



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MANILLA INTELIGENTE  
PARA MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE ADULTOS  
MAYORES**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA EN MECATRÓNICA**

**JOSELINE CARINA NARANJO QUEZADA**

**DIRECTOR: ING. VLADIMIR BONILLA, PhD.**

**Quito, mayo 2021**

© Universidad UTE 2021.

Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0604388967
APELLIDO Y NOMBRES:	NARANJO QUEZADA JOSELINE CARINA
DIRECCIÓN:	LOJA Y COTOPAXI 252
EMAIL:	<a href="mailto:josecarito_ch@hotmail.com">josecarito_ch@hotmail.com</a>
TELÉFONO FIJO:	032603127
TELÉFONO MOVIL:	098725298

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MANILLA INTELIGENTE PARA MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LOS ADULTOS MAYORES
AUTOR O AUTORES:	JOSELINE CARINA NARANJO QUEZADA
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	18-05-2021
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING.VLADIMIR BONILLA
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
RESUMEN:	Según la Organización Mundial de Salud las personas de la tercera edad constantemente se encuentran en situaciones de riesgo frente a los diferentes escenarios comunes que se presentan en el día a día, por lo tanto, se planteó e implementó el proyecto de diseño y construcción de una manilla inteligente que tiene como objetivo monitorear y dar seguimiento a los signos vitales y actividad física de los adultos mayores, la misma se desarrolló en base a un sistema de adquisición y procesamiento de datos que tuvo como fin adquirir signos vitales y de actividad física del

usuario. Se efectuó un sistema de control de los rangos satisfactorios y riesgosos de dichos datos y el sistema de comunicación del prototipo de manilla con dispositivos externos para monitoreo remoto. Para esto fue necesario la utilización de un microprocesador que hace la lectura de datos de sensores de luz UV para detectar radiación, temperatura, frecuencia cardiaca, y ubicación esto mediante un módulo GPS, además el microprocesador realiza el control de datos atípicos de temperatura, radiación UV y ritmo cardiaco, adicional cuenta con un sistema de control de caídas a través de la detección de variaciones de aceleración de un giroscopio, fue necesario un sistema de alerta de emergencia que es activada por el usuario al pulsar un botón, se añadió una interfaz HMI que permite visualizar signos vitales, ubicación, hora y las alertas activadas, se cumplió con la comunicación vía WIFI del dispositivo hacia un servidor web API, para monitoreo por personal allegado y de salud.

**PALABRAS CLAVES:**

Microprocesador, GPS, sensor, Wifi, servidor web API, signos vitales, actividad física.

**ABSTRACT:**

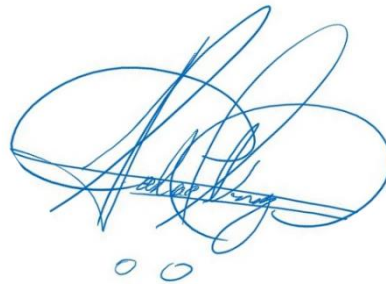
According to the World Health Organization, seniors are constantly at risk in the face of the different common scenarios that arise on a day-to-day basis, therefore, the project of design and construction of a smart handle was proposed and implemented which aims to monitor and track the vital signs and physical activity of older adults , the smart handle was developed based on a data acquisition and processing system, which was intended to acquire and process vital signs and physical activity of the user. A control system of the satisfactory and risky ranges of these data was carried out and the communication system of the prototype handle was implemented with external devices for remote monitoring. For this it was necessary to use a microprocessor that makes the reading and transformation of data from UV light sensors to detect radiation, temperature, heart rate, and location this using a GPS module, in addition the microprocessor performs the control of atypical data of temperature, UV radiation and heart rate, additional the prototype has a fall control system through the detection of variations of acceleration of a gyroscope , it was necessary

**KEYWORDS**

to implement an emergency alert system, which is activated by the user at the press of a button on the screen, an HMI interface was added that allows to visualize vital signs, location, time and alerts activated by the user, the communication via WIFI of the device to a web API server was fulfilled, for remote monitoring by related and health personnel.

Microprocessor, GPS, sensor, WIFI, API web server, vital signs, physical activity.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



---

JOSELINE CARINA NARANJO QUEZADA

C.I. 0604388967

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **NARANJO QUEZADA JOSELINE CARINA**, CI 0604388967 autora del trabajo de titulación: **Diseño Y Construcción De Una Manilla Inteligente Para Monitoreo Y Seguimiento De Adultos Mayores** previo a la obtención del título de **INGENIERA MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 18 de mayo del 2021



f: \_\_\_\_\_

**NARANJO QUEZADA JOSELINE CARINA**  
0604388967

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de tesis de grado, certifico que el presente trabajo que lleva por título **Diseño Y Construcción De Una Manilla Inteligente Para Monitoreo Y Seguimiento De Adultos Mayores** para aspirar al título de **Ingeniera en Mecatrónica** fue desarrollado por **Joseline Carina Naranjo Quezada**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.



---

Félix Vladimir Bonilla Venegas

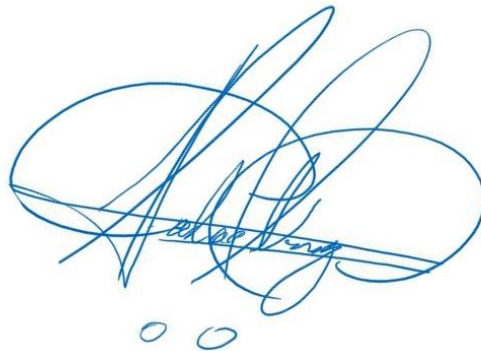
**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1710300045

## DECLARACION JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, Joseline Carina Naranjo Quezada, portadora de la cédula de identidad N.º 0604388967, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Joseline Carina Naranjo Quezada', with two small circles below it.

f: \_\_\_\_\_

NARANJO QUEZADA JOSELINE CARINA

0604388967



# CARTA DE CONFORMIDAD DE LA EMPRESA AUSPICIANTE



Quito, 10 de Junio del 2019

Doctor  
**Daniel Mideros**  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECATRÓNICA**  
Presente.-

## **ASUNTO: Solicitud para desarrollo de Tesis**

Estimado Doctor Mideros, Reciba un cordial saludo a nombre de BIODIMED, nosotros somos una empresa de servicios médicos ambulatorios empeñados en ofrecer servicios de calidad y de vanguardia. Mantenemos un equipo multidisciplinario de profesionales desarrollando proyectos de Innovación en varias áreas, incluyendo el desarrollo de servicios y productos relacionados con el cuidado de la salud.

Nos interesa desarrollar una herramienta para el monitoreo y cuidado del adulto mayor y por esa razón, le solicito de la manera más cordial, la colaboración de la estudiante de la carrera de Mecatrónica Srta. NARANJO QUEZADA JOSELINE CARINA con cedula de identidad 0604388967, para que desarrolle e implemente su tesis DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MANILLA INTELIGENTE DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO PARA ADULTOS MAYORES, en nuestra institución BIODIMED ubicada en Quito.

Nosotros aportaremos el material necesario y le brindaremos las facilidades para el desarrollo de su proyecto.

De antemano, me despido no sin antes expresar mis sentimientos de consideración y estima.

Atentamente,

Dr. Hugo Vergara  
Gerente General  
**BIODIMED**

*R. J. J.*  
12/06-2019

1

**1800 07 07 07**  
www.biodimed.com

Quito Unidad 1: Av. Eloy Alfaro No. 3367 y Suiza • Telf. (02) 226 8400  
Quito Unidad 2: Av. Tomás de Berlanga N42-14 e Isla Genovesa • Telf. (02) 226 8806  
Guayaquil Unidad 3: Av. Jorge Pérez Concha 411 y Ebanos • Telf. (04) 372 7100  
El Caca Unidad 4: Casco Central Av. Cuenca y Amazonas Edif. Heliconas 3er piso • Telf. (06) 306 8717  
Esmeraldas Unidad 5: Manuela Cañizans, entre Calle Omeo y Sucre. Hospital Clínico Alta. 4to Piso • Cel. 099 342 0527

## **DEDICATORIA**

A Dios quien es el dueño de mi vida y mis planes, sin su guía y amor nada en mi vida sería posible.

A mi amado esposo, su amor, aliento y ayuda incondicional han hecho que cada esfuerzo sea más llevado.

