



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO QUE MONITOREE SIGNOS
VITALES EN PERSONAS EXPUESTAS A BAJAS TEMPERATURAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Kristhel Fiorelly Orellana Orellana
John Estefano Palacio Parrales
TUTOR: Franklin Ilich Kuonquí Gaínza

Guayaquil - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Kristhel Fiorelly Orellana Orellana** con documento de identificación N° 0706093846 y **John Estefano Palacio PARRALES** con documento de identificación N° 0932279466; manifestamos que:

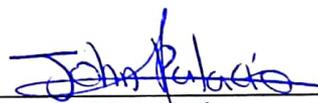
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Kristhel Fiorelly Orellana Orellana
0706093846



John Estefano Palacio PARRALES
0932279466

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

Nosotros, **Kristhel Fiorelly Orellana Orellana** con documento de identificación N° 0706093846 y **John Estefano Palacio Parrales** con documento de identificación N° 0932279466, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO QUE MONITOREE SIGNOS VITALES EN PERSONAS EXPUESTAS A BAJAS TEMPERATURAS**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Kristhel Fiorelly Orellana Orellana
0706093846



John Estefano Palacio Parrales
0932279466

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Franklin Illich Kuonquí Gaínza**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO QUE MONITOREE SIGNOS VITALES EN PERSONAS EXPUESTAS A BAJAS TEMPERATURAS**, realizado por **Kristhel Fiorelly Orellana Orellana** con documento de identificación N° **0706093846** y por **John Estefano Palacio PARRALES** con documento de identificación N° **0932279466**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Franklin Illich Kuonquí Gaínza, Mg.
0909627432

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres, Nery Orellana Espejo y Vanessa Orellana Carrión, cuyo amor y aliento han sido mi fuente constante de inspiración para perseguir mis metas con pasión y determinación. En honor a su apoyo inquebrantable, dedico este logro con la convicción firme de que este es solo uno de los muchos triunfos que aún están por venir.

Al concluir esta etapa, deseo recordarles a todos que la vida nos brinda la oportunidad de convertir este mundo en un lugar mejor, que cada acción, cada palabra y cada gesto sean guiados por el amor y el deseo de dejar una huella positiva en la vida de los demás.

Orellana Orellana Kristhel Fiorelly

Dedico este trabajo a mi madre Rocio Parrales y mi padre Juan Palacio, cuyo apoyo inquebrantable y amor infinito han sido mi fuente de inspiración constante. Esta tesis es un tributo a su apoyo, sabiduría y aliento que me han guiado en este viaje de aprendizaje y crecimiento. Sus valores y enseñanzas han sido mi faro en los momentos más desafiantes.

Para mi abuela Luz Tomala que siempre creyó en mí y me brindo la confianza para perseguir mis sueños académicos, esta tesis lleva sus nombres con gratitud y cariño.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso del camino, esta tesis es un reflejo de nuestro amor y unidad.

A todos aquellos que han compartido este viaje conmigo, esta tesis es un testimonio de la importancia de la colaboración y el apoyo mutuo en la búsqueda del conocimiento. Que este trabajo pueda contribuir de alguna manera al avance del conocimiento y al bienestar de la sociedad.

Palacio Parrales John Estefano

AGRADECIMIENTO

Querido Dios, has sido mi roca, mi consuelo y mi fortaleza en momentos de incertidumbre. Tu presencia en mi vida me ha dado fuerzas para superar desafíos y creer en mí misma. Me has recordado que cada paso dado en este camino es una oportunidad para crecer y aprender.

A mi amada familia, gracias por el amor incondicional que me han brindado desde el primer día. Su dedicación y sacrificio han sido una inspiración constante para mí. Gracias por creer en mis sueños, por alentarme a dar siempre lo mejor de mí y por ser mis pilares de apoyo en cada momento.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes, compañeros y amigos por formar parte importante del desarrollo y cumplimiento del presente trabajo de investigación.

Agradezco además de manera especial al Ing. Franklín Kuonquí por su guía ante la realización de este proyecto con sugerencias y por la confianza brindada para culminar el mismo.

Orellana Orellana Kristhel Fiorelly

De manera muy especial agradezco a Dios, por permitirme continuar todo lo que presenta la vida gracias a su incondicional amor, a mis padres por el apoyo incansable dignos de ser padres, a mi compañera de tesis por la perseverancia en los momentos más oscuros, a mis amigos por la motivación presente y a los docentes de la carrera de ingeniería en mecatrónica que han formado parte de mi formación profesional, quienes con su conocimiento y su apoyo, pero de manera especial al Ing. Franklín Kuonquí por su invaluable apoyo y orientación durante el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Su confianza, consejos expertos y su dedicación fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto.

Agradezco a todas esas amistades que me dio directamente como indirectamente la universidad, porque me han demostrado ser grandes seres humanos que siempre me han brindado de su apoyo aun cuando fue difícil avanzar, por acompañarme y hacer de este camino más agradable y enriquecedor.

Palacio Parrales John Estefano

RESUMEN

El presente proyecto se centra en la importancia de conocer los signos vitales en climas extremadamente fríos para prevenir complicaciones potencialmente mortales. Adicionalmente la falta de un seguimiento adecuado de los parámetros de salud puede llevar a situaciones de sobreexposición y, en última instancia, a la muerte.

Este proyecto tiene como objetivo proporcionar a las personas expuestas a condiciones gélidas un conocimiento detallado de su temperatura corporal y frecuencia cardíaca, lo que les permite estar alerta ante posibles riesgos de hipotermia. El sistema de alarmas integrado en el proyecto advierte a los usuarios cuando su temperatura interna se encuentra en el rango de hipotermia leve, instándolos a tomar medidas de prevención.

Si la exposición continúa y las condiciones de salud empeoran, el usuario puede emitir una alarma de activación manual para que puedan llegar a socorrerlo mediante la geolocalización que se visualiza en el servidor web. La ventaja clave del proyecto radica en el monitoreo remoto constante, lo que permite evitar congelamientos y otras complicaciones al no seguir las recomendaciones específicas para cada nivel de hipotermia.

Palabras claves: signos vitales, textil electrónico, hipotermia, geolocalización, aplicación web, tecnología LoRa, temperatura corporal, arduino nano, ESP32.

ABSTRACT

This project focuses on the importance of knowing vital signs in extremely cold weather to prevent life-threatening complications. Additionally, the lack of adequately monitoring health parameters can lead to overexposure and ultimately death.

This project aims to provide people exposed to freezing conditions with detailed data of their body temperature and heart rate, allowing them to be alert to potential hypothermia risks. The alarm system integrated into the project warns users when their core temperature is in the mild hypothermia range, prompting them to take preventive measures.

If exposure continues and health conditions worsen, the user can issue a manually triggered alarm so that they can be reached for help using the geolocation displayed on the web server. The key advantage of the project lies in the constant remote monitoring which helps to avoid frostbite and other complications by not following specific recommendations for each level of hypothermia.

Keywords: vital signs, electronic textile, hypothermia, geolocation, web application, LoRa technology, body temperature, arduino nano, ESP32.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	PROBLEMA	14
III.	OBJETIVOS	15
III-A.	Objetivo general	15
III-B.	Objetivos específicos	15
IV.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	16
IV-A.	Parámetros fisiológicos	16
IV-A1.	Temperatura corporal	16
IV-A2.	Frecuencia Cardíaca	18
IV-B.	Métodos de monitoreo y control de las señales vitales	19
IV-B1.	Monitoreo de frecuencia cardíaca	19
IV-B2.	Temperatura corporal	20
IV-C.	Componentes eléctricos y electrónicos	21
IV-C1.	Hilo conductor	21
IV-C2.	Microcontrolador	21
IV-C3.	Sensores	24
IV-C4.	Módulo GPS	26
IV-C5.	Módulo CP2102 conversor USB a serial	27
IV-D.	Comunicación	28
IV-D1.	Sistemas de comunicación	28
IV-D2.	Comunicaciones Inalámbricas	28
IV-D3.	Tecnología LoRa	29
IV-E.	Textiles	30
IV-E1.	Textiles electrónicos	30
IV-E2.	Componentes principales de un textil inteligente	30
IV-E3.	Ropa adecuada para el montañismo	32
V.	MARCO METODOLÓGICO	34
V-A.	Circuito electrónico	34
V-B.	Configuración de los componentes electrónicos	34
V-B1.	LoRa	34
V-B2.	Módulo GPS GT-7U	34
V-B3.	Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614	36
V-B4.	Calibración del Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614	37
V-C.	Diseño del textil electrónico	41
V-D.	Programación	42
V-D1.	Arduino nano	42
V-D2.	ESP32	49
V-E.	Página Web	52
VI.	RESULTADOS	53
VI-A.	Pruebas de campo	53
VI-B.	Monitoreo remoto de signos vitales	55
VII.	CRONOGRAMA	60

VIII. PRESUPUESTO	61
IX. CONCLUSIONES	62
X. RECOMENDACIONES	62
Apéndice A: Ejemplo de textiles Electrónicos	66
Apéndice B: Programación	68
B-A. Programación del dispositivo realizada en ARDUINO NANO	68
B-B. Programación del dispositivo realizada en ESP32	74
B-C. Programación de la Página Web	79
Apéndice C: DataSheet de los componentes	83
C-A. Módulo LoRa RYLR 896	83
C-B. Módulo MLX90614	87
C-C. Módulo AD8232	91
C-D. Módulo GT-U7	94

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Medición y supervisión continua de funciones corporales [6].	16
2.	Termorregulación [10]	17
3.	Etapas de la hipotermia [12]	18
4.	Funcionamiento del oxímetro de pulso [17]	20
5.	Hilo conductor [19]	21
6.	Microcontrolador [21]	22
7.	Módulo ESP32 [23]	22
8.	Arduino Nano [25]	23
9.	Sensor de pulso cardiaco AD8232 [26]	24
10.	Colocación de los electrodos [27]	25
11.	Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 [28]	25
12.	Temperaturas superficiales del cuerpo humano para el correcto uso del sensor infrarrojo [20]	26
13.	Módulo GPS [29]	27
14.	Módulo CP2102 conversor USB a serial [29]	27
15.	Tipos de comunicación de inalámbrica [31]	28
16.	Tecnología LoRa [31]	29
17.	Textil electrónico [34]	30
18.	Componentes principales de los textiles electrónicos [36]	31
19.	Ropa adecuada para el montañismo[37]	32
20.	Conexiones del circuito electrónico. Fuente: Autores	34
21.	U-CENTER. Fuente: Autores	35
22.	Configuración de Baudios en U-Center. Fuente: Autores	36
23.	Gráfica de dispersión de los datos de temperatura. Fuente: Autores	37
24.	Lectura de temperatura axilar. Fuente: Autores	39
25.	Datos de temperatura ajustados. Fuente: Autores	39
26.	Comparación de datos de temperatura corporal. Fuente: Autores	40
27.	Diseño 3D del textil electrónico. Fuente: Autores	41
28.	Diseño final del textil electrónico. Fuente: Autores	42
29.	Diagrama de flujo de la programación. Fuente: Autores	43
30.	Diagrama de flujo de la Tarea 1. Fuente: Autores	44
31.	Diagrama de flujo de la tarea 2. Fuente: Autores	45
32.	Diagrama de flujo de la tarea 3. Fuente: Autores	46
33.	Diagrama de flujo de la tarea 4. Fuente: Autores	47
34.	Diagrama de flujo de la tarea 5. Fuente: Autores	48
35.	Subfunción de alarma web. Fuente: Autores	49
36.	Diagrama de flujo programación del ESP32. Fuente: Autores	50
37.	Diagrama de flujo del procesamiento de datos. Fuente: Autores	51
38.	Estructura de la función getValue. Fuente: Autores	52
39.	Volcán Chimborazo - Riobamba, Ecuador. Fuente: Autores	53
40.	Personas con malestar. Fuente: Autores	53
41.	Usuario a una distancia aproximadamente de 200m de la sede. Fuente: Autores	54
42.	Vista desde la ubicación del usuario a la sede. Fuente: Autores	54
43.	Visualización del servidor web. Fuente: Autores	55
44.	Visualización de los datos transmitidos al servidor web. Fuente: Autores	55
45.	Visualización de la Temperatura corporal en el servidor web. Fuente: Autores	56
46.	Temperatura oral. Fuente: Autores	56
47.	Conexión de electrodos en el usuario. Fuente: Autores	57
48.	Visualización del Pulso Cardiaco en el servidor web. Fuente: Autores	57
49.	Visualización de la Ubicación Geográfica en el servidor web. Fuente: Autores	58

50.	Prueba en tiempo real en el Chimborazo. Fuente: Autores	59
51.	Visualización de la Alarma de Socorro en el servidor web. Fuente: Autores	59
52.	Cronograma de actividades. Fuente: Autores	60
53.	SoundShirt de Cutecircuit	66
54.	Chaqueta Mercury de Ministry of supply	66
55.	Fitness Socks de Sensoria	67
56.	Nadi X de Wearable X	67
57.	Camisa Inteligente de Hexoskin	68
58.	DataSheet página 1	84
59.	DataSheet página 2	85
60.	DataSheet página 3	86
61.	DataSheet página 4	87
62.	DataSheet página 1	88
63.	DataSheet página 5	89
64.	DataSheet página 6	90
65.	DataSheet página 7	91
66.	DataSheet página 1	92
67.	DataSheet página 3	93
68.	DataSheet página 1	94
69.	DataSheet página 2	95

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo el desarrollo de un dispositivo de monitoreo de signos vitales diseñado específicamente para aquellas personas que se enfrentan a condiciones de bajas temperaturas. Este dispositivo busca reducir el impacto de las temperaturas extremadamente frías en la salud humana es un problema crítico generalmente subestimado.

En primer lugar, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los efectos de las bajas temperaturas en el cuerpo humano. Este análisis se centrará en dos aspectos clave: temperatura corporal y ritmo cardíaco. Comprender cómo el frío afecta estos aspectos de la salud es esencial para determinar los parámetros seguros.

El dispositivo propuesto será una combinación de tecnología avanzada y diseño innovador. Se implementará utilizando textiles electrónicos, lo que permitirá una integración efectiva con la ropa de las personas expuestas a bajas temperaturas. Esto asegurará comodidad y facilidad de uso, elementos cruciales para la adopción exitosa del dispositivo.

Para la transmisión de datos, se utilizará la tecnología LoRa, que ofrece una conectividad confiable y de largo alcance. Los datos recopilados por el dispositivo se transmitirán de manera inalámbrica a una sede central, donde se llevará a cabo un análisis en tiempo real. Además, el dispositivo estará equipado con un sistema de alerta de prevención que incluirá notificaciones en forma de vibraciones y acústicas. Esto permitirá que las personas tomen medidas inmediatas en caso de que se detecten signos vitales fuera de los parámetros seguros.

La seguridad personal es una preocupación central en el diseño del dispositivo, por lo que se incluirá una alarma de socorro que los usuarios podrán activar manualmente en situaciones de emergencia. Esta característica brindará un nivel adicional de protección a las personas expuestas a temperaturas extremadamente bajas.

Una parte integral de este proyecto es el desarrollo de una aplicación que permitirá la visualización de los signos vitales transmitidos desde el dispositivo hacia la sede central. Esta aplicación proporcionará a un operador una interfaz amigable para monitorear el estado de salud del usuario de la vestimenta en tiempo real.

Finalmente, se presentarán los resultados de la validación del dispositivo en condiciones reales de exposición a bajas temperaturas. Se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para garantizar que el dispositivo funcione de manera confiable y precisa en entornos fríos y desafiantes.

Este dispositivo tiene el potencial de mejorar significativamente la seguridad y la supervivencia de las personas que enfrentan condiciones climáticas extremas.

II. PROBLEMA

La temperatura corporal es uno de los principales parámetros para estimar el buen funcionamiento de los procesos fisiológicos en la salud, por ejemplo, las proteínas del cuerpo necesitan manejarse en un rango de temperatura de 36.5°C a 37°C [1] fuera de dicho rango presentan un mal funcionamiento en el cuerpo. Si la temperatura interna del cuerpo se encuentra perturbada por condiciones ambientales de altas temperaturas causarán irregularidades y el cuerpo presentará: fiebre, desmayo por calor, hipertermia.[2]

Ahora bien, si el cuerpo se expone a temperaturas muy bajas que lleven la temperatura corporal a valores alrededor de 36°C, mostrará como primer síntoma escalofríos puesto que a través de temblores el hipotálamo trata de incitar la producción de calor, esto ya debería considerarse una alerta para la persona.

Si la exposición continúa y la temperatura corporal se encuentra en el rango de 34°C a 36°C se considerará como hipotermia leve. En consecuencia, la persona presentará síntomas respiratorios como taquicardia, ataxia, hiperventilación, disartria. El cuerpo como mecanismo de defensa mediará la vasoconstricción lo que permitirá que en los tejidos periféricos se reduzca el flujo de sangre, para mantener a raya la pérdida de calor.

En caso de que la temperatura corporal siga bajando y se encuentre en un rango de 30°C a 34°C pasa de hipotermia leve a moderada. En esta etapa se presentan síntomas de desorientación y confusión mental, en este escenario la persona ya depende de terceros para salvar su vida.[3]

Es posible prevenir la hipotermia leve para no entrar en el rango de hipotermia moderada, aplicando el recalentamiento externo pasivo para estimular el metabolismo del cuerpo, se pueden utilizar por ejemplo: mantas secas, gorros de lana, mantas refractivas de aluminio algún material aislante al frío, esto ayudará a incrementar la temperatura corporal de 0.25°C a 0.50°C en periodos por hora, un proceso lento pero necesario para el cuerpo. Por otro lado, si la situación no mejora, entonces se debe aplicar el recalentamiento externo activo que llevará a la persona al uso de fuentes de calor, mantas con circulación de líquido caliente, aire caliente para recalentar la piel.

La gravedad de la hipotermia es una situación que se debe considerar, en Estados Unidos, la hipotermia moderada es la causa de al menos 1500 muertes al año. [4] La incidencia de hipotermia accidental en los países europeos y Nueva Zelanda oscila entre 0,13 y 6,9 casos por 100 000 casos por año. En Escocia la hipotermia es responsable de aproximadamente 2 muertes de 100 000 muertes por año. En Polonia, la hipotermia fue la principal causa de muerte en 1836 residentes, de los cuales 489 residentes (26,63 %) murieron recibiendo atención medica en el hospital.[5]

Es necesario evitar que las personas no se descuiden de su estado de salud y caigan en cuadros de hipotermia dado que el índice de mortalidad varía ampliamente por la influencia de personas que tienen diabetes, ancianos y niños, personas que ya han tenido cuadros de congelación puesto que son vulnerables al frío, dicho esto la tasa de mortalidad se resume con el 25 % en HTA leve, 52 % en HTA moderada y 66 % HTA severa.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Desarrollar un dispositivo que permita el monitoreo de signos vitales como pulso cardíaco y temperatura corporal, utilizando sensores cuyas señales serán procesadas por un microcontrolador para la verificación del estado de salud en personas que se exponen a bajas temperaturas.

III-B. Objetivos específicos

- Investigar los efectos de las bajas temperaturas en personas para la determinación de parámetros seguros en la salud.
- Diseñar un dispositivo para el monitoreo de signos vitales que permita la transmisión inalámbrica de datos a una sede y la generación de alarmas de prevención.
- Elaborar la aplicación de visualización de los signos vitales transmitidos desde el dispositivo por vía inalámbrica para el monitoreo del usuario.
- Construir el dispositivo utilizando los diseños elaborados para la validación del correcto funcionamiento en personas expuestas a bajas temperaturas.

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IV-A. *Parámetros fisiológicos*

También llamados signos vitales, son una serie de datos que permite tener información del estado de las funciones corporales básicas que indican el curso de salud de una persona. Entre los cuatro signos vitales principales se encuentran: la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la presión arterial.

Estas mediciones resultan muy beneficiosas para los especialistas de la salud, ya que les permite realizar evaluaciones precisas del estado físico de un individuo, diagnosticar diversas enfermedades y monitorear el avance de tratamientos específicos.



Figura 1. Medición y supervisión continua de funciones corporales [6].

Como se muestra en la Figura 1, la información de los parámetros representa grandes indicadores del bienestar general de una persona y deben ser monitoreados regularmente para detectar cualquier cambio o problema potencial que pueda requerir atención médica.

IV-A1. Temperatura corporal: La temperatura interna del cuerpo de un organismo, es conocida como temperatura corporal. En este sentido, la temperatura desempeña un papel crucial en los seres vivos, ya que es un factor fundamental para la vida y la salud. Puesto que, está estrechamente relacionada con su funcionamiento, las variaciones de la temperatura corporal pueden tener un impacto significativo en el metabolismo, lo que a su vez puede causar daño en los tejidos del cuerpo.

En el ser humano, la temperatura corporal normal se encuentra en un rango de entre 36,1 °C y 37,2 °C. Una temperatura superior a 37,5 °C se considera hipertermia.

La temperatura del ser humano fluctúa por diversos factores, como la edad, el nivel de actividad física, la hora en el transcurso del día, el ciclo menstrual y las condiciones meteorológicas. Los métodos más comunes para medir la temperatura corporal incluyen el uso de termómetros orales, rectales y de oído.[7]

También puede verse influenciada por diversos factores como enfermedades o condiciones médicas. Por ejemplo, la fiebre es un síntoma común de infecciones virales o bacterianas, mientras que la hipotermia puede ser causada por la exposición prolongada al frío o una disminución de calor del cuerpo.

La temperatura corporal al sufrir variaciones tiene su mecanismo de defensa, conocido como regulación, el cual es un proceso vital en el cuerpo humano que se controla en el hipotálamo del cerebro. El hipotálamo mantiene la homeostasis térmica y activa mecanismos como la sudoración y la vasodilatación para disipar el calor cuando se detecta un aumento de la temperatura, y la termogénesis para generar calor cuando se detecta una disminución de la temperatura.[8]

Aspectos fisiológicos de la termorregulación: La termorregulación como se muestra en la Figura 2 es esencial en este proceso, y se logra mediante la transmisión de información desde los termorreceptores de la piel a los núcleos branquiales (NPB), los cuales se encuentran en los péndulos cerebelosos superiores. Estos núcleos, a su vez, envían señales al área preóptica del hipotálamo (APOCH), que se encarga de integrar la información y transmitir señales a los efectores periféricos para contrarrestar las fluctuaciones de temperatura en el cuerpo debido al ambiente. [9]

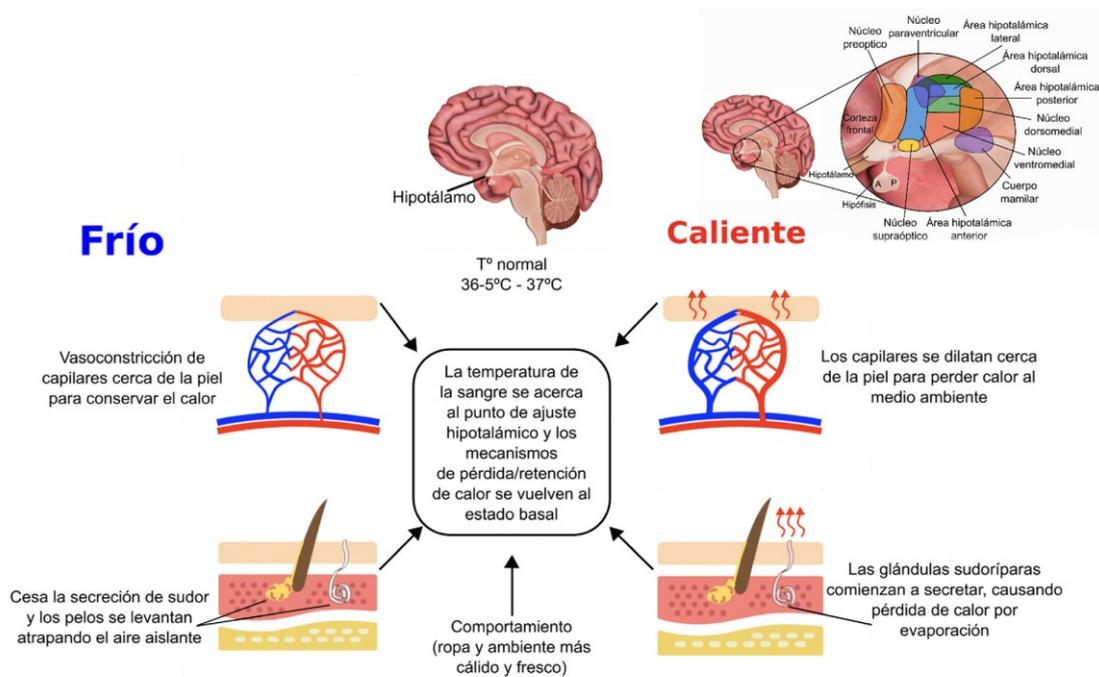


Figura 2. Termorregulación [10]

Hipertermia: La hipertermia se presenta cuando la temperatura del cuerpo aumenta por encima de los niveles habituales y el mecanismo de regulación térmica del organismo no puede operar adecuadamente. En esta situación, el cuerpo se ve incapaz de efectuar su propio enfriamiento, una circunstancia que puede tener consecuencias mortales si no se aborda a tiempo.[11]

Hipotermia: La hipotermia es el descenso de la temperatura corporal por debajo del rango establecido como normal. De acuerdo con la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la hipotermia se produce cuando la temperatura interna de un ser humano está por debajo de los 36°C, a partir de ese

punto, los órganos comienzan a experimentar deterioro en su función.[9]

En la Figura 3 se visualiza las diferentes etapas de la hipotermia y cómo impacta al cuerpo humano a medida que la temperatura corporal va descendiendo.

