELF-TEST	27
7.13 MPU-6000 SOLUTION FOR 3-AXIS SENSOR FUSION USING I ² C INTERFACE	28
7.14 MPU-6000 USING SPI INTERFACE	29
7.15 INTERNAL CLOCK GENERATION	30
7.16 SENSOR DATA REGISTERS	30
7.17 FIFO	30
7.18 INTERRUPTS	30
7.19 DIGITAL-OUTPUT TEMPERATURE SENSOR	31
7.20 BIAS AND LDO	31
7.21 CHARGE PUMP	31
8 PROGRAMMABLE INTERRUPTS	32
9 DIGITAL INTERFACE	33
9.1 I ² C AND SPI (MPU-6000 ONLY) SERIAL INTERFACES	33
9.2 I ² C INTERFACE	33
9.3 I ² C COMMUNICATIONS PROTOCOL	33
9.4 I ² C TERMS	36
9.5 SPI INTERFACE (MPU-6000 ONLY)	37
10 SERIAL INTERFACE CONSIDERATIONS (MPU-6050)	38
10.1 MPU-6050 SUPPORTED INTERFACES	38
10.2 LOGIC LEVELS	38
10.3 LOGIC LEVELS DIAGRAM FOR AUX_VDDIO = 0	39
11 ASSEMBLY	40
11.1 ORIENTATION OF AXES	40
11.2 PACKAGE DIMENSIONS	41
11.3 PCB DESIGN GUIDELINES	42
11.4 ASSEMBLY PRECAUTIONS	43
11.5 STORAGE SPECIFICATIONS	46
11.6 PACKAGE MARKING SPECIFICATION	46
11.7 TAPE & REEL SPECIFICATION	47
11.8 LABEL	48
11.9 PACKAGING	49
11.10 REPRESENTATIVE SHIPPING CARTON LABEL	50
12 RELIABILITY	51
12.1 QUALIFICATION TEST POLICY	51

3 of 52

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	---	---

12.2 QUALIFICATION TEST PLAN	51
13 ENVIRONMENTAL COMPLIANCE	52

4 of 52

Anexo D: Hoja de datos del módulo Max30102

MAX30105 High-Sensitivity Optical Sensor for Smoke Detection Applications

General Description

The MAX30105 is an integrated particle-sensing module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30105 provides a complete system solution to ease the design process of smoke detection applications including fire alarms. Due to its extremely small size, the MAX30105 can also be used as a smoke detection sensor for mobile and wearable devices.

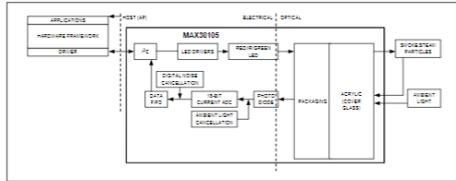
The MAX30105 operates on a single 1.5V power supply and a separate 5.0V power supply for the internal LEDs. It communicates through a standard I²C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

Applications

- Fire Alarms
- Smoke Detectors for Building Automation
- Smoke Detectors for Mobile Devices
- Smoke Detectors for Wearable Devices

Ordering information appears at end of data sheet.

System Diagram



19-0021 Rev. 17/18



MAX30105 High-Sensitivity Optical Sensor for Smoke Detection Applications

Absolute Maximum Ratings

V _{CC} to GND	-0.3V to +2.2V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
I _{LED} to P _{COMMON}	-0.3V to +0.3V	QESIP (operate 5.5mW/°C above +70°C)	440mW
X _{DRV} , V _{LED} to P _{COMMON}	-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	+100°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

Package Thermal Characteristics (Note 1)

QESIP	Junction-to-Ambient Thermal Resistance (R _{JA})	100°C/W	Junction-to-Case Thermal Resistance (R _{JC})	150°C/W
-------	---	---------	--	---------

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD61-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 1.5V, V_{LED} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = 25°C.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY						
Power-Supply Voltage	V _{CC}	Guaranteed by RED and IR count tolerance	1.7	1.8	2.0	V
LED Supply Voltage	V _{LED}	Guaranteed by PSRR of LED driver (R _{LED} and IR _{LED} only)	3.1	3.3	5.25	V
Supply Current	I _{CC}	Participating mode, P _W = 215µs, 500ps		600	1100	µA
		IR only mode, P _W = 215µs, 800ps		600	1100	µA
Supply Current in Shutdown	I _{SHDN}	T _A = +25°C, MODE = 0x00	0.7	2.5		µA
OPTICAL SENSOR CHARACTERISTICS						
ADC Resolution				18		bits
Red ADC Count (Note 3)	REDC	RED_PA = 0x00, LED_PW = 0x01, SPOD_SR = 0x05, ADC_RGE = 0x00, T _A = +25°C		65536		Counts
IR ADC Count (Note 3)	IRAC	IR_PA = 0x00, LED_PW = 0x01, SPOD_SR = 0x05, ADC_RGE = 0x00, T _A = +25°C		65536		Counts
Green ADC Count (Note 3)	GRNC	GRN_PA = 0x04, LED_PW = 0x11, SPOD_SR = 0x05, ADC_RGE = 0x00, T _A = +25°C		65536		Counts
SNR IR LED	SNR _{IR}	White card top-back, LED_PW = 0x11, ADC_RGE = 0x10, T _A = 25°C		59	300	dB
SNR Red LED	SNR _{RED}	White card top-back, LED_PW = 0x11, ADC_RGE = 0x10, T _A = 25°C		55	300	dB
SNR Green LED	SNR _{GRN}	White card top-back, LED_PW = 0x11, ADC_RGE = 0x10, T _A = 25°C		50	4	dB

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 2

MAX30105 High-Sensitivity Optical Sensor for Smoke Detection Applications

Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = 1.5V, V_{LED} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = 25°C.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Dark Current Count	LED_DCC	RED_PA = IR_PA = 0x00, LED_PW = 0x01, SPOD_SR = 0x01, ADC_RGE = 0x02		30	100	Counts
				0.01	0.05	% of FS
DC Ambient Light Rejection (Note 4)	ALR	ADC counts with finger on sensor under direct sunlight (1000 lux), ADC_RGE = 0x03, LED_PW = 0x03, SPOD_SR = 0x01		2		Counts
		IR LED		2		Counts
ADC Count—PSRR (V _{CC})	PSRR _{VCC}	1.7V < V _{CC} < 2.2V, LED_PW = 0x00, SPOD_SR = 0x05, T _A = +25°C	0.05	1		% of FS
		Frequency = DC to 100kHz, 100mV _{rms}		10		LSB
ADC Count—PSRR (LED Driver Outputs)	PSRR _{LED}	3.0V < V _{LED} < 5.0V, T _A = +25°C	0.05	1		% of FS
		Frequency = DC to 100kHz, 100mV _{rms}		10		LSB
ADC Clock Frequency	CLK		10.2	10.48	10.8	MHz
ADC Integration Time (Note 4)	INT	LED_PA = 0x00		60		µs
		LED_PA = 0x01		115		µs
		LED_PA = 0x02		215		µs
		LED_PA = 0x03		411		µs
Slot Timing (Timing Between Sequential Channel Samples, e.g., Red Pulse Rising Edge to IR Pulse Rising Edge)	INT	LED_PA = 0x00		427		µs
		LED_PA = 0x02		720		µs
		LED_PA = 0x03		1107		µs
COVER GLASS CHARACTERISTICS (Note 4)						
Hydrolytic Resistance Class		Per DIN ISO 719		HGB 1		
IR LED CHARACTERISTICS (Note 4)						
LED Peak Wavelength	λ _e	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C	870	880	900	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		30		nm
Forward Voltage	V _F	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		1.4		V
Radiant Power	P _o	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		8.8		mW
RED LED CHARACTERISTICS 6 (Note 4)						
LED Peak Wavelength	λ _e	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C	660	660	670	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		20		nm
Forward Voltage	V _F	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		2.1		V

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 3

MAX30105 High-Sensitivity Optical Sensor for Smoke Detection Applications

Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = 1.5V, V_{LED} = 5.0V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = 25°C.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Radiant Power	P _o	I _{LED} = 20mA, T _A = +25°C		9.8		mW
GREEN LED CHARACTERISTICS (Note 4)						
LED Peak Wavelength	λ _e	I _{LED} = 50mA, T _A = +25°C	530	537	545	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I _{LED} = 50mA, T _A = +25°C		35		nm
Forward Voltage	V _F	I _{LED} = 50mA, T _A = +25°C		3.3		V
Radiant Power	P _o	I _{LED} = 50mA, T _A = +25°C		17.2		mW
PHOTODETECTOR CHARACTERISTICS (Note 4)						
Spectral Range of Sensitivity	λ > 30% QE	QE Quantum Efficiency		640	960	nm
Radiant Sensitive Area	A			1.36		mm ²
Dimensions of Radiant Sensitive Area	L x W			1.35 x 0.98		mm x mm
INTERNAL DIE TEMPERATURE SENSOR						
Temperature ADC Acquisition Time	T ₁	T _A = +25°C		29		ms
Temperature Sensor Accuracy	T _A	T _A = +25°C		±1		°C
Temperature Sensor Minimum Range	T _{MIN}			-40		°C
Temperature Sensor Maximum Range	T _{MAX}			85		°C
DIGITAL INPUTS (SCL, SDA)						
Input Logic-Low Voltage	V _{IL}			0.7 x V _{CC}		V
Input Logic-High Voltage	V _{IH}			0.8 x V _{CC}		V
Input Hysteresis	V _{HYS}			±1		µA
Input Leakage Current	I _{IL}			±1		µA
Input Capacitance	C _{IN}			10		pF
DIGITAL OUTPUTS (SDA, INT)						
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{OL} = 3mA		0.4		V
I²C TIMING CHARACTERISTICS						
I ² C Write Address				AE		Hex
I ² C Read Address				AF		Hex
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Lower limit not tested	0	400		kHz
Bus Rise Time Between STOP and START Condition	t _{RISE}			1.3		µs

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 4

Anexo E: Hoja de datos TP4056

南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASiK Corp.

TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- Two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or impedance

PACKAGE/ORDER INFORMATION

ORDER PART NUMBER
TP4056-42-SOP8-PP

PART MARKING TP4056

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage(V_{CC}): -0.3V~8V
- TEMP: -0.3V~10V
- CE: -0.3V~10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200µA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp (Soldering, 10sec): 260°C

APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers, Chargers

Complete Charge Cycle (1000mA/h Battery)

南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASiK Corp.

TEMP(Pin 1) :Temperature Sense Input Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage V_{in} for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin charge current is set by connecting a resistor R_{PROG} from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{CHRG} = \frac{I_{SET} - I_{SET(0.2V)}}{R_{PROG}} \quad (V_{ISET} = 1V)$$

GND(Pin3): Ground Terminal

VCC(Pin 4): Positive Input Supply Voltage V_{in} is the power supply to the internal circuit. When V_{in} drops to within 30mv of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2µA.

BAT(Pin5): Battery Connection Pin. Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2µA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

STBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output When the battery Charge Termination, the STBY pin is pulled low by an internal switch, otherwise STBY pin is in high impedance state.

CHRG(Pin7): Open Drain Charge Status Output When the battery is being charged, the CHRG pin is pulled low by an internal switch, otherwise CHRG pin is in high impedance state.

CE(Pin8): Chip Enable Input. A high input will put the device in the normal operating mode. Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at T_J=25°C, V_{CC}=5V, unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V _{CC}	Input Supply Voltage		● 4.0	5	8.0	V
I _{CC}	Input Supply Current	Charge Mode, R _{PROG} = 1.2k, Standby/Mode(Charge Terminated)	● 55	150	500	µA
		Shutdown Mode (R _{PROG} Not Connected, V _{CC} < V _{BAT} or V _{CC} < V _{IN})	● 55	100	100	µA
V _{REG}	Regulated Output (Float) Voltage	0°C ≤ T _J ≤ 85°C, I _{BAT} = 40mA	● 4.137	4.2	4.263	V
I _{BAT}	BAT Pin Current	R _{PROG} = 2.4k, Current Mode	● 450	500	550	mA
	Test condition: V _{BAT} = 4.6V	R _{PROG} = 1.2k, Current Mode Standby Mode, V _{CC} = 4.2V	● 0	950	1000	mA
I _{TRICK}	Trickle Charge Current	V _{CC} = V _{BAT} , R _{PROG} = 1.2k	● 120	130	140	mA
V _{TRICK}	Trickle Charge Threshold Voltage	R _{PROG} = 1.2k, V _{CC} Rising	● 2.8	2.9	3.0	V
V _{HYS}	Trickle Charge Hysteresis Voltage	R _{PROG} = 1.2k	● 80	80	100	mV
T _{JM}	Junction Temperature in Constant Temperature Mode		● 145			°C

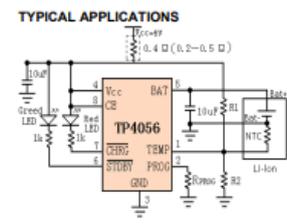
南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASiK Corp.

Indicator light state

Charge state	Red LED CHRG	Green LED STBY
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
V _{in} too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10µ Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Coruscate T=1.4 S	

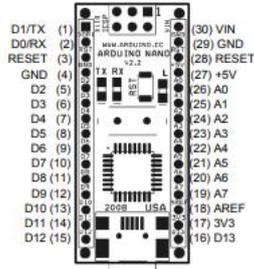
Rprog Current Setting

R _{PROG} (k)	I _{CHRG} (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000



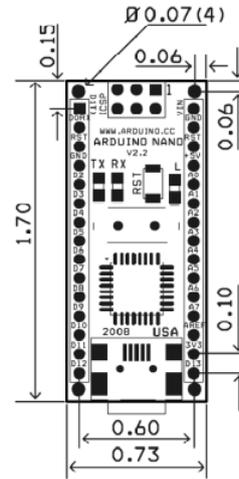
Anexo F: Hoja de datos del Arduino Nano

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	DD-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

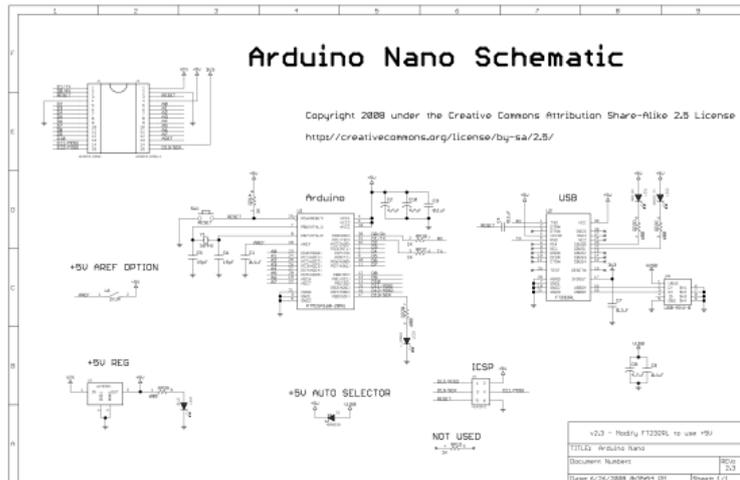
Arduino Nano Mechanical Drawing



ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES

Arduino Nano Bill of Material

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10%	COB05C104K5RACTU	Kemet	80-COB05C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 50%	T491A475K010DAT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 10pF 50V 5%	COB05C180J5GACTU	Kemet	80-COB05C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONSemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PFS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 7PFS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED	APT20125RCPRV	Kingbright	604-APT20125RCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	604-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digkey
12	1	R1	Resistor Pack, 1k +/-5%	YC164-IR-071KL	Yageo	YC164-1.0KCT-ND	Digkey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5%	YC164-IR-07680RL	Yageo	YC164-680CT-ND	Digkey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digkey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 2B	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V,	UA78M5C0DCYRG3	TI	585-UA78M5C0DCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser



Anexo G: Hoja de datos del módulo ESP8266

ESP8266EX Datasheet



www.espressif.com

About This Guide

This document introduces the specifications of ESP8266EX.

Release Notes

Date	Version	Release Notes
2015.12	V4.6	Updated Chapter 3.
2016.02	V4.7	Updated Section 3.4 and Section 4.1.
2016.04	V4.8	Updated Chapter 1.
2016.08	V4.9	Updated Chapter 1.
2016.11	V5.0	Added Appendix II "Learning Resources".
2016.11	V5.1	Changed the power consumption during Deep-sleep from 10 μ A to 20 μ A in Table 5-2.
2016.11	V5.2	Changed the crystal frequency range from "26 MHz to 52 MHz" to "24 MHz to 52 MHz" in Section 3.3.
2016.12	V5.3	Changed the minimum working voltage from 3.0 V to 2.5 V.
2017.04	V5.4	Changed chip input and output impedance from 50 Ω to 99 + j6 Ω .
2017.10	V5.5	Updated Chapter 3 regarding the range of clock amplitude to 0.8 V - 1.5 V.
2017.11	V5.6	Updated VDDPST from 1.8 V - 3.3 V to 1.8 V - 3.6 V.
2017.11	V5.7	<ul style="list-style-type: none"> Corrected a typo in the description of SDIO_DATA_0 in Table 2-1; Added the loading conditions for the data in Table 5-2.
2018.02	V5.8	<ul style="list-style-type: none"> Updated Wi-Fi protocols in Section 1.1; Updated description of the integrated Terasic processor in 3.1.

Date	Version	Release Notes
2016.09	V5.0	<ul style="list-style-type: none"> Update document cover; Added a note for Table 1-1; Updated Wi-Fi key features in Section 1.1; Updated description of the Wi-Fi function in 3.5; Updated pin layout diagram; Fixed a typo in Table 2-1; Removed Section A4B and A4B module; Restructured Section Power Management; Fixed a typo in Section UART; Removed description of transmission angle in Section IR Remote Control; Other optimization (wording).
2016.11	V5.0	<ul style="list-style-type: none"> Added an SPI pin in Table 4-2; Updated the diagram of packing information.
2019.08	V5.1	Removed description of the GPIO function in Section 4.1.
2019.08	V5.2	Updated notes on CHP_EN in Section 5.1
2019.12	V5.3	Added feedback links.
2020.04	V5.4	<ul style="list-style-type: none"> Removed the description of "Antenna diversity"; Updated the feedback links.
2020.07	V5.5	<ul style="list-style-type: none"> Updated links in Appendix. Fixed a typo in Figure 2-1; Updated the link of ESP8266 Pin List.

Documentation Change Notification

Espressif provides email notifications to keep customers updated on changes to technical documentation. Please subscribe at <https://www.espressif.com/en-us/newsletter>.

Certification

Download certificates for Espressif products from <https://www.espressif.com/en-us/certificates>.