A mis padres, por su amor, apoyo y paciencia, gracias a ellos he logrado cada meta que he propuesto en mi camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi esposo, mis padres y amigos, por estar presentes y ayudarme en todo momento, su asesoría, apoyo y ánimo han sido invaluable y fundamentales en esta etapa de mi vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA Y DISEÑO</b> .....	<b>8</b>
2.1 REQUERIMIENTOS .....	8
2.2 DISEÑO CONCEPTUAL.....	10
2.2.1 COMPONENTES DEL DISPOSITIVO .....	10
2.2.2 ENSAMBLE DEL DISPOSITIVO.....	10
2.2.3 FUNCIONES DEL DISPOSITIVO .....	12
2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA .....	12
2.3.1. DISEÑO ELECTRÓNICO .....	12
2.3.2 DISEÑO DE CONTROL DEL SISTEMA.....	22
2.3.3. DISEÑO DE INTERFAZ HMI .....	24
2.3.4 DISEÑO DE LA MANILLA .....	25
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>26</b>
3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	27
3.1.1 PRUEBAS DE SIGNOS VITALES.....	27
3.1.2 PRUEBAS DE SISTEMA DE UBICACIÓN .....	31
3.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA .....	33
3.1.4 SISTEMA DE ALERTAS DE EMERGENCIAS .....	38
3.2 PRUEBAS DE INTERFAZ HMI.....	44
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>48</b>
CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES .....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	<b>53</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Apple Series Watch 4,.....	4
<b>Figura 2.</b> Weenect Silver, .....	5
<b>Figura 3.</b> Medical Freedom Guardian,.....	6
<b>Figura 4.</b> Metodología de diseño mecatrónico modelo en V .....	8
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Requerimientos .....	9
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Bloques.....	10
<b>Figura 7.</b> Diagrama de bloques interno .....	11
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Caso y Uso .....	12
<b>Figura 9.</b> Termistor NTC .....	14
<b>Figura 10.</b> Sensor SEN203 DFROBOT colocado en el dorso de la muñeca. .....	15
<b>Figura 11.</b> Sensor FLORA LSM303, (Adafruit Industries, 2012) .....	16
<b>Figura 12.</b> Modulo FLORA GPS Adafruit, (Adafruit Industries, 2012.....	17
<b>Figura 13.</b> Pantalla Nextion 2.4" TFT, (ITEAD.CC, 2015) .....	19
<b>Figura 14.</b> RobotDyn Mega 2560 (Embebido), (Robotdyn, 2017) .....	20
<b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo de operación de tarjeta de adquisición y control de datos. ....	22
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Flujo de la programación y envió de datos vía Wifi .....	23
<b>Figura 17.</b> Diagrama de Flujo Interfaz HMI general .....	24
<b>Figura 18.</b> Diagrama de flujo interfaz HMI flujo de alerta de emergencia....	25
<b>Figura 19.</b> Diseño de carcasa de prototipo .....	26
<b>Figura 20.</b> Muestra del primer día del sujeto 1 en estado pasivo .....	27
<b>Figura 21.</b> Muestra del primer día del sujeto 1 después de realizar ejercicio intenso. ....	28
<b>Figura 22.</b> Muestra del primer día del sujeto 2 en estado pasivo .....	29
<b>Figura 23.</b> Medidas de temperatura en distintas partes del cuerpo para sujeto 1 y sujeto 2.....	30
<b>Figura 24.</b> Temperatura en la muñeca de sujeto 1 y sujeto 2 .....	31
<b>Figura 25.</b> Distancia entre las tres coordenadas de prueba .....	32
<b>Figura 26.</b> Coordenadas Punto 3 (San Luis Shopping) .....	32
<b>Figura 27.</b> Prueba de coordenada 3, en la web de Google Maps. ....	33
<b>Figura 28.</b> Primera prueba de comunicación serial .....	34
<b>Figura 29.</b> Segunda prueba de comunicación serial .....	34
<b>Figura 30.</b> Envío por petición http, programado cada cierto tiempo .....	35
<b>Figura 31.</b> Recepción de petición de cliente http a servidor web, programada cada cierto tiempo.....	36
<b>Figura 32.</b> Envío por petición http, activado por emergencia de caída .....	36
<b>Figura 33.</b> Datos almacenados en Servidor Web en prueba de caída .....	37

<b>Figura 34.</b> Recepción de cliente http a servidor web, activado por botón de emergencia .....	37
<b>Figura 35.</b> Recepción de cliente http a servidor web, activado por botón de emergencia .....	38
<b>Figura 36.</b> Menú de botón de emergencia desactivado .....	38
<b>Figura 37.</b> Menú de botón de emergencia activado .....	39
<b>Figura 38.</b> Aceleración total en actividades diarias .....	40
<b>Figura 39.</b> Aceleración total haciendo ejercicio. ....	40
<b>Figura 40.</b> Aceleración total de caídas hacia la derecha .....	41
<b>Figura 41.</b> Aceleración total de caídas hacia la izquierda .....	41
<b>Figura 42.</b> Aceleración total de caídas hacia atrás.....	42
<b>Figura 43.</b> Aceleración total de caídas de rodillas.....	42
<b>Figura 44.</b> Aceleración total en caídas hacia adelante.....	43
<b>Figura 45.</b> Prueba caída satisfactoria hacia adelante .....	43
<b>Figura 46.</b> Página 0, menú de inicio interfaz prototipo de monitoreo y seguimiento de personas adultas mayores.....	44
<b>Figura 47.</b> Página 1, menú de selección de interfaz prototipo de monitoreo. ....	44
<b>Figura 48.</b> Ventana de datos de frecuencia cardíaca.....	45
<b>Figura 49.</b> Ventana de datos de índice de radiación .....	45
<b>Figura 50.</b> Ventana de Emergencia.....	46
<b>Figura 51.</b> Ventana de localización. ....	46
<b>Figura 52.</b> Ventana de Temperatura .....	47
<b>Figura 53.</b> Ventana de alerta de caídas .....	47

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Características del Apple Watch Series 4.....	4
<b>Tabla 2.</b> Características de Weenect Silver.....	5
<b>Tabla 3.</b> Características de Medical Freedom Guardian .....	6
<b>Tabla 4.</b> Características de Sensor GUVAS12D .....	13
<b>Tabla 5.</b> Característica de tipos de sensores de temperatura .....	14
<b>Tabla 6.</b> Características de Sensores de Pulso.....	15
<b>Tabla 7.</b> Características de Sensor Acelerómetro .....	16
<b>Tabla 8.</b> Características de módulo RTC.....	17
<b>Tabla 9.</b> Características Módulo GPS .....	18
<b>Tabla 10.</b> Tipos de Puertos y Comunicación Necesarios para el dispositivo .. .....	.19
<b>Tabla 11.</b> Especificaciones Técnicas Robotyn Mega 2560 PRO (embebido). .....	20
<b>Tabla 12.</b> Consumo de corriente de componentes .....	21
<b>Tabla 13.</b> Error de lectura de Frecuencia Cardíaca en Sujeto 1, para reposo. .....	28
<b>Tabla 14.</b> Error de lectura de Frecuencia Cardíaca en Sujeto 2, para reposo... .....	.29
<b>Tabla 15.</b> Medidas de temperatura en hombro, pecho y cuello para sujeto 1 y 2.....	30
<b>Tabla 16.</b> Medidas de error en lectura de temperatura para el sujeto 1 y sujeto 2.....	31
<b>Tabla 1.7.</b> Coordenadas resultantes de los puntos de prueba en el sistema de ubicación.....	33

## RESUMEN

Según la Organización Mundial de Salud las personas de la tercera edad constantemente se encuentran en situaciones de riesgo frente a los diferentes escenarios comunes que se presentan en el día a día, por lo tanto, se planteó e implementó el proyecto de diseño y construcción de una manilla inteligente que tiene como objetivo monitorear y dar seguimiento a los signos vitales y actividad física de los adultos mayores, la misma se desarrolló en base a un sistema de adquisición y procesamiento de datos que tuvo como fin adquirir signos vitales y de actividad física del usuario. Se efectuó un sistema de control de los rangos satisfactorios y riesgosos de dichos datos y el sistema de comunicación del prototipo de manilla con dispositivos externos para monitoreo remoto. Para esto fue necesario la utilización de un microprocesador que hace la lectura de datos de sensores de luz UV para detectar radiación, temperatura, frecuencia cardíaca, y ubicación esto mediante un módulo GPS, además el microprocesador realiza el control de datos atípicos de temperatura, radiación UV y ritmo cardíaco, adicional cuenta con un sistema de control de caídas a través de la detección de variaciones de aceleración de un giroscopio, fue necesario un sistema de alerta de emergencia que es activada por el usuario al pulsar un botón, se añadió una interfaz HMI que permite visualizar signos vitales, ubicación, hora y las alertas activadas, se cumplió con la comunicación vía WIFI del dispositivo hacia un servidor web API, para monitoreo por personal allegado y de salud.

**Palabras claves:** microprocesador, GPS, sensor, Wifi, servidor web API, signos vitales, actividad física.



## ABSTRACT

According to the World Health Organization, seniors are constantly at risk in the face of the different common scenarios that arise on a day-to-day basis, therefore, the project of design and construction of a smart handle was proposed and implemented which aims to monitor and track the vital signs and physical activity of older adults , the smart handle was developed based on a data acquisition and processing system, which was intended to acquire and process vital signs and physical activity of the user. A control system of the satisfactory and risky ranges of these data was carried out and the communication system of the prototype handle was implemented with external devices for remote monitoring. For this it was necessary to use a microprocessor that makes the reading and transformation of data from UV light sensors to detect radiation, temperature, heart rate, and location this using a GPS module, in addition the microprocessor performs the control of atypical data of temperature, UV radiation and heart rate, additional the prototype has a fall control system through the detection of variations of acceleration of a gyroscope , it was necessary to implement an emergency alert system, which is activated by the user at the press of a button on the screen, an HMI interface was added that allows to visualize vital signs, location, time and alerts activated by the user, the communication via WIFI of the device to a web API server was fulfilled, for remote monitoring by related and health personnel.

**Keywords:** microprocessor, GPS, sensor, WIFI, API web server, vital signs, physical activity.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las personas de la tercera edad constantemente se encuentran expuestas a situaciones de riesgo, según la Organización Mundial de la salud en este grupo de la población la causa más frecuente de muerte son enfermedades cerebrovasculares y cardiopatías, mientras que entre los detonantes de discapacidad encontramos deterioro sensorial, caídas, demencia entre otros.

En el Ecuador se experimenta un progresivo incremento de la población de tercera edad para el año 2013 existían 1.049.824 de personas adultas mayores, esta cifra representa el 6.5% de la población total del país y se espera que para el 2020 esta sea el 7,4% de la población total (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2013).

Por otra parte, únicamente el 36,5% de esta población cuentan con cuidado y asistencia por parte de una persona que esté a cargo exclusivamente de ellos, de esta porción de la población la que sufre mayor riesgo es la que se encuentra entre la edad de 80 años en adelante. (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2013)

Las actividades de asistencia más frecuentes son las que constituyen la prevención de situaciones catastróficas, en el Ecuador representan la primera causa de muerte para los mayores de 65 años, de acuerdo a organizaciones de salud internacional 75% de muertes accidentales y 9 de cada 10 fractura son consecuencias de caídas. La mayor necesidad de asistencia se da en actividades de la vida cotidiana como vestirse, bañarse, preparar alimento, uso de transporte, toma de medicinas; esta necesidad afecta a más de 100 mil personas adultas en el país. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2009)

En la actualidad el avance tecnológico se encamina hacia los sistemas “Smart Wearable” los cuales son dispositivos que registran las actividades físicas del usuario de esta forma permiten identificar el estado de salud, el problema es que este tipo de tecnología por el momento no ha sido reconocido para uso clínico.

Entre los dispositivos “Smart Wearable” se encuentran las manillas inteligentes, por medio de estas se puede realizar la detección de signos vitales y el estado físico del usuario, la aplicación de estas con un enfoque en el ámbito de la salud podría proporcionar un instrumento de alerta de emergencias como infartos y caídas de esta forma se podría proporcionar asistencia al usuario de forma rápida disminuyendo los tiempos de atención.