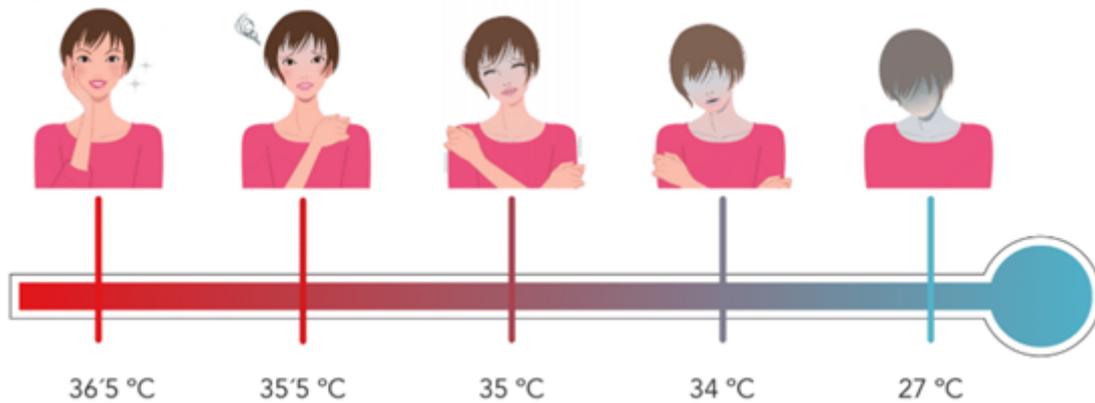


Figura 3. Etapas de la hipotermia [12]

Las temperaturas corporales que oscilan entre 36°C y 33°C se consideran levemente hipotérmicas, lo que provoca una respuesta en el cuerpo mediante mecanismos de termorregulación, como temblores y vasoconstricción. Esta condición puede estar acompañada por síntomas tales como taquicardia, taquipnea, ataxia, apatía y una reducción en el volumen sanguíneo circulante (hipovolemia).

Por otro lado, la hipotermia moderada, es caracterizada por temperaturas entre 32°C y 28°C, puede provocar hipoventilación, bradicardia, hipotensión, hiporreflexia, dilatación de las pupilas y una pérdida del conocimiento, en este caso los temblores cesan. En hipotermia grave, sus condiciones se caracterizan por temperaturas menores a 28 °C, el cuerpo humano responde con colapso circulatorio e insuficiencia pulmonar.

En la Tabla I, se puede visualizar las diferentes temperaturas que puede alcanzar un ser humano y los efectos consecuentes.

Tabla I
EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE LOS CAMBIOS DE LA TEMPERATURA EN EL SER HUMANO.

Temperatura	Clasificación
> 42,6 °C	Desnaturalización de proteínas
40 - 42,6 °C	Fallo termoregulador, golpe de calor
37,8 - 40 °C	Fiebre, hipertermia
36 - 37,8°C	Normotermia
33 - 36 °C	Hipotermia leve
28 - 32 °C	Hipotermia, reducción del metabolismo, depresión respiratoria, pérdida de conocimiento
< 28 °C	Hipotermia grave, fallo del sistema termoregulador, paro cardíaco, bradicardia, rigidez, fibrilación ventricular.

Fuente: [13]

IV-A2. Frecuencia Cardíaca: También conocido como pulso, se define como el número de latidos del corazón que ocurren en un minuto. El pulso cardíaco es generado por el corazón, el cual realiza la función como una bomba de tejido muscular por lo tanto requiere de energía para su funcionamiento. La frecuencia cardíaca se mide

típicamente en contracciones por minuto, lo que es más beneficioso a la hora de estudiarlo ya que detecta el espasmo de la sístole al tomar el pulso, es decir, cuando el corazón bombea sangre hacia el cuerpo.[14]

A continuación, en la tabla II se visualiza a las frecuencias cardíacas registradas en estado de reposo.

Tabla II
VALORES NORMALES DEL PULSO EN ESTADO DE REPOSO.

Recién nacido	0 a 1 mes	70 a 190 BPM
Bebes	1 a 11 meses	80 a 160 BPM
Niños	1 a 2 años	80 a 130 BPM
	3 a 4 años	70 a 190 BPM
	5 a 6 años	75 a 115 BPM
	7 a 9 años	70 a 110 BPM
	10 años o mas	60 a 100 BPM
Adultos		60 a 100 BPM
Atletas bien entrenados		40 a 60 BPM

Fuente: [10]

En la tabla III, se presentan las alteraciones cardíacas más frecuentes, los valores de pulso cardíaco registrados corresponden a adultos en estado de reposo.

Tabla III
ALTERACIONES DEL PULSO CARDÍACO

Alteración	Pulsos por minuto
Taquicardia sinusal	Oscila entre 110 y 130
Taquicardia paroxística	Oscila entre 150 y 250
Bradicardia sinusal	Oscila entre 40 y 60
Bradicardia por bloqueo auriculoventricular completo	Oscila entre 30 y 35

Fuente: [15]

IV-B. Métodos de monitoreo y control de las señales vitales

Se trata de todos los métodos o instrumentos que ayudan a monitorear los parámetros vitales para el ser humano.

IV-B1. Monitoreo de frecuencia cardíaca: La frecuencia cardíaca, un parámetro vital en la evaluación de la salud cardiovascular, se obtiene mediante diferentes herramientas y métodos de adquisición. Se pueden distinguir dos tipos de frecuencia cardíaca: la periférica, que se determina tomando lecturas en diversas áreas alejadas del corazón, y la central, que se obtiene al medir el pulso en el tórax, a la altura del corazón.[14]

Método manual: Consiste en colocar los dedos: índice y anular en la muñeca, el cuello o en la parte interna del codo, y contar la cantidad de latidos durante un minuto.

Electrocardiograma (ECG): Considerado el más confiable en el ámbito médico. En este procedimiento, se colocan electrodos de plata con gel conductor en ubicaciones específicas del cuerpo, los cuales capturan los impulsos eléctricos generados por el corazón. Estos electrodos se conectan a un electrocardiógrafo, un dispositivo diseñado para procesar y representar gráficamente las señales eléctricas ya sea en papel o en una pantalla, permitiendo así un análisis posterior detallado. [16]

Oxímetro de pulso: El monitoreo de la saturación de hemoglobina arterial a través de la absorción diferencial de luz es posible gracias al oxímetro de pulso. Este dispositivo se considera una herramienta

de monitoreo altamente efectiva y desarrollada debido a los datos que puede proporcionar, incluyendo la frecuencia y ritmo del pulso periférico, así como la saturación de hemoglobina.[10]

Para medir la frecuencia cardíaca, el pulsioxímetro emplea la emisión de luz con fuentes de diferentes longitudes de onda. Utiliza un led rojo, un led infrarrojo (funciona transformando la corriente eléctrica en luz infrarroja) y un detector de fotodiodo (funciona como detector de luz, transforma la luz en corriente eléctrica). Las variaciones lumínicas resultantes se convierten en una señal eléctrica en el detector. Las moléculas de oxihemoglobina absorben en mayor medida la longitud de onda emitida por la luz roja, mientras que las moléculas de desoxihemoglobina o hemoglobina reducida absorben la longitud de onda infrarroja, como se detalla en la Figura 4. [10]

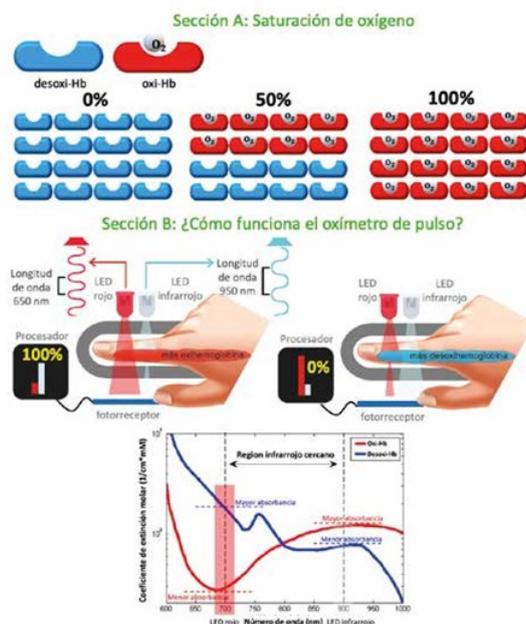


Figura 4. Funcionamiento del oxímetro de pulso [17]

IV-B2. Temperatura corporal: En la medición de la temperatura corporal, es imprescindible el uso de instrumentos que permitan obtener valores precisos de temperatura. Entre los métodos más habituales utilizados para este propósito se encuentran:

Dilatación de materiales: La medición de la temperatura mediante la dilatación de materiales involucra el uso de diferentes tipos de termómetros, como el termómetro de vidrio de mercurio, el termómetro digital y el termómetro de tira plástica. Estos instrumentos se basan en la capacidad de ciertos materiales para expandirse o contraerse en respuesta a cambios de temperatura. Para obtener una lectura precisa, es necesario colocarlos directamente en la zona de interés y utilizar los sistemas de visualización establecidos por los fabricantes [18].

Dispositivos electrónicos: Los dispositivos electrónicos utilizan sensores o transductores, como termopares, termocuplas y termoresistores con coeficientes de temperatura positivos o negativos. Estos sensores están conectados a circuitos integrados termosensibles y a dispositivos diseñados para acondicionar, procesar y mostrar la información. Las salidas de estos dispositivos electrónicos suelen ser en forma de voltaje, corriente o frecuencia, y su utilización está destinada a aplicaciones que requieren una medición

de temperatura más precisa y una interfaz con otros sistemas.

IV-C. Componentes eléctricos y electrónicos

IV-C1. Hilo conductor: El hilo conductor como se visualiza en la figura 5, es fabricado con acero inoxidable o plata, se caracteriza por su capacidad para transmitir señales eléctricas. Está compuesto por hebras delgadas de hilo con una resistencia eléctrica baja. Su principal aplicación es la integración de componentes electrónicos en textiles para la creación de prendas inteligentes.



Figura 5. Hilo conductor [19]

La siguiente tabla IV se presentan los datos técnicos y especificaciones del Hilo Conductor.

Tabla IV
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL HILO CONDUCTO

Longitud por bobina	20 m
Atenuación por metros	80 ohm por metros / 2 ohm por pulgada
Grosor	0.25 mm
Capas	2 capas

Fuente: [18]

IV-C2. Microcontrolador: Un microcontrolador se define como un circuito integrado que tiene como finalidad controlar una determinada función dentro del sistema. Se compone de un procesador, memoria y periféricos de entrada y salida que se encuentran en un solo chip. La tarea principal de un microcontrolador es procesar la información y generar una acción específica en función de la recopilación de datos.[20]

Los microcontroladores suelen estar equipados con pines de entrada, es decir la información viene desde el exterior hacia el controlador (datos obtenidos por los sensores) y de salida que es la operación o información que se envía del controlador hacia el exterior.

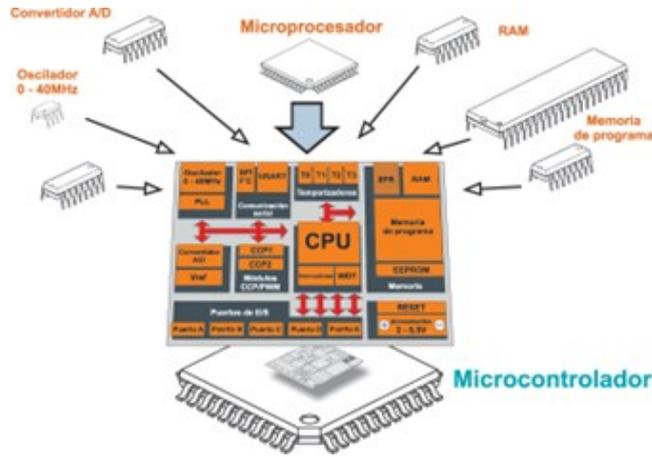


Figura 6. Microcontrolador [21]

Módulo ESP32 El Módulo ESP32 como se muestra en la Figura 7 es un módulo de desarrollo basado en el microcontrolador de bajo consumo ESP32 de Espressif Systems. Este microcontrolador es conocido por su potencia y versatilidad, ofreciendo conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, así como una amplia variedad de pines de entrada/salida.[22]

El ESP32 es utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde proyectos de Internet de las cosas (IoT) hasta sistemas embebidos avanzados. Gracias a su capacidad de conectividad inalámbrica, es ideal para crear dispositivos conectados que pueden comunicarse con otros dispositivos y servicios en línea.

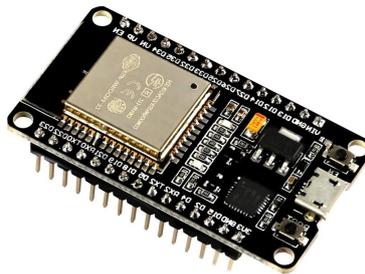


Figura 7. Módulo ESP32 [23]

La siguiente tabla V se presentan los datos técnicos y especificaciones del ESP32.

Tabla V
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ESP32

Voltaje de Alimentación (USB)	5 V DC
Voltaje de Entradas/Salidas	3.3 V DC
CPU	Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
Memoria Flash	32 MB
Pines	38
Pines Digitales GPIO	24 (Algunos pines solo como entrada)
Pines PWM	16
Pines Analógicos ADC	18
Bluetooth	v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
Wifi	802.11 b/g/n/e/i
Frecuencia de Reloj	240 MHz
Temperatura de trabajo	-40°C a 125 °C
Dimensiones	55 x 28 mm

Fuente: [19]

Arduino Nano El Arduino Nano como se muestra en la Figura 8 es una placa de desarrollo electrónica de tamaño compacto basada en el microcontrolador ATmega328P. Esta placa ofrece una amplia gama de pines de entrada/salida y funcionalidades, gracias a su diseño compacto y versatilidad, es ampliamente utilizado en la comunidad de aficionados y profesionales en el ámbito de la electrónica y la programación.[24]

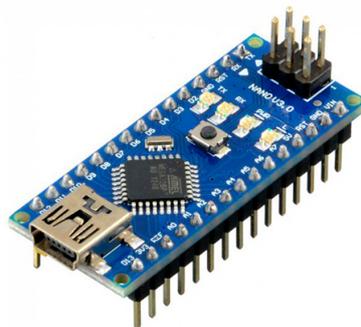


Figura 8. Arduino Nano [25]

En la tabla VI se presentan los datos técnicos y especificaciones del Arduino Nano.

Tabla VI
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ARDUINO NANO

Voltaje de Alimentación (USB)	7 V – 12 V DC
Voltaje de Entradas/Salidas	5 V DC
Microcontrolador	ATmega328P (8-bit)
Memoria Flash	32 KB (2 KB usados por el Bootloader)
Memoria SRAM	2 KB
Memoria EEPROM	1 KB
Pines digitales I/O	14 (6 PWM)
Entradas analógicas	8 (6 pueden ser I/O digital)
Frecuencia de Reloj	16 MHz
Temperatura de trabajo	- 40°C a 85 °C
Dimensiones	18.5 x 43.2 mm

Fuente:[25]

IV-C3. Sensores: Son los componentes electrónicos responsables de recolectar los datos relevantes. Basándose en su análisis, se determinan las acciones a seguir. En esta categoría se incluyen los siguientes sensores

Sensor de pulso cardiaco ECG AD8232 El módulo AD8232 como se muestra en la figura 9 permite el registro de la actividad eléctrica del corazón, lo que admite la obtención de un electrocardiograma, que es una prueba no invasiva que evalúa el ritmo y la función del corazón.

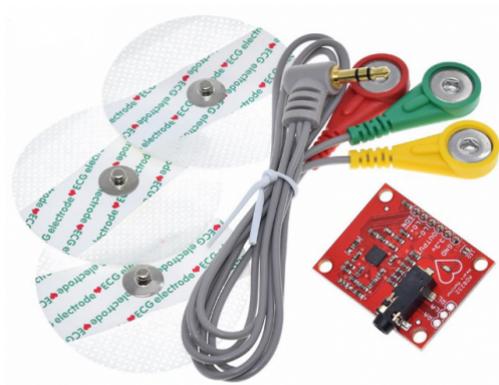


Figura 9. Sensor de pulso cardiaco AD8232 [26]

Como se muestra en la Figura 10, los electrodos son colocados en la piel, particularmente en los antebrazos y las piernas, también se pueden colocar en el pecho cerca de los brazos y en la parte inferior del lado derecho del abdomen. Entre más cerca del corazón estén las almohadillas, mejor se pueden capturar estas señales. [27]

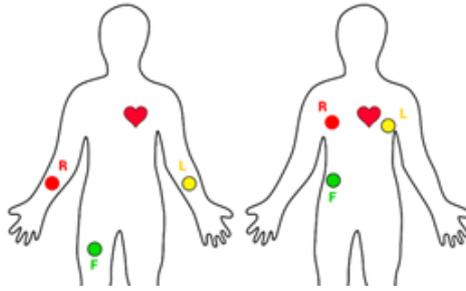


Figura 10. Colocación de los electrodos [27]

El AD8232 es un chip integrado con amplificadores de señal y filtros de ruido calibrados para señales de electrocardiograma. Este módulo elimina el ruido de 60Hz de la electricidad del hogar. El módulo solo necesita conectarse a un microcontrolador, ya que su salida es analógica. Para visualizar el ECG en el plotter de Arduino, se debe realizar la conversión analógica a digital.

La siguiente tabla VII se presentan los datos técnicos y especificaciones del módulo de pulso cardíaco AD8232.

Tabla VII
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL MÓDULO DE PULSO CARDÍACO AD8232

Voltaje de operación	3.3 – 5 V
Consumo de corriente	170 uA
Método de adquisición	Electrodos ECG
Interfaz	Salida analógica
Temperatura de trabajo	- 40°C a 85 °C
Dimensiones	28 x 35 mm

Fuente: [27]

Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 El sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 como se observa en la figura 11 son dispositivos de alta calidad y bajo costo que tienen un tamaño compacto. Estos sensores tienen la ventaja de que pueden medir la temperatura de objetos que están en movimiento. Además, ofrecen precisión, consistencia y un tiempo de respuesta sorprendentemente rápido, se encuentra en el rango de 25 a 50 milisegundos (ms). El sensor es capaz de detectar cambios en la temperatura y proporcionar mediciones en cuestión de que se produce el cambio térmico.



Figura 11. Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 [28]

Como se ilustra en la figura 12, se destacan las áreas resaltadas en color rojo, las cuales indican los puntos óptimos para tomar la temperatura del cuerpo humano utilizando un sensor infrarrojo. Estas

zonas específicas representan las ubicaciones donde se obtiene una lectura más precisa y confiable de la temperatura corporal.

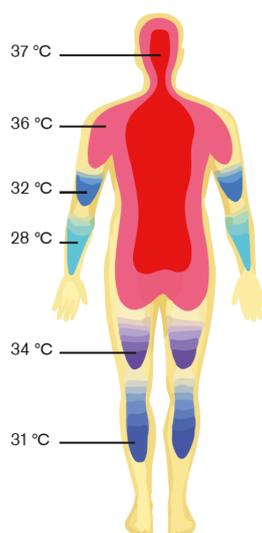


Figura 12. Temperaturas superficiales del cuerpo humano para el correcto uso del sensor infrarrojo [20]

La utilización de un sensor infrarrojo en estas áreas seleccionadas permite una medición más efectiva de la temperatura corporal, evitando posibles errores o variaciones causadas por factores externos, relevante en contextos médicos y clínicos donde se requiere una monitorización exacta de la temperatura del cuerpo humano.

La siguiente tabla VIII se presentan los datos técnicos y especificaciones del módulo de pulso cardiaco AD8232.

Tabla VIII
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA INFRARROJO MLX90614

Voltaje de operación	3.3 – 5 V
Módulo	GY-906
Precisión	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Temperatura de objeto	- 70°C hasta 380 °C
Temperatura de trabajo ambiente	- 40°C hasta 170 °C
Dimensiones	16 x 11 x 6 mm

Fuente:[28]

IV-C4. Módulo GPS: El módulo GPS como se observa en la figura 13 es un dispositivo electrónico que utiliza el sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) para determinar con precisión la ubicación geográfica en tiempo real. Este módulo está equipado con un receptor GPS que utiliza señales de satélite para calcular las coordenadas de latitud, longitud y altitud.

Este tipo de módulo es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, como navegación vehicular, rastreo de activos, geolocalización de dispositivos móviles, seguimiento de personas y animales, monitoreo y control de flotas, y aplicaciones recreativas al aire libre, como senderismo, entre otros.

El módulo GPS generalmente se presenta en forma de un dispositivo compacto y se comunica con otros dispositivos electrónicos, como microcontroladores o computadoras, a través de interfaces de comunicación estándar, como UART o interfaz serial.

Es importante destacar que el módulo GPS requiere una conexión clara con los satélites GPS para obtener una señal adecuada y calcular la ubicación con precisión. Por lo tanto, en entornos donde la señal se ve obstaculizada por edificios altos, árboles densos o estructuras metálicas, la precisión del módulo puede verse afectada.



Figura 13. Módulo GPS [29]

La siguiente tabla IX se presentan los datos técnicos y especificaciones del Módulo GPS.

Tabla IX
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL MÓDULO GPS

Voltaje de operación	3-5V DC
Interfaz	Serial UART 5V
Baudaje por defecto	9600 bps
Temperatura de trabajo ambiente	-40°C hasta 80°C
Dimensiones módulo	25 x 35 mm
Dimensiones antena	25 x 25 mm

Fuente: [30]

IV-C5. Módulo CP2102 conversor USB a serial: El módulo CP2102 como se puede visualizar en la figura 14 (también conocido como un convertidor USB a Serial) es un dispositivo electrónico que permite la comunicación entre una computadora y otros dispositivos que utilizan una interfaz serial, como UART o RS-232. El CP2102 facilita la conexión y transferencia de datos entre la computadora y los dispositivos electrónicos, lo que lo hace útil en una amplia gama de aplicaciones, como la programación de microcontroladores, la depuración de hardware y la comunicación con sensores y otros periféricos.



Figura 14. Módulo CP2102 conversor USB a serial [29]

La siguiente tabla X se presentan los datos técnicos y especificaciones del módulo del Módulo GPS.

Tabla X
PARÁMETROS TÉCNICOS DEL MÓDULO CP2102 CONVERSOR USB A SERIAL

Chip	CP2102
Conector USB	USB tipo A
Voltaje de salida	5V (max. 1A)-3.3V (max. 10mA)
Buffer de transmisión	640 Bytes
Pines salida (TTL)	+3.3V, RST, TXD, RXD, GND y +5V
Temperatura de trabajo	-40° a 80°C
Dimensiones	47 x 16 x 5 mm

Fuente: [30]

IV-D. Comunicación

IV-D1. Sistemas de comunicación: El sistema de comunicación consta de un transmisor y un receptor, los cuales se utilizan para enviar y recibir mensajes. Para que los mensajes se envíen, se necesita un sistema que permita establecer la comunicación. Los componentes fundamentales de la comunicación incluyen el transmisor, el canal y el receptor.

El envío de información es llevado a cabo por el transmisor a través de una señal, mientras que el canal es el medio por el cual se transmite dicha información. Al final del proceso de comunicación, el receptor se encarga de extraer el mensaje recibido para obtener el dato contenido. La combinación de estos elementos: transmisor, canal y receptor permite llevar a cabo el proceso de comunicación y la transferencia de información.

IV-D2. Comunicaciones Inalámbricas: La comunicación inalámbrica, conocida como Wireless, se encarga de facilitar la transmisión de información entre dos puntos distintos, un emisor y un receptor, sin la necesidad de utilizar medios físicos como cables coaxiales, cables de fibra óptica o cables de acoplamiento trenzado. En esta forma de comunicación, se usa al aire como medio, ya que la información se transmite a través de ondas electromagnéticas.

Al elegir una opción de comunicación inalámbrica, es importante considerar características clave como la velocidad de transmisión en baudios, los protocolos utilizados y la distancia máxima permitida.

Existen varios tipos de comunicación inalámbrica, como se muestra en la figura 15 cada uno diseñado para satisfacer diferentes necesidades y aplicaciones.

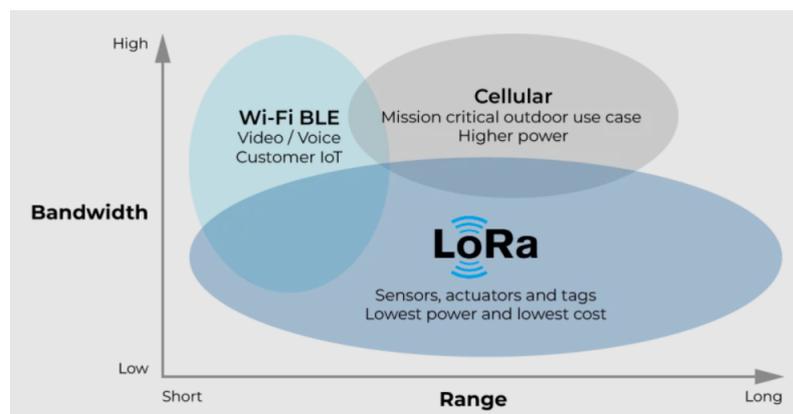


Figura 15. Tipos de comunicación de inalámbrica [31]

Tipos de comunicación de inalámbrica En la actualidad, en la comunicación inalámbrica hay una variedad de tecnologías que se utilizan para llevar a cabo diversas tareas, tanto en entornos industriales como personales. La distinción entre estas tecnologías radica principalmente en su capacidad de ancho de banda para la transmisión de datos y la distancia máxima de alcance.[31]

Algunos ejemplos de estas tecnologías incluyen:

- La tecnología en PAN (Red de Área Personal)
- La tecnología en LAN (Red de Área Local)
- La tecnología en WAN (Red de Área Amplia)
- La tecnología en LPWAN (Red de Área Amplia de Bajo Consumo de Energía)

IV-D3. Tecnología LoRa: La conexión inalámbrica LoRa, es parecida a otras tecnologías como WiFi, Bluetooth, LTE, SigFox o Zigbee. Usa una modulación de frecuencia de radio patentada por la compañía de circuito integrado Semtech. Esta tecnología, llamada Chirp Spread Spectrum (o CSS), ha sido usada en comunicación de servicios militares especiales por varias décadas.