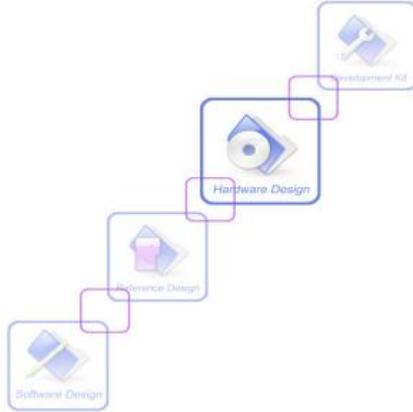
Table of Contents

1. Overview	1
1.1. Wi-Fi Key Features	1
1.2. Specifications	2
1.3. Applications	3
2. Pin Definitions	4
3. Functional Description	7
3.1. CPU, Memory, and Flash	7
3.1.1. CPU	7
3.1.2. Memory	7
3.1.3. External Flash	8
3.2. Clock	8
3.2.1. High Frequency Clock	8
3.2.2. External Clock Requirements	9
3.3. Radio	9
3.3.1. Channel Frequencies	9
3.3.2. 2.4 GHz Receiver	10
3.3.3. 2.4 GHz Transmitter	10
3.3.4. Clock Generator	10
3.4. Wi-Fi	10
3.4.1. Wi-Fi Radio and Baseband	11
3.4.2. Wi-Fi MAC	11
3.5. Power Management	11
4. Peripheral Interface	13
4.1. General Purpose Input/Output Interface (GPIO)	13
4.2. Secure Digital Input/Output Interface (SDIO)	13
4.3. Serial Peripheral Interface (SPI/HSP)	14
4.3.1. General SPI (Master/Slave)	14
4.3.2. HSPI (Master/Slave)	14
4.4. I2C Interface	15
4.5. I2S Interface	15
4.6. Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)	15
4.7. Pulse-Width Modulation (PWM)	16
4.8. IR Remote Control	17

Anexo H: Hoja de datos del módulo SIM800L



SIM800L_Hardware_Design_V1.00



Smart Machine Smart Decision	
Contents	
Version History	10
1. Introduction	11
2. SIM800L Overview	11
2.1. SIM800L Key Features	11
2.2. Operating Mode	13
2.3. Functional Diagram	14
3. Package Information	15
3.1. Pin out Diagram	15
3.2. Pin Description	16
3.3. Package Dimensions	19
4. Application Interface	21
4.1. Power Supply	21
4.1.1. Power supply pin	22
4.1.2. Monitoring Power Supply	23
4.2. Power on/down Scenarios	23
4.2.1. Power on SIM800L	23
4.2.2. Power down SIM800L	24
4.2.3. Reset Function	26
4.3. Power Saving Mode	27
4.3.1. Minimum Functionality Mode	27
4.3.2. Sleep Mode (AT+CSCLK=1)	28
4.3.3. Wake Up SIM800L from Sleep Mode (AT+CSCLK=1)	28
4.4. RTC Backup	28
4.5. Serial Port and USB Interface	29
4.5.1. Function of Serial Port	30
4.5.2. Serial Interfaces	30
4.5.3. Debug Interface	33
4.5.4. Software Upgrade and Debug	33
4.5.5. Multiplexing function of serial port	34
4.6. RI Behaviors	35
4.7. Audio Interfaces	36
4.7.1. Speakers Interfaces Configuration	37
4.7.2. Microphone Interfaces Configuration	37
4.7.3. Audio Electronic Characteristic	38
4.7.4. TDD	38
4.8. SIM Card Interface	38
4.8.1. SIM Card Application	39
4.8.2. SIM Card Design Guide	40

Smart Machine Smart Decision	
Document Title	SIM800L Hardware Design
Version	1.00
Date	2013-08-20
Status	Release
Document Control ID	SIM800L_Hardware_Design_V1.00

General Notes

SIMCom offers this information as a service to its customers, to support application and engineering efforts that use the products designed by SIMCom. The information provided is based upon requirements specifically provided to SIMCom by the customers. SIMCom has not undertaken any independent search for additional relevant information, including any information that may be in the customer's possession. Furthermore, system validation of this product designed by SIMCom within a larger electronic system remains the responsibility of the customer or the customer's system integrator. All specifications supplied herein are subject to change.

Copyright

This document contains proprietary technical information which is the property of SIMCom Limited, copying of this document and giving it to others and the using or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights reserved in the event of grant of a patent or the registration of a utility model or design. All specification supplied herein are subject to change without notice at any time.

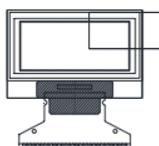
Copyright © Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd. 2013

Smart Machine Smart Decision	
4.8.3. Design Considerations for SIM Card Holder	40
4.9. PCM Interface	42
4.9.1. PCM Multiplexing Function	43
4.9.2. PCM Interface	43
4.9.3. LCD Display/SPI Interface	44
4.9.4. SD Card Interface	44
4.10. Keypad Interface	45
4.10.1. Keypad Multiplexing Function	47
4.11. I2C Bus	47
4.11.1. I2C Multiplexing Function	48
4.12. General Purpose Input/Output (GPIO)	48
4.13. ADC	48
4.14. PWM	48
4.14.1. PWM Multiplexing Function	49
4.15. Network Status Indication	49
4.15.1. NETLIGHT Multiplexing Function	50
4.16. Operating Status Indication	50
4.16.1. STATUS Multiplexing Function	51
4.17. LED Interface	51
4.18. RF Synchronization Signal	51
4.19. Antenna Interface	52
4.19.1. GSM Antenna Interface	52
4.19.2. FM Antenna Interface	53
5. PCB Layout	55
5.1. Pin Assignment	55
5.2. Principle of PCB layout	56
5.2.1. Antenna Interface	56
5.2.2. Power Supply	56
5.2.3. SIM Card Interface	56
5.2.4. Audio Interface	56
5.2.5. Others	56
5.3. Recommended PCB Layout	57
6. Electrical, Reliability and Radio Characteristics	58
6.1. Absolute Maximum Ratings	58
6.2. Recommended Operating Conditions	58
6.3. Digital Interface Characteristics	58
6.4. SIM Card Interface Characteristics	59
6.5. SIM VDD Characteristics	59
6.6. VDD_EXT Characteristics	59
6.7. VRTC Characteristics	59
6.8. Current Consumption (VBAT=3.8V)	60
6.9. Electro-Static Discharge	61
6.10. Radio Characteristics	61
6.10.1. Module RF Output Power	61
6.11. Module RF Receive Sensitivity	62

Anexo I: Hoja de datos de la pantalla OLED 128x64

VISHAY www.vishay.com **OLED-128064D-BPP3N00000** Vishay

128 x 64 Graphic OLED



FEATURES

- Type: graphic
- Display format: 128 x 64 dots
- Built-in controller: S5D1306BZ
- Duty cycle: 1/64
- +3 V power supply
- Interface: 6800, 8080, serial, and I²C
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc/3959912



ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module dimension	26.7 x 19.25 x 1.65	
Trimming area	23.828 x 12.204	mm
Active area	21.758 x 10.828	
Dot size	0.148 x 0.148	
Dot pitch	0.17 x 0.17	
Mounting hole	∅6	

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE		UNIT
		MIN.	MAX.	
Supply voltage for logic (V _{DD})	V _{DD}	0	-4	V
Supply voltage for display (V _{DD})	V _{DD}	0	15	V
Operating temperature	T _{OP}	-40	+80	°C
Storage temperature	T _{STG}	-40	+80	°C

Notes

1) All the above voltages are on the basis of "V_{DD} = 0 V".

2) When this module is used beyond the above absolute maximum ratings, permanent damage of the module may occur. Also, for normal operations, it is desirable to use this module under the conditions according to section 6 "Electrical Characteristics". If this module is used beyond these conditions, malfunctioning of the module can occur and the reliability of the module may decrease.

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Supply voltage for logic	V _{DD}	-	2.8	3.0	3.3	
Supply voltage for display	V _{DD}	-	10	12	15	
Input high voltage	V _{IH}	-	0.8 V _{DD}	-	V _{DD}	V
Input low voltage	V _{IL}	-	0	-	0.3 V _{DD}	
Output high voltage	V _{OH}	-	0.9 V _{DD}	-	V _{DD}	
Output low voltage	V _{OL}	-	0	-	0.1 V _{DD}	
IO % (each lowest operating current)	I _{DD}	V _{DD} = 12 V	9	10	12	mA

OPTIONS				
EMITTING COLOR				
YELLOW	GREEN	RED	BLUE	WHITE
			Yes	

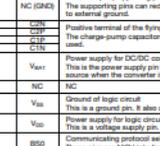
Revision: 14-Dec-16 1 Document Number: 37802

For technical questions, contact: displays@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/3959912

VISHAY www.vishay.com **OLED-128064D-BPP3N00000** Vishay

128 x 64 Graphic OLED



FEATURES

- Type: graphic
- Display format: 128 x 64 dots
- Built-in controller: S5D1306BZ
- Duty cycle: 1/64
- +3 V power supply
- Interface: 6800, 8080, serial, and I²C
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc/3959912



PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	NC (GND)	Reserved pin (supporting pin) The supporting pins can reduce the influences from stresses on the function pins. These pins must be connected to external ground.
2	CS#	Chip select
3	CS#	Power reset for controller and driver When the pin is pulled low, initialization of the chip is executed.
4	CS#	Data / command control
5	CS#	Read / write enable or read
6	V _{DD1}	Power supply for logic circuit. This is a ground pin. It also acts as a reference for the logic pins. It must be connected to external ground.
7	NC	NC
8	V _{DD}	Ground of logic circuit. This is a ground pin. It also acts as a reference for the logic pins. It must be connected to external ground.
9	V _{DD}	Power supply for logic circuit. This is a voltage supply pin. It must be connected to external source.
10	BSD	Communicating protocol select These pins are MCU interface selection input. See the following table:
11	BS1	PC
3-wire SPI		
4-wire SPI		
12	BS2	8-bit 680X parallel
8-bit 800X parallel		
8-bit 800X parallel		
13	CS#	Chip select
14	RES#	Power reset for controller and driver When the pin is pulled low, initialization of the chip is executed.
15	DC#	Data / command control
16	R/W#	Read / write enable or read
17	RD#	Read / write enable or read
18 to 23	DD to DD	Heat data input / output bus
24	I _{DD}	Current reference for brightness adjustment
25	V _{DDH}	Voltage output high level for CDM signal.
26	V _{DDH}	Voltage output high level for CDM signal. A capacitor should be connected between this pin and V _{DD} .
27	V _{DDH}	Voltage output high level for CDM signal. A capacitor should be connected between this pin and V _{DD} .
28	V _{DD}	Power supply for OEL panel
29	V _{DD}	Ground of analog circuit
30	NC (GND)	Reserved pin (supporting pin) The supporting pins can reduce the influences from stresses on the function pins. These pins must be connected to external ground.

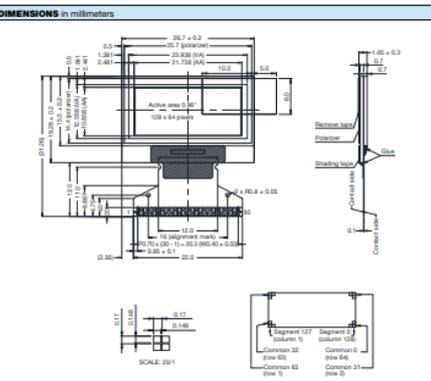
Revision: 14-Dec-16 2 Document Number: 37802

For technical questions, contact: displays@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/3959912

VISHAY www.vishay.com **OLED-128064D-BPP3N00000** Vishay

128 x 64 Graphic OLED



DIMENSIONS in millimeters

The non-specified tolerance of dimension is ± 0.3 mm.

Revision: 14-Dec-16 3 Document Number: 37802

For technical questions, contact: displays@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/3959912

VISHAY www.vishay.com **OLED-128064D-BPP3N00000** Vishay

1. Module Classification Information

OLED -128 0 064 -D B P P 3 N 0 0 0 00

1	Brand	Vishay Intertechnology, Inc.	
2	Horizontal Format	128 columns	
3	Display Type	N:Character Type, H:Graphic Type, Y:Tab Type, O:Cog Type	
4	Vertical Format	64 Lines	
5	Series code	D	
6	Emitting Color	A: Amber B: Blue G: Green	R: RED W: White L: Yellow
7	Polarizer	P: With Polarizer, N: Without Polarizer	
8	Display Mode	P: Passive Matrix, A: Active Matrix	
9	Driver Voltage	3: 3.0 V, 5: 5.0 V	
10	Touch Panel	N: Without touch panel, T: With touch panel	
11	Products type	0: Standard type 1: Sunlight Readable type 2: Transparent OLED (TOLED) 3: Flexible OLED 4: OLED for Lighting	
12	Product grades	Product grades: 0: Standard(A-level) 1: B-level 2: C-level 3: C-level 4: high class(AA-level) 5: Customer offerings	
13	Serial No.	Application serial number(000-ZZZ)	

Revision: 14-Dec-16 4 Document Number: 37802

For technical questions, contact: displays@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc/3959912

Anexo J: Hoja de datos de la batería Lipo 400mA y 3.7V

Specification

Lithium Polymer Battery Pack LP832024 400mAh 3.7V with Protection Circuit Module (PCM)
This data sheet describes the requirements and properties of lithium polymer rechargeable battery pack manufactured by LIPol Battery Co., Ltd - China

Mechanical Characteristics

- Cell ▶ LP832024
- PCM ▶ Yes
- NTC ▶ No
- Configuration ▶ 1S1P
- Weight ▶ appr. 8.0g

Electrical Specification

- Rated Capacity ▶ 400mAh min, 400mAh typ.
- Nominal Voltage ▶ 3.7V
- Wat-Hour Rating ▶ 1.48Wh
- Max. Operating Voltage Range ▶ 2.75V to 4.20V
- Max. Charge Voltage ▶ 4.2V ±50mV
- Max. Charge Current ▶ 200mA
- Max. Continuous Discharge Current ▶ 400mA
- Discharge Cut Off ▶ 2.75V
- Internal Impedance ▶ <200mΩ
- Expected Cycle Life @ (0.5C/0.5C) @ 23±5°C ▶ 500 cycles ≥ 80%

Cell Protection

- Overcharge Detection ▶ 4.275V ±50mV (0.7 to 1.3msec. delay, release 4.275V ±50mV)
- Overdischarge Detection ▶ 2.75V ±50mV (14 to 26msec. delay, resume 2.50V ±50mV)
- Overcurrent Detection ▶ 0.5A to 1.5A (8 to 16msec. delay)

Ambient Conditions

- Charge Temp. Range ▶ 0 to +45°C
- Discharge Temp. Range ▶ -20 to +60°C
- Storage Temp. Range ▶ 1 year at -20 to +30°C >70%
- ▶ 3 months at -20 to +45°C >70%
- ▶ 1 month at -20 to +60°C >70%
- Humidity ▶ 65 ±20%RH

Environmental and Safety

Please follow LIPol Handling and Safety Precautions for Lithium Polymer Battery. This battery meets the requirements of Battery Directives, and the battery parts are IEC 62133 & RoHS-Compliant. For more safety precautions and performance standards, please go to www.lipolbattery.com/support.html

Size in mm	Permitolerance	Date	Name
All dimensions in mm	Generaltolerance	02/04/2021	Xie Qingfang
All dimensions in mm	up to 6	02/04/2021	Qian Dandan
Rechte verhalten	over 6 up to 30		
Proprietary data, company confidential, all rights reserved.	over 30 up to 100		
	over 100		