En el mercado mundial cada vez es más creciente la tendencia en el desarrollo de esta tecnología para los adultos mayores, entre los más influyentes tenemos los siguientes modelos detallados a continuación:

El Apple Watch es el primer smartwatch creado por la empresa tecnológica Apple, si bien es cierto sus aplicaciones y funcionalidad están mas allá del controlar el estado físico y aspectos médicos, sirven y brindan la funcionalidad que dicho proyecto de titulación busca, un factor limitante para el usuario es su alto precio y que no puede interactuar con un asistente de salud de confianza, como su clínica de salud. En la Tabla 1 se detalla las características más relevantes del dispositivo Apple Watch series 4, cuenta con sensores como acelerómetro y giroscopio que son útiles para detectar las actividades del usuario, además que tiene varias opciones de conexión con dispositivos externos sin embargo el precio es elevado.

**Tabla 1.** Características del Apple Watch Series 4

CARACTERÍSTICAS	APPLE WATCH SERIES 4
Pantalla	40mm/44mm
Procesador	S4 (doble núcleo)
Sensor de frecuencia cardíaca	Sí, óptico y electrónico
Otros sensores	Acelerómetro, giroscopio, altímetro barométrico
Resistencia al agua	Hasta 50 metros
Conectividad	Wi-Fi (802.11b/g/n 2.4GHz), Bluetooth 5.0
Red	Opción red celular
Batería	No disponible
Sistema operativo	WatchOS 5
Precio versión GPS	US\$399/US\$429

(Apple, s. f.)

En la Figura 1, se aprecia el dispositivo Apple Series Watch 4, cuenta con varios colores de carcasa disponibles al público su tamaño de pantalla es de 40 por 44 milímetros y una correa ergonómica para facilidad de uso.



**Figura 1.** Apple Series Watch 4,  
(Apple, s. f.)

Con Weenect Silver, los usuarios pueden monitorear a sus seres queridos de forma remota. Como se observa en la Tabla 2, una de sus funcionalidades es

comunicarle mediante el botón SOS del localizador la ubicación en el GPS, sin embargo, carece de sensores que permitan el monitoreo de signos y vitales y actividades.

**Tabla 2.** Características de Weenect Silver

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Localización	Ubicación GPS + LBS, Geolocalización y reproducción de ruta
Botón SOS	Comunicación: SOS, llamada Telefónica bidireccional, monitoreo remoto
Otros	Alertas de SMS (baja batería / SOS), apagado remoto, reloj de alarma, etc.
Idiomas	Español, inglés, alemán, chino, portugués, etc.
Batería	Hasta 5 días
Peso	55 g

(Weenect, s.f.)

Todos los contactos reciben una alerta automática si la persona abandona la zona definida, como por ejemplo la zona donde vive (se puede definir una cantidad ilimitada de zonas). Si detecta actividad inusual, puede intervenir con rapidez (Weenect, 2019).

Si bien es cierto este dispositivo el cual podemos observar en la Figura 2, tiene familiaridad con el proyecto de titulación a desarrollarse, el mismo necesita un teléfono inteligente para obtener el resultado de información, el limitante del dispositivo Weenect es que no puede detectar una caída del usuario y el manejo de una base de datos con una clínica de confianza o doctores de pila.



**Figura 2.** Weenect Silver,  
(Weenect, s.f.)

En la Figura 3, se indica el dispositivo Freedom Guardian este abarca todos los sistemas de alerta médica e incorpora características que brindará soporte

diario a los usuarios y sus seres queridos. A través del GPS, los Sistemas de Posicionamiento de Wi-Fi (WiPS) y la triangulación, se puede enviar ayuda a la ubicación exacta del usuario dentro de los EE. UU. (Medical Guardian, 2019).



**Figura 3.** Medical Freedom Guardian, (Medical Guardian, LLP., s. f.)

A pesar de que este dispositivo cumple con la mayoría de las características del proyecto de titulación como las alertas de emergencia y la ubicación en tiempo real, tal como se detalla en la Tabla 3, se nota el limitante geográfico al ser funcional por ahora solamente en los Estados Unidos de Norte América y en idioma inglés.

**Tabla 3.** Características de Medical Freedom Guardian

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Localización	Ubicación GPS + LBS,
Botón SOS	Comunicación: SOS, desde los medicamentos hasta las citas con el médico
Mensajería	Mensajes de texto y de voz
Idiomas	Inglés
Tiempo	Pronóstico de tiempo y clima
Características audibles	Lee en voz alta la fecha, hora y mensajes que le lleguen al dispositivo.

(Medical Guardian, LLP., s. f.)

Con base en lo mencionado, es evidente la falta de recursos de asistencia y prevención que permitan la atención oportuna y la independencia de los adultos mayores.

Por lo tanto, el sistema a desarrollarse permitirá monitorear y alertar tempranamente a su entorno social y clínico en el caso de que el individuo se encuentre en situación de riesgo u accidente, proporcionado así una respuesta a tiempo por parte de su equipo médico el cual contará con datos certeros para proporcionar diagnóstico de forma pronta y efectiva.

Según lo mencionado se puede testificar el objetivo general a realizarse es:

Monitorear y dar seguimiento a los signos vitales y actividad física de los de adultos mayores, mediante un prototipo de una manilla inteligente.

En los cuales es importante detallar los objetivos específicos:

- Desarrollar un sistema de adquisición de datos con el fin de adquirir signos vitales y actividades realizadas por el usuario.
- Realizar un sistema de control para los datos adquiridos.
- Implementar un sistema de comunicación de la manilla inteligente con dispositivos externos.

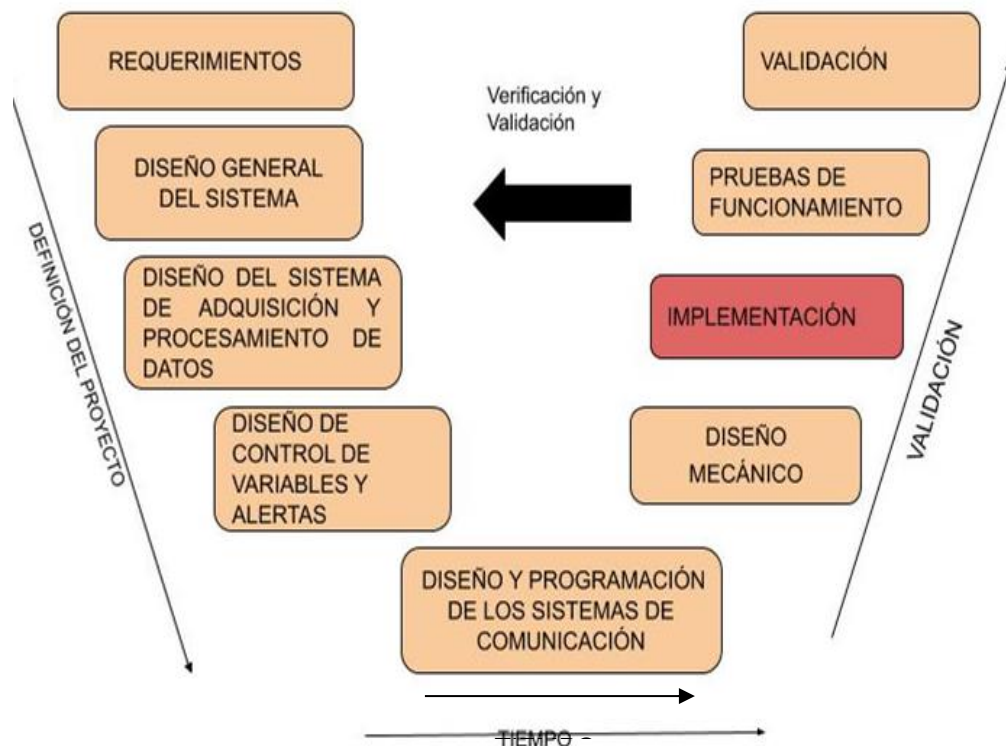
## **2. METODOLOGÍA Y DISEÑO**



La metodología con la que se desarrolló el proyecto de manilla inteligente es el modelo en "V" que se representa en la Figura 4, el proceso inicia con el establecimiento de los requerimientos necesarios para el funcionamiento del sistema.

De forma subsiguiente se planteó varios procesadores y sensores que permitan adquirir y procesar la información necesaria, se escogió los mismos en base a los requerimientos, posteriormente se diseñó el algoritmo de programación y la estructura externa del dispositivo.

Por último, se realizó la integración de todos los sistemas de esta forma se realizó pruebas para comprobar el funcionamiento correcto en conjunto del dispositivo, dichas pruebas se evaluaron en base a los requerimientos planteados.



**Figura 4.** Metodología de diseño mecatrónico modelo en V

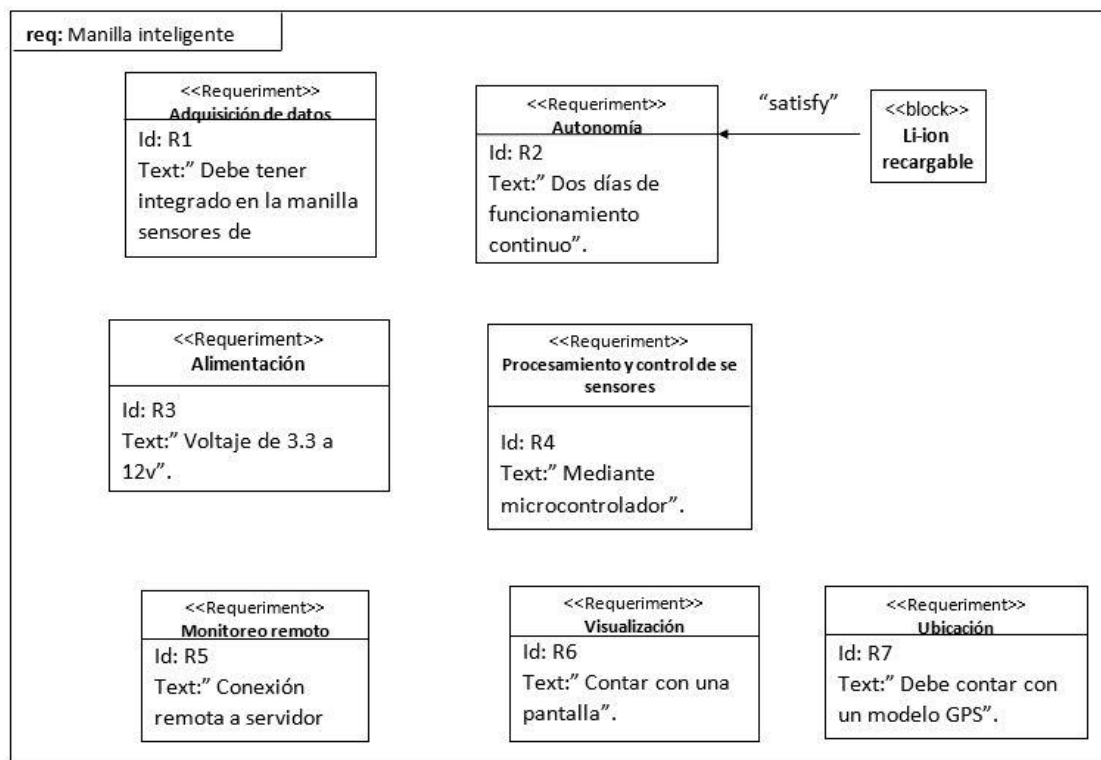
## 2.1 REQUERIMIENTOS

En este apartado se definen los requerimientos funcionales y no funcionales del dispositivo .