El protocolo inalámbrico LoRa es capaz de establecer una conexión de larga distancia y baja velocidad para permitir la conexión de sensores y otros dispositivos. Además, su bajo consumo de energía y el mantenimiento mínimo necesario hacen que las baterías puedan durar varios años. La tecnología LoRa cuenta con varias ventajas como[32]:

- Alta tolerancia a las interferencias.
- Alta sensibilidad para recibir datos de hasta -168dB
- Capacidad de transferencia de datos utilizando la modulación chirp
- Bajo consumo de energía que permite una duración de hasta 10 años con una sola batería
- Alcance de hasta 10 a 20 km
- Baja transferencia de datos que puede ser de hasta 255 bytes
- La posibilidad de establecer una conexión punto a punto y frecuencias de trabajo de 868 Mhz en Europa, 915 Mhz en América y 433 Mhz en Asia.
- La frecuencia libre en Ecuador es de 915 Mhz.

Por todas estas características, LoRa como se muestra en la figura 16 es considerada como una tecnología ideal para establecer conexiones a grandes distancias.



Figura 16. Tecnología LoRa [31]

IV-E. Textiles

IV-E1. Textiles electrónicos: Un textil electrónico, también conocido como E-textile o textil inteligente, es un tipo de tejido que incluye componentes electrónicos (pueden ser conductores, circuitos integrados, diodos emisores de luz, batería).[33]

Los textiles electrónicos como se observa en la figura 17 se desarrollan con el objetivo de permitir la incorporación de dispositivos electrónicos en el diseño de las prendas con el fin de monitorear y controlar signos vitales, aunque los mismos pueden ser empleados en otros campos.



Figura 17. Textil electrónico [34]

Los textiles inteligentes se dividen en tres categorías: pasivos, activos y ultra inteligentes o altamente activos.[35]

Los textiles inteligentes pasivos poseen la capacidad de percibir las condiciones ambientales y los estímulos externos.

Los textiles inteligentes activos van un paso más allá al poder reaccionar ante situaciones específicas. Estos textiles poseen características como memoria de forma, capacidad camaleónica y regulación térmica, siendo capaces de almacenar calor y absorber vapor, entre otras propiedades.

Los textiles ultra inteligentes, también conocidos como altamente activos representan el nivel más avanzado en esta categorización. Estos textiles tienen la notable habilidad de adaptarse a las condiciones y estímulos del entorno en el que se encuentran.

IV-E2. Componentes principales de un textil inteligente: Son dispositivos portátiles que se usan en el cuerpo, están diseñados para recopilar datos, interactuar con el usuario y proporcionar funcionalidades específicas. Los componentes clave utilizados son:

En la figura 15 se puede visualizar los componentes principales de un textil electrónico.

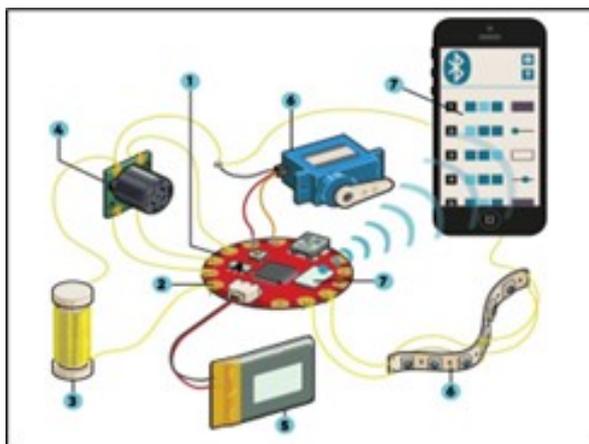


Figura 18. Componentes principales de los textiles electrónicos [36]

1. Control: Existen microcontroladores específicos para los textiles electrónicos, se caracterizan por ser pequeños lo que los hace cómodos y discretos. Además, su diseño único y variado puede funcionar como un elemento estético. Algunas de las tarjetas disponibles son aptas para ser lavadas a mano, a excepción de la fuente de alimentación. Es importante leer detenidamente la documentación relacionada con su uso.

2. Entrada/salida: En vez de emplear los típicos pines, estas tarjetas cuentan con ojales metálicos que permiten enrollar hilos conductores para coser conexiones de circuito de manera suave. Además, algunas de estas tarjetas cuentan con broches u ojales tienen un tamaño adecuado para soldar broches de presión, lo que simplifica su remoción cuando sea requerida.

3. Textiles conductivos: Un material que incluye metales acero inoxidable o la plata, permitiendo el flujo de corriente eléctrica, se considera conductivo. Los textiles electrónicos tienen la capacidad de emplear estos materiales en diversas formas, como utilizar hilos conductores en la fabricación de circuitos o emplear telas conductivas para la implementación de sensores táctiles capacitivos.

4. Sensores: Los sensores desempeñan un papel fundamental en la recopilación de información relacionada con el entorno, el usuario o ambos en el contexto de los textiles inteligentes. Estos sensores pueden abarcar una amplia variedad de aspectos, como la luz, la temperatura, el movimiento y la ubicación a través del GPS.

Asimismo, existen sensores más avanzados que permiten capturar datos como las señales cerebrales (EEG), la frecuencia cardíaca (ECG) y la tensión muscular (EMG). Algunos microcontroladores portátiles ya vienen equipados con sensores básicos integrados. Sin embargo, existen proveedores que brindan una amplia gama de módulos de sensores externos que pueden ser conectados a la placa principal, brindando así una mayor flexibilidad en la elección y expansión de las capacidades sensoriales del dispositivo.

5. Alimentación: Al evaluar el alcance de un diseño de los textiles electrónicos, uno de los aspectos primordiales a considerar es la demanda de energía. Las placas que incluyen un soporte incorporado para una batería de litio tipo botón son especialmente adecuadas para proyectos de baja potencia que necesitan funcionar de forma autónoma. No obstante, las tarjetas que cuentan con un conector JST estándar, tanto con la opción de carga de baterías LiPo como sin ella, brindan una mayor flexibilidad en su aplicación.

IV-E3. Ropa adecuada para el montañismo:



Figura 19. Ropa adecuada para el montañismo[37]

Primera capa (Capa interior) Esta capa que se encuentra en contacto directo con la piel, cumple una función crucial al alejar el sudor de la piel para evitar la sensación de humedad y el enfriamiento del cuerpo.

Para lograrlo, se utilizan materiales no absorbentes fabricados con fibras sintéticas como el poliéster, polipropileno o clorofibra, así como lana de última generación. Estos materiales permiten que todo el sudor producido por el cuerpo pase a través de ellos. Es importante destacar la diferencia entre los términos no absorbente y transpirable, ya que un material transpirable no sería capaz de eliminar todo el líquido generado por el cuerpo.

Las nuevas generaciones de lanas finas presentan una textura más agradable y eliminan la humedad de manera más eficiente que los tejidos sintéticos, especialmente en prendas que no son demasiado gruesas, y además reducen la acumulación de malos olores. Por otro lado, las fibras sintéticas son más económicas y se secan más rápidamente, por lo que son las más comúnmente utilizadas en prendas de vestir.

Algunas prendas incorporan hilos de plata que evitan la proliferación de bacterias y malos olores, además de funcionar como reguladores térmicos efectivos.

Es recomendable evitar el uso de camisetas de algodón en esta capa, ya que se empapan con facilidad (pueden absorber hasta cuatro veces su peso en agua) y tardan mucho tiempo en secarse.

Segunda capa (Capa de aislamiento) La segunda capa tiene como función principal proporcionar aislamiento térmico. Su objetivo no es calentar directamente, sino retener el calor generado por el cuerpo y prevenir el enfriamiento, al mismo tiempo que favorece la evacuación del sudor.

Para lograrlo, se utilizan materiales aislantes que conservan sus propiedades de aislamiento y transpirabilidad incluso cuando están mojados. En el mercado se encuentran disponibles una amplia variedad de fibras sintéticas, como el poliéster, y fibras naturales, como la lana, que cumplen esta función.

Al igual que en la primera capa, las fibras sintéticas presentan la ventaja de ser menos absorbentes, lo que favorece una mejor transpiración y un secado más rápido. Por otro lado, las fibras naturales destacan por su capacidad de retener más calor, por lo que a menudo se mezclan con fibras sintéticas para mejorar sus propiedades.

Tercera capa (Capa de protección) La tercera capa tiene como función proteger contra tres factores principales:

- La humedad exterior: su objetivo es mantenerse seco ante la lluvia y la nieve, es decir, ser impermeable.
- El viento exterior: busca evitar la sensación de frío provocada por el viento y las bajas temperaturas.
- El sudor: permite su eliminación, ya que las capas anteriores no deben retenerlo, es decir, debe ser transpirable.

La última capa debe ser altamente transpirable, ya que el sudor puede empapar la ropa y provocar incomodidad e incluso hipotermia al enfriar significativamente el cuerpo.

Además, esta capa debe ser resistente a rozaduras, abrasión y desgarros, ya que al encontrarse en el exterior estará en contacto con materiales como mochilas, piolets, cuerdas, así como con rocas y ramas del entorno natural, entre otros.

V. MARCO METODOLÓGICO

V-A. Circuito electrónico

En la figura 20 se observa el esquema de conexiones electrónicas necesarias para el correcto monitoreo de los signos vitales, transmisión de datos y generación de alarmas.

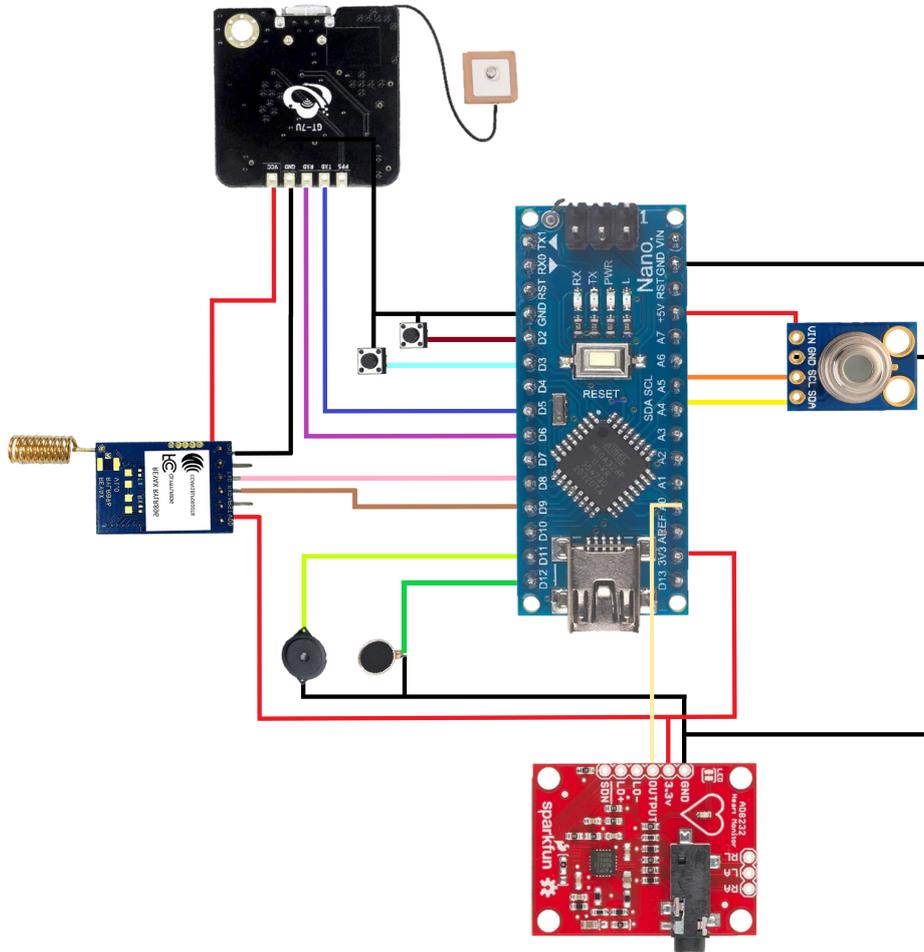


Figura 20. Conexiones del circuito electrónico. Fuente: Autores

A continuación en la tabla XI se detalla los pines de cada componente electrónico y el terminal del Arduino nano al que fueron conectados.

V-B. Configuración de los componentes electrónicos

V-B1. *LoRa*: En la siguiente tabla XII se indica la configuración de hardware.

V-B2. *Módulo GPS GT-7U*: Para llevar a cabo la configuración inicial, es necesario establecer la conexión del módulo con el computador, mediante una comunicación serial.

En este caso se emplea U-Center, como se muestra en la figura 21, la cual es una aplicación de software ampliamente utilizado para la configuración, monitoreo y análisis de dispositivos GPS.

Tabla XI
CONEXIONES DEL ARDUINO NANO

Componente	Pin del Componente	Conexión a Arduino Nano
Sensor MLX90614	Vcc	Vcc (5V)
	GND	GND (GND)
	SDA	A4 (SDA)
	SCL	A5 (SCL)
Módulo de GPS	Vcc	Vcc (3.3V)
	GND	GND (GND)
	RX	D6 (TX)
	TX	D5 (RX)
ECG	Vcc	Vcc (3.3V)
	GND	GND (GND)
	LO+	No Conectado
	LO- OUTPUT	No Conectado A0
Motor de Vibración	Vcc	D12
	GND	GND (GND)
Buzzer	Vcc	D11
	GND	GND (GND)
LoRa	Vcc	Vcc (3.3V)
	GND	GND (GND)
	RX	D9 (TX)
	TX	D8 (RX)
Pulsador 1	PIN 1	D2
Pulsador 2	PIN 2	GND
	PIN 1	D3
	PIN 2	GND

Fuente: Autores

Tabla XII
CONFIGURACIÓN INICIAL

LoRa	Convertidor de USB a serie
TX	RX
RX	TX
GND	GND
VCC	5V

[38]

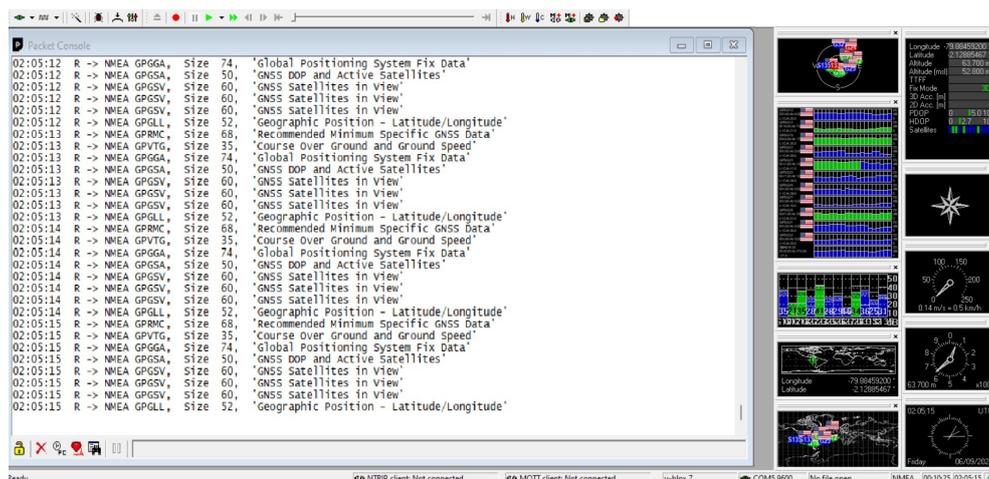


Figura 21. U-CENTER. Fuente: Autores

Es relevante tener en consideración que cuando el módulo GPS encuentre señales satelitales, el indicador del módulo GPS parpadeará. Por otro lado sino encuentra ninguna señal satelital la luz del indicador permanecerá encendida.[39]

Adicionalmente, para el proceso de sincronización de las señales satelitales, se debe ir a un entorno despejado, requiriendo al menos la detección de tres satélites para obtener datos de latitud y longitud. Cabe señalar que a medida que se logra una mayor cantidad de satélites en la conexión, la calidad de navegación y la precisión mejoran.

Para la correcta transmisión de datos en la comunicación es necesario establecer la velocidad de 9600 baudios, esto quiere decir que se producen 9600 cambios de señal por segundo en la línea de comunicación.

En la figura 22 se muestra la configuración de los Baudios en el modulo GPS a través del software U-Center.

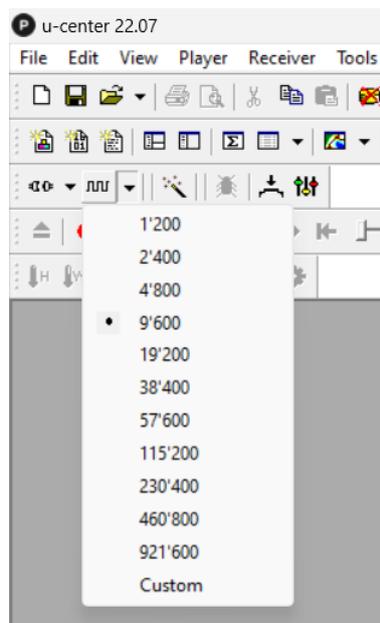


Figura 22. Configuración de Baudios en U-Center. Fuente: Autores

V-B3. Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614: Para la correcta configuración y calibración del sensor es necesario considerar la emisividad de un cuerpo, la cual es una propiedad física que describe la capacidad de un objeto para emitir radiación térmica en forma de radiación infrarroja.

En la tabla XIII se indica los valores de emisividad en algunas superficies.

Tabla XIII
VALORES DE EMISIVIDAD EN ALGUNAS SUPERFICIES

Material	Emisividad
Cuerpo negro	1
Piel humana	0.98
Agua	0.98
Cerámica	0.95
Barro	0.95
Cemento	0.95
Papel	0.95
Acero inoxidable	0.1

Fuente: [40]

Las moléculas que se encuentran en el cuerpo humano están en constante movimiento, eso provoca que emitan radiación infrarroja, la misma que esta por debajo del espectro de la luz y no es visible para los seres humanos.

A medida que un cuerpo u objeto incrementa su temperatura, las moléculas que lo componen aumentan su velocidad de movimiento, lo que resulta en una emisión de radiación infrarroja de mayor intensidad. Por eso es necesario configurar la emisividad de la piel humana (0.98) para obtener lecturas correctas.

V-B4. Calibración del Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614: Puesto que el sensor se ubicará por debajo de la zona axilar, es necesario calibrarlo a fin de aproximar el valor de la lectura a la temperatura axilar. Se realizaron 30 muestras de temperatura corporal tanto con un termómetro digital como con el sensor IR, y se le aplicó el método de mínimos cuadrados para obtener la ecuación de ajuste de temperatura como se observa en la Tabla XIV

Para obtener la gráfica se utilizó el software Matlab, como se muestra en la Figura 23, la dispersión es admisible para los datos de temperatura deseados.

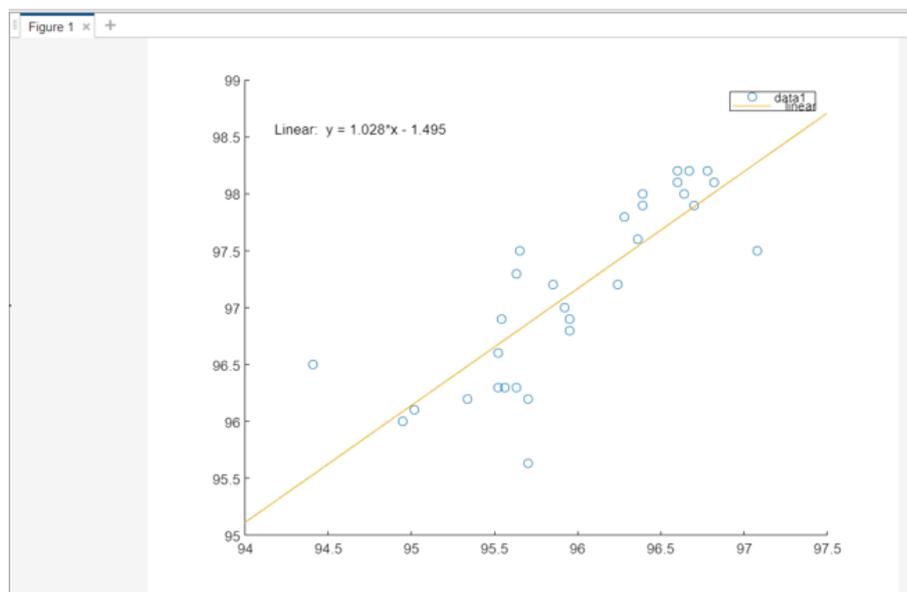


Figura 23. Gráfica de dispersión de los datos de temperatura. Fuente: Autores

Con la ecuación que se ha obtenido del método de mínimos cuadrados se procede a realizar las respectivas pruebas. Primero se lleva a cabo la toma de temperatura en la zona axilar como se muestra en la Figura 24,

Tabla XIV
DATOS DE LAS PRUEBAS DE TEMPERATURA.

Ítem	M	N	Xi	Yi	X-Xi	Y-Yi	M*N
1	95,7	96,2	0,279666667	0,947666667	0,265030778	0,078213444	0,898072111
2	96,28	97,8	-0,300333333	-0,652333333	0,195917444	0,090200111	0,425538778
3	96,39	97,9	-0,410333333	-0,752333333	0,308707444	0,168373444	0,566005444
4	96,64	98	-0,660333333	-0,852333333	0,562824111	0,436040111	0,726472111
5	96,39	98	-0,410333333	-0,852333333	0,349740778	0,168373444	0,726472111
6	96,82	98,1	-0,840333333	-0,952333333	0,800277444	0,706160111	0,906938778
7	96,6	98,1	-0,620333333	-0,952333333	0,590764111	0,384813444	0,906938778
8	96,67	98,2	-0,690333333	-1,052333333	0,726460778	0,476560111	1,107405444
9	96,78	98,2	-0,800333333	-1,052333333	0,842217444	0,640533444	1,107405444
10	96,6	98,2	-0,620333333	-1,052333333	0,652797444	0,384813444	1,107405444
11	95,95	96,8	0,029666667	0,347666667	0,010314111	0,000880111	0,120872111
12	95,85	97,2	0,129666667	-0,052333333	-0,006785889	0,016813444	0,002738778
13	95,63	97,3	0,349666667	-0,152333333	-0,053265889	0,122266778	0,023205444
14	95,65	97,5	0,329666667	-0,352333333	-0,116152556	0,108680111	0,124138778
15	94,41	96,5	1,569666667	0,647666667	1,016620778	2,463853444	0,419472111
16	94,95	96	1,029666667	1,147666667	1,181714111	1,060213444	1,317138778
17	95,34	96,2	0,639666667	0,947666667	0,606190778	0,409173444	0,898072111
18	95,56	96,3	0,419666667	0,847666667	0,355737444	0,176120111	0,718538778
19	95,52	96,3	0,459666667	0,847666667	0,389644111	0,211293444	0,718538778
20	97,08	97,5	-1,100333333	-0,352333333	0,387684111	1,210733444	0,124138778
21	95,63	96,3	0,349666667	0,847666667	0,296400778	0,122266778	0,718538778
22	95,7	95,63	0,279666667	1,517666667	0,424440778	0,078213444	2,303312111
23	96,24	97,2	-0,260333333	-0,052333333	0,013624111	0,067773444	0,002738778
24	95,52	96,6	0,459666667	0,547666667	0,251744111	0,211293444	0,299938778
25	96,36	97,6	-0,380333333	-0,452333333	0,172037444	0,144653444	0,204605444
26	95,95	96,9	0,029666667	0,247666667	0,007347444	0,000880111	0,061338778
27	95,54	96,9	0,439666667	0,247666667	0,108890778	0,193306778	0,061338778
28	96,7	97,9	-0,720333333	-0,752333333	0,541930778	0,518880111	0,566005444
29	95,02	96,1	0,959666667	1,047666667	1,005410778	0,920960111	1,097605444
30	95,92	97	0,059666667	0,147666667	0,008810778	0,003560111	0,021805444

Fuente: Autores

al mismo tiempo se toma la temperatura con el sensor del dispositivo, sus datos se observan en la Figura 25 y finalmente se hace la comparación de los datos del sensor con los datos del termómetro digital visualizados en la Figura 26, se puede concluir que la variación de temperatura corporal es de +/- 0.1°F.