+ LiPol Battery

3	Zwang / Dep. Nr. FD_2024_83	Index
---	-----------------------------	-------

support@lipolbattery.com www.lipolbattery.com

Anexo K: Programación de los nodos del módulo electrónico

Bloque de procesamiento de la capa de sensado.

```
#include <MPU6050_tockn.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include "sdi1306.h"
#include "MAX30102.h"
#include "Pulse.h"
#include <avr/pgmspace.h>
#include <EEPROM.h>
#include <avr/sleep.h>
#include <AdaFruit_GFX.h>
#include <AdaFruit_SSD1306.h>
#include <SPI.h>
#include <RF24L01.h>
#include <RF24.h>

//Declaramos los pines CE y el CSN
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

//Variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir
byte direccion[5] = {'c','a','n','a','l'};

//creamos el objeto radio (RF24L01)
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

//vector con los datos a enviar
float datos[5];

MPU6050 mpu6050(wire);
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64
long timer = 0;
#define OLED_MOSI 11
#define OLED_CLK 12
#define OLED_DC 9
#define OLED_CS 8
#define OLED_RESET 10
AdaFruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,
                        OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);

int steps = 0;
float distanciamonstep = 71; //change it according to your distance between your legs in cm
float distance;
int entero;
int decimal;

// Routines to clear and set bits
#define cbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) &= ~_BV(bit))
#define sbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) |= _BV(bit))

SSD1306 oled;
MAX30102 sensor;
Pulse pulseIR;
Pulse pulseRed;
MAFilter bpm;
int interval=100;
unsigned long previousMillis2 = 0;

#define LED_LED_BUILTIN
#define BUTTON 3
#define OPTIONS 7

static const uint8_t heart_bits[] PROGMEM = { 0x00, 0x00, 0x38, 0x38, 0x7c, 0x7c, 0xfe, 0xfe, 0xfe, 0xff,
                                              0xfe, 0xff, 0xfc, 0x7f, 0xf8, 0xf8, 0xf0, 0xf0, 0xf0, 0xf0,
                                              0x00, 0x07, 0x80, 0x80, 0x00, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
                                              0x00, 0x00 };

//spo2_table is approximated as -45.068*ratioAverage* ratioAverage + 30.354 *ratioAverage + 94.845 ;
const uint8_t spo2_table[184] PROGMEM =
{ 95, 95, 95, 96, 96, 96, 97, 97, 97, 97, 97, 97, 98, 98, 98, 98, 98, 98, 99, 99, 99, 99,
  99, 99, 99, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100,
  100, 100, 100, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 98, 98, 98, 98, 97, 97,
  97, 97, 96, 96, 96, 96, 95, 95, 95, 94, 94, 94, 93, 93, 92, 92, 92, 91, 91,
  90, 90, 89, 89, 89, 88, 88, 87, 87, 86, 86, 85, 85, 84, 84, 83, 82, 81, 81,
  80, 80, 79, 78, 78, 77, 76, 76, 75, 74, 74, 73, 72, 71, 70, 69, 69, 68, 67,
  66, 66, 65, 64, 63, 62, 61, 60, 59, 58, 57, 56, 56, 55, 54, 53, 52, 51, 50,
  49, 48, 47, 46, 45, 44, 43, 42, 41, 40, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33, 31, 30, 29,
  28, 27, 26, 25, 23, 22, 21, 20, 19, 17, 16, 15, 14, 12, 11, 10, 9, 7, 6, 5,
  3, 2, 1 };

int getVCC() {
  //Reads internal 1V1 reference against VCC
  #if defined(_AVR_ATmega1284P_)
    ADMUX = _BV(REF50) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1); // For ATmega1284
  #else
    ADMUX = _BV(REF50) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1); // For ATmega328
  #endif
  delay(2); // wait for vref to settle
  ADCSRA |= _BV(ADSC); // Convert
  while (bit_is_set(ADCSRA, ADSC));
  uint8_t low = ADCL;
  unsigned int val = (ADCH << 8) | low;
  //discard previous result
  ADCSRA |= _BV(ADSC); // Convert
  while (bit_is_set(ADCSRA, ADSC));
  low = ADCL;
  val = (ADCH << 8) | low;
  return (((long)1024 * 1100) / val)/100;
}

void print_digit(int x, int y, long val, char c=' ', uint8_t field = 3, const int BIG = 2)
{
  uint8_t ff = field;
  do {
    char ch = (val!=0) ? val%10-'0' : c;
    oled.drawChar(x=BIG*(ff-1)*6, y, ch, BIG);
    val = val/10;
    --ff;
  } while (ff>0);
}

/*
 * Record, scale and display PPG Waveform
 */
const uint8_t MAXNAVE = 50;
```

```
class Waveform {
public:
  Waveform(void) {wavep = 0;}

  void record(int waveval) {
    waveval = waveval/3; // scale to fit in byte
    waveval += 128; //shift so entire waveform is +ve
    waveval = waveval<0? 0 : waveval;
    waveform[wavep] = (uint8_t) (waveval>255)?255:waveval;
    wavep = (wavep+1) % MAXNAVE;
  }

  void scale() {
    uint8_t maxw = 0;
    uint8_t minw = 255;
    for (int i=0; i<MAXNAVE; i++) {
      maxw = waveform[i]>maxw?waveform[i]:maxw;
      minw = waveform[i]<minw?waveform[i]:minw;
    }
    uint8_t scale8 = (maxw-minw)/4 + 1; //scale * 8 to preserve precision
    uint8_t index = wavep;
    for (int i=0; i<MAXNAVE; i++) {
      disp_wave[i] = 14-((uint16_t)(waveform[index]-minw)*3)/scale8;
      index = (index + 1) % MAXNAVE;
    }
  }

  void draw(uint8_t X) {
    for (int i=0; i<MAXNAVE; i++) {
      uint8_t y = disp_wave[i];
      oled.drawPixel(X+i, y);
      if (i<MAXNAVE-1) {
        uint8_t nexty = disp_wave[i+1];
        if (nexty>y) {
          for (uint8_t iy = y+1; iy<nexty; ++iy)
            oled.drawPixel(X+i, iy);
        }
        else if (nexty<y) {
          for (uint8_t iy = nexty+1; iy<y; ++iy)
            oled.drawPixel(X+i, iy);
        }
      }
    }
  }

private:
  uint8_t waveform[MAXNAVE];
  uint8_t disp_wave[MAXNAVE];
  uint8_t wavep = 0;
} wave;

int velocidad=0;
int beatAvg;
int SPO2, SPO2f;
int voltage;
bool filter_for_graph = false;
bool draw_Red = false;
uint8_t pcfalg = 0;
uint8_t istate = 0;
uint8_t sleep_counter = 0;

void button(void){
  pcfalg = 1;

  void checkbutton(){
    if (pcfalg && !digitalRead(BUTTON)) {
      istate = (istate + 1) % 4;
      filter_for_graph = istate & 0x01;
      draw_Red = !istate & 0x02;
      EEPROM.write(OPTIONS, filter_for_graph);
      EEPROM.write(OPTIONS+1, draw_Red);
    }
    pcfalg = 0;
  }

  void Display_5(){
    if (pcfalg && !digitalRead(BUTTON)){
      draw_oled(5);
      delay(1100);
    }
    pcfalg = 0;
  }

  void go_sleep() {
    oled.fill(0);
    oled.off();
    delay(10);
    sensor.off();
    delay(10);
    cbi(ADCSRA, ADEN); // disable adc
    delay(10);
    pinMode(0, INPUT);
    pinMode(2, INPUT);
    set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
    sleep_mode(); // sleep until button press
    // cause reset
    setup();
  }

  void draw_oled(int msg) {
    oled.firstPage();
    do{
      switch(msg){
        case 0: oled.drawStr(10,0,F("Device error"),1);
                break;
        case 1: oled.drawStr(13,10,F(" COLOCAR"),1);
                oled.drawStr(10,20,F(" DEDO"),1);
                oled.drawChar(100,0,voltage/10+'0');
                oled.drawChar(105,0,',');
                oled.drawChar(112,0,voltage%10+'0');
                oled.drawChar(118,0,'V');
                digitalWrite(2, LOW);
                break;
        case 2: print_digit(86,0,beatAvg);
                oled.drawBMP(64,1,16,16,heart_bits);
                wave.draw(4);
                oled.drawStr(65,16,F("SPO2:"),1);
                print_digit(98,16,SPO2f,' ',3,1);
                oled.drawChar(116,16,'%');
                if(steps>0)
                {
                  oled.drawStr(0,16,F("P:"),1);
                  print_digit(26,16,steps,' ',3,1);
                  oled.drawStr(0,25,F("D:"),1);
                  if(entero==0)
                  {

```

Bloque de procesamiento de la capa de control y recepción.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <RF24L01.h>
#include <RF24.h>

#define led1 4
#define led2 5

RF24 radio(9, 10); // CE, CNS
//const byte address[6] = "10001";
//Variable con la dirección del canal que se va a leer
byte direccion[5] = {'c', 'a', 'n', 'a', 'l'};

SoftwareSerial sim(2, 3);
String number = "4593983133440"; //-> change with your number

unsigned long lastRecvTime1 = 0;
unsigned long lastRecvTime2 = 0;

bool estadoConexion1 = false;
bool estadoConexion2 = false;

bool relej1 = false;
bool relej2 = false;

unsigned long previousMillis = 0; // will store last time LED was updated
// constants won't change:
const long interval = 500; // interval at which to blink (milliseconds)

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sim.begin(5000);

  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);

  digitalWrite(led1, HIGH);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led1, LOW);
  digitalWrite(led2, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(led1, HIGH);
  digitalWrite(led2, HIGH);

  delay(8000); //delay for 7 seconds to make sure the modules get the signal
  radio.begin();
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  //radio.openReadingPipe(0, address);
  radio.openReadingPipe(1, direccion);
  radio.startListening();
}
```

```
// Serial.println("RECIBO DATOS RECEBIDOS");
enviarSMS("SYSTEM CENTRAL DEPOSITOS LISTO");
}
void loop() {
  receiveData();

  if(estadoConexion1){
    unsigned long ahora = millis();
    if (ahora - lastRecvTime1 > 1000) {
      lastRecvTime1 = ahora;
      estadoConexion1 = false;
    }
  }

  if(estadoConexion2){
    unsigned long ahora = millis();
    if (ahora - lastRecvTime2 > 1000) {
      lastRecvTime2 = ahora;
      estadoConexion2 = false;
    }
  }

  if (estadoConexion1) {
    digitalWrite(led1, HIGH);
    while (
      digitalWrite(led2, LOW);
    )
  }

  if (estadoConexion2) {
    digitalWrite(led2, HIGH);
    while (
      digitalWrite(led1, LOW);
    )
  }

  void receiveData() {
    byte packetLen = 0; //Variable para leer que Modulo envia al dato
    if (radio.available(packetLen) > 0)
      float data[7];
      radio.read(data, sizeof(data));
      if (data[0] == 0) {
        String strEnvio = String(data[1]) + "" + String(data[2]) + "" + String(data[3]) + "" + String(data[4]) + "" + String(data[5]) + "" + String(data[6]) / 100 + "" + String(data[7]);
      }
    }
  }
}
```

```
if(datos[6]==1){
  estadoConexion1 = true;
}

if(datos[6]==2){
  estadoConexion2 = true;
}

Serial.println(strEnvio);
}

}

else{
  estadoConexion1 = false;
  estadoConexion2 = false;
}

}

}

void enviarSMS(String mensaje)
{
  //Serial.println ("Enviando...");
  sim.println("AT+CMGF=1"); //Sets the GSM Module in Text Mode
  delay(1000);
  //Serial.println ("Set SMS Number");
  sim.println("AT+CMGS="" + number + ""\r\n"); //Mobile phone number to send message
  delay(1000);
  sim.println(mensaje);
  delay(100);
  sim.println((char)26); // ASCII code of CTRL+Z
  delay(1000);
  //Serial.println ("Mensaje enviado");
}
```

Bloque de transmisión de la capa de control y recepción.

```

/* LIBRERIAS .....
.....
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266DNS.h>
#include <ESP8266HTTPUpdateServer.h>
#include <WiFiUDP.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <Arduino.h>
#include <Hash.h>
#include "FirebaseESP8266.h"
#include <NTPClient.h> // Para hora actual
#include <WiFiUDP.h>
#include "SoftwareSerial.h"

#include <Separador.h>

Separador s;

SoftwareSerial mySoftwareSerial(D5, D6); // RX, TX

//wifi manager.....