- Para el diseño y construcción de la manilla inteligente es necesario poseer integrados sensores de temperatura que permitan medir la temperatura, un acelerómetro que identifica las caídas del paciente y

- sensor de pulso cardíaco permite evaluar y dar seguimiento al paciente, además se debe buscar que el dispositivo sea compacto.
- La manilla inteligente debe considerar una autonomía de funcionamiento.
- El voltaje necesario para alimentar el dispositivo es de rango de 3.3 a 12 v.
- Se requiere un microcontrolador con el objetivo de realizar procesamiento de señales y control de datos de los sensores.
- Un módulo de comunicación wifi para conexión con dispositivos externos, este se debe implementar con el fin de enviar datos a un servidor Web API y permitir un monitoreo remoto.
- La visualización e interacción del dispositivo con el usuario se realiza mediante una pantalla con una interfaz HMI en la cual se observa, la hora, signos vitales, radiación UV, ubicación, activar y desactivar opciones de emergencia, entre otros.
- La implementación de un módulo GPS facilitará la ubicación del usuario esto permite dar respuesta a emergencias de manera efectiva.

En la Figura 5, se puede visualizar el diagrama de requerimientos establecidos para el diseño y construcción de la manilla inteligente.



**Figura 5.** Diagrama de Requerimientos

En el diagrama se encuentran los requerimientos antes planteados para la implementación del dispositivo manilla inteligente de monitoreo y seguimiento de adultos mayores.

## 2.2 DISEÑO CONCEPTUAL

### 2.2.1 COMPONENTES DEL DISPOSITIVO

En la Figura 6, se aprecia las partes de componentes electrónicos, mecánicos y de comunicación que forman el dispositivo de monitoreo y control de la manilla inteligente para adultos mayores, así como detalles de valores, o propiedades de los mismos.

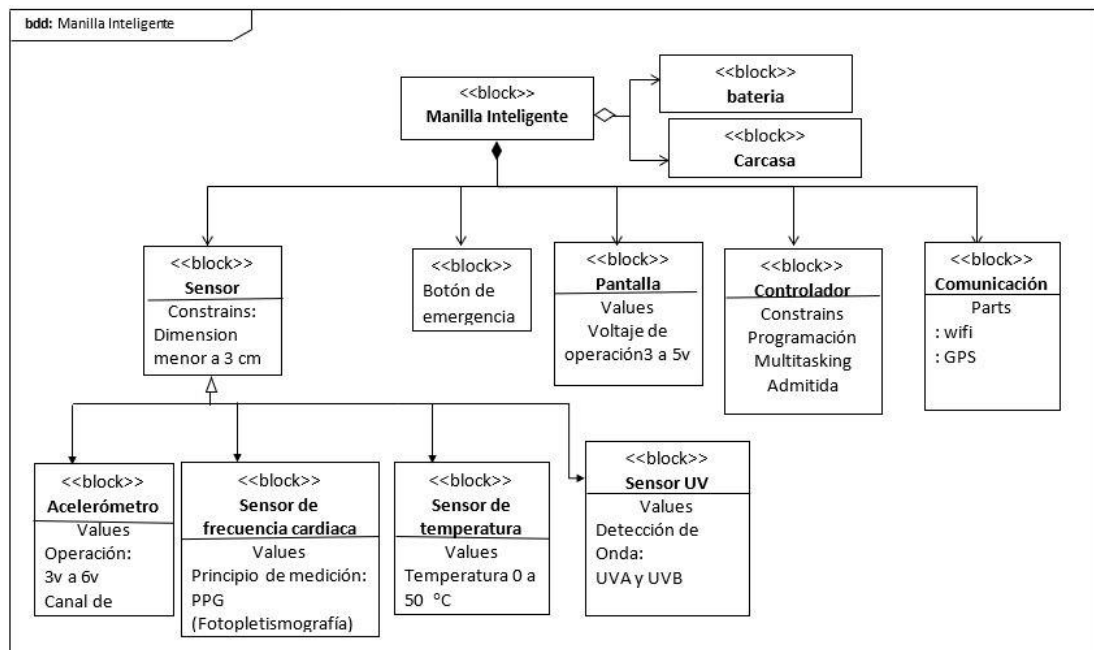


Figura 6. Diagrama de Bloques

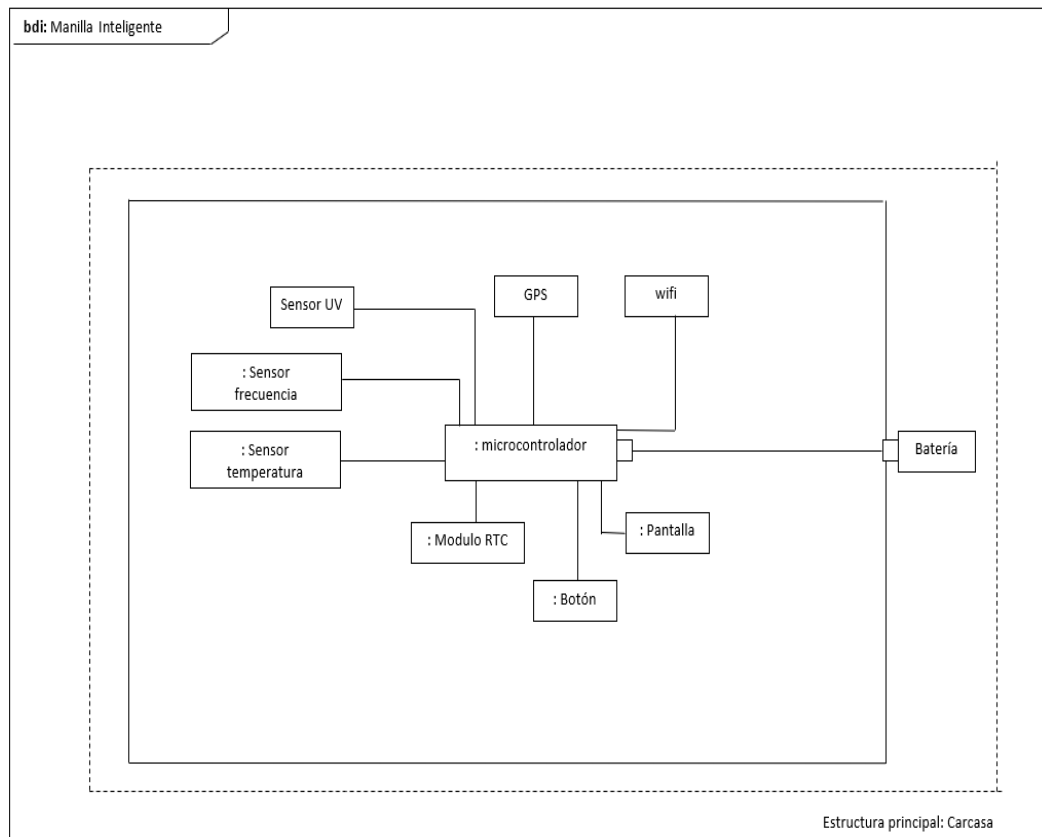
El dispositivo se encuentra integrado por los sensores de acelerómetro giroscopio, un sensor de pulso y frecuencia cardíaca, un sensor de temperatura, un sensor de radiación solar UV. A su vez posee dos módulos de comunicación como wifi y GPS, adicional cuenta con una pantalla para llevar a cabo una interfaz HMI y un microcontrolador que ejecuta la programación, la adquisición de datos, control y envío de datos a la pantalla y al sistema remoto que este caso será un servidor web externo.

### 2.2.2 ENSAMBLE DEL DISPOSITIVO

En la Figura 7, se muestra el diagrama interno de bloques para el dispositivo manilla inteligente de monitoreo y seguimiento de adultos mayores, en el cual se detalla la estructura interna y la conexión existente entre los componentes con sus respectivos puertos.

En este caso se puede observar que los sensores como UV, frecuencia cardíaca, temperatura están conectados al microcontrolador, de igual forma

los módulos GPS, Wifi y RTC, adicional se indica la conexión con la pantalla y se indica la batería como fuente de alimentación para el microcontrolador.



**Figura 7.** Diagrama de bloques interno

- El sensor UV está ubicado en la parte superior, por medio de un orificio capta medidas de radiación UVA y UVB a las que se encuentra expuesto el usuario de la manilla.
- El sensor de temperatura se encuentra ubicado en la parte inferior de manera que permite la lectura de la temperatura al estar en contacto con la piel.
- El sensor de pulso y frecuencia cardíaca se encuentra ubicada en la parte lateral de la carcasa.
- La ubicación de la pantalla es en la parte superior que permite la visualización de los datos.
- El microcontrolador, módulos GPS y wifi se encuentran ubicado en la parte interna de la carcasa. Todos los módulos mencionados y los sensores están conectados al microcontrolador para la extracción y procesamiento de datos al igual que la pantalla para su visualización.
- El conjunto está conectado a la batería ubicada dentro de la carcasa.

### 1.2.3 FUNCIONES DEL DISPOSITIVO

El diagrama de la Figura 8, presenta como es la interacción y relación entre el usuario, dispositivo y el servidor web.