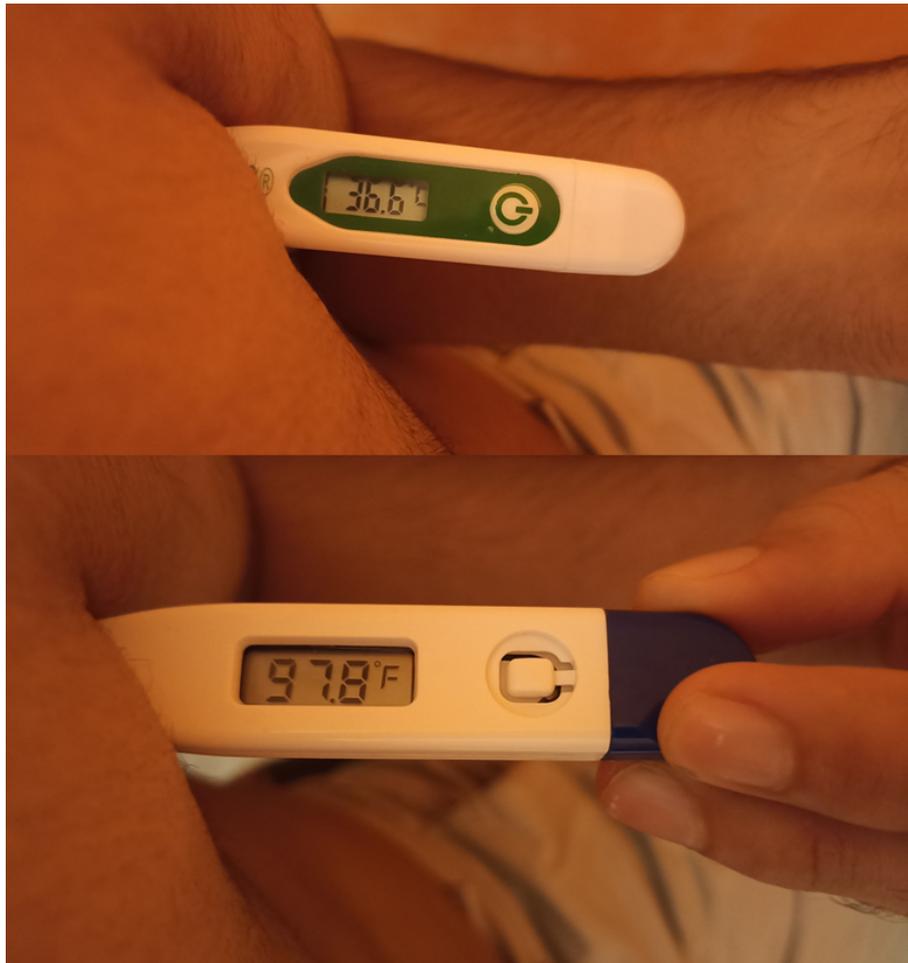


Figura 24. Lectura de temperatura axilar. Fuente: Autores

Salida	Monitor Serie	x
Mensaje (Intro para mandar el mensaje de 'Arduino Uno' a 'COM4')		
10:13:24.670	-> Ambient = 35.11°C	Object = 35.99°C
10:13:24.702	-> Ambient = 95.20°F	Object = 96.78°F
10:13:24.735	-> TEMPERATURA CORPORAL = 98.0 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.7 *C
10:13:29.749	-> Ambient = 35.13°C	Object = 35.93°C
10:13:29.782	-> Ambient = 95.23°F	Object = 96.67°F
10:13:29.815	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.9 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.6 *C
10:13:34.824	-> Ambient = 35.15°C	Object = 35.89°C
10:13:34.857	-> Ambient = 95.27°F	Object = 96.60°F
10:13:34.889	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.8 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.5 *C
10:13:39.882	-> Ambient = 35.19°C	Object = 35.83°C
10:13:39.915	-> Ambient = 95.34°F	Object = 96.49°F
10:13:39.948	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.7 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.5 *C
10:13:44.978	-> Ambient = 35.23°C	Object = 35.91°C
10:13:45.010	-> Ambient = 95.41°F	Object = 96.64°F
10:13:45.043	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.8 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.6 *C
10:13:50.032	-> Ambient = 35.25°C	Object = 35.83°C
10:13:50.065	-> Ambient = 95.45°F	Object = 96.49°F
10:13:50.130	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.7 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.5 *C
10:13:55.120	-> Ambient = 35.29°C	Object = 35.83°C
10:13:55.152	-> Ambient = 95.52°F	Object = 96.49°F
10:13:55.185	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.7 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.5 *C
10:14:00.207	-> Ambient = 35.29°C	Object = 35.83°C
10:14:00.240	-> Ambient = 95.52°F	Object = 96.49°F
10:14:00.272	-> TEMPERATURA CORPORAL = 97.7 *F	TEMPERATURA CORPORAL = 36.5 *C

Figura 25. Datos de temperatura ajustados. Fuente: Autores

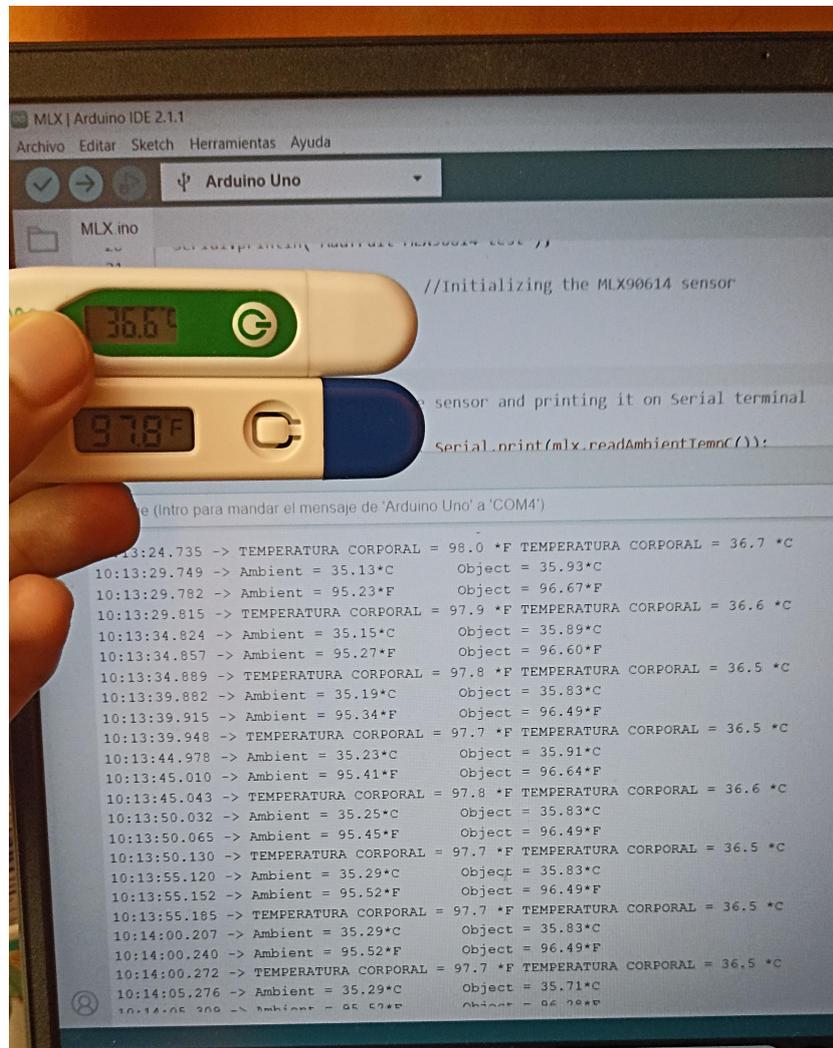


Figura 26. Comparación de datos de temperatura corporal. Fuente: Autores

V-C. *Diseño del textil electrónico*

Para el diseño del textil electrónico se utilizó el software CLO3D, que es un programa para diseño de moda en 3D, que permite la creación y visualización de prendas dentro de un entorno virtual. Emplea tecnología de simulación avanzada con el fin de mostrar de forma realista la apariencia que tendrán las prendas. La utilización de esta herramienta contribuye a optimizar el proceso de diseño y desarrollo de textiles electrónicos, debido a que proporciona una perspectiva detallada y precisa del aspecto que tendrá el circuito antes de que se lleve a cabo su producción. De manera simultánea, brinda la flexibilidad de efectuar ajustes y experimentar con el diseño en un entorno virtual.

Como se observa en la figura 27, se presenta el diseño del textil inteligente realizado en CLO 3D, el cual muestra el circuito electrónico, la visión clara y detallada de cómo se ha construido permite validar los parámetros para el correcto funcionamiento en un entorno virtual proporcionado por el software.

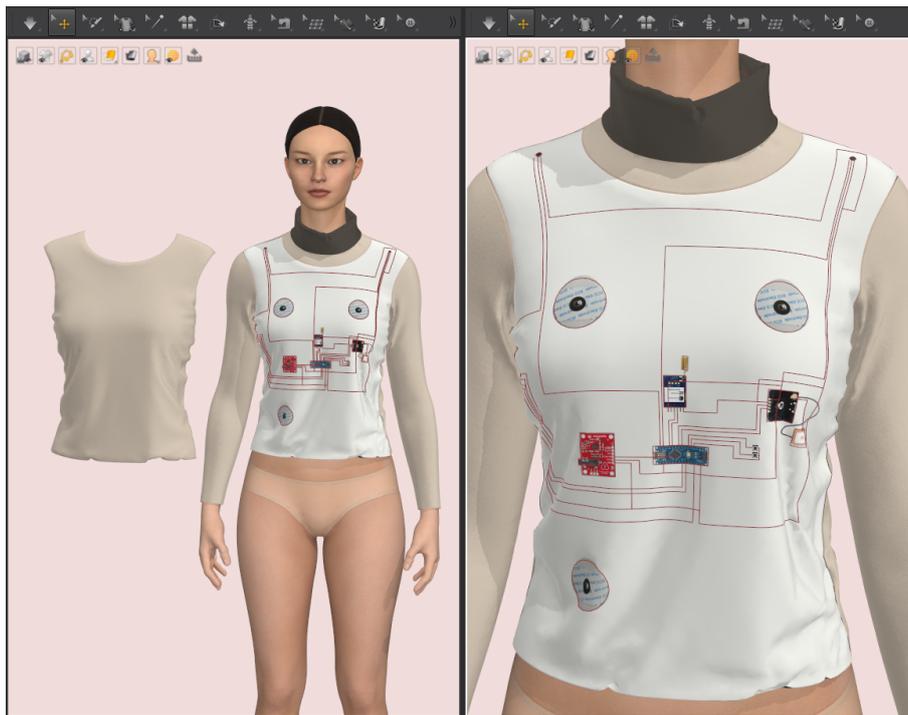


Figura 27. Diseño 3D del textil electrónico. Fuente: Autores

Una vez finalizado y validado el correcto funcionamiento, se une todos los componentes, se obtiene la siguiente prenda mostrada en la figura 28, este textil electrónico permite el correcto monitoreo de los signos vitales, transmisión de datos y generación de alarmas.

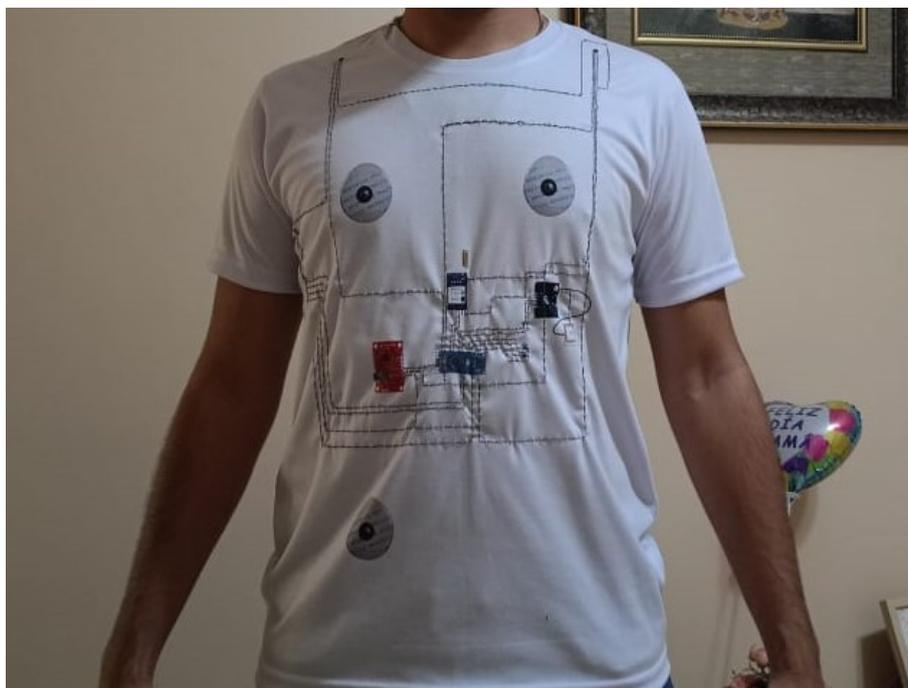


Figura 28. Diseño final del textil electrónico. Fuente: Autores

V-D. Programación

V-D1. *Arduino nano*: La programación de este dispositivo se divide en varias tareas distintas, que incluyen funciones principales y subfunciones complementarias. A continuación, se proporcionará un desglose detallado de estos componentes.

Inicialmente la programación incorpora varias bibliotecas para la comunicación serial y la adquisición de datos de diversos sensores, en la tabla XV se detalla su correspondencia. Además, se declaran los pines visualizados en la tabla XI, luego variables para el manejo de datos, los umbrales y configuraciones para la activación de alarmas en función de ciertos eventos, como la detección de pulsadores, temperatura corporal y ritmo cardíaco irregular.

Tabla XV
BIBLIOTECAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.

Biblioteca	Descripción
<SoftwareSerial.h>	Puerto virtual para LoRa
<AltSoftSerial.h>	Puerto virtual para GPS
<Wire.h>	Puerto I2C para MLX90614
<Adafruit_MLX90614.h>	Funciones y métodos de MLX90614
<TinyGPS++.h>	Funciones y métodos de GPS

Fuente: Autores

La figura 29 representa claramente cómo se estructura el programa y cómo las diferentes tareas se ejecutan en paralelo para gestionar datos de temperatura, pulso cardíaco, GPS y alarmas. Cada tarea cumple con una función específica y, en algunos casos, genera alarmas o realiza procesamiento de datos antes de enviarlos. Cabe destacar que, la función *voidsetup()*, es en donde se inician los sensores, configuraciones de pines y otros dispositivos necesarios para la ejecución del programa. asimismo se inicializan los pines para los pulsadores, motor

de vibración, buzzer y se establece el estado inicial de las alarmas como apagado.

De igual manera, se debe considerar la función *voidloop()*, en donde se implementa el ciclo principal del programa. Se llama a una serie de tareas definidas utilizando la función *MultiT()*, que está diseñada para ejecutar múltiples tareas en intervalos predefinidos. Las tareas son la adquisición y procesamiento de datos de temperatura, GPS, ritmo cardíaco y envío de datos.

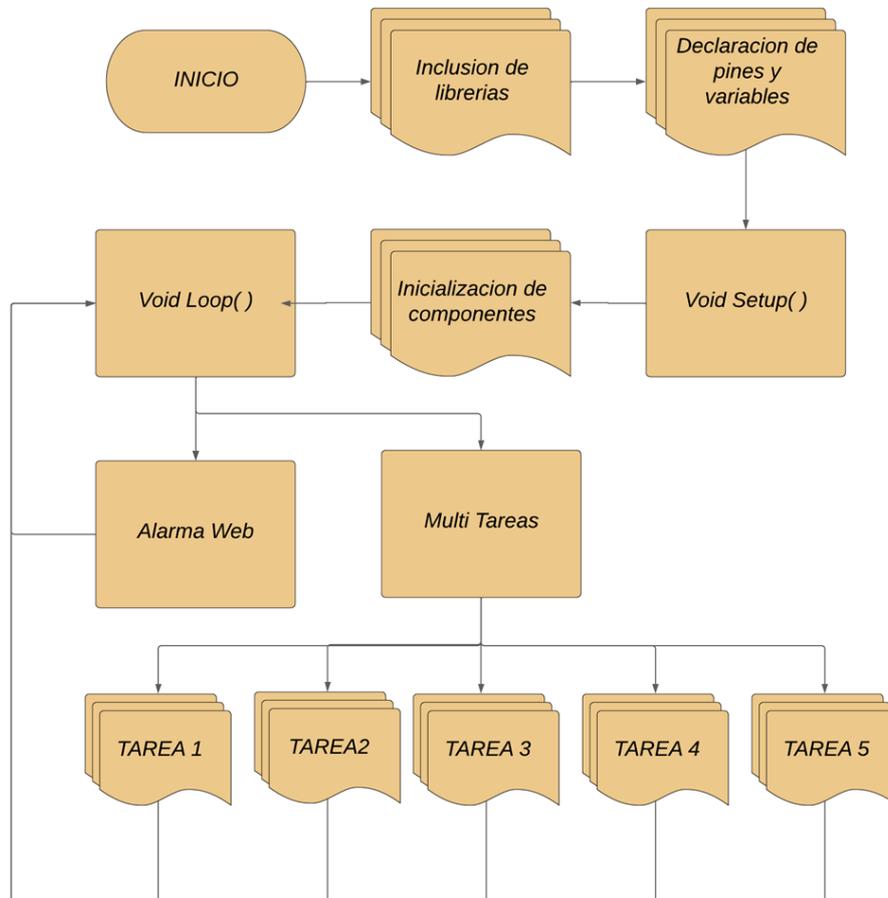


Figura 29. Diagrama de flujo de la programación. Fuente: Autores

Ahora bien, como se observa en la figura 30, se detalla la función *Tarea1* que realiza la adquisición y procesamiento de datos tanto de temperatura corporal como de GPS. Dicho esto, para la subfunción de los datos de temperatura corporal, el sensor infrarrojo toma la temperatura y la ajusta con respecto la ecuación obtenida anteriormente, si la temperatura cae por debajo del umbral establecido *alarmUmbralT*, se enciende la alarma vibratoria mediante la activación del pin *MotorVbr*.

Para subfunción de adquisición de datos GPS, primero se establece un bucle que dura 5 segundos. Dentro de este bucle, se verifica si hay datos disponibles en el módulo GPS *ss.available()*. Si hay datos disponibles, se leen los caracteres recibidos y se procesan mediante la librería *TinyGPS ++*. Se decodifican los datos válidos *gps.encode(c)*, y se establece la variable *nuevosDatos* como verdadera *true*. Fuera del bucle, se verifica si hay *nuevosDatos*. Si los hay y la ubicación GPS es válida *gps.location.isValid()*, se obtienen las coordenadas de

latitud y longitud *flat* y *flon*.

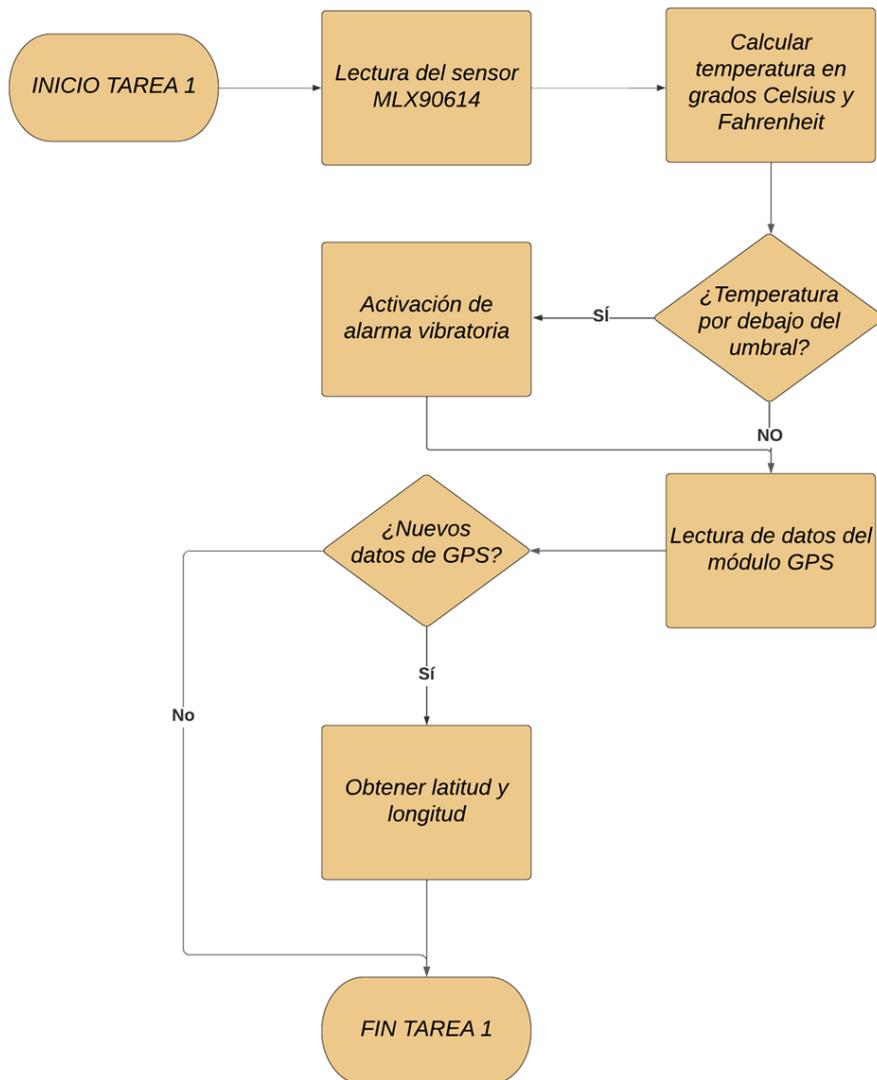


Figura 30. Diagrama de flujo de la Tarea 1. Fuente: Autores

A continuación, para la Tarea 2 que corresponde a la adquisición del pulso cardíaco desglosada en el diagrama de flujo de la Figura 31, se comprueba si hay un *lead-off*, es decir, si los electrodos digitales $digitalRead(7) == 1$ o $digitalRead(10) == 1$ están conectados, Si es así se pone en modo espera y se toman medidas para registrar el tiempo y otras variables. Si no se detecta *lead-off*, se vuelve al modo normal y se realiza la lectura analógica del pin A0 para medir la señal del pulso cardíaco. Luego, se ajustan los valores de la señal y se calculan el intervalo *RR* y el ritmo cardíaco en latidos por minuto. Finalmente, se imprimen los resultados.

Además, para llevar a cabo la generación de alarmas en función del ritmo cardíaco, se calcula su valor (*ritmocard*) a partir de la variable *rc* obtenida previamente. Luego, se verifica si este valor está fuera de los umbrales definidos por *alarmUmbralRC1* y *alarmUmbralRC2*. Si el ritmo cardíaco es menor que el valor mínimo *alarmUmbralRC1*

o mayor que el valor máximo $alarmUmbralRC2$, se activa el buzzer $digitalWrite(BuzzerPin, HIGH)$ como señal de alarma. En caso contrario, se apaga el buzzer $digitalWrite(BuzzerPin, LOW)$.

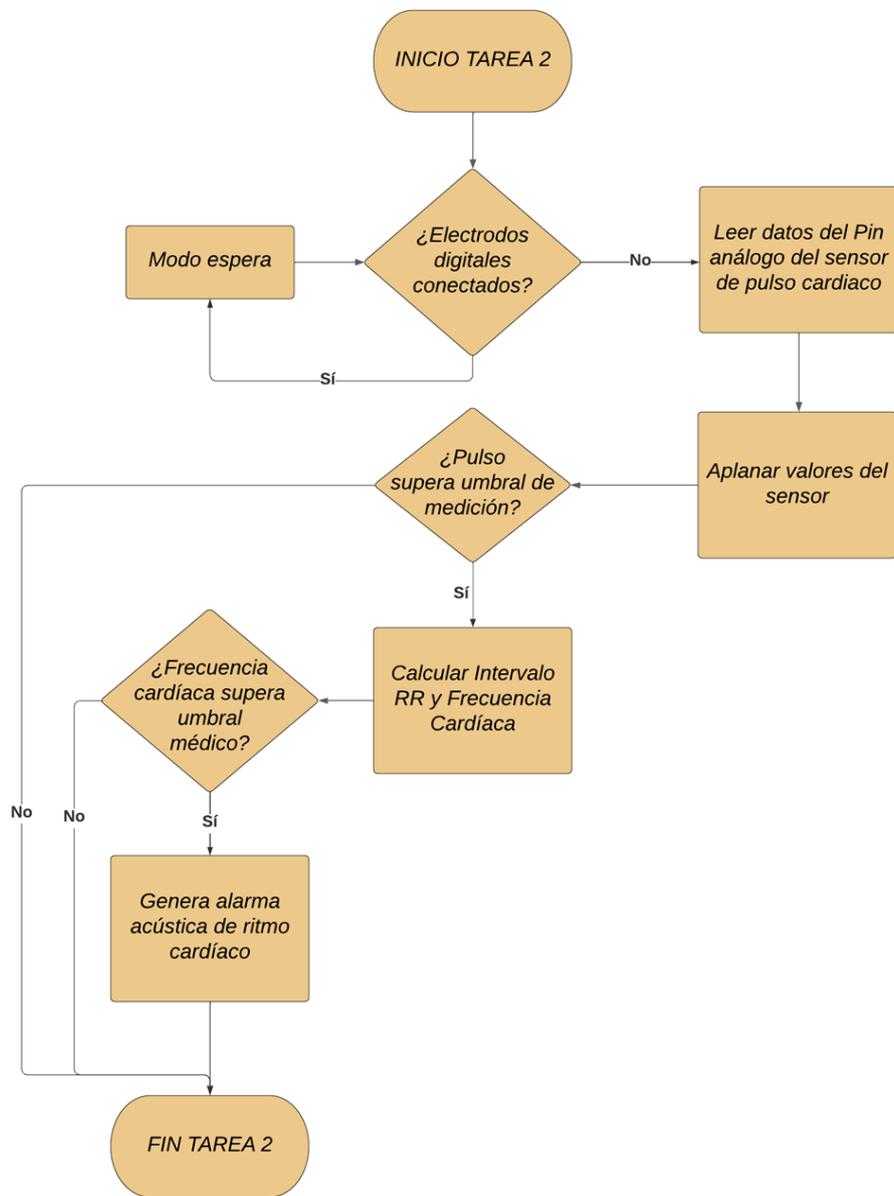


Figura 31. Diagrama de flujo de la tarea 2. Fuente: Autores

Las tareas Tarea3, Tarea4 y Tarea5 mostrada en la figura 32, 33 y 34, se encargan del procesamiento y envío de datos de temperatura, GPS y ritmo cardíaco, respectivamente. En cada tarea, se preparan los datos en formato de cadena y se calcula su longitud.