#if ! ( defined(ESP8266) || defined(ESP32) )
#error This code is intended to run on the ESP8266 or ESP32 platform!
Please check your Tools->Board setting.
#endif

//Ported to ESP32
#ifdef ESP32
#include <esp_wifi.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>

#define ESP_getChipId() ((uint32_t)ESP.getEfuseMac())

#define LED_ON HIGH
#define LED_OFF LOW
#else
#include <ESP8266WiFi.h> //https://github.com/esp8266/Arduino
#include <DNS.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

#define ESP_getChipId() (ESP.getChipId())

#define LED_ON LOW
#define LED_OFF HIGH
#endif

#include <ESP_WiFiManager.h> //https://github.com/khoih-
prog/ESP_WiFiManager

// SSID and PW for your Router

String Router_SSID;
String Router_Pass;
//*****

#define buzzer D8

#define HOST_ME "esp8266Color"
#define SSID_ME ""
#define PW_ME ""

//para ACCESS POINT
const char *ssid = "NODO CENTRAL WIFI";
const char *password1 = "SmartRiobamba123*";

ESP8266WebServer httpServer(80);
ESP8266HTTPUpdateServer httpUpdater;

const long utcOffsetInSeconds = -18000;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"DOMINGO", "LUNES", "MARTES",
"MIERCOLES", "JUEVES", "VIERNES", "SABADO"};
// Define NTP client to get time
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org", utcOffsetInSeconds);
int horas, minutos;
String strDia;

const char* host = HOST_ME;
const char* ssid = SSID_ME;
const char* password = PW_ME;

int numeroClientes;

String str[10];
int StringCount = 0;

/*
 * FIREBASE
 */
String rutaRegistroNFC = "BASE DE DATOS";

// Set these to run example.
#define FIREBASE_HOST "deportes-ab8c5-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "KlnpbpDCB7j12yFPag3B0c2WusH5wQRPmde11I"

//Define FirebaseESP8266 data object
FirebaseData firebaseData;

String path = rutaRegistroNFC;
String jsonStr = "";

String UID = "USUARIO1";

// Database main path
String database_path;

String cardiaco_path = "cardiaco";
String oximetria_path = "oxigeno";
String pasos_path = "pasos";
String velocidad_path = "velocidad";
String distancia_path = "distancia";
String bateria_path = "bateria";
String time_path = "tiempo";

//Updated in every loop
String parent_path;

int epoch_time;

//send new readings every 5 minutes
unsigned long previous_time = 0;
unsigned long Delay = 500;

//get current epoch time
unsigned long Get_Epoch_Time() {
timeClient.update();
unsigned long now = timeClient.getEpochTime();
return now;
}

boolean datoSubido=false;

void setup() {

Serial.begin(9600);
mySoftwareSerial.begin(9600);

conexionWiFiManager();

WiFi.softAP(ssid1, password1);
IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
Serial.print("AP IP address: ");
Serial.println(myIP);

OTA();

WiFiConnect();

delay(1000);

//FIREBASE *****
Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
Firebase.reconnectWiFi(true);

//Set the size of WiFi rx/tx buffers in the case where we want to
work with large data.
firebaseData.setBSSLBufferSize(1024, 1024);

//Set the size of HTTP response buffers in the case where we want to
work with large data.
firebaseData.setResponseSize(1024);

timeClient.begin();

Serial.println("LISTOOOO");
}

void loop() {
ArduinoOTA.handle();

numeroClientes = WiFi.softAPGetStationNum();
// funcionesBasicas();

if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
WiFiConnect();
}

else
{
if (mySoftwareSerial.available() > 0) {

String str = mySoftwareSerial.readStringUntil('\n');
// Serial.println("DATOS: "+ str);

if (millis() - previous_time > Delay && !datoSubido)
{
datoSubido=true;

previous_time = millis();

// Serial.println("LONGITUD: "+ String(str.length()));
}
}
}
}

```

Anexo L: Programación realizada para el desarrollo de la App móvil

```
Users > henry > Downloads > CODIGO APP ANDROID > ANDROID > app > src > main > AndroidManifest.xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.appdeportes">

    <uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE" />
    <uses-permission android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE" />
    <uses-permission android:name="android.permission.WRITE_INTERNAL_STORAGE" />
    <uses-permission android:name="android.permission.MANAGE_EXTERNAL_STORAGE"> />
    <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher1"
        android:label="@string/app_name"
        android:requestLegacyExternalStorage="true"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher1"
        android:supportsRtl="true"
        android:theme="@style/Theme.APPDEPORTES"
        android:usesCleartextTraffic="true">
        <activity
            android:name=".tablaReporte"
            android:exported="true"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar"
            android:screenOrientation="landscape"
            />
        <activity
            android:name=".historialPrueba"
            android:exported="true"
            android:screenOrientation="landscape"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
        <activity
            android:name=".editar_usuario"
            android:exported="true"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
        <activity
            android:name=".listaDeportistas"
            android:exported="false"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
        <activity
            android:name=".registro_usuario"
            android:exported="false"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
    </application>
</manifest>
```

```
<activity
    android:name=".visor"
    android:exported="true"
    android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
<activity
    android:name=".MainActivity"
    android:exported="true"
    android:screenOrientation="landscape"
    android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
<activity
    android:name=".intro"
    android:exported="true"
    android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar">
    <intent-filter>
        <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

        <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
    </intent-filter>
</activity>

<provider
    android:name="androidx.core.content.FileProvider"
    android:authorities="${applicationId}.provider"
    android:exported="false"
    android:grantUriPermissions="true">
    <meta-data
        android:name="android.support.FILE_PROVIDER_PATHS"
        android:resource="@xml/provider_paths"/>
</provider>