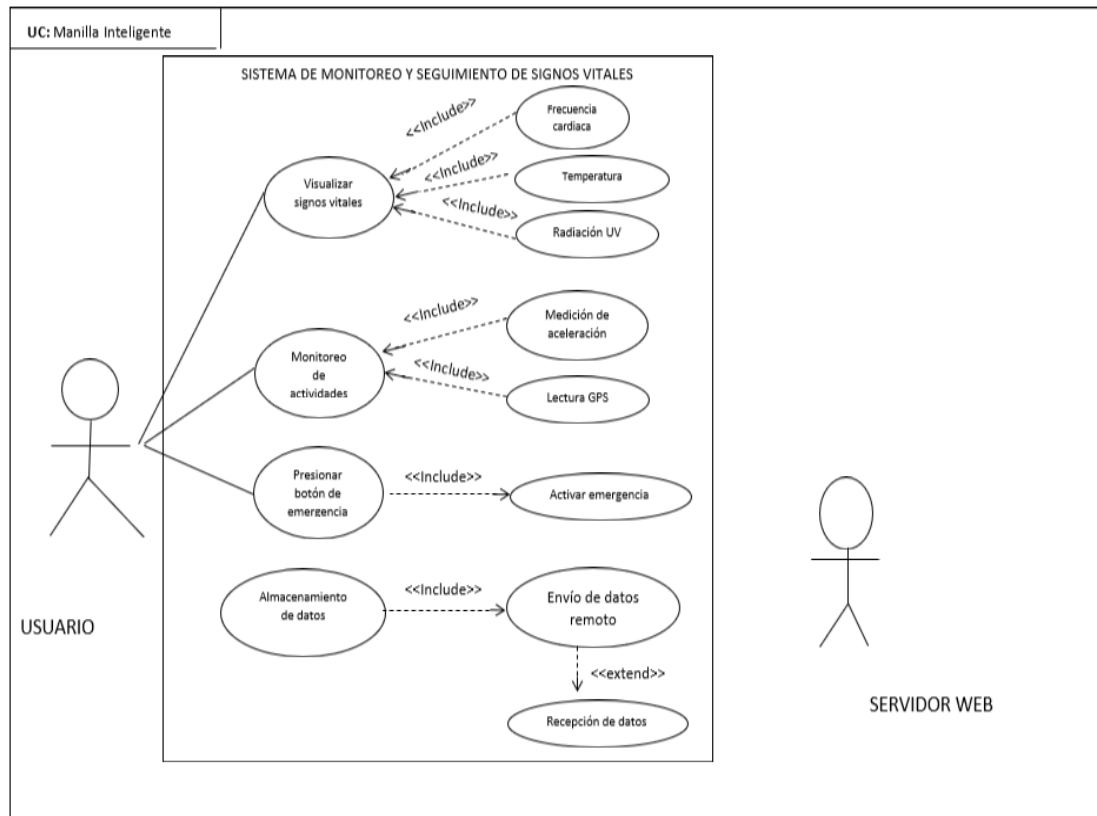


Figura 8. Diagrama de Caso y Uso

Se indica las peticiones que el usuario realiza al sistema por medio de la interfaz gráfica HMI, la tarjeta microprocesador recibe y procesa las mismas y muestra los datos que ha obtenido de los sensores a la vez que también se comunica con el servidor web cada cierto para realizar él envió datos para control remoto.

## 2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA

### 2.3.1. DISEÑO ELECTRÓNICO

#### Selección de Sensores

Los sensores son los elementos usados con el fin de proporcionar la información del estado físico del usuario, actividades o los riesgos a los que él mismo se encuentra expuesto.

#### Sensor UV

Se entiende como radiación a la transferencia de energía por medio de ondas electromagnéticas, desde la fuente en todas en las direcciones, la misma que

va desde los 100 a los 400nm, de acuerdo a sus rangos de variación se encuentra clasificada en los siguientes grupos:

- UVA con mediciones de los 320 a 400 nm
- UVB con mediciones de 280 a 320 nm
- UVC con mediciones de 100 a 280 nm

En un día soleado la radiación UV que el cuerpo humano absorbe está constituido en un 5% de radiación UVB y en 95 % radiación UVA, según la Sociedad Americana Contra el Cáncer, los rayos UVA provocan daños en las células de la piel a largo plazo como las arrugas o manchas sin embargo estos son mínimos o tratables, el daño mayor se atribuye a los rayos UVB los cuáles son los principales causantes del cáncer de piel. (Cabrera et al., 2006)

Para la obtención de los datos de espectro UV se utilizó el módulo GUVAS12SD cuyo principio de funcionamiento es un fotodiodo UV, mismo que puede detectar el rango 240-370nm de la luz, los cuales se encuentran dentro del rango UVB y UVA, la señal de salida esta acondicionada para regresar un nivel de voltios compatible con las entradas de un microcontrolador, asimismo este sensor es uno de los más compactos que existen en el mercado ecuatoriano sus medidas son 10 x 20 milímetros por lo cual su aplicación es óptima para dispositivos wearables como el caso del prototipo manilla de reloj inteligente.

En la Tabla 4 se detallan sus principales características, siendo las más útiles el rango de onda sensible, además se verifica su voltaje de funcionamiento, adicional se evidencia que posee un consumo bajo de corriente.

**Tabla 4.** Características de Sensor GUVAS12D

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Voltaje de Funcionamiento	2.7 a 5.5 v
Temperatura de Funcionamiento	-20 a 70 °C
Longitud de Onda Sensible	240 a 370nm
Suministro de corriente (modo activo)	300 a 500 $\mu$ A
Suministro de corriente (modo pasivo)	0,1 a 1 $\mu$ A

(LAPIS Semiconductor Co., Ltd, 2013)

### **Sensor de Temperatura**

Para la selección del sensor de temperatura se tomaron en cuenta características como la resolución la misma que debe leer un rango de 20 a 40 ° C entre los cuáles se detecta hipotermia, fiebre y temperatura normal,

también se toma en cuenta el tamaño, tipo de salida, voltaje de operación los cuales se encuentran descritos en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Característica de tipos de sensores de temperatura

SENSOR	SENSIBILIDAD	SALIDA	VOLTAJE DE OPERACIÓN	MEDIDA	CORRIENTE
Gy-906 Mlx90614	70 a + 380 ° C Precisión de 0,5 ° C Resolución 0,02 ° C	Salida PWM	3,3V/5,3 v	9,12 mm de diámetro	2,5/1 mA
ADT7410	-40 a150 ° C Resolución 0,0078 ° C	I2C	3 a 5 v	23,3x 16,5 x 3,2mm	300/2 µA
Termistor NTC10k	-55 a 125 ° C	Analógico	3 a 5 v	2x3,5mm	0,5 mA

(Digchip.com, s.f.)

Se escogió el termistor NTC de 10k el cual se indica en la Figura 9, el mismo proporciona una salida analógica y un consumo de corriente muy bajo, en comparación con el sensor GY 906 que cuenta con la tecnología de mayor precisión para su funcionamiento requiere una distancia mayor a 2 cm del objeto a medir para entregar datos fiables mientras que, el sensor ADT7410 podría tomar datos de la temperatura ambiente esto provocaría la introducción de datos erróneos. Por el contrario, el termistor debido a su tamaño se facilita su acople al dispositivo y puede estar en contacto con la piel del usuario, tomando de esta forma medidas los más reales posible sin mayor interferencia del ambiente.



**Figura 9.** Termistor NTC

### **Sensor pulso y ritmo cardíaco**

Para la obtención de los datos de se utilizó la técnica de fotopleletismografía (PPG) el cual está basado en la medición y análisis de una señal óptica relacionada con cambios de volumen sangre. (Angulo , 2015)

Una de sus aplicaciones son los pulsómetros que combina los principios de la fotopleletismografía con tecnología de absorción óptica diferencial la cual requiere una fuente de luz para iluminar el tejido y un fotodetector para medir las variaciones en la intensidad de la luz, cuanto más sangre haya en los vasos sanguíneos, más luz se refleja y viceversa.

Dado que la cantidad de sangre circulante oscila con los latidos de nuestro corazón, podemos comprender nuestro ritmo cardíaco a través de este proceso. Por tal razón es

la forma más óptima de adquirir datos del usuario debido a que no es una técnica invasiva o que requiera asistencia de un tercero como es el caso de los electrodos.

En la Tabla 6 se observa tres opciones de pulsómetros de los cuales se ha seleccionado el sensor SEN 0203 debido a sus características de respuesta rápida y estabilidad, también se requiere tomar la medida del pulso de la muñeca en el dorso sin embargo, los otros dos sensores propuestos según datos del fabricante pueden tomar datos del lóbulo de la oreja, el dedo y la parte interna de la muñeca, esto implicaría que el sensor se encuentre integrado en la correa del dispositivo causando malestar al usuario, mientras que el sensor seleccionado posee un orificio que puede adaptarse al dispositivo y tomar mediciones de la muñeca delantera del usuario, además los tipos de datos de salida que proporciona el mismo pueden obtenerse analógica o digital lo cual facilita procesarlos y la obtención del pulso.

**Tabla 6.** Características de Sensores de Pulso

NOMBRE	SALIDA	VOLTAJE DE OPERACIÓN	MEDIDA (mm)	CORRIENTE (Operación-Pasivo)	Longitud de LED
Heartbeat KG011	A/D	3 a 5 v	15	10mA/nA	60 nm
SEN0203	A/D	5 v	28X24	10mA/90 nA	570 nm
Max30100	I2C	1.8 a 3.3 v	14 x 17	1200/0.7 $\mu$ A	670 nm

(DFROBOT, 2013)

En la Figura 10, se observa el sensor SEN203 usado en la muñeca, que es lo que se pretende en el dispositivo manilla inteligente,



**Figura 10.** Sensor SEN203 DFROBOT colocado en el dorso de la muñeca (DFROBOT, 2013)

### Sensor Acelerómetro

Se conoce como acelerómetro al dispositivo que permite medir la vibración o el movimiento de algún elemento en los ejes X, Y, Z. La fuerza generada por el cambio movimiento o vibración mediante un proceso eléctrico genera una carga. Se utilizará un dispositivo de este tipo con el fin de detectar el cambio de movimiento que genera una caída.



En la Tabla 7, se puede observar las tres opciones de sensores que se han tomado en cuenta para la selección se tomó en cuenta el consumo de corriente, el tamaño y rango de resolución por lo cual se utilizará el sensor LSM303 de Adafruit en la versión flora debido a su tamaño de 14 mm y su consumo de corriente 110  $\mu$ A en estado activo además nos permite medir en un rango de 2g a 16g.