Luego se construye el mensaje para ser enviado a través del módulo LoRa hacia el receptor. El mensaje incluye información como la longitud de los datos y los propios datos. El mensaje se envía a través de la comunicación

LoRa utilizando la instancia `ReyaxLoRa.print(mymessageX)`.

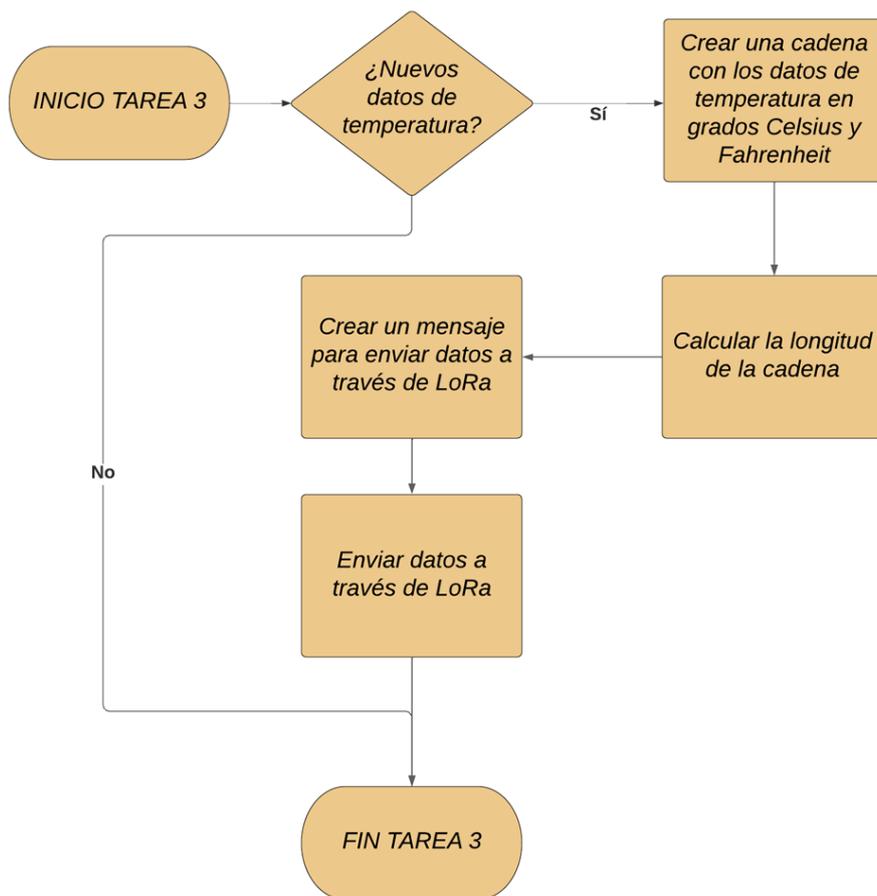


Figura 32. Diagrama de flujo de la tarea 3. Fuente: Autores

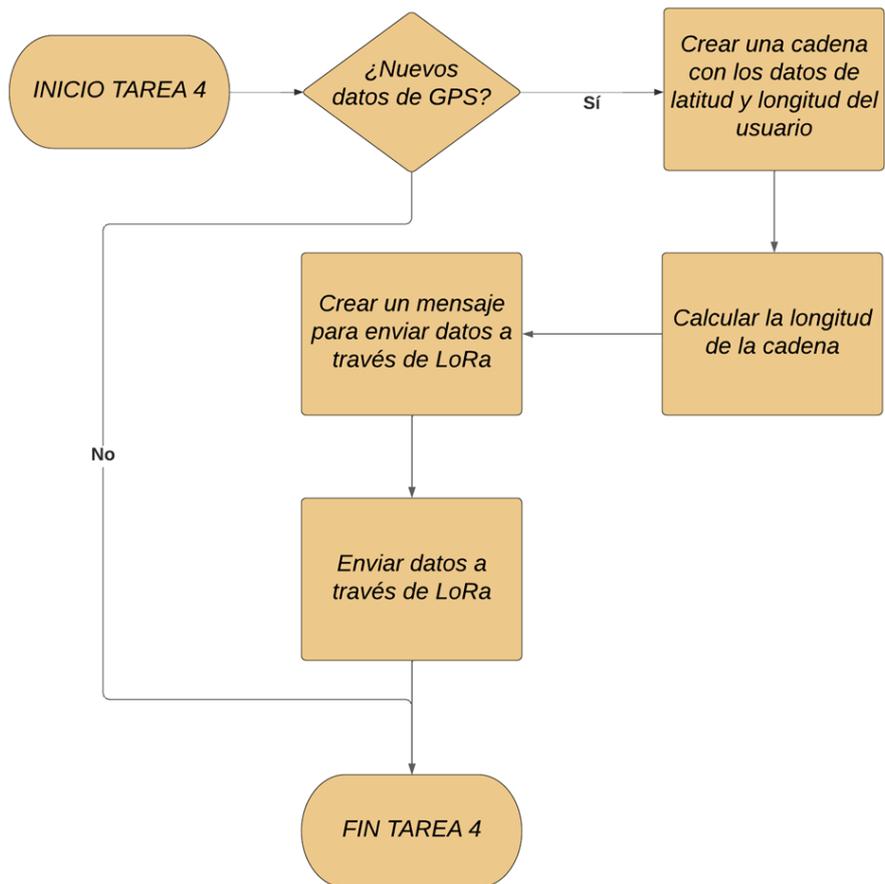


Figura 33. Diagrama de flujo de la tarea 4. Fuente: Autores

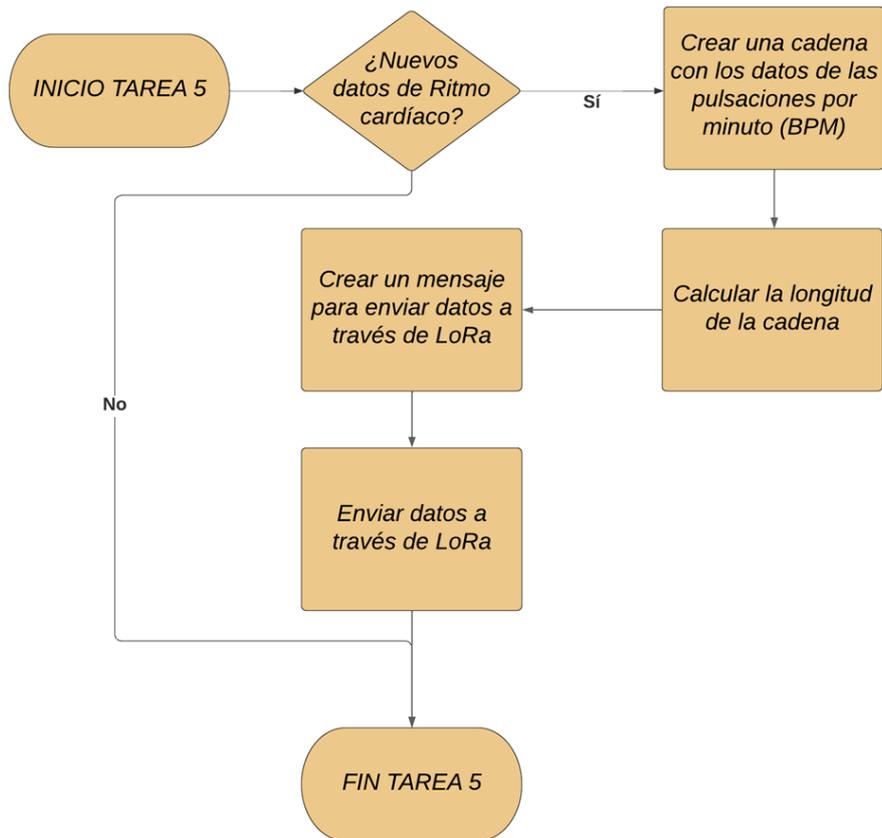


Figura 34. Diagrama de flujo de la tarea 5. Fuente: Autores

A continuación, en la figura 35, se muestra el diagrama de flujo de la subfunción de alarma web. La subfunción *WebAlarm()* administra la activación de la alarma web mediante la pulsación simultánea de dos botones, enviando un mensaje a través del servidor web.

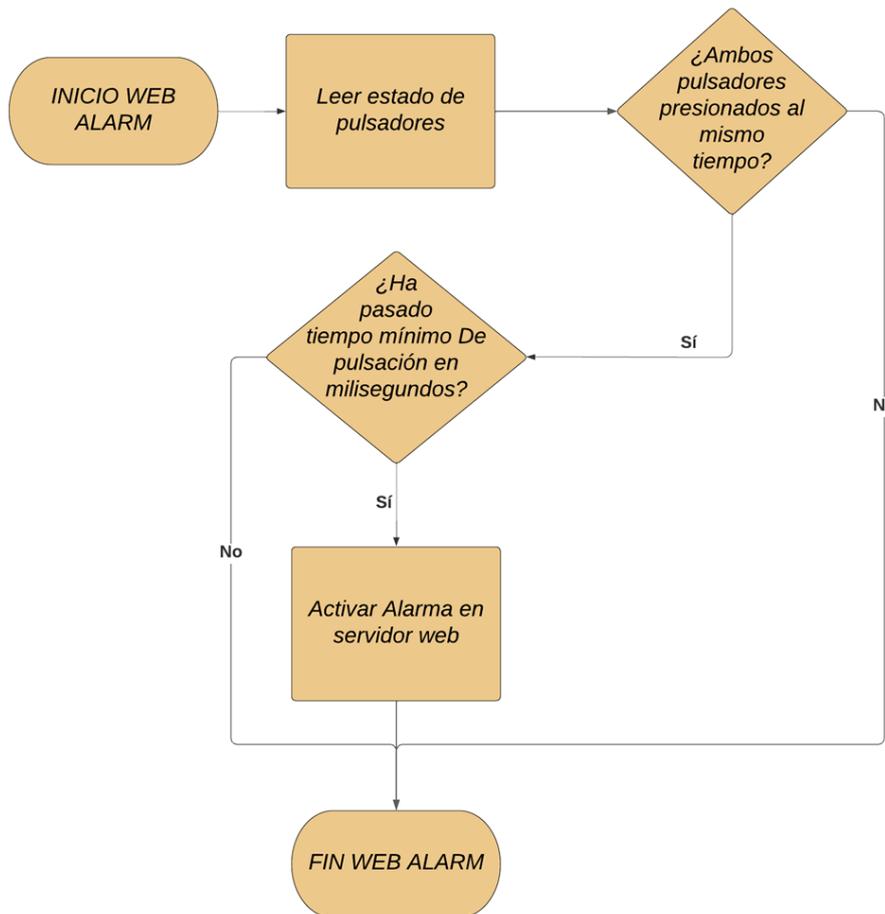


Figura 35. Subfunción de alarma web. Fuente: Autores

V-D2. *ESP32*: El diagrama de flujo presentado en la figura 36 inicia con la inclusión de librerías necesarias para el manejo de WiFi. Se definen varias cadenas de caracteres para almacenar diferentes tipos de datos y mensajes. Además, se establecen variables y pines necesarios para la comunicación con el módulo LoRA.

Se continua con la configuración inicial en la función *setup()*. Se inicializan los puertos seriales y se establece una conexión a una red WiFi utilizando las credenciales proporcionadas (nombre de la red y contraseña). El estado de la conexión WiFi se monitorea con un ciclo *while* hasta que se logra la conexión exitosa. A través del puerto serial, se informa sobre la conexión exitosa y se muestra la dirección IP asignada. El servidor web se inicia y finalmente, se imprime un mensaje indicando que el servidor ha sido iniciado.

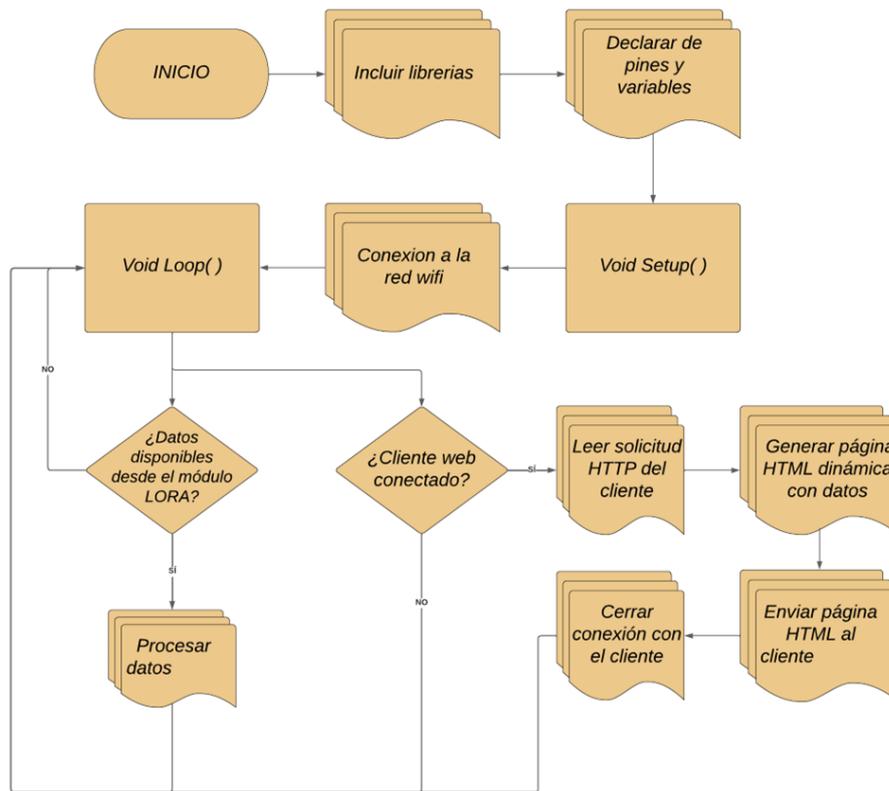


Figura 36. Diagrama de flujo programación del ESP32. Fuente: Autores

En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 37, el ciclo loop() del programa se encarga de varias tareas. Primero, verifica si hay datos disponibles en el puerto serial 2 (Información que proviene del módulo LoRa). Cuando se reciben los datos, se procesan y analizan. Los datos recibidos se dividen en diferentes partes utilizando comas como separadores, y se almacenan en variables específicas.

Luego, se presentan condiciones en función de los datos recibidos. Las condiciones están vinculadas a la longitud de los datos (dtl). Si la longitud es igual a ciertos valores específicos, se asignan los datos correspondientes a las variables dttemp, dtgps o dtbpm.

Además, el código maneja un servidor web. Cuando se detecta un cliente que se conecta al servidor, se procesa la solicitud del cliente y se envía una página HTML predefinida con información sobre los datos procesados.

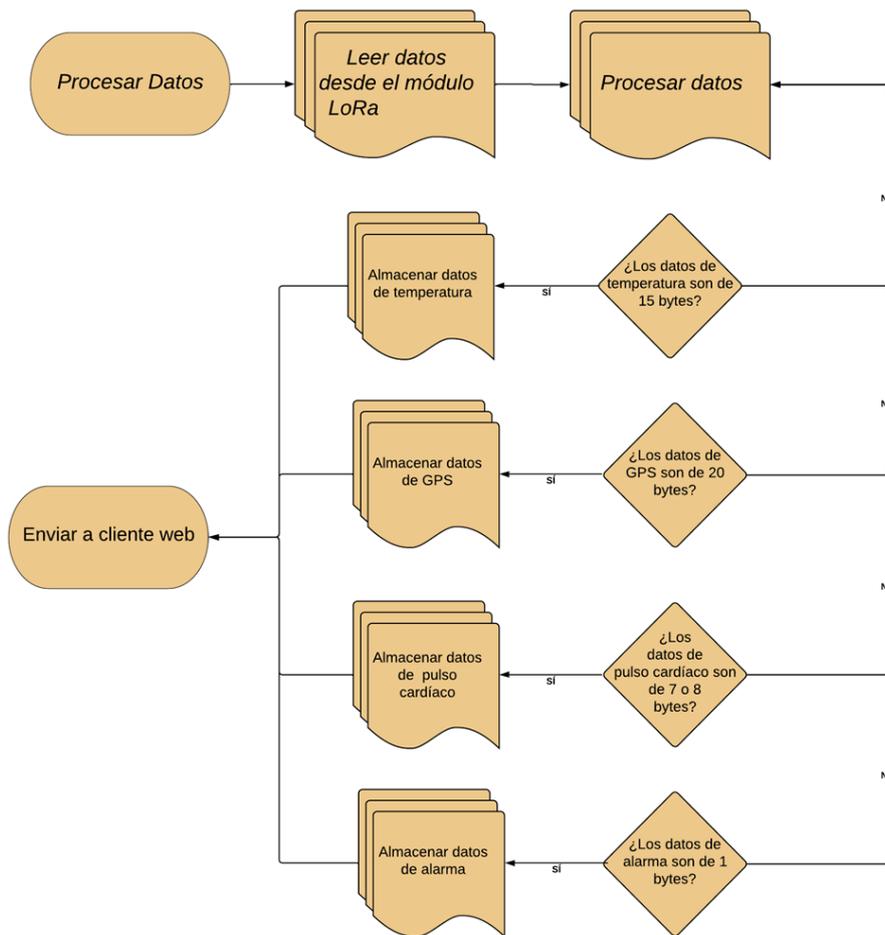


Figura 37. Diagrama de flujo del procesamiento de datos. Fuente: Autores

En el siguiente fragmento de código mostrado en la figura 38 usa la función `getValue`, es una función auxiliar diseñada para extraer valores específicos de una cadena de caracteres, utilizando un carácter separador y un índice como referencia. La función toma tres argumentos: la cadena de datos que se va a analizar, el carácter que se utilizará como separador y el índice del valor que se desea extraer.

Dentro de la función, se inicia un bucle `for` que recorre cada carácter en la cadena de datos. A medida que recorre la cadena, compara cada carácter con el carácter separador. Si encuentra el carácter separador o llega al final de la cadena, incrementa una variable llamada `found` que lleva la cuenta de cuántos valores se han encontrado.

Si el valor de `found` coincide con el índice que se está buscando, se actualizan dos índices `strIndex` para marcar el inicio y el final del valor encontrado en la cadena. La función luego utiliza estos índices para extraer el valor entre ellos utilizando el método `substring` y lo devuelve como un objeto `String`.

```

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

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i + 1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}
//---END Función gerValue---//

```

Figura 38. Estructura de la función `getValue`. Fuente: Autores

V-E. Pagina Web

El código proporcionado en Anexo B-C es un fragmento de HTML elaborado con estilos CSS incorporados. Esta combinación sirve para construir y diseñar una página web capaz de presentar información crucial para el monitoreo de los signos vitales. La página está estructurada con una cabecera `< header >`, contenido principal `< main >` y pie de página `< footer >`.

Se utilizan estilos CSS para ajustar tamaños de imágenes, colores de fondo, alineación de texto y espaciado. Cada sección de información está contenida en un elemento con la clase `.division`, que contiene imágenes, títulos y párrafos. El diseño es adaptable, lo que significa que se adaptará para verse bien en diferentes tamaños de pantalla y dispositivos.

Además, incluye toda la estructura de una página web para permitir la visualización del contenido, como mapas interactivos, gracias a los enlaces a bibliotecas externas, y presenta el contenido en cuatro secciones principales.

Cada sección, marcada por un contenedor con la clase `.division`, se enfoca en aspectos como la temperatura corporal, el pulso cardíaco (cada uno con imágenes ilustrativas), la ubicación geográfica (a través de un contenedor de mapa) y una alarma de emergencia con una imagen de alarma apagada y un posible mensaje de emergencia en caso de que se active. El código establece las bases para que en la página se pueda visualizar y comunicar datos importantes de manera efectiva.

Se incluye un contenedor de mapa con el id `map`, que posteriormente es gestionado mediante JavaScript. En los scripts, se integra la biblioteca Leaflet para la visualización de mapas interactivos. Se establece un mapa centrado con la variable de las coordenadas geográficas y se agrega un marcador que muestra la frase "Mi ubicación".

Además, se implementan funciones en JavaScript para cambiar el estado visual de una alarma, modificando una imagen y mostrando u ocultando un texto de emergencia según el valor dado en la variable (1 o 0), y otra para actualizar valores de temperatura y pulso cardíaco en la página web.

Finalmente en la sección de pie de página `< footer >`, se muestra un mensaje de derechos de autor junto con el año y el nombre del sitio *Signos Vitales*.

VI. RESULTADOS

VI-A. Pruebas de campo

Para la validación de los resultados óptimos del dispositivo, se llevó a cabo un viaje al volcán Chimborazo, donde el usuario se situó en el refugio Carrel a 4.845 metros sobre el nivel del mar, experimentando un clima muy frío andino con temperaturas ambiente que oscilaban entre los 0°C y los 10°C.



Figura 39. Volcán Chimborazo - Riobamba, Ecuador. Fuente: Autores

Como se muestra en la figura 40, en el refugio se evidenciaban personas con malestares, náuseas, mareos y síntomas propios del excesivo frío. El lugar no presentaba ningún tipo de socorrista, ni botiquines de primeros auxilios. Era indudable que se debía llevar un monitoreo de los signos vitales para evitar que los síntomas empeoraran. En caso de que ocurriera algo, sería importante alertar con tiempo para permitir el socorro de la persona al centro de salud más próximo.



Figura 40. Personas con malestar. Fuente: Autores

Palpando todas estas experiencias, el usuario se alejó aproximadamente 200 metros como se muestra en la Figura 41 y 42 . Inmediatamente encendió el dispositivo para poder monitorear los signos vitales en el servidor web.



Figura 41. Usuario a una distancia aproximadamente de 200m de la sede. Fuente: Autores

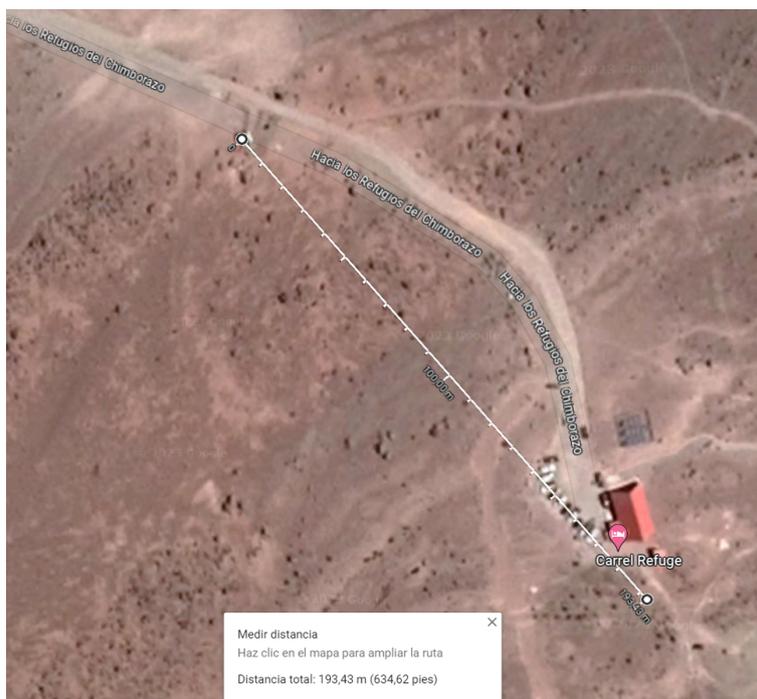


Figura 42. Vista desde la ubicación del usuario a la sede. Fuente: Autores

VI-B. Monitoreo remoto de signos vitales

En la página web ilustrada en la figura 43, se visualizan los valores de la temperatura corporal en grados celsius y fahrenheit, el pulso cardiaco en bpm y la ubicación satelital en coordenadas geográficas que son transmitidos desde el Arduino Nano al ESP32 mediante la tecnología de comunicación LoRa.



Figura 43. Visualización del servidor web. Fuente: Autores

En la figura, 44 se evidencia el papel que desempeña la alarma visual, este enfoque de alarma se ha implementado de forma manual para casos de emergencia.



Figura 44. Visualización de los datos transmitidos al servidor web. Fuente: Autores

El servidor web cuenta con cuatro secciones principales. En la Figura 45 se presenta la primera de estas secciones, donde se pueden observar los datos de temperatura corporal obtenidos a través del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614.

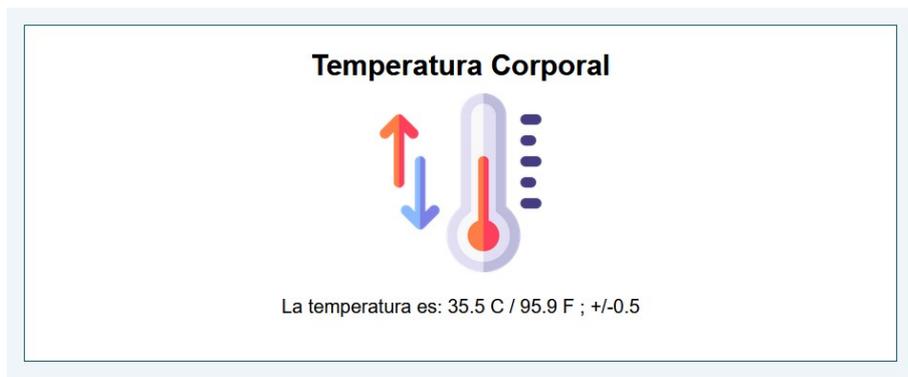


Figura 45. Visualización de la Temperatura corporal en el servidor web. Fuente: Autores

Además, en la Figura 46, es posible apreciar el proceso de medición de la temperatura corporal de manera oral mediante el uso de un termómetro digital, con el propósito de llevar a cabo el análisis y la comparación de los valores registrados.