</application>

</manifest>
```


Anexo N: Pruebas de validacion del sensor Max30102



Anexo O: Pruebas de validacion del sensor MPU6050



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Terry
Apellido: Ramirez
Cedula: 230040481
Estatura: 1.70 m
Peso: 75 kg
Edad: 23 años
IMC: 21.39
Colegio de Armas: 01-1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 19:33:54

Nº	FECHA	RITMO CARDIACO (BPM)	VELOCIDAD (M/S)	CHOCOS (CM)	PASOS (N)	ENTRENAMIENTO (MIN)	ENTRENAMIENTO (KCAL)
1	07/07/2022 19:33:00	138.0	3.00	94.3	235.0	184.30	4.70
2	07/07/2022 19:33:05	138.0	3.00	94.3	235.0	184.30	3.80
3	07/07/2022 19:33:10	138.0	3.00	94.3	235.0	184.30	4.50
4	07/07/2022 19:33:15	137.0	3.00	93.3	235.0	184.30	4.50
5	07/07/2022 19:33:20	133.0	3.00	89.3	235.0	184.30	4.70
6	07/07/2022 19:33:25	131.0	3.00	86.3	235.0	184.30	4.50
7	07/07/2022 19:33:30	125.0	3.00	80.3	235.0	184.30	4.50
8	07/07/2022 19:33:35	128.0	3.00	87.3	235.0	184.30	4.70
9	07/07/2022 19:33:40	130.0	3.00	94.3	235.0	184.30	4.50
10	07/07/2022 19:33:45	112.0	3.00	80.3	235.0	184.30	4.70
11	07/07/2022 19:33:50	138.0	3.00	93.3	235.0	184.30	4.50
12	07/07/2022 19:33:55	122.0	3.00	83.3	235.0	184.30	4.50
13	07/07/2022 19:34:00	123.0	3.00	80.3	235.0	184.30	4.70
14	07/07/2022 19:34:05	98.0	12.00	58.3	235.0	107.20	4.00
15	07/07/2022 19:34:10	131.0	12.00	88.0	211.0	190.80	4.00



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
Apellido: Rodriguez
Cedula: 230040481
Estatura: 1.70 m
Peso: 74 kg
Edad: 23 años
IMC: 24.59
Colegio de Armas: 01-1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 19:42:28

Nº	FECHA	RITMO CARDIACO (BPM)	VELOCIDAD (M/S)	CHOCOS (CM)	PASOS (N)	ENTRENAMIENTO (MIN)	ENTRENAMIENTO (KCAL)
1	07/07/2022 19:41:40	0.0	0.00	0.0	1.0	0.90	1.00
2	07/07/2022 19:41:45	0.0	0.00	0.0	1.0	0.90	4.00
3	07/07/2022 19:41:50	0.0	0.00	0.0	1.0	0.90	4.00
4	07/07/2022 19:41:55	110.0	0.00	82.0	1.0	0.90	4.00
5	07/07/2022 19:42:00	100.0	0.00	89.0	1.0	0.90	4.00
6	07/07/2022 19:42:05	98.0	0.00	85.0	1.0	0.90	1.00
7	07/07/2022 19:42:10	106.0	0.00	87.0	1.0	0.90	1.00
8	07/07/2022 19:42:15	108.0	0.00	87.0	1.0	0.90	4.00
9	07/07/2022 19:42:20	130.0	0.00	96.0	1.0	0.90	4.00
10	07/07/2022 19:42:25	130.0	0.00	96.0	1.0	0.90	4.00
11	07/07/2022 19:42:30	127.0	12.00	91.0	0.0	3.40	3.90
12	07/07/2022 19:42:35	86.0	0.00	85.0	12.0	10.00	1.00
13	07/07/2022 19:42:40	116.0	12.00	84.0	13.0	14.43	4.00
14	07/07/2022 19:42:45	116.0	12.00	84.0	22.0	19.80	4.00
15	07/07/2022 19:42:50	116.0	12.00	84.0	32.0	28.80	4.00



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
Apellido: Castellanos
Cedula: 230040481
Estatura: 1.70 m
Peso: 71 kg
Edad: 23 años
IMC: 24.38
Colegio de Armas: 01-1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 19:49:39

Nº	FECHA	RITMO CARDIACO (BPM)	VELOCIDAD (M/S)	CHOCOS (CM)	PASOS (N)	ENTRENAMIENTO (MIN)	ENTRENAMIENTO (KCAL)
1	07/07/2022 19:49:30	0.0	0.00	0.0	1.0	0.90	4.00
2	07/07/2022 19:49:35	0.0	0.00	0.0	1.0	0.90	4.00
3	07/07/2022 19:49:40	0.0	0.00	99.2	1.0	0.90	4.00
4	07/07/2022 19:49:45	210.0	0.00	90.0	1.0	0.90	4.00
5	07/07/2022 19:49:50	104.0	0.00	83.0	1.0	0.90	4.00
6	07/07/2022 19:49:55	104.0	0.00	83.0	1.0	0.90	4.00
7	07/07/2022 19:50:00	110.0	12.00	78.0	8.0	5.80	4.00
8	07/07/2022 19:50:05	113.0	11.00	80.2	15.0	14.40	4.00
9	07/07/2022 19:50:10	106.0	0.00	83.0	31.0	18.90	4.00
10	07/07/2022 19:50:15	130.0	12.00	93.0	31.0	24.30	4.00
11	07/07/2022 19:50:20	137.0	12.00	94.0	38.0	34.50	3.00
12	07/07/2022 19:50:25	140.0	12.00	94.0	43.0	38.70	4.00
13	07/07/2022 19:50:30	132.0	13.00	94.0	48.0	43.20	4.00
14	07/07/2022 19:50:35	129.0	12.00	94.0	51.0	45.60	4.00
15	07/07/2022 19:50:40	134.0	12.00	94.0	50.0	45.00	1.00



16	07/07/2022 19:50:45	120.0	84.0	95.0	32.50	4.00	
17	07/07/2022 19:50:50	131.0	13.00	86.0	222.0	188.80	5.00
18	07/07/2022 19:50:55	126.0	12.00	86.0	228.0	205.20	5.00
19	07/07/2022 19:51:00	122.0	12.00	86.0	238.0	214.20	5.00
20	07/07/2022 19:51:05	121.0	9.00	85.0	242.0	217.80	4.70
21	07/07/2022 19:51:10	114.0	9.00	85.0	251.0	220.80	4.70
22	07/07/2022 19:51:15	120.0	12.00	84.0	256.0	220.40	4.50
23	07/07/2022 19:51:20	116.0	12.00	83.0	261.0	224.00	4.70
24	07/07/2022 19:51:25	119.0	12.00	84.0	266.0	228.40	4.50
25	07/07/2022 19:51:30	119.0	9.00	84.0	270.0	233.00	4.50
26	07/07/2022 19:51:35	121.0	6.00	84.0	275.0	237.60	4.70
27	07/07/2022 19:51:40	119.0	6.00	84.0	280.0	242.00	4.50
28	07/07/2022 19:51:45	117.0	6.00	84.0	285.0	246.60	4.70
29	07/07/2022 19:51:50	95.0	12.00	82.0	290.0	251.00	5.00
30	07/07/2022 19:51:55	137.0	13.00	82.0	295.0	255.60	5.00
31	07/07/2022 19:52:00	98.0	0.00	80.0	300.0	260.00	4.70

16	07/07/2022 19:52:05	122.0	12.00	84.0	305.0	264.60	4.50
17	07/07/2022 19:52:10	126.0	12.00	85.0	310.0	269.00	4.00
18	07/07/2022 19:52:15	127.0	13.00	85.0	315.0	273.60	4.00
19	07/07/2022 19:52:20	126.0	12.00	84.0	320.0	278.00	4.00
20	07/07/2022 19:52:25	127.0	12.00	84.0	325.0	282.60	4.00
21	07/07/2022 19:52:30	128.0	12.00	85.0	330.0	287.00	3.90
22	07/07/2022 19:52:35	128.0	12.00	85.0	335.0	291.60	3.90
23	07/07/2022 19:52:40	130.0	12.00	84.0	340.0	296.00	3.90
24	07/07/2022 19:52:45	131.0	13.00	84.0	345.0	300.60	3.90
25	07/07/2022 19:52:50	127.0	12.00	84.0	350.0	305.00	4.00

16	07/07/2022 19:52:55	113.0	12.00	82.0	355.0	309.60	4.00
17	07/07/2022 19:53:00	113.0	12.00	83.0	360.0	314.00	4.00
18	07/07/2022 19:53:05	110.0	12.00	82.0	365.0	318.60	4.00
19	07/07/2022 19:53:10	85.0	12.00	81.0	370.0	323.00	4.00
20	07/07/2022 19:53:15	85.0	12.00	81.0	375.0	327.60	4.00
21	07/07/2022 19:53:20	129.0	12.00	81.0	380.0	332.00	4.00



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
Apellido: Espinosa
Cédula: 230040481
Pulsar: 173 kg
Edad: 23 años
IMC: 24.38
Código de Antena RF: 1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 19:43:53

Nº	FECHA	METRO	VELOCIDAD	CONSUMO	PODOR	DISTANCIA	BATERIA (%)
1	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
2	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