**Tabla 7.** Características de Sensor Acelerómetro

NOMBRE	RANGO	SALIDA	VOLTAJE	MEDIDAS	CORRIENTE (Activo-Pasivo)
MMA7361	$\pm 1.5g/6g$	Análoga	5.3V/3.3VDC	35mm x 50mm x 1.0mm	400/3 $\mu$ A
MMA8451	$\pm 2g / \pm 8g$	I2C (14 bits)	3-5 VDC	21mm x 18mm x 2mm	165 /6 $\mu$ A
FLORA LSM303	$\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$	I2C 7-bit	2.5-3.5VDC	14mm de diámetro, /1.8mm	110/1 $\mu$ A

(Adafruit Industries, 2012)

En la Figura 11 se observa el módulo LSM 303 en su versión flora el dispositivo se asemeja a una moneda de diez centavos americanos lo cual es conveniente para obtener el tamaño reducido del dispositivo final.



**Figura 11.** Sensor FLORA LSM303, (Adafruit Industries, 2012)

## Modulo RTC

Dado que la manilla requiere que el usuario pueda visualizar la hora se implementará un módulo RTC de tiempo real, en la Tabla 8 se detallan las características de los módulos DS1307 y DS3231.

Las características que se tomó en cuenta para la selección del módulo DS3231 son el consumo de corriente, además el módulo cuenta con un sensor de temperatura en el encapsulado para compensar las variaciones de temperatura que pueden afectar al oscilador y hace que la frecuencia que podría afectar en el paso de días adelantando la hora.

**Tabla 8.** Características de módulo RTC

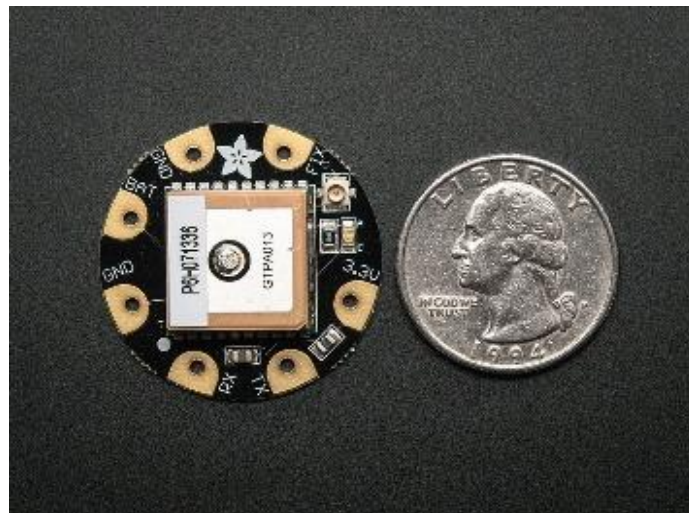
MÓDULO	CRISTAL	VOLTAJE DE OPERACIÓN	SENSOR DE TEMPERATURA INCLUIDO ENCAPSULADO	CORRIENTE DE OPERACIÓN	CORRIENTE PASIVO
DS1307	32.768 kHz	5v	NO	1.5 mA	200 $\mu$ A
DS3231	32kHz	3 a 5 v	SI	200 a 300 $\mu$ A	110 a 170 $\mu$ A

(Dallas Semiconductor, 2005)

## Módulos de Comunicación

### Módulo GPS

En la Figura 12, se observa el módulo GPS Flora el cuál se seleccionó debido su tamaño, consumo de corriente, además cuenta con antena embebida lo cual facilita que el tamaño del prototipo sea compacto



**Figura 12.** Modulo FLORA GPS Adafruit, (Adafruit Industries, 2012)

Este componente proporciona la ubicación geográfica del usuario en tiempo real. En la Tabla 9 se indican las características necesarias para la selección del componente a usar.

Se seleccionó el componente de Flora GPS en el cual se verifica que el consumo de corriente siendo uno de los más bajos en comparación con el resto de las opciones del mercado, voltaje de operación y valor hacen la mejor opción al GPS Flora.

**Tabla 9.** Características Módulo GPS

NOMBRE	SALIDA	VOLTAJE	MEDIDA	CONSUMO DE CORRIENTE (Operación-Pasivo)	PRECIO (USD)
Módulo GPS Antena Embebida Uart Skm53	Comunicación serial	5VDC	33x23x8.5mm	50mA/	45.80 (EC)
Flora Wearable Ultimate GPS Module (Antena Embebida)	Comunicación serial	3VDC	30.5 x5.98x4mm	25mA / 7µA	39.90 (EU)
Modulo GPS Ublox Neo-6m-0-001 (Antena Externa)	Comunicación serial	3-5VDC	*Tamaño de antena 22x22mm *Tamaño de modulo 23x30mm	10mA / 22µA	25(EC)

(Adafruit Industries, 2012)

## Módulo WIFI

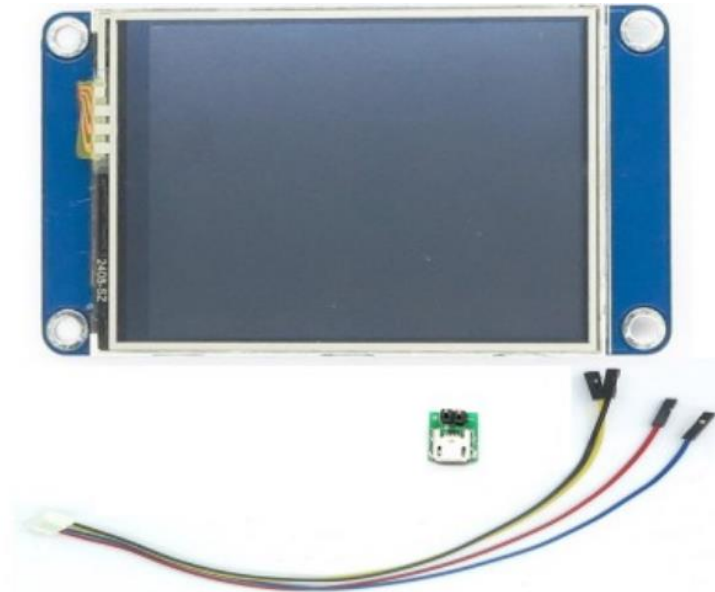
Mediante este componente se envió la información a un Servicio Web, que se encuentra a disposición para futuras aplicaciones de la empresa, para lo cual se seleccionó el módulo wifi ESP8266, debido a que nos permite una conectividad IPV4 y soporta protocolos HTTP que son los que usaremos para comunicarnos con el servicio web, el consumo promedio de corriente de este módulo está en 80 mA y su voltaje de operación es de 3V a 5V. (Hernández, 2020)

## Pantalla

Mediante este componente se visualiza información de fecha y hora como de signos vitales, ubicación del usuario, además es posible activar las emergencias en el dispositivo por medio del botón táctil, con este fin se incorporó la Pantalla táctil LCD Nextion de 2,4 pulgadas.

En la Figura 13, se puede observar la misma, esta incluye una parte de hardware una TFT táctil y una parte de software (el editor de Nextion) tiene su propio controlador para poder programar la interfaz gráfica sin la necesidad de sobrecargar al dispositivo de adquisición de datos, y permite realizar un

diseño más profesional, para la comunicación de la pantalla con otros dispositivos es mediante puerto serie, además es compatible con el dispositivo que se ha seleccionado para el control.



**Figura 13.** Pantalla Nextion 2.4" TFT, (ITEAD.CC, 2015)

### Tarjeta de control

La tarjeta con la que se realizó la adquisición, control y envió de datos en la Tabla 10, se refieren los puertos e interfaces de comunicación necesarios para trabajar con los sensores y módulos seleccionados.

**Tabla 10.** Tipos de Puertos y Comunicación Necesarios para el dispositivo

COMPONENTE	PUERTOS
Sensor UV	2 analógico
Acelerómetro	I2C
Sensor NTC	1 analógico
Sensor Pulso	1 analógico
Wifi	Serial
GPS	Serial
LCD	Serial
Módulo RTC	I2C
<b>TOTALES</b>	<b>PUERTOS</b>
I2C	2
Serial	4
Análogo	4

Por lo tanto, se seleccionó la tarjeta de control de Robotyn Mega 2560, la cuál es una versión reducida de la placa tradicional MEGA 2560, como se observa en la Tabla 11, se puede realizar la comunicación I2Cm además cuenta con 16 entradas analógicas y con 54 puertos digitales que pueden ser usados con más de una interfaz serial con la ayuda de la biblioteca de Software Serial de

Arduino, esta placa cuenta con una frecuencia de 16Mhz de las más altas, además que es de tamaño compacto.

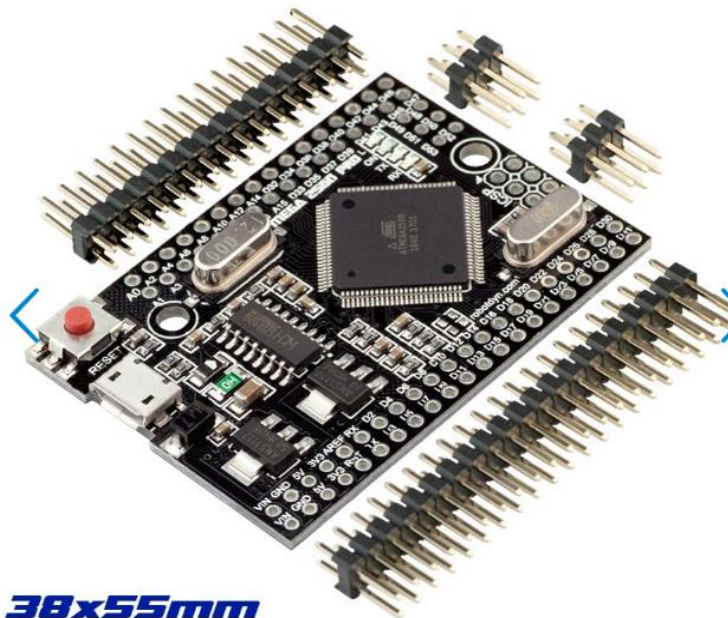
**Tabla 11.** Especificaciones Técnicas Robotyn Mega 2560 PRO (embebido)

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega2560</b>
Convertidor USB-TTL	Convertidor USB-TTL
Power IN.	5V
El consumo de energía	5V 220Ma
Frecuencia de reloj	16 MHz
E / S digital	54
E / S analógicas	16
Tamaño de la memoria	256 kb
tamaño de RAM de datos	8 KB
tamaño de ROM de datos	4Kb

(Robotdyn, 2017)

En la Figura 14, se observa la placa del microcontrolador su tamaño es de 38 milímetros de ancho por 54 milímetros de alto lo cual aporta al diseño compacto del prototipo final.