Figura 46. Temperatura oral. Fuente: Autores

Es importante destacar que, aunque el usuario estuvo expuesto a temperaturas que oscilaban entre 7 y 9°C, su temperatura corporal se mantuvo dentro del rango seguro. Por lo tanto, no experimentó dificultades relacionadas con la hipotermia.

Para la validación del pulso cardíaco, el usuario se coloca los electrodos del módulo AD8232 ECG como se observa en la Figura 47. En la segunda sección de la página web se pueden visualizar los datos obtenidos para el monitoreo del pulso cardíaco en bpm, así como se muestra en la Figura 48.



Figura 47. Conexión de electrodos en el usuario. Fuente: Autores



Figura 48. Visualización del Pulso Cardíaco en el servidor web. Fuente: Autores

Es necesario resaltar que el ritmo cardíaco del usuario permaneció en 102 latidos por minuto, lo que indica que su frecuencia cardíaca esta dentro de los niveles normales. No se observaron problemas asociados a la bradicardia ni a la taquicardia.

En la tercera sección del servidor web, se ilustra la ubicación geográfica, como el usuario se encontraba en el volcan Chimborazo se puede observar en la Figura 49, que el modulo transmite las correctas coordenadas, lo que valida el correcto funcionamiento del dispositivo.



Figura 49. Visualización de la Ubicación Geográfica en el servidor web. Fuente: Autores



Figura 50. Prueba en tiempo real en el Chimborazo. Fuente: Autores

En la cuarta sección, se ilustra la alarma de socorro manual, como se muestra en la Figura 51. La misma es activada por los usuarios en caso de sufrir algún inconveniente durante su travesía.



Figura 51. Visualización de la Alarma de Socorro en el servidor web. Fuente: Autores

La alarma de socorro esta incorporada en el textil electrónico y se activa cuando el usuario presiona los botones designados. Su funcionamiento es independiente, es decir la alarma entra en acción solamente si el usuario se encuentra o siente que esta en una situación de peligro, sin importar los resultados que arrojen sus signos vitales.

VII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la figura 52.

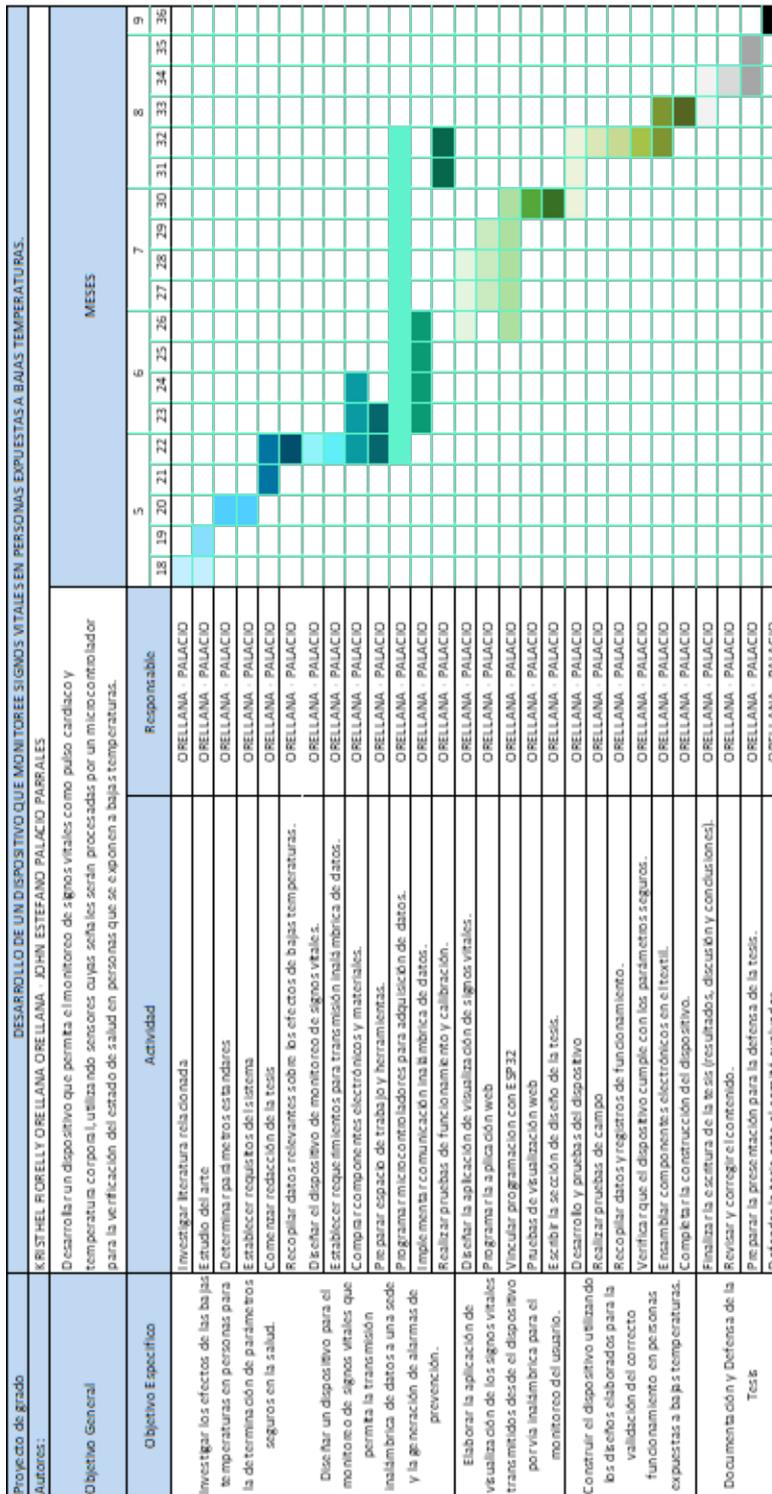


Figura 52. Cronograma de actividades. Fuente: Autores

VIII. PRESUPUESTO

Tabla XVI
PRESUPUESTO DEL PROYECTO. FUENTE: AUTORES

Descripción	Cantidad	Precio	Total (USD)
Componentes Electrónicos			
- Microcontrolador Arduino Nano	1	\$25,00	\$25,00
- Microcontrolador ESP32	1	\$18,00	\$18,00
- Sensor de Temperatura IR MLX90614	1	\$17,95	\$17,95
- Sensor de Pulso Cardíaco AD8232	1	\$9,90	\$9,90
- Módulo LoRa RYLR 896	3	\$23,82	\$71,46
- Módulo GPS GT-U7	1	\$12,60	\$12,60
- Módulo de Comunicación Serial USBPL230	1	\$7,50	\$7,50
- Motor de Vibración Tipo Moneda/ 5v	1	\$2,00	\$2,00
- Batería Recargable 9V / 300mAh	1	\$6,70	\$6,70
- Varios (Resistencias, Buzzer, Cables, Transistores, ect)	-	-	\$15,60
Materiales de Electrónica Textil			
- Hilo Conductor Marca Adafruit	1	\$17,25	\$17,25
- Sublimación en Tela	1	\$12,00	\$12,00
- Belcro color Blanco	2m	\$1,00	\$2,00
- Tela de Relleno Polyexpanded	2m	\$0,50	\$1,10
Licencias de Software de Simulación			
- Software de Diseño de Moda CLO3D	1 MES	\$25,00	\$25,00
Herramientas Específicas			
- Aguja #16	4	\$0,38	\$1,50
Personal			
- Costurera	-	-	\$10,00
Gastos de Viaje y Logística			
-Transporte de Guayaquil-Riobamba	2	\$8,86	\$17,71
-Transporte de Riobamba-Chimborazo	2	\$3,10	\$6,20
-Transporte de hacia primer refugio	1	\$25,00	\$25,00
-Transporte de Chimborazo-Riobamba	2	\$2,50	\$5,00
-Transporte de Riobamba-Guayaquil	2	\$8,05	\$16,10
- Alimentación (Desayuno, Almuerzo y Merienda)	-	-	\$18,00
Costos de Encuadernación y Copias			
- Impresión y Encuadernación	-	-	\$15,00
Otros Gastos			
- Viajes Internos (Compra de Componentes)	-	-	\$25,00
Reserva para Contingencias	-	-	\$50,00
Total del Presupuesto			\$433,57

IX. CONCLUSIONES

Basándonos en la revisión de la literatura, se logró identificar los parámetros óptimos de los signos vitales para el funcionamiento del dispositivo: una temperatura corporal mínima de 35.5°C y una frecuencia cardíaca dentro del rango normal (de 60 a 100 bpm). Estos criterios son esenciales para garantizar el estado de salud del usuario. En caso de que no se cumplan, el dispositivo activará alarmas como parte de su exitosa función de monitoreo.

Otro logro significativo fue el establecimiento de una conexión inalámbrica confiable entre el dispositivo y un servidor web. Esta comunicación inalámbrica es esencial para la transmisión en tiempo real de los datos recopilados, lo que permite a los usuarios y profesionales de la salud acceder a la información de manera remota. La estabilidad en esta conexión garantiza que los datos sean precisos y estén disponibles cuando más se necesiten, lo que es crucial para tomar decisiones informadas considerando el estado de salud del usuario.

Se logró la implementación de todas las etapas del dispositivo diseñado. Este se atribuye a un enfoque metodológico sólido que permitió la integración efectiva de cada elemento del sistema. Uno de los aspectos fundamentales que contribuyó al éxito de esta implementación fue la consideración de un hilo conductor central en el diseño, la utilización de la ropa como plataforma para el monitoreo de signos vitales. Sin embargo, el hilo utilizado tuvo sus limitaciones lo que causó ciertos inconvenientes.

Esta elección estratégica de utilizar la ropa como vehículo para el dispositivo de monitoreo permitió una mayor comodidad y accesibilidad para el usuario. La ropa se convirtió en un soporte discreto pero efectivo para los sensores, lo que facilitó la recopilación de datos continuos de temperatura corporal y pulso cardíaco. Además, esta solución se alinea con la premisa de que la monitorización de signos vitales debe ser lo menos intrusiva posible en la vida cotidiana de las personas, lo que, a su vez, promueve un mayor cumplimiento y utilidad del dispositivo.

Además, se logró incorporar una función de ubicación geográfica en tiempo real, en gran parte gracias a la disponibilidad de una librería de mapas gratuita. Esto añadió un elemento adicional de seguridad y contexto a la monitorización de signos vitales. La capacidad de rastrear la ubicación de un individuo en situaciones de exposición a bajas temperaturas puede ser crítica en casos de emergencia. Por ejemplo, si una persona experimenta una disminución significativa de su temperatura corporal, esta función permite una respuesta rápida y precisa para brindar ayuda.

X. RECOMENDACIONES

Es de suma importancia calibrar los baudios de cada uno de los sensores de acuerdo con los baudios que se configurarán en el módulo LoRa. Además, se debe prestar atención a la configuración de emisividad del sensor de temperatura MLX90614 para garantizar lecturas precisas.

Durante las pruebas de ECG con el módulo AD8232, es necesario tomar la decisión de usar los electrodos digitales (LO+, LO-) o los de lectura analógica (integrados en el puerto Jack), pero no ambos simultáneamente. Es crucial tener en cuenta que, durante estas pruebas, no se debe mantener conectado el cargador del computador, ya que esto provocaría la generación de una gráfica con un elevado nivel de ruido eléctrico.

Para lograr una sincronización efectiva con las señales satelitales, es necesario encontrarse en un entorno despejado y detectar al menos tres satélites para obtener datos de latitud y longitud. Vale la pena destacar que una mayor cantidad de satélites en la conexión mejora la calidad de la navegación y aumenta la precisión de los datos.

Otra recomendación sería procurar adquirir componentes eléctricos que estén diseñados sin pines rígidos, lo que facilitará considerablemente su integración y costura en la tela. Esto no solo optimizará la conexión de los dispositivos con el tejido, sino que también mejorará la comodidad.

En cuanto a la confección de los componentes electrónicos en la camisa, se recomienda considerar la resistividad del hilo conductor por ello es necesario no utilizarlo para señales analógicas puesto que, producirá ruido eléctrico. Además, se debe utilizar una máquina de coser industrial con aguja #16, ya que las máquinas caseras pueden ejercer fuerzas de corte que provocarían la rotura del hilo. Para mantener la comodidad de la prenda, es posible reducir las rutas de costura por donde pasará el hilo si se lleva a cabo parte del circuito en una PCB flexible.

Para prevenir cortocircuitos al transmitir señales entre las capas superior e inferior de la tela, se recomienda seleccionar una tela de mayor grosor, preferiblemente de poliéster o polipropileno.

Se sugiere para mejorar la página web implementar varios perfiles de usuario. Esto permitirá una experiencia personalizada para cada usuario, brindando la capacidad de acceder y analizar sus propios datos de monitoreo de signos vitales de manera individual.

Adicionalmente, al enfrentar bajas temperaturas en entornos montañosos se llevar consigo equipo de protección contra el frío, como abrigos, guantes, bufandas, pasamontañas y gorros, incluso si se prevé que la exposición al frío será breve. Es esencial mantenerse informado sobre las previsiones meteorológicas locales y estar preparado para cambios repentinos en el clima.

REFERENCIAS

- [1] J. Villegas, «Semiología de los signos vitales: una mirada novedosa a un problema vigente,» *Universidad de Manisales, Facultad de Ciencias de la Salud*, vol. 1, pág. 1, 2012.
- [2] V. F. Penagos S Salazar L, «Control de signos vitales,» *Bogotá: Fundación Cardioinfantil Urgencias*, vol. 1, pág. 1, 2004.
- [3] L. Vargas, «Hipotermia,» *Archivos de medicina de urgencia (México)*, vol. 1, págs. 55-62, 2009.
- [4] E. Baumgartner, M. Belson, C. Rubin y M. Patel, «Hypothermia and other cold-related morbidity emergency department visits,» *Wilderness Environ Med 2008 Winter*, vol. 19, pág. 233, 2008.
- [5] P. Paal, M. Pasquier, T. Daroch et al., «Hipotermia Accidental,» *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, vol. 19, pág. 501, 2021.
- [6] T. Electromédica, «Monitor de toma de signos vitales CSM,» *Thermest Instruments. Obtenido de Thermest Instruments: <https://www.tecnicaelectromedica.com/product/monitor-de-toma-de-signos-vitales-csm/>*, Accedido: 25-11-2022.
- [7] A. Montenegro, «Interfaz gráfica de usuario para el monitoreo en tiempo Real de parámetros fisiológicos no invasivos,» *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Esmeraldas*, págs. 23-35, 2022.
- [8] G. Vallejo, «Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad,» *Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería En Sistemas Electrónica e Industrial*, vol. 1, pág. 6, 2015.
- [9] A. Picon, J. Orozco, J. Molina y M. Franky, «Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia,» *MedUNAB*, vol. 23(1), págs. 188-130, 2020.
- [10] A. Castellanos, M. Majano y S. Sanchez, «Low cost Pulse Oximeter using Arduino,» *IEEE Xplore*, págs. 1-3, 2019.
- [11] N. I. of Health, «¿Qué es la hipertermia?» *National Institutes of Health. Obtenido de National Institutes of Health. Transformación de Descubrimientos en Salud: <https://salud.nih.gov/preguntele-a-carla/que-es-la-hipertermia>*, 2019, Accedido:15-05-2023.
- [12] T. Instruments, «Hipotermia – Signos, síntomas y tratamiento,» *Thermest Instruments. Obtenido de Thermest Instruments: <https://thermtest.com/latinamerica/hipotermia-signos-sintomas-y-tratamiento>*, 2021, Accedido: 25-07-2023.
- [13] O. Kimberger, «La importancia de la temperatura corporal central Fisiopatología y métodos de medición,» *Dräger Medical GmbH*, págs. 8-13, 2013.
- [14] J. Perez, «¿Cuántas son las pulsaciones normales por edad y estado?» *Revista Digital INESEM. Obtenido de Revista Digital INESEM: <https://www.inesem.es/revistadigital/biosanitario/pulsaciones/>*, 2017.
- [15] L. Betolaza, «Ritmo sinusal normal y trastornos del ritmo,» *Enfermería en Cardiología. Obtenido de Enfermería en cardiología: https://enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/manual_cap01.pdf*, Accedido:05-05-2023.
- [16] M. Johnson, «Diseño de un sistema de monitoreo de signos vitales para personas adultas con afecciones cardíacas,» *Revista Digital INESEM. Obtenido de Revista Digital INESEM:*, 2017. dirección: <https://www.inesem.es/revistadigital/biosanitario/pulsaciones/>.
- [17] H. E. Works, «How pulse oximeters work explained simply,» *How Equipment Works. Obtenido de How pulse oximeters work explained simply: https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/*, Accedido:20-11-2022.
- [18] F. Placencia, «Indumentaria Electrónica para el Monitoreo Continuo de Señales Vitales,» *Universidad Técnica de Ambato*, págs. 53-62, 2016.
- [19] D. Electronics, «Hilo conductor 20 metros,» *DynamoElectronics. Obtenido de Dynamo Electronics:*, Accedido: 20-06-2023. dirección: <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/hilo-conductor-9-metros/>.
- [20] M. Gámez, «Desarrollo de un sistema biomédico para monitoreo local y remoto de signos vitales de pacientes, utilizando tecnología de internet de las cosas IOT,» *ITCA EDITORES. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Gobierno de El Salvador*, 2020.

- [21] A. Arduino, «Microcontrolador,» *Aprendiendo Arduino. Aprendiendo a manejar Arduino en profundidad. Obtenido de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/microcontrolador/>*, Accedido:14-10-2022.
- [22] N. Mechatronics, «NODEMCU-32 38-PIN ESP32 WIFI,» *Naylamp Mechatronics. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/1011-nodemcu-32-38-pin-esp32-wifi.html>*, Accedido: 24-07-2023.
- [23] S. Electronica, «Sensor de pulso cardiaco ECG AD8232,» *Sigma Electronica. Obtenido de SigmaElectronica: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp-32/>*, Accedido:18-06-2023.
- [24] J. Cobos, «Medición de signos vitales mediante técnicas de visión artificial,» *Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática*, 2017.
- [25] A. Electronics, «Arduino nano FTDI FT232,» *APM Electronics. Tarjetas de desarrollo. Obtenido de APM Electronics: <https://apmelectronica.com/producto/arduino-nano-v3-0/>*, Accedido:12-05-2023.
- [26] ElectroCrea, «Sensor de pulso cardiaco ECG AD8232,» *ElectroCrea. Obtenido de ElectroCrea: <https://n9.cl/gxaig>*, Accedido:18-06-2023.
- [27] J. Ramirez, «¿Cómo conectar y programar el Módulo AD8232 ECG con Arduino Uno?» *UNIT ELECTRONICS. Obtenido de UNIT ELECTRONICS. Blog de electrónica: <https://blog.uelectronics.com/tarjetas-desarrollo/arduino/como-realizar-la-programacion-conexion-del-modulo-ad8232-ecg-con-arduino-uno/>*, 2020, Accedido:20-05-2023.
- [28] L. Del Valle, «Termómetro infrarrojo con Arduino MLX90614,» *Programasfacil.com. Obtenido de Programasfacil.com. Blog de electrónica: https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-con-arduinomlx90614/Como_funciona_un_termometro_infrarrojo*, 2020, Accedido:01-06-2023.
- [29] C. Volt, *Como usar el módulo GPS U7 con arduino y display oled*, Accedido:08-07-2023, 2020.
- [30] F. Ayala, «Detector de incendios remoto con GPS y módulos Lora y arduino,» *UNIT ELECTRONICS. Obtenido de UNIT ELECTRONICS. Blog de electrónica: <https://blog.uelectronics.com/tarjetas-desarrollo/como-programar-el-sensor-mlx90614-con-arduino-ide-esp32/>*, 2023, Accedido:20-06-2023.
- [31] H. Rueda, «Sistema de Control y Automatización Inteligente Basado en Arquitectura Lorawan para la Gestión del Transporte Estudiantil que Brinda la Universidad Técnica de Ambato,» *Universidad Técnica de Ambato*, págs. 11-17, 2022.
- [32] CATSENSORS, «Tecnología LoRa y LoRaWAN,» *CATSENSORS. Obtenido de CATSENSORS: 2020, Accedido: 17-02-2023. dirección: <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>*.
- [33] ConSalud.es, «Ropa inteligente que vigila nuestra salud,» *ConSalud.es. Obtenido de ConSalud.es. SaludDigital: <https://n9.cl/95fu9>*, 2016, Accedido:20-06-2023.
- [34] R. M. Industrias, «Textiles inteligentes en Argentina, una tendencia que crece,» *Revista Más Industrias. Obtenido de Revista Más Industrias: <https://masindustrias.com.ar/textiles-inteligentes-en-argentina/>*, 2022, Accedido:26-06-2023.
- [35] A. Veloz, «Indumentaria Electrónica Orientada al Monitoreo del Ritmo Cardíaco en Deportistas Basado en Energy Harvesting,» *Universidad Técnica de Ambato*, 2023.
- [36] C. Yanchapaxi, «Desarrollo de un prototipo para el monitoreo de parámetros relacionados con actividades físicas del ser humano mediante la utilización de la tecnología wearable y una aplicación para el sistema operativo Android,» *Escuela Politécnica Nacional*, 2016.
- [37] ARISTASUR, «Cómo vestirse para la montaña: Teoría de las 3 capas,» *ARISTASUR. Obtenido de ARISTASUR: <https://www.aristasur.com/contenido/como-vestirse-para-la-montana-teoria-de-las-3-capas>*, 2010, Accedido: 25-05-2023.
- [38] L. REYAX TECHNOLOGY CORPORATION, «LoRa® AT COMMAND GUIDE,» 2022.
- [39] C. Volt, *Detector de incendios remoto con GPS y módulos Lora y arduino*, Accedido:20-06-2023, 2023.
- [40] M. León, «La termografía en la industria del plástico,» *Interempresas. Obtenido de Interempresas. Emisividad: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/31411-La-termografia-en-la-industria-del-plastico.html>*, 2009, Accedido:01-08-2023.