3	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
4	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
5	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
6	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
7	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
8	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
9	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
10	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
11	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
12	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
13	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
14	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
15	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
16	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
17	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
18	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
19	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
20	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
21	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00

Nº	FECHA	METRO	VELOCIDAD	CONSUMO	PODOR	DISTANCIA	BATERIA (%)
16	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
17	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
18	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
19	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
20	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
21	07/07/2022 19:43:53	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
Apellido: Espinosa
Cédula: 230040481
Pulsar: 173 kg
Edad: 23 años
IMC: 24.38
Código de Antena RF: 1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 19:49:39

Nº	FECHA	METRO	VELOCIDAD	CONSUMO	PODOR	DISTANCIA	BATERIA (%)
1	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
2	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
3	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
4	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
5	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
6	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
7	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
8	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
9	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
10	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
11	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
12	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
13	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
14	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
15	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
16	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00

Nº	FECHA	METRO	VELOCIDAD	CONSUMO	PODOR	DISTANCIA	BATERIA (%)
16	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
17	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
18	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
19	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
20	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
21	07/07/2022 19:49:39	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00



RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

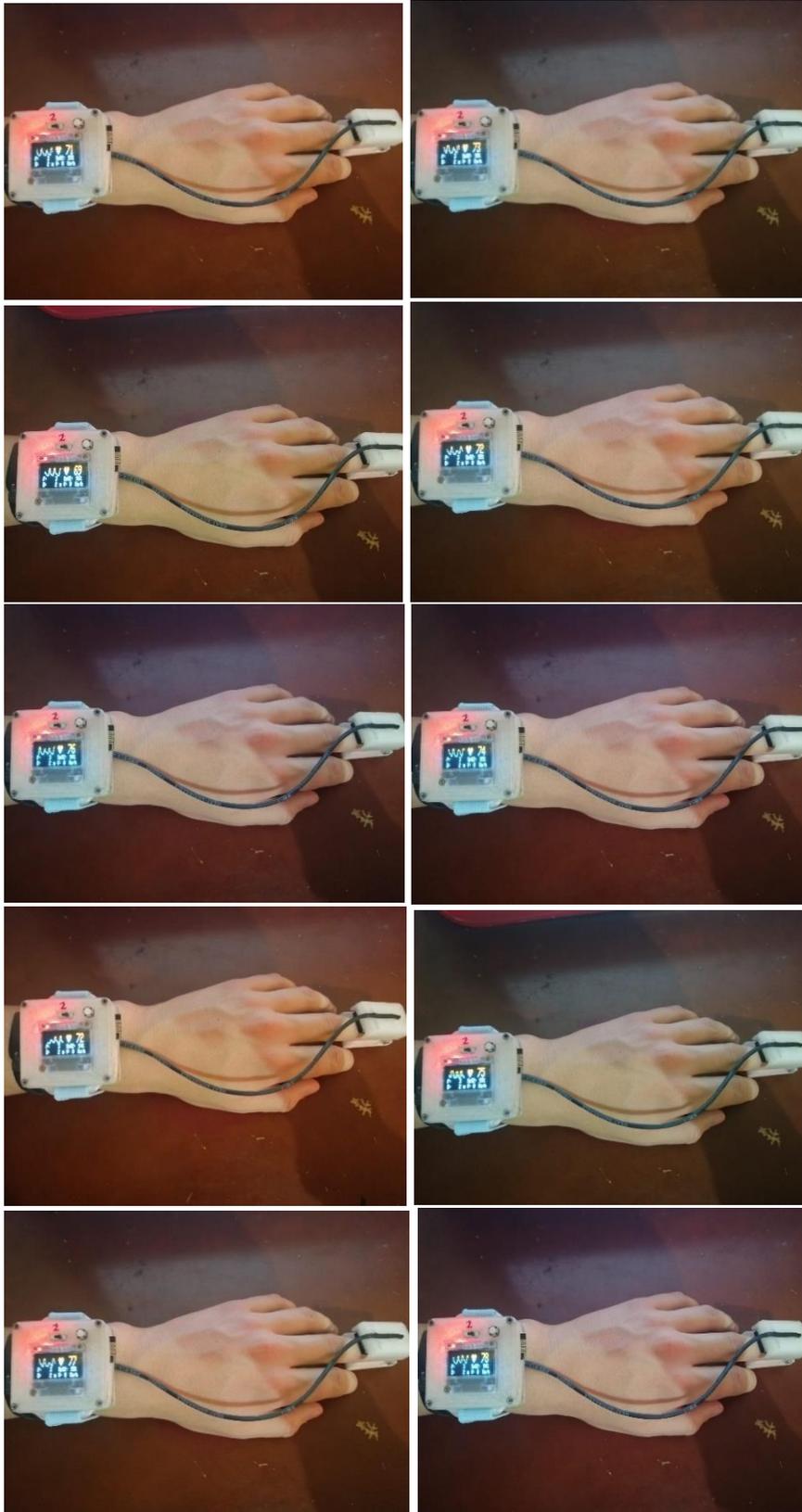
Nombre: Henry
Apellido: Espinosa
Cédula: 230040481
Pulsar: 173 kg
Edad: 23 años
IMC: 24.38
Código de Antena RF: 1

Fecha de Reporte: 07/07/2022 20:18:42

Nº	FECHA	METRO	VELOCIDAD	CONSUMO	PODOR	DISTANCIA	BATERIA (%)
1	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
2	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
3	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
4	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
5	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
6	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
7	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
8	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
9	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
10	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
11	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
12	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
13	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
14	07/07/2022 20:18:42	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00



Anexo P: Pruebas de estabilidad del sensor Max30102



Anexo Q: Pruebas de estabilidad del sensor MPU6050



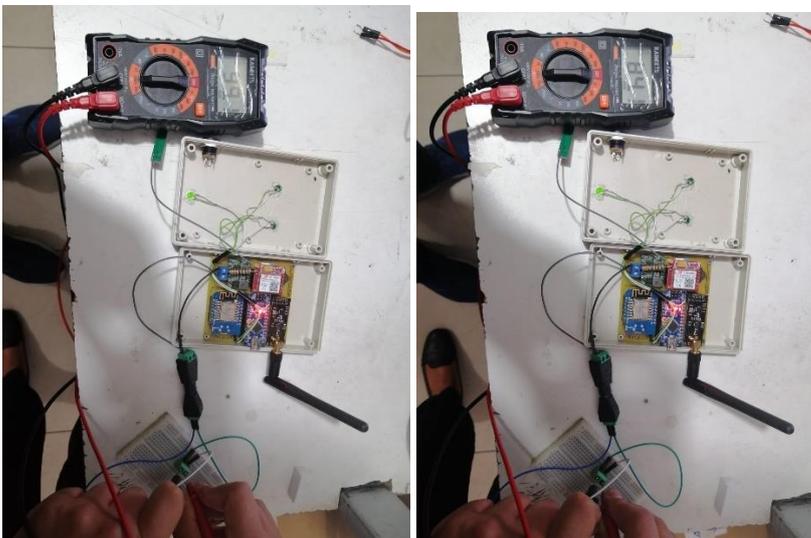
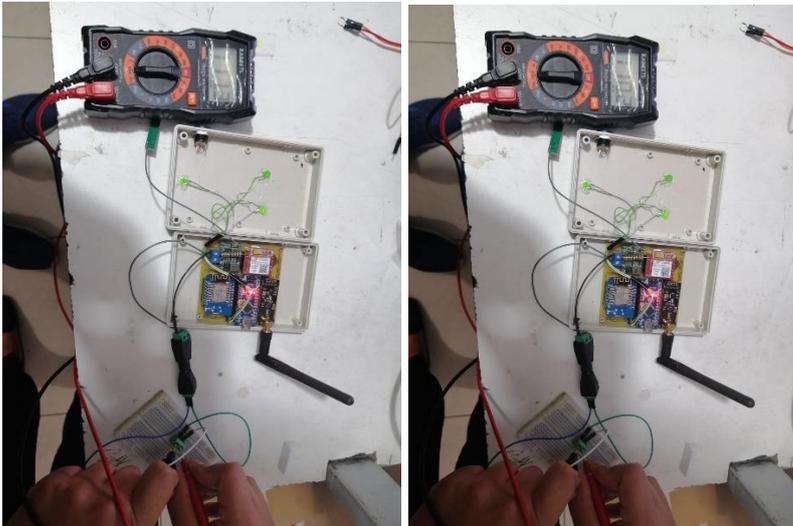
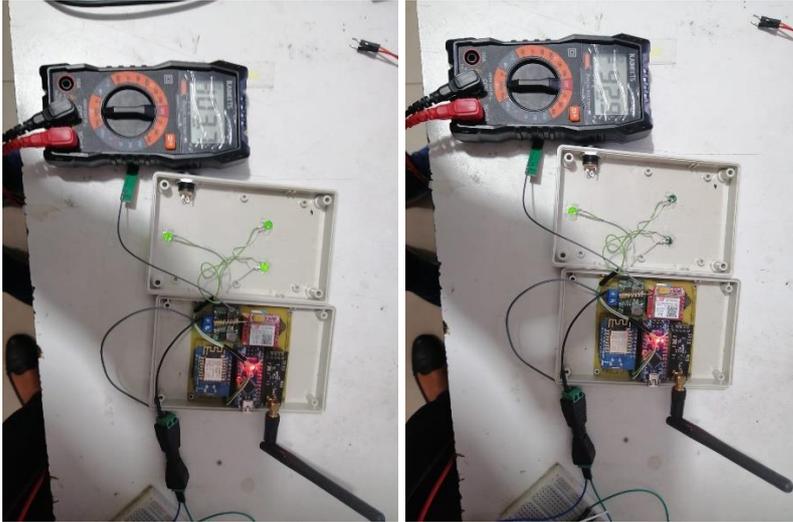
RESULTADOS DE RENDIMIENTO FÍSICO

Nombre: Henry
 Apellido: Espinoza
 Cédula: 2300406481
 Estatura: 1.73 m
 Peso: 73 Kg
 Edad: 23 años
 IMC: 24.39
 Código de Antena RF: 1

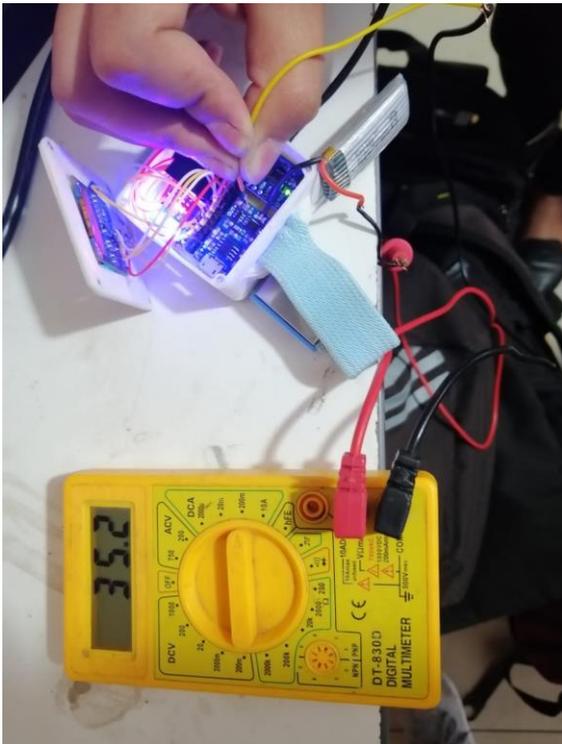
Fecha de Reporte: 07/07/2022 20:18:42

No	FECHA	RITMO CARDIACO (Lpm)	VELOCIDAD (Km/h)	OXIGENO (%)	PASOS (#)	DISTANCIA (m)	BATERIA (V)
1	07/07/2022 20:17:00	121.0	0,00	93.0	812.0	730,80	4,00
2	07/07/2022 20:17:01	97.0	12,00	81.0	818.0	736,20	4,00
3	07/07/2022 20:17:02	96.0	11,00	84.0	824.0	741,60	4,00
4	07/07/2022 20:17:03	94.0	12,00	88.0	831.0	747,90	4,00
5	07/07/2022 20:17:05	122.0	12,00	87.0	837.0	753,30	4,00
6	07/07/2022 20:17:06	97.0	13,00	89.0	843.0	758,70	4,00
7	07/07/2022 20:17:07	111.0	13,00	89.0	849.0	764,10	4,00
8	07/07/2022 20:17:08	133.0	12,00	88.0	855.0	769,50	4,00
9	07/07/2022 20:17:11	144.0	12,00	87.0	866.0	779,40	4,00
10	07/07/2022 20:17:12	152.0	12,00	93.0	873.0	785,70	4,00
11	07/07/2022 20:17:13	155.0	12,00	93.0	879.0	791,10	4,00
12	07/07/2022 20:17:14	133.0	18,00	85.0	881.0	792,90	3,90
13	07/07/2022 20:17:15	133.0	0,00	85.0	881.0	792,90	3,90
14	07/07/2022 20:17:17	97.0	0,00	86.0	881.0	792,90	3,90

Anexo R : Medición de corriente del nodo central



Anexo S: Medición de corriente del nodo secundario





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 11 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: HENRY DAVID ESPINOZA MOREIRA DANIELA VICTORIA TRUJILLO AGUIRRE
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.