**RobotDyn**



**38x55mm**

**Figura 14.** RobotDyn Mega 2560 (Embebido),  
(Robotdyn, 2017)

Para la selección de la fuente de alimentación se tomó en cuenta los valores referenciales de consumo de corriente de los componentes a usar los mismos se indican en la Tabla 12, luego se procedió a realizar los cálculos

correspondientes con el fin de dimensionar la corriente y voltaje necesarios y de esa forma se seleccionó la fuente de alimentación que se requiere para que el dispositivo funcione de manera autónoma.

**Tabla 12.** Consumo de corriente de componentes

COMPONENTE	CONSUMO DE CORRIENTE (mA)
Sensor UV	0.3
Acelerómetro	0.11
NTC Temperatura	0.5
Sensor de Pulso	10
Modulo ESP8266 WIFI	70
Módulo RTC	0.2
Módulo GPS	20
Pantalla LCD	80
Mega2560 Robotdyn	200

Para el cálculo de corriente total del sistema se aplicó la siguiente Ecuación 1:

$$I_{max} = \sum I_n \quad [1]$$

Realizando la sumatoria de todos los componentes se obtiene la siguiente Ecuación 2:

$$I_{max} = 0.3 + 0.11 + 0.5 + 10 + 80 + 0.2 + 25 + 80 + 200[mA] \quad [2]$$

$$I_{max} = 381.11 [mA] \quad [3]$$

Con el consumo total se realizó una operación de multiplicación donde multiplicamos la corriente por el número de horas de trabajo que se desea tener en funcionamiento para realizar el dimensionamiento de la batería.

$$Thoras = 426.41mA * 3h \quad [4]$$

$$Thoras = 1279.2 [mAh] \quad [5]$$

Por medio de este cálculo y se optó usar una batería 1500mAh de 7.4 voltios esta otorga una autonomía que supera el tiempo de trabajo planteado de 3 horas.

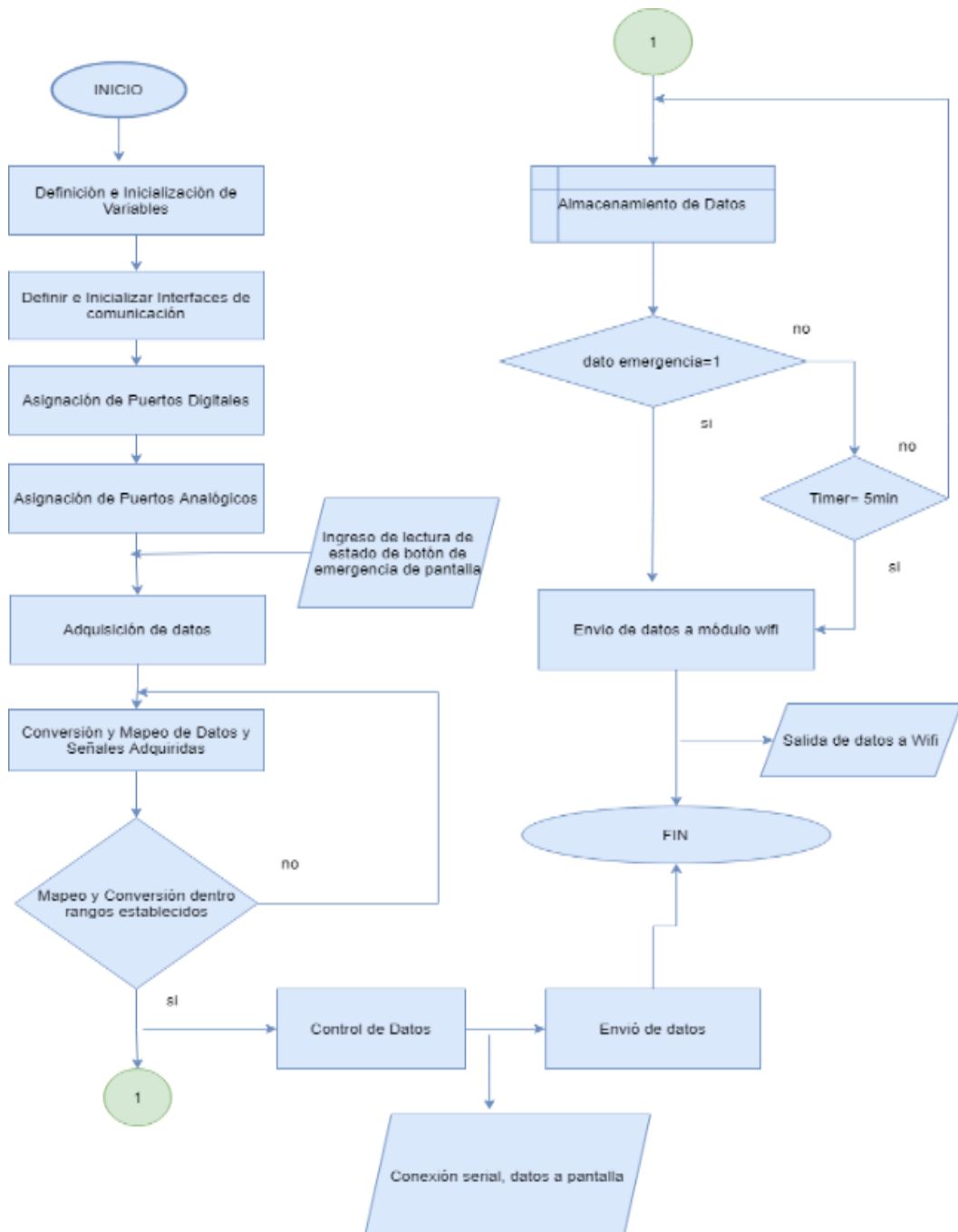
Para proporcionar el voltaje necesario requerido para el funcionamiento de la placa Robotdyn Mega 2560 embebida, el cual está entre 9 a 12 voltios se añadió un módulo elevador de voltaje pero que mantiene la corriente con esto se garantiza que funciona sin inconvenientes.

Se diseñó la conexión de elementos electrónicos, dando como resultado el circuito final del dispositivo, este contiene la conexión de todos los elementos

requeridos, tanto para la adquisición y control de datos como para el monitoreo remoto de los mismos.

### 2.3.2 DISEÑO DE CONTROL DEL SISTEMA

En el diagrama de Flujo representado en la Figura 15 se detalla la programación de la tarjeta de datos Mega2560 de Robotdyn.



**Figura 15.** Diagrama de flujo de operación de tarjeta de adquisición y control de datos

Por medio de esta se realizó la adquisición de datos de los sensores, módulos; los procesa y realiza un control de los mismos para clasificarlos dentro de los

rangos establecidos, esta información es enviada por interfaz serial a la pantalla y al módulo wifi.

En la Figura 16 se representa el diagrama de flujo del módulo Wifi ESP8266, mismo que recibe los datos de los sensores que adquiere de la tarjeta de control Mega2560 Robotdyn.

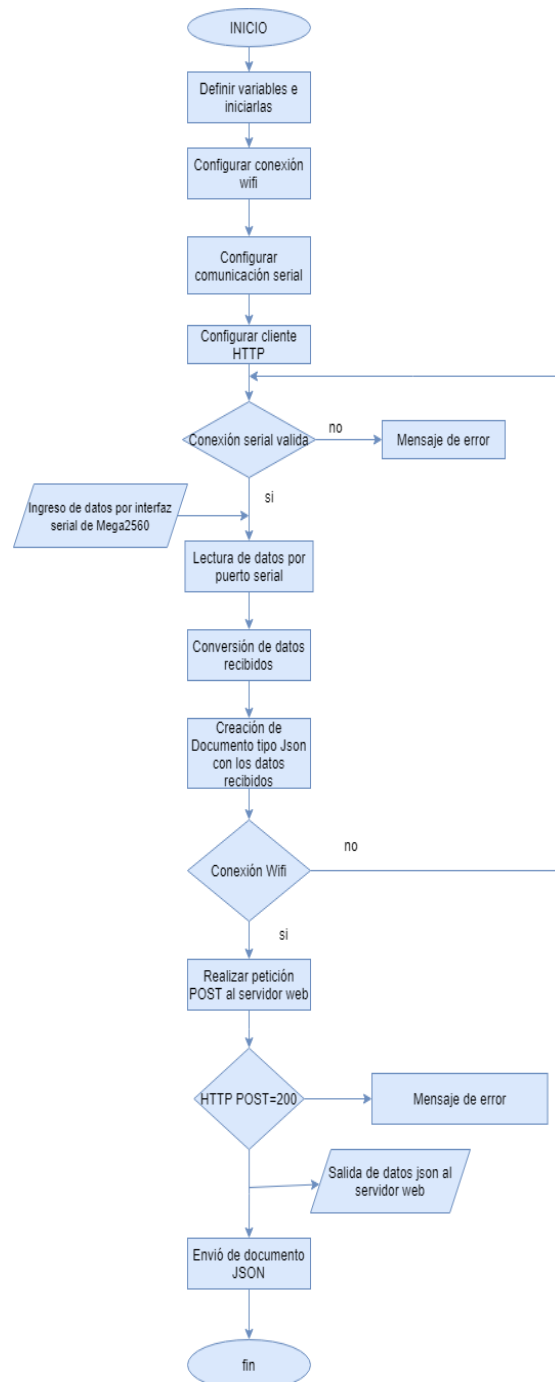


Figura 16. Diagrama de Flujo de la programación y envío de datos vía Wifi

Este también permitió la conexión a internet para el monitoreo remoto, por medio de la configuración de un cliente HTTP se realizó peticiones a un Servidor web, y se ejecutaron la transferencia de datos cada cierto tiempo, y