APÉNDICE A
EJEMPLO DE TEXTILES ELECTRÓNICOS

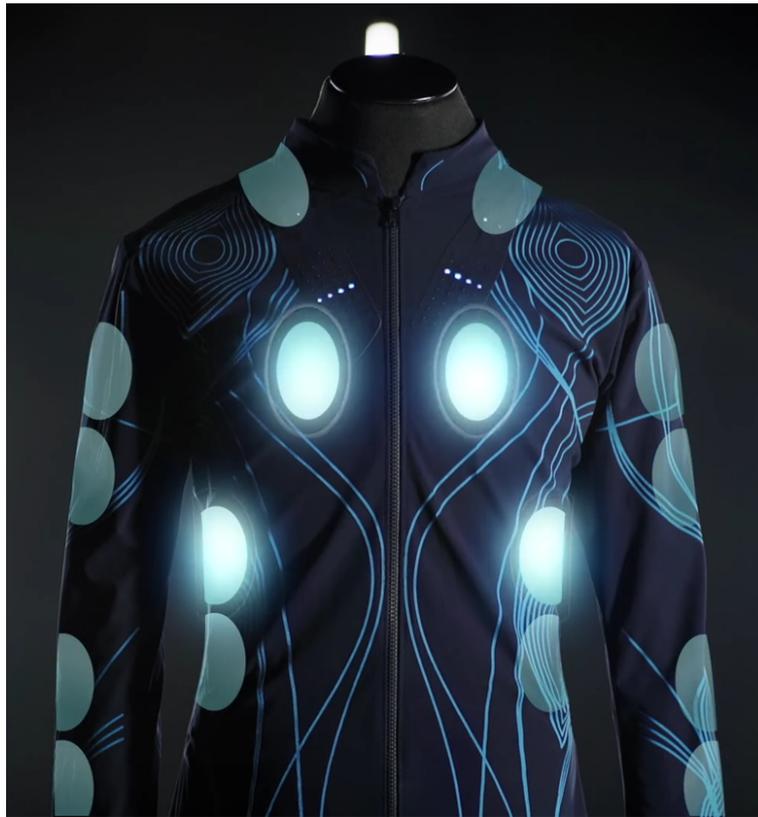


Figura 53. SoundShirt de Cutecircuit

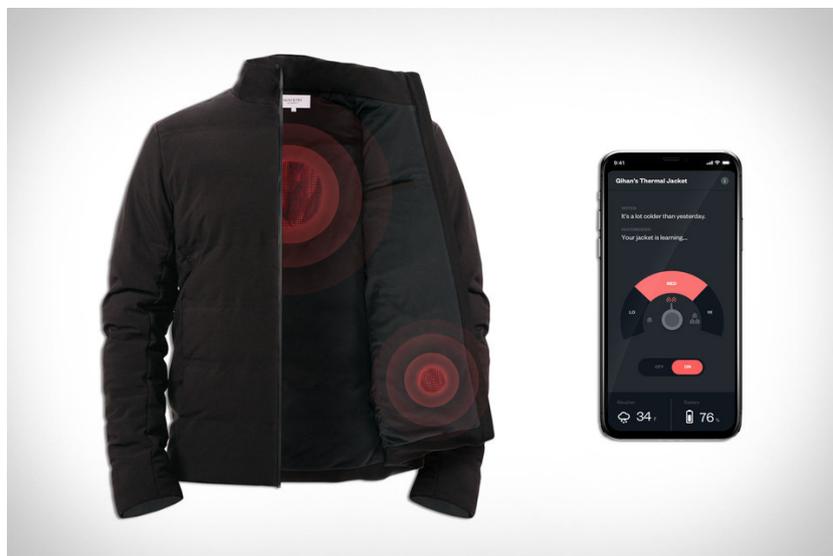


Figura 54. Chaqueta Mercury de Ministry of supply



Figura 55. Fitness Socks de Sensoria



Figura 56. Nadi X de Wearable X



Figura 57. Camisa Inteligente de Hexoskin

APÉNDICE B PROGRAMACIÓN

B-A. Programación del dispositivo realizada en ARDUINO NANO

```

1 //-----Include Library-----//
2 #include <SoftwareSerial.h> //Puerto serial 1
3 #include <AltSoftSerial.h> //Puerto serial 2
4 #include <Wire.h>
5 #include <Adafruit_MLX90614.h>
6 #include <TinyGPS++.h>
7
8 //----Declaracion de pines-----//
9 char nombre[50]; // Variable para almacenar el nombre
10 //int edad; // Variable para almacenar la edad
11 bool datosIngresados = false; // Variable para verificar si se ingresaron los datos
12 const int MotorVbr = 12; // Pin del primer buzzer
13 const int BuzzerPin = 11; // Pin del segundo buzzer
14 const int alarmUmbralRC1 = 60; // Umbral de RC Minimo para activar la alarma (en
    bpm)
15 // int alarmUmbralRC2= 0; // Umbral de RC Maximo para activar la alarma (en
    bpm)
16 const int alarmUmbralRC2 = 100;
17 const int alarmUmbralT = 35.5; // Umbral de temperatura para activar la alarma (en
    grados Celsius)
18 //-----//
19 SoftwareSerial ReyaxLoRa(8, 9); //--> RX, TX0
20 AltSoftSerial ss(5, 6); //--> RX, TX
21 Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614(); // A4-SDA, A5-SDL
22
23 //----Declaracion de cadenas-----//

```

```

24 //----TEMP----//
25 float FTEMPC = 0.0; // Variable para almacenar la temperatura en grados Celsius
26 float FTEMPF = 0.0; // Variable para almacenar la temperatura en grados Farenheit
27 unsigned long temperatureStartTime = 0; // Variable para almacenar el tiempo de
    inicio de la deteccion de temperatura baja
28 int data_length; //TEMP
29 String data; //TEMP
30 //----GPS----//
31 TinyGPSPlus gps;
32 int data2_length; //GPS
33 String data2; //GPS
34 double flat = 0.0;
35 double flon = 0.0;
36 //----ECG----//
37 int data3_length; //ECG
38 String data3; //ECG
39 long instancel=0, timer;
40 double rcv =0, rc = 72, interval = 0;
41 int value = 0, count = 0;
42 bool flag = 0;
43 #define shutdown_pin 4 // Delcarcion del SND
44 #define threshold 100 // R peak
45 #define timer_value 10000 // calcula hr cada 10seg
46
47 //-----MultiTareas-----//
48 unsigned long currentMillis = 0;
49 //---TEMP---&---GPS----//
50 unsigned long previousMillisTarea1 = 0; //Sensor Temperatura corporal
51 const long intervalTarea1 = 10000; // cada 10 segundos
52 const unsigned long offsetTarea1 = 0; //Desfase
53 //---ECG---//
54 unsigned long previousMillisTarea2 = 0; //Ritmo cardiaco
55 const long intervalTarea2 = 1; // cada 1 milisegundo (cambiar)
56 const unsigned long offsetTarea2 = 0; //Desfase
57 //---Procesamiento y Envio de Datos---//
58 unsigned long previousMillisTarea3 = 0; //Procesamiento y envio de datos de
    temperatura
59 const long intervalTarea3 = 30000; // cada 30 segundos
60 const unsigned long offsetTarea3 = 200; //Desfase
61 unsigned long previousMillisTarea4 = 0; //Procesamiento y envio de datos de GPS
62 const long intervalTarea4 = 40000; // cada 40 segundos
63 const unsigned long offsetTarea4 = 100; //Desfase
64 unsigned long previousMillisTarea5 = 0; //Procesamiento y envio de datos de BPM
65 const long intervalTarea5 = 50000; // cada 50 segundos
66 const unsigned long offsetTarea5 = 300; //Desfase
67 //---Alarma web---//
68 int data4_length; //Alarm web
69 String data4; //Alarm web
70 const int pulsador1Pin = 3;
71 const int pulsador2Pin = 2;
72 bool pulsador1EstadoAnterior = HIGH;
73 bool pulsador2EstadoAnterior = HIGH;
74 unsigned long tiempoDePulsacion = 0;
75 const unsigned long tiempoMinimoDePulsacion = 50;
76 //=====VOID SETUP=====//

```

```

77 void setup() {
78   //----Inicializacion de sensores----//
79   Serial.begin(9600); //
80   ReyaxLoRa.begin(9600); //LORA
81   ss.begin(9600); //GPS
82   mlx.begin(); // TEMP
83   Serial.println("Iniciando envio de coordenadas con GPS ");
84   Serial.println("MLX90614 test");
85   //---Alarmas---//
86   pinMode(MotorVbr, OUTPUT);
87   pinMode(BuzzerPin, OUTPUT);
88   digitalWrite(MotorVbr, LOW);
89   digitalWrite(BuzzerPin, LOW);
90   pinMode(pulsador1Pin, INPUT_PULLUP);
91   pinMode(pulsador2Pin, INPUT_PULLUP);
92   //---Electrodos---//
93   pinMode(7, INPUT); // LO +
94   pinMode(10, INPUT); // LO -
95   //obtenerDatos();
96 }
97
98 //=====VOID LOOP=====//
99 void loop() {
100
101   //-----MultiTareas-----//
102   currentMillis = millis();
103   //=====TAREAS=====//
104   MultiT(&currentMillis, &previousMillisTarea1, intervalTarea1, offsetTarea1, Tarea1
105   );
106   MultiT(&currentMillis, &previousMillisTarea2, intervalTarea2, offsetTarea2, Tarea2
107   );
108   MultiT(&currentMillis, &previousMillisTarea3, intervalTarea3, offsetTarea3, Tarea3
109   );
110   MultiT(&currentMillis, &previousMillisTarea4, intervalTarea4, offsetTarea4, Tarea4 );
111   MultiT(&currentMillis, &previousMillisTarea5, intervalTarea5, offsetTarea5, Tarea5 );
112   WebAlarm();
113 }
114 //=====Funciones=====//
115 void Tarea1() {
116   //=====MLX90614=====//
117   //calculo de datos finales FH//
118   float TMF = (mlx.readObjectTempF());
119   float aF = 50.77176913;
120   float bF = 0.493247132;
121   FTEMPF = aF+(bF*TMF);
122   /*Serial.print("TEMPERATURA CORPORAL = ");
123   Serial.print(FTEMPF,1);
124   Serial.print(" *F ");*/
125   //calculo de datos finales CELSIUS//
126   float TMC = (mlx.readObjectTempC());
127   float aC = 23.96245131;
128   float bC = 0.345869711;
129   //FTEMPC = aC+(bC*TMC);
130   FTEMPC = (FTEMPF - 32) * 5/9 ;
131   /*Serial.print("TEMPERATURA CORPORAL = ");

```

```

129 Serial.print(FTEMPC,1);
130 Serial.println(" *C ");*/
131 //-----Generacion de alarmas-----//
132 // Generacion de alarmas por temperatura baja
133 float temperature = FTEMPC; // Lectura de la temperatura del objeto en grados
    Celsius
134
135 if (temperature < alarmUmbralT) {
136     // Si es la primera vez que se detecta una temperatura baja, registramos el
        tiempo
137     digitalWrite(MotorVbr, HIGH);
138
139 } else {
140     // Si la temperatura del objeto es mayor o igual al umbral, apagamos la alarma y
        reseteamos el tiempo de inicio
141     digitalWrite(MotorVbr, LOW);
142
143 }
144 ///-----GPS-----//
145 bool nuevosDatos = false;
146
147 // Analizamos si hay datos del modulo GPS cada 5 segundos
148 for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 5000;)
149 {
150     while (ss.available()) // Se cumple mientras hay datos disponibles desde el GPS
151     {
152         char c = ss.read();
153         if (gps.encode(c)) // Si hay datos validos
154             nuevosDatos = true; // Asignamos un valor "true" a la variable
155     }
156 }
157
158 if (nuevosDatos)
159 {
160     if (gps.location.isValid())
161     {
162         flat = gps.location.lat();
163         flon = gps.location.lng();
164         /*Serial.print("https://maps.google.com/maps?q="); // Formato URL de Google
            Maps
165         Serial.print(flat, 6); // Obtenemos la latitud
166         Serial.print(",");
167         Serial.println(flon, 6);*/ // Obtenemos la longitud
168     }
169     /* else
170     {
171         Serial.println("*Datos de ubicacion invalidos*");
172     }*/
173 }
174 else
175 {
176     Serial.println("*No se han recibido datos del GPS*");
177 }
178 }
179 void Tarea2() {

```

```

180 //-----Pulso Cardiaco-----//
181 if((digitalRead(7) == 1)|| (digitalRead(10) == 1)){
182     Serial.println("leads off!");
183     digitalWrite(shutdown_pin, LOW); //Modo espera
184     instancel = micros();
185     timer = millis();
186 }
187
188 else {
189     digitalWrite(shutdown_pin, HIGH); //Modo normal
190     value = analogRead(A0);
191     value = map(value, 250, 400, 0, 100); //Aplanar valores de modulo
192     if((value > threshold) && (!flag)) {
193         count++;
194         // Serial.println("in");
195         flag = 1;
196         interval = micros() - instancel; //RR intervalo
197         instancel = micros();
198     }
199     else if((value < threshold)) {
200         flag = 0;
201     }
202
203     if ((millis() - timer) > 10000) {
204         rc = count*6;
205         timer = millis();
206         count = 0;
207     }
208     rcv = rc/60 - interval/1000000;
209     /*Serial.print(rc);
210     Serial.print(",");
211     Serial.print(rcv);
212     Serial.print(",");
213     Serial.println(value);*/
214     //-----Generacion de alarmas-----//
215     // Generacion de alarmas por ritmo cardiaco
216     float ritmocard = rc; // Lectura de la temperatura del objeto en grados Celsius
217     // alarmUmbralRC2 = 220-edad;
218     if (ritmocard < alarmUmbralRC1 || ritmocard > alarmUmbralRC2 ) {
219         // Si es la primera vez que se detecta una temperatura baja, registramos el
220         // tiempo
221         digitalWrite(BuzzerPin, HIGH);
222     } else {
223         // Si la temperatura del objeto es mayor o igual al umbral, apagamos la alarma y
224         // reseteamos el tiempo de inicio
225         digitalWrite(BuzzerPin, LOW);
226     }
227 }
228 }
229 void Tarea3() {
230 //-----Procesamiento y envio de datos de temperatura -----//
231     data = String(FTEMPC,1) + " C " + "/" + String(FTEMPF,1) + " F ";
232     data_length = data.length();

```

```

233 String mymessage;
234 mymessage = mymessage + "AT+SEND=0" + "," + data_length + "," + data + "\r\n";
235 ReyaxLoRa.print(mymessage); //Envio de datos hacia el receptor
236 Serial.print("Send Data : ");
237 Serial.print(mymessage);
238 }
239 void Tarea4() {
240     //-----Procesamiento y envio de datos de GPS -----//
241
242     data2 = String(flat, 6) + "," + String(flon, 6) ;
243     data2_length = data2.length();
244     String mymessage2;
245     mymessage2 = mymessage2 + "AT+SEND=0" + "," + data2_length + "," + data2 + "\r\n";
246     ReyaxLoRa.print(mymessage2); //Envio de datos hacia el receptor
247     Serial.print("Send Data 2 : ");
248     Serial.print(mymessage2);
249 }
250
251 void Tarea5() {
252     //-----Procesamiento y envio de datos de BPM -----//
253
254     data3 = String(rc) + "bpm" ;
255     data3_length = data3.length();
256     String mymessage3;
257     mymessage3 = mymessage3 + "AT+SEND=0" + "," + data3_length + "," + data3 + "\r\n";
258     ReyaxLoRa.print(mymessage3); //
259     Serial.print("Send Data 3 : ");
260     Serial.print(mymessage3);
261 }
262
263 //-----SUBFUNCIONES-----//
264 //-----#1 Subfuncion-----//
265 void WebAlarm() {
266     // Leer el estado de los pulsadores (invertimos la lectura porque estan conectados a
267     // GND)
268     bool pulsador1Presionado = (digitalRead(pulsador1Pin) == LOW);
269     bool pulsador2Presionado = (digitalRead(pulsador2Pin) == LOW);
270
271     // Verificar si ambos pulsadores estan presionados al mismo tiempo
272     if (pulsador1Presionado && pulsador2Presionado) {
273         // Si es la primera vez que se detecta la pulsacion simultanea,
274         // se guarda el tiempo actual
275         if (pulsador1EstadoAnterior == HIGH && pulsador2EstadoAnterior == HIGH) {
276             tiempoDePulsacion = millis();
277         }
278         // Si han pasado al menos tiempoMinimoDePulsacion milisegundos
279         // desde que ambos pulsadores se presionaron al mismo tiempo,
280         // activamos el buzzer
281         if (millis() - tiempoDePulsacion >= tiempoMinimoDePulsacion) {
282             data4 = "1" ;
283             data4_length = data4.length();
284             String mymessage4;
285             mymessage4 = mymessage4 + "AT+SEND=0" + "," + data4_length + "," + data4 +
                "\r\n";
                ReyaxLoRa.print(mymessage4); //

```

```

286     Serial.print("Send Data 4 : ");
287     Serial.print(mymessage4); // Activar el buzzer
288 }
289 } else {
290     // Si uno o ambos pulsadores estan sueltos, apagamos el buzzer
291     data4 = "0" ; // Desactivar
292 }
293
294 // Guardar el estado actual de los pulsadores para el siguiente ciclo
295 pulsador1EstadoAnterior = pulsador1Presionado;
296 pulsador2EstadoAnterior = pulsador2Presionado;
297 }
298 //-----#2 Subfuncion-----//
299 void MultiT(unsigned long *cMillis, unsigned long *pMillis, const long interval,
300             const unsigned long offsetTarea, void (*Tarea)()){ //utilizar apuntadores -
301             pasar la direccion de memoria de cada variable
302 //----MultiTareas----//
303     if (*cMillis - *pMillis >= interval + offsetTarea) {
304         *pMillis = *cMillis;
305         Tarea();
306     }
307 }

```

Listing 1. Programacion del código de Arduino

B-B. Programación del dispositivo realizada en ESP32

```

1 //Librerias//
2 #include <WiFi.h>
3 #include <Wire.h>
4
5 //Declaracion de cadenas de datos//
6 String page;
7 String cadena;
8 String dt;
9 String dttemp;
10 String dtgps;
11 String dtbpm;
12 String alarmweb;
13 char data;
14 int valorAlarma;
15
16 // Pines 16 y 17 para el modulo LORA//
17 #define RXD2 16
18 #define TXD2 17
19 // Datos de nuestra red WiFi//
20 const char* ssid = "realme C55"; //ID de red Wifi
21 const char* password = "Holi123@"; //Contraseña del red wifi
22 WiFiServer server(80); // Puerto 80 para el navegador web
23
24 void setup() {
25     //Inicializacion del puerto serial 1 y 2//
26     Serial.begin(9600);
27     Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
28     Serial2.print("AT\r\n");

```

```

29 Serial.print("AT\r\n");
30 // Intentamos conectarnos a la red WiFi//
31 Serial.print("Conectando a la red WiFi: ");
32 Serial.println(ssid);
33 WiFi.begin(ssid, password);
34 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
35     delay(500);
36     Serial.print(".");
37 }
38 Serial.println("");
39 Serial.println("Conectado con exito a la red WiFi.");
40 Serial.println("La direccion IP es: ");
41 Serial.println(WiFi.localIP());
42 //Server conectado//
43 server.begin();
44 Serial.println("Servidor iniciado");
45 delay(2000);
46 }
47
48 void loop() {
49     // Lectura de los caracteres en el terminal serial (si estan disponibles desde el
50     // modulo LORA)
51     if (Serial2.available() > 0) {
52         cadena = Serial2.readString();
53         Serial.print("Receive Data: ");
54         Serial.print(cadena);
55         Serial.println("Data Processing");
56
57         String addr = getValue(cadena, ',', 0); //--> address
58         String dtl = getValue(cadena, ',', 1); //--> data length
59         dt = getValue(cadena, ',', 2); //--> data
60         String rssi = getValue(cadena, ',', 3); //--> RSSI
61         String snr = getValue(cadena, ',', 4); //--> SNR
62         //-----Conditions-----//
63         if (dtl == "15") {
64             dttemp = dt; // Obtener datos de temperatura y asignarlos a dt
65         }
66         else if (dtl == "20") {
67             dtgps = dt + "," + rssi; // Obtener datos de GPS y asignarlos a dt
68             Serial.println(dtgps);
69         }
70         else if (dtl == "8") {
71             dtbpm = dt; // Obtener datos de BPM y asignarlos a dt
72         } else if (dtl == "7") {
73             dtbpm = dt; // Obtener datos de BPM y asignarlos a dt
74         }
75         else {
76             valorAlarma = dt.toInt();
77             Serial.println(valorAlarma); //Imprime datos no especificados
78         }
79     }
80     // ----- WEBSERVER ----- //
81     WiFiClient client = server.available();
82     if (client) {
83         Serial.println("Conectado");

```

```

83 String request = client.readStringUntil('\r');
84 client.println("HTTP/1.1 200 OK");
85 client.println("Content-type:text/html");
86 client.println("Connection: close");
87 client.println("Refresh: 10");
88 client.println();
89 page =
90     "<!DOCTYPE html>"
91     "<html>"
92     "<head>"
93     "    <title>Signos Vitales</title>"
94     "    <meta charset=\"UTF-8\"> <!-- Permite tener caracteres especiales como
95     tildes -->"
96     "    <style>"
97     "        /* Ajuste del tamaño de imágenes, texto, etc*/"
98     "        body {"
99     "            font-family: Arial, sans-serif;"
100    "            margin: 0;"
101    "            padding: 0;"
102    "            background-color: #f0f5f9;"
103    "        }"
104    "        header {"
105    "            background-color: #0367A6;"
106    "            color: #fff;"
107    "            padding: 10px;"
108    "            text-align: center;"
109    "        }"
110    "        main {"
111    "            display: grid;"
112    "            grid-template-columns: repeat(2, 1fr);"
113    "            grid-gap: 20px;"
114    "            padding: 20px;"
115    "        }"
116    "        .division {"
117    "            display: flex;"
118    "            display: flex;"
119    "            flex-direction: column; /* Cambiamos la dirección del contenido a
120    columna */"
121    "            align-items: center; /* Alineamos los elementos al centro */"
122    "            text-align: center; /* Centramos el texto horizontalmente */"
123    "            background-color: #ffffff;"
124    "            border: 1px solid #025E73;"
125    "            padding: 20px; /* Aumentamos el espacio interno para separar
126    mejor los elementos */"
127    "        }"
128    "        .termometro-img {"
129    "            max-width: 150px;"
130    "            max-height: 150px;"
131    "            margin-bottom: 20px; /* Agregamos margen inferior para separar
132    del título */"
133    "        }"
134    "        .corazon-img {"
135    "            max-width: 150px;"
136    "            max-height: 150px;"

```

```

133     "         margin-bottom: 20px; /* Agregamos margen inferior para separar
del titulo */"
134     }"
135     ".map-container {"
136     "         width: 100%;"
137     "         height: 225px;"
138     "         margin-bottom: 20px; /* Agregamos margen inferior para separar
del titulo */"
139     }"
140     ".alarma-img {"
141     "         max-width: 150px;"
142     "         max-height: 150px;"
143     "         margin-bottom: 20px; /* Agregamos margen inferior para separar
del titulo */"
144     }"
145     ".texto-emergencia {"
146     "         font-size: 40px;"
147     "         font-weight: bold;"
148     "         color: red;"
149     }"
150     " footer {"
151     "         background-color: #04C4D9;"
152     "         color: #fff;"
153     "         padding: 10px;"
154     "         text-align: center;"
155     }"
156     " /* Estilos para organizar mejor el contenido de cada division */"
157     ".division-content {"
158     "         flex: 1; /* El contenido se expande para ocupar el espacio
restante */"
159     }"
160     ".division h2 {"
161     "         margin-top: 0; /* Eliminamos el margen superior para un mejor
aspecto */"
162     "         margin-bottom: 10px; /* Agregamos un margen inferior para separar
del contenido */"
163     }"
164     ".division p {"
165     "         margin-top: 0; /* Eliminamos el margen superior para un mejor
aspecto */"
166     }"
167     "</style>"
168     " <!-- Enlace a la biblioteca Leaflet.js -->"
169     " <link rel=\"stylesheet\"
href=\"https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css\"
integrity=\"sha256-p4NxAoJBhIIN+hmnHrzRCf9tD/miZyoHS5obTRR9BMY=\"
crossorigin=\"\" />"
170     " <header>"
171     "     <h1>Visualizacion de Parametros Vitales</h1>"
172     " </header>"
173     " <main>"
174     "     <!-- Primer cuadro -->"
175     "     <div class=\"division\">"
176     "         <h2>Temperatura Corporal</h2>"

```

```

177 "         <img class=\"termometro-img\"
178 src=\"https://i.imgur.com/UYu7Gbd.png\" alt=\"Termometro\">"
179 "         <div class=\"division-content\">"
180 "             <p id=\"temperatura-info\">La temperatura es:"+
181 String(dttemp) +" ; +/-0.5 </p>"
182 "         </div>"
183 "     </div>"
184 "     <!-- Segundo cuadro -->"
185 "     <div class=\"division\">"
186 "         <h2>Pulso Cardiaco</h2>"
187 "         <img class=\"corazon-img\"
188 src=\"https://i.imgur.com/KhUgpxP.png\" alt=\"Corazon\">"
189 "         <div class=\"division-content\">"
190 "             <p id=\"pulso-info\">El pulso es:"+ String(dtbpm) +"</p>"
191 "         </div>"
192 "     </div>"
193 "     <!-- Tercer cuadro -->"
194 "     <div class=\"division\">"
195 "         <h2>Ubicacion Geografica</h2>"
196 "         <div class=\"map-container\" id=\"map\"></div>"
197 "         <div class=\"division-content\"></div>"
198 "     </div>"
199 "     <!-- Cuarto cuadro -->"
200 "     <div class=\"division\">"
201 "         <h2>Alarma de Emergencia</h2>;
202         if (valorAlarma == 1) {
203             page += "<img class='alarma-img'
204 src='https://i.imgur.com/sVH0HZY.png' alt='Alarma encendida'>";
205         }
206         else {
207             page += "<img class='alarma-img'
208 src='https://i.imgur.com/GBiBoFy.png' alt='Alarma apagada'>";
209         }
210     }
211     page += "         <div class=\"texto-emergencia\" id=\"texto-emergencia\"
212 style=\"display: none;\">Emergencia</div>"
213 "         <div class=\"division-content\"></div>"
214 "     </div>"
215 " </main>"
216 " <footer>"
217 "     <p>Derechos de autor &copy; 2023 - Signos Vitales</p>"
218 " </footer>"
219 " <div id=\"map\"></div>"
220 " <script src=\"https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js\"
221 integrity=\"sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1lvTlZBo=\"
222 crossorigin=\"\"></script>"
223 " <script>"
224 "     var map = L.map('map').setView([-2.18211,-79.87571], 12);"
225 "     L.tileLayer('https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {"
226 "         attribution: '&copy; <a
227 href=\"https://www.openstreetmap.org/copyright\">OpenStreetMap</a>
228 contributors' "
229 "     }).addTo(map);"
230 "     L.marker(["+String(dtgps)+"]).addTo(map).bindPopup('Mi
231 ubicacion').openPopup"
232 "     .openPopup();"
```

```

221     "    </script>"
222     "</body>"
223     "</html>";
224     client.print(page);
225     client.stop();
226     client.println();
227     Serial.println("");
228 }
229 }
230 //---Funcion gerValue---//
231 String getValue(String data, char separator, int index) {
232     int found = 0;
233     int strIndex[] = { 0, -1 };
234     int maxIndex = data.length() - 1;
235
236     for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
237         if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
238             found++;
239             strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
240             strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i + 1 : i;
241         }
242     }
243     return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
244 }
245 //---END Funcion gerValue---//

```

Listing 2. Programacion del dispositivo realizada en ESP32

B-C. Programación de la Página Web

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4     <title>Signos Vitales</title>
5     <meta charset="UTF-8"> <!-- Permite tener caracteres especiales como tildes -->
6     <style>
7         /* Ajuste del tamaño de imágenes, texto, etc*/
8         body {
9             font-family: Arial, sans-serif;
10            margin: 0;
11            padding: 0;
12            background-color: #f0f5f9;
13        }
14
15        header {
16            background-color: #0367A6;
17            color: #fff;
18            padding: 10px;
19            text-align: center;
20        }
21
22        main {
23            display: grid;
24            grid-template-columns: repeat(2, 1fr);
25            grid-gap: 20px;
26            padding: 20px;

```

```

27     }
28
29     .division {
30         display: flex
31         flex-direction: column; /* Se cambia la direccion del contenido a
32             columna */
33         align-items: center; /* Se alinea los elementos al centro */
34         text-align: center; /* Se centra el texto horizontalmente */
35         background-color: #ffffff;
36         border: 1px solid #025E73;
37         padding: 20px; /* Se aumenta el espacio interno para separar mejor los
38             elementos */
39     }
40
41     .termometro-img {
42         max-width: 150px;
43         max-height: 150px;
44         margin-bottom: 20px; /* Se agrega margen inferior para separar del
45             titulo */
46     }
47
48     .corazon-img {
49         max-width: 150px;
50         max-height: 150px;
51         margin-bottom: 20px; /* Se agrega margen inferior para separar del
52             titulo */
53     }
54
55     .map-container {
56         width: 100%;
57         height: 225px;
58         margin-bottom: 20px; /* Se agrega margen inferior para separar del
59             titulo */
60     }
61
62     .alarma-img {
63         max-width: 150px;
64         max-height: 150px;
65         margin-bottom: 20px; /* Se agrega margen inferior para separar del
66             titulo */
67     }
68
69     .texto-emergencia {
70         font-size: 40px;
71         font-weight: bold;
72         color: red;
73     }
74
75     footer {
76         background-color: #04C4D9;
77         color: #fff;
78         padding: 10px;
79         text-align: center;
80     }

```