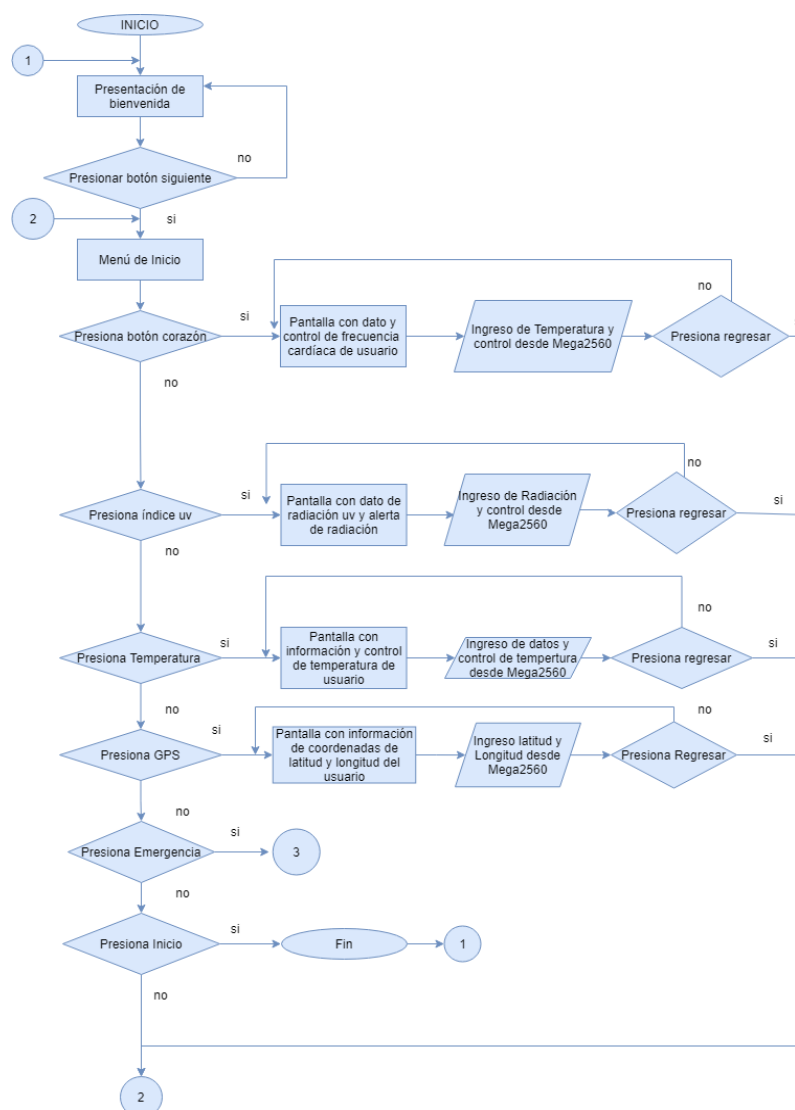


en el caso de detectarse una emergencia o caídas los datos se envían en tiempo real al servidor Web con el fin de proporcionar la ayuda oportuna al usuario.

### 2.3.3. DISEÑO DE INTERFAZ HMI

Para la interacción con el usuario se realizó una interfaz HMI la cual permite visualizar los datos del usuario y la activación de alerta de emergencias, esta fue desarrollada en el software Nextion Editor el cuál corresponde a la pantalla programable adquirida.

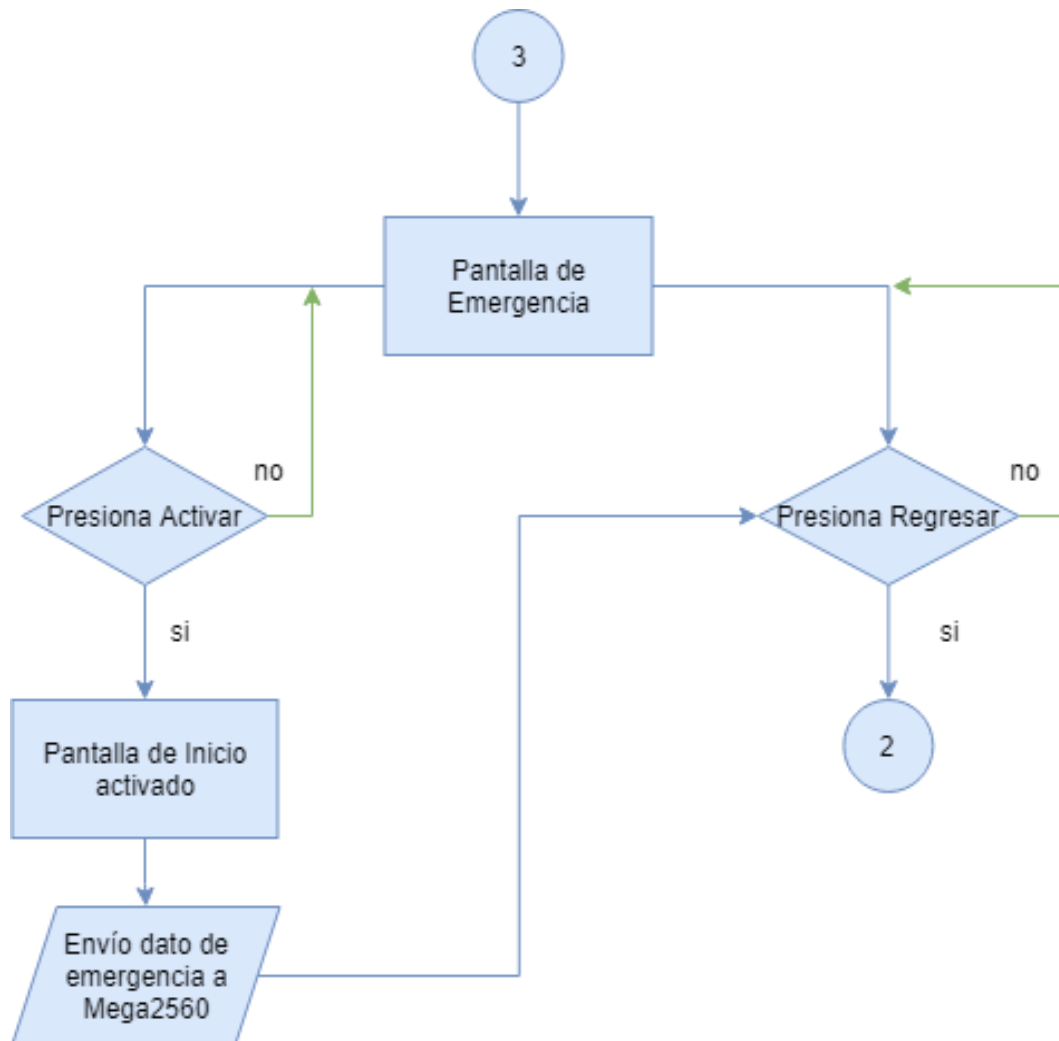
En la Figura 17 se detalla el diagrama que corresponde a la interfaz de usuario.



**Figura 17.** Diagrama de Flujo Interfaz HMI general

Este indica los cuatro menús a los que puede acceder el usuario, como son el menú de frecuencia cardíaca, radiación ya alertas UV, temperatura y ubicación.

En la Figura 18 se detalla la programación que se activa en el caso de que el botón de emergencias sea activado por el usuario, se observa que al presionar el mismo, el controlador envía los datos de temperatura, frecuencia, ubicación y caídas del usuario hacia la web server mediante el módulo wifi, con el fin de que el usuario pueda recibir la atención necesaria, en el caso de que la activación del botón fuese accidental el usuario puede desactivar el mismo por medio de la interfaz.

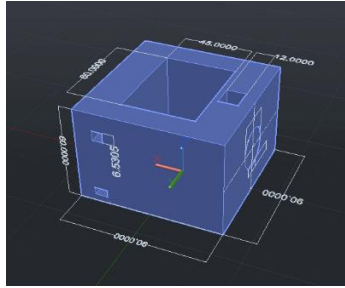


**Figura 18.** Diagrama de flujo interfaz HMI flujo de alerta de emergencia

### 2.3.4 DISEÑO DE LA MANILLA

Para el diseño de la carcasa se utilizó un software de diseño 3D el mismo, se observa acotado en la Figura 19, se tomó en cuenta el tamaño de la pantalla y la tarjeta de control, adicional cuenta con agujeros en la parte lateral para el sensor de pulso y el pin de encendido y carga, en la parte superior además de la pantalla posee el sensor de radiación UV el cuál se encuentra expuesto debido a que requiere captar la luz a la que se encuentra expuesto el usuario,

mientras que en la parte inferior de la carcasa se encuentra un agujero que permite el contacto del sensor ntc de temperatura con la piel del usuario.



**Figura 19.** Diseño de carcasa de prototipo

Los materiales que se usaron para el prototipo son acrílicos para la estructura en general, la cual contiene los sensores, pantalla la tarjeta de control y la batería se selecciona dicho material debido a su resistencia al impacto y tenacidad, de la misma manera se coloca una lámina metálica de aluminio para el sensor de temperatura esta permitió la transferencia de temperatura de la piel al sensor.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para la validación y adquisición de información se tomaron pruebas en dos personas en diferentes días y varios escenarios, dichos resultados fueron comparados con dispositivos abalados en el mercado.

#### 3.1.1 PRUEBAS DE SIGNOS VITALES

##### Sensor Para Frecuencia Cardíaca (LPM)

Las pruebas se realizaron en dos sujetos, en la Figura 20 se aprecia los resultados de medidas de frecuencia del sujeto uno, la toma de datos se realizó cada tres minutos, para esto se coloca el dedo del usuario en el sensor de frecuencia con el fin de visualizar la lectura de latidos por minuto en la pantalla del dispositivo.



Figura 20. Muestra del primer día del sujeto 1 en estado pasivo

En esta prueba se tomarán 50 medidas de frecuencia cardíaca cada una de ella en un intervalo de 3 minutos, con estos resultados se cálculo el error de la lectura del dispositivo en comparación con la lectura del oxímetro de dedo, se usó la Ecuación 6.

$$\%E = \frac{|Lref - Lapprox| * 100}{Lref} \quad [6]$$

En donde:

**Lref:** representa a la lectura del oxímetro.

**Lapprox:** representa la lectura del dispositivo manilla inteligente.

En la Tabla 13 se observa el resultado del error máximo de las 50 lecturas, siendo este de 4,55%, y el error mínimo de 0% lo que indica que la medida tomada