```

76  /* Se coloca estilos para organizar mejor el contenido de cada division */
77  .division-content {
78      flex: 1; /* El contenido se expande para ocupar el espacio restante */
79  }
80
81  .division h2 {
82      margin-top: 0; /* Se elimina el margen superior para un mejor aspecto */
83      margin-bottom: 10px; /* Se agrega margen inferior para separar del
84          contenido */
85  }
86
87  .division p {
88      margin-top: 0; /* Se elimina el margen superior para un mejor aspecto */
89  }
90 </style>
91 <!-- Enlace a la biblioteca Leaflet.js -->
92 <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"
93     integrity="sha256-p4NxAoJBhIIN+hmNHzRCf9tD/miZyoHS5obTRR9BMY="
94     crossorigin="" />
95 <header>
96     <h1>Visualizacion de Parametros Vitales</h1>
97 </header>
98 <main>
99     <!-- Primer cuadro -->
100    <div class="division">
101        <h2>Temperatura Corporal</h2>
102        
104        <div class="division-content">
105            <p id="temperatura-info">La temperatura es: </p>
106        </div>
107    </div>
108
109    <!-- Segundo cuadro -->
110    <div class="division">
111        <h2>Pulso Cardiaco</h2>
112        
114        <div class="division-content">
115            <p id="pulso-info">El pulso es: </p>
116        </div>
117    </div>
118
119    <!-- Tercer cuadro -->
120    <div class="division">
121        <h2>Ubicacion Geografica</h2>
122        <div class="map-container" id="map"></div>
123        <div class="division-content"></div>
124    </div>
125
126    <!-- Cuarto cuadro -->
127    <div class="division">
128        <h2>Alarma de Emergencia</h2>

```

```

126     
128     <div class="texto-emergencia" id="texto-emergencia" style="display:
129         none;">Emergencia</div>
130     <div class="division-content"></div>
131 </div>
132 </main>
133 <footer>
134     <p>Derechos de autor &copy; 2023 - Signos Vitales</p>
135 </footer>
136 <div id="map"></div>
137
138 <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"
139     integrity="sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1lvTlZBo="
140     crossorigin=""></script>
141
142 <script>
143     var map = L.map('map').setView([-0.00000, -0.00000], 12); // Se coloca la
144     variable que se usa para extraer la informacion del modulo GPS
145
146     L.tileLayer('https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png',
147     {attribution: '&copy; <a
148         href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>
149         contributors'
150     }).addTo(map);
151
152     L.marker([-0.00000, -0.00000]).addTo(map).bindPopup("Mi
153     ubicacion").openPopup // Se coloca la variable que se usa para extraer la
154     informacion del modulo GPS
155     .openPopup();
156 </script>
157
158 <script>
159     // Funcion para cambiar la imagen de la alarma
160     function cambiarEstadoAlarma(valor) {
161         var imagenAlarma = document.getElementById("imagen-alarma");
162         var textoEmergencia = document.getElementById("texto-emergencia");
163
164         if (valor === 1) {
165             // encendido
166             imagenAlarma.src = "https://i.imgur.com/sVH0HZY.png";
167             imagenAlarma.alt = "Alarma encendida";
168             textoEmergencia.style.display = "block"; // Mostrar el texto
169             "Emergencia"
170         } else {
171             // apagado
172             imagenAlarma.src = "https://i.imgur.com/GBiBoFy.png";
173             imagenAlarma.alt = "Alarma apagada";
174             textoEmergencia.style.display = "none"; // Ocultar el texto
175             "Emergencia"
176         }
177     }
178 }
179 // Se cambia la imagen cuando el valor sea 0 o 1

```

```

170     var valorAlarma = 0; // Se coloca la variable que se usa para extraer la
171         informacion de los pulsadores
172     cambiarEstadoAlarma(valorAlarma);
173
174     // Funcion para actualizar los valores de temperatura y pulso
175     function actualizarValores(temperatura, pulso) {
176         var temperaturaInfo = document.getElementById("temperatura-info");
177         var pulsoInfo = document.getElementById("pulso-info");
178
179         temperaturaInfo.textContent = "La temperatura es: " + temperatura;
180         pulsoInfo.textContent = "El pulso es: " + pulso;
181     }
182     // Actualizar los valores con datos reales (aqui puedes poner los valores
183         que deseas)
184     var temperaturaActual = "0 C"; // Se coloca la variable que se usa para
185         extraer la informacion del sensor de temperatura
186     var pulsoActual = "0 bpm"; // Se coloca la variable que se usa para extraer
187         la informacion del sensor ECG
188     </script>
189 </body>
190 </html>

```

Listing 3. Programacion de la Pagina Web

APÉNDICE C DATASHEET DE LOS COMPONENTES

C-A. Módulo LoRa RYLR 896

RYLR896

UART Interface
868/915MHz LoRa®
Antenna Transceiver Module

Datasheet



Figura 58. DataSheet página 1

PRODUCT DESCRIPTION

The RYLR896 transceiver module feature the LoRa long range modem that provides ultra-long range spread spectrum communication and high interference immunity whilst minimising current consumption. The RYLR896 is certified by NCC and FCC.

FEATURES

- Semtech SX1276 Engine
- Excellent blocking immunity
- Low receive current
- High sensitivity
- Control easily by AT commands
- 127 dB Dynamic Range RSSI
- Designed with integrated antenna
- AES128 Data encryption

APPLICATIONS

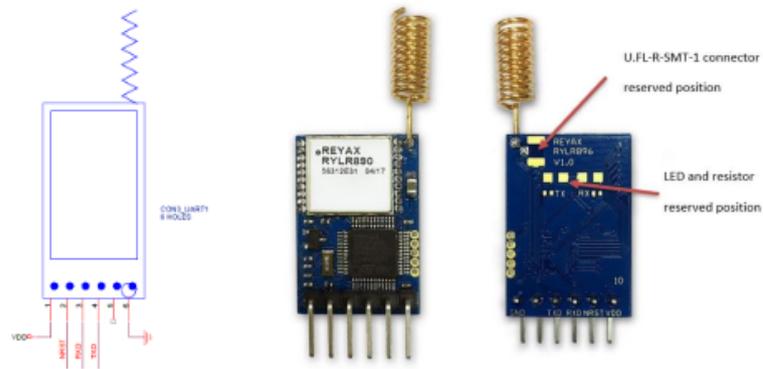
- IoT Applications
- Mobile Equipment
- Home Security
- Industrial Monitoring and Control Equipment
- Car Alarm

CERTIFICATION

- FCC
- NCC

Figura 59. DataSheet página 2

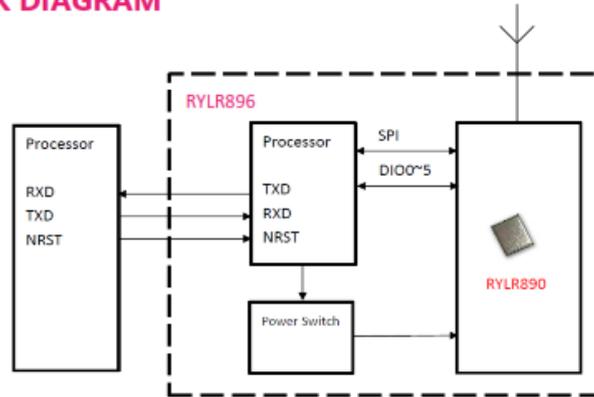
PIN DESCRIPTION



Pin	Name	I/O	Condition
1	VDD	I	Power Supply
2	NRST	I	RESET(Active Low)100K Ω Internal pull up, Pull down at least 100ms
3	RXD	I	UART Data Input
4	TXD	O	UART Data Output
5	NC	-	
6	GND	-	Ground

Figura 60. DataSheet página 3

BLOCK DIAGRAM



SPECIFICATION

Item	Min.	Typical	Max.	Unit	Condition
VDD Power Supply	2	3.3	3.6	V	VDD
RF Output Power Range	-4		15	dBm	
Filter insertion loss	1	2	3	dB	
RF Sensitivity	-148			dBm	
RF Input Level			10	dBm	
Frequency Range	862	868/915	1020	MHz	
Frequency Accuracy		±2		ppm	
Communication Range		4.5	15	KM	Depend on RF parameter & environment.
Transmit Current		43		mA	RFOP = +15 dBm
Receive Current		16.5		mA	AT+MODE=0
Sleep Current		0.5		uA	AT+MODE=1
Baud rate	300	115200	115200	bps	8, N, 1
Digital Input Level High	0.7*VDD		VDD	V	VIH
Digital Input Level Low	0		0.3*VDD	V	VIL
Digital Output Level High	0.9		VDD	V	VOH
Digital Output Level Low			0.1	V	VOL
Cycling (erase / write) EEPROM data memory		300		K	Cycles
Weight		3.07		g	

Figura 61. DataSheet página 4

C-B. Módulo MLX90614

Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range: -40 to 125 °C for sensor temperature and -70 to 380 °C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0..+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8 to 16V applications
- Power saving mode
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements;
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system;
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning;
- Windshield defogging;
- Automotive blind angle detection;
- Industrial temperature control of moving parts;
- Temperature control in printers and copiers;
- Home appliances with temperature control;
- Healthcare;
- Livestock monitoring;
- Movement detection;
- Multiple zone temperature control – up to 100 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay/alert
- Body temperature measurement

Ordering Information



Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code
MLX90614	E (-40°C to 85°C) K (-40°C to 125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)

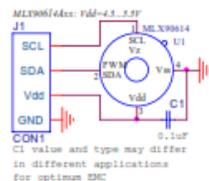
(1) Supply Voltage/
Accuracy
A - 5V
B - 3V
C - Reserved
D - 3V medical accuracy

(2) Number of thermopiles:
A – single zone
B – dual zone

(3) Package options:
A – Standard package
B – Reserved

Example:
MLX90614ESF-BAA

1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

Figure 1 Typical application schematics

2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus (System Management Bus) output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20 to 120 °C, with an output resolution of 0.14 °C and the POR default is SMBus.

6 Pin definitions and descriptions

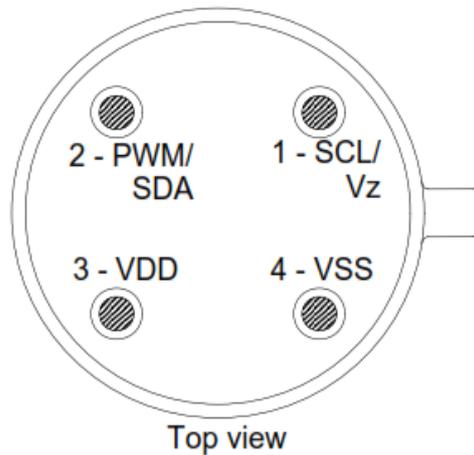


Figure 2: Pin description

Pin Name	Function
VSS	Ground. The metal can is also connected to this pin.
SCL / Vz	Serial clock input for 2 wire communications protocol. 5.7V zener is available at this pin for connection of external bipolar transistor to MLX90614A to supply the device from external 8 -16V source.
PWM / SDA	Digital input / output. In normal mode the measured object temperature is available at this pin Pulse Width Modulated.
VDD	External supply voltage.

Table 2: Pin description MLX90614

*Note: for +12V (+8...+16V) powered operation refer to the Application information section. For EMC and isothermal conditions reasons it is highly recommended not to use any electrical connection to the metal can except by the Vss pin.
With the SCL/Vz and PWM/SDA pins operated in 2-wire interface mode, the input Schmidt trigger function is automatically enabled.*

7 Electrical Specifications

7.1 MLX90614Axx

All parameters are preliminary for $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supplies						
External supply	V_{DD}		4.5	5	5.5	V
Supply current	I_{DD}	No load		1	2	mA
Supply current (programming)	I_{DDpr}	No load, erase/write EEPROM operations		1.5	2.5	mA
Zener voltage	V_Z	$I_Z = 75 \dots 400\text{ }\mu\text{A}$	5.6	5.75	5.8	V
Zener voltage	$V_Z(T_A)$	$I_Z = 70 \dots 400\text{ }\mu\text{A}$, full temperature range	5.15	5.75	6.24	V
Power On Reset						
POR level	V_{POR}	Power-up, power-down and brown-out	2.7	3.0	3.3	V
V_{DD} rise time	T_{POR}	Ensure POR signal			3	ms
Output valid (result in RAM)	T_{valid}	After POR		0.15		s
Pulse width modulation¹						
PWM resolution	PWMres	Data band		10		bit
PWM output period	$PWM_{T,def}$	Factory default, internal oscillator factory calibrated		1.024		ms
PWM period stability	$dPWM_T$	Internal oscillator factory calibrated, over the entire operation range and supply voltage	-4		+4	%
Output high Level	PWM_{HS}	$I_{source} = 2\text{ mA}$	$V_{DD} - 0.2$			V
Output low Level	PWM_{LO}	$I_{sink} = 2\text{ mA}$			$V_{SS} + 0.2$	V
Output drive current	$I_{drivePWM}$	$V_{out,H} = V_{DD} - 0.8\text{V}$		7		mA
Output sink current	$I_{sinkPWM}$	$V_{out,L} = 0.8\text{V}$		13.5		mA
Output settling time	T_{set}	100 pF capacitive load, full operating T_A range		500		ns
Output settling time	T_{setVCC}	220 Ohm in series with 47nF load on the wire, full T_A operating range	20		50	us

Figura 64. DataSheet página 6

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
SMBus compatible 2-wire interface						
Input high voltage	V_{IH}		1.8	2	2.2	V
Input high voltage	$V_{IH}(Ta,V)$	Over temperature and supply	1.6		2.4	V
Input low voltage	V_{IL}		0.7	1.0	1.3	V
Input low voltage	$V_{IL}(Ta,V)$	Over temperature and supply	0.5		1.5	V
Output low voltage	V_{OL}	SDA pin in open drain mode, over temperature and supply, $I_{sink} = 2mA$			0.2	V
SCL leakage	$I_{SCL,leak}$	$V_{SCL}=4V, Ta=+85^{\circ}C$			30	μA
SDA leakage	$I_{SDA,leak}$	$V_{SDA}=4V, Ta=+85^{\circ}C$			0.3	μA
SCL capacitance	C_{SCL}				10	pF
SDA capacitance	C_{SDA}				10	pF
Slave address	SA	Factory default		5Ah		hex
SMBus Request	t_{REQ}	SCL low	1.024			ms
Timeout, low	$T_{timeoutL}$	SCL low			30	ms
Timeout, high	$T_{timeoutH}$	SCL high			50	us
Acknowledge setup time	$T_{suac}(MD)$	8-th SCL falling edge, Master	0.5		1.5	us
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(MD)$	9-th SCL falling edge, Master	1.5		2.5	us
Acknowledge setup time	$T_{suac}(SD)$	8-th SCL falling edge, Slave	2.5			us
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(SD)$	9-th SCL falling edge, Slave	1.5			us
EEPROM						
Data retention		$Ta = +85^{\circ}C$	10			years
Erase/write cycles		$Ta = +25^{\circ}C$	100,000			Times
Erase/write cycles		$Ta = +125^{\circ}C$	10,000			Times
Erase cell time	T_{erase}			5		ms
Write cell time	T_{write}			5		ms

Notes: All the communication and refresh rate timings are given for the nominal calibrated HFO frequency and will vary with this frequency's variations.

1. All PWM timing specifications are given for single PWM output (factory default for MLX90614xAx). For the extended PWM output (factory default for the MLX90614xBx) each period has twice the timing specifications (refer to the PWM detailed description section). With large capacitive load lower PWM frequency is recommended. Thermal relay output (when configured) has the PWM DC specification and can be programmed as push-pull, or NMOS open drain. PWM is free-running, power-up factory default is SMBus, refer to 7.6, "Switching between PWM and SMBus communication" for details.

2. For SMBus compatible interface on 12V application refer to Application information section. SMBus compatible interface is described in details in the SMBus detailed description section. Maximum number of MLX90614xxx devices on one bus is 127, higher pullup currents are recommended for higher number of devices, faster bus data transfer rates, and increased reactive loading of the bus.

MLX90614xxx is always a slave device on the bus. MLX90614xxx can work in both low-power and high-power SMBus communication.

All voltages are referred to the Vss (ground) unless otherwise noted.

Power saving mode is not available on the 5V version (MLX90614Axx).

Figura 65. DataSheet página 7

FEATURES

Fully integrated single-lead ECG front end
 Low supply current: 170 μ A (typical)
 Common-mode rejection ratio: 80 dB (dc to 60 Hz)
 Two or three electrode configurations
 High signal gain ($G = 100$) with dc blocking capabilities
 2-pole adjustable high-pass filter
 Accepts up to ± 300 mV of half cell potential
 Fast restore feature improves filter settling
 Uncommitted op amp
 3-pole adjustable low-pass filter with adjustable gain
 Leads off detection: ac or dc options
 Integrated right leg drive (RLD) amplifier
 Single-supply operation: 2.0 V to 3.5 V
 Integrated reference buffer generates virtual ground
 Rail-to-rail output
 Internal RFI filter
 8 kV HBM ESD rating
 Shutdown pin
 20-lead 4 mm \times 4 mm LFCSP package

APPLICATIONS

Fitness and activity heart rate monitors
 Portable ECG
 Remote health monitors
 Gaming peripherals
 Biopotential signal acquisition

GENERAL DESCRIPTION

The AD8232 is an integrated signal conditioning block for ECG and other biopotential measurement applications. It is designed to extract, amplify, and filter small biopotential signals in the presence of noisy conditions, such as those created by motion or remote electrode placement. This design allows for an ultralow power analog-to-digital converter (ADC) or an embedded microcontroller to acquire the output signal easily.

The AD8232 can implement a two-pole high-pass filter for eliminating motion artifacts and the electrode half-cell potential. This filter is tightly coupled with the instrumentation architecture of the amplifier to allow both large gain and high-pass filtering in a single stage, thereby saving space and cost.

An uncommitted operational amplifier enables the AD8232 to create a three-pole low-pass filter to remove additional noise. The user can select the frequency cutoff of all filters to suit different types of applications.

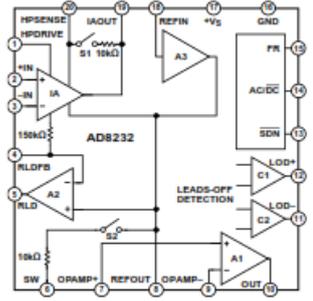
FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM


Figure 1.

To improve common-mode rejection of the line frequencies in the system and other undesired interferences, the AD8232 includes an amplifier for driven lead applications, such as right leg drive (RLD).

The AD8232 includes a fast restore function that reduces the duration of otherwise long settling tails of the high-pass filters. After an abrupt signal change that rails the amplifier (such as a leads off condition), the AD8232 automatically adjusts to a higher filter cutoff. This feature allows the AD8232 to recover quickly, and therefore, to take valid measurements soon after connecting the electrodes to the subject.

The AD8232 is available in a 4 mm \times 4 mm, 20-lead LFCSP package. Performance is specified from 0°C to 70°C and is operational from -40°C to +85°C.

Rev. A

[Document Feedback](#)

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
 Tel: 781.329.4700 ©2012–2013 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
[Technical Support](#) www.analog.com

SPECIFICATIONS

$V_S = 3\text{ V}$, $V_{SZR} = 1.5\text{ V}$, $V_{CM} = 1.5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, FR=low, SDN=high, AC/DC = low, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
INSTRUMENTATION AMPLIFIER						
Common-Mode Rejection Ratio, DC to 60 Hz	CMRR	$V_{CM} = 0.35\text{ V to } 2.85\text{ V}$, $V_{DIF} = 0\text{ V}$	80	80		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_{CM} = 0.35\text{ V to } 2.85\text{ V}$, $V_{DIF} = \pm 0.3\text{ V}$	76	80		dB
Offset Voltage (RTI)	V_{OS}	$V_S = 2.0\text{ V to } 3.5\text{ V}$		90		dB
Instrumentation Amplifier Inputs			3	8		mV
DC Blocking Input ¹			5	50		μV
Average Offset Drift				10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Instrumentation Amplifier Inputs				0.05		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
DC Blocking Input ¹				50	200	pA
Input Bias Current	I_b	$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		1		nA
Input Offset Current	I_{OS}	$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		25	100	pA
Input Impedance				1		nA
Differential				10 7.5		G pF
Common Mode				5 15		G pF
Input Voltage Noise (RTI)				100		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Spectral Noise Density		$f = 1\text{ kHz}$		12		$\mu\text{V p-p}$
Peak-to-Peak Voltage Noise		$f = 0.1\text{ Hz to } 10\text{ Hz}$		14		$\mu\text{V p-p}$
Input Voltage Range		$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$	0.2		$+V_S$	V
DC Differential Input Range	V_{DIF}		-300		+300	mV
Output						
Output Swing		$R_L = 50\text{ k}\Omega$	0.1		$+V_S - 0.1$	V
Short-Circuit Current	I_{OUT}			6.3		mA
Gain	A_V			100		V/V
Gain Error		$V_{DIF} = 0\text{ V}$		0.4		%
		$V_{DIF} = -300\text{ mV to } +300\text{ mV}$		1	3.5	%
Average Gain Drift		$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		12		ppm/ $^\circ\text{C}$
Bandwidth	BW			2		kHz
RFI Filter Cutoff (Each Input)				1		MHz
OPERATIONAL AMPLIFIER (A1)						
Offset Voltage	V_{OS}			1	5	mV
Average TC		$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_b	$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		100		pA
Input Offset Current	I_{OS}	$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		1		nA
Input Voltage Range		$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$		100		pA
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = 0.5\text{ V to } 2.5\text{ V}$	0.1		$+V_S - 0.1$	V
Power Supply Rejection Ratio	PSRR			100		dB
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}			110		dB
Output Voltage Range		$R_L = 50\text{ k}\Omega$	0.1		$+V_S - 0.1$	V
Short-Circuit Current Limit	I_{OUT}			12		mA
Gain Bandwidth Product	GBP			100		kHz
Slew Rate	SR			0.02		V/ μs
Voltage Noise Density (RTI)	e_n	$f = 1\text{ kHz}$		60		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Peak-to-Peak Voltage Noise (RTI)	e_{npp}	$f = 0.1\text{ Hz to } 10\text{ Hz}$		6		$\mu\text{V p-p}$
		$f = 0.5\text{ Hz to } 40\text{ Hz}$		8		$\mu\text{V p-p}$

Rev. A | Page 3 of 28

Figura 67. DataSheet página 3

Manuals+ — User Manuals Simplified.



Goouuu Tech GT-U7 GPS Modules

[Home](#) » [Goouuu](#) » [Goouuu Tech GT-U7 GPS Modules](#)

GOOUUU TECH

GT-U7 GPS Modules

1. Functional description

1.1 Overview

The GT-U7 module series is a family of stand-alone GPS receivers featuring the high-performance u-blox 6 positioning engine. These flexible and cost-effective receivers offer numerous connectivity options in a miniature 16 x 12.2 x 2.4 mm package. Their compact architecture and power and memory options make GT-U7 modules ideal for battery-operated mobile devices with very strict cost and space constraints. The 50-channel u-blox 6 positioning engine boasts a Time-To-First-Fix (TTFF) of under 1 second. The dedicated acquisition engine, with 2 million correlators, is capable of massive parallel time/frequency space searches, enabling it to find satellites instantly. Innovative design and technology suppresses jamming sources and mitigates multipath effects, giving GT-U7 GPS receivers excellent navigation performance even in the most challenging environments.

1.2 GPS performance

Figura 68. DataSheet página 1

Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6SQT	NEO-6MV	NEO-6P
	Cold Start ¹	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ¹	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ¹	1 s	1 s	1 s
	Aided Starts ²	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁸		NEO-6SQT	NEO-6MV	NEO-6P
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Reacquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6SQT	NEO-6MV	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁸	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6SQT/MV	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 MHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity	21 ns		
	Compensated ⁹	15 ns		
Velocity accuracy ⁸		0.1m/s		
Heading accuracy ⁸		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	≤ 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹⁰	500 m/s		

1.3 Block diagram

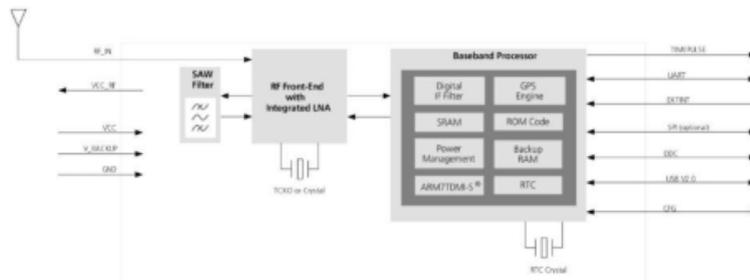


Figure 1: Block diagram (For available options refer to the product features table in section 1.2).

1.4 Assisted GPS (A-GPS)

Supply of aiding information like ephemeris, almanac, rough last position and time and satellite status and an optional time synchronization signal will reduce time to first fix significantly and improve the acquisition sensitivity. All GT-U7 modules support the u-blox AssistNow Online and AssistNow Offline A-GPS services¹¹ and are OMA SUPL compliant.

1.5 AssistNow Autonomous

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

1.6 Protocols and interfaces

Figura 69. DataSheet página 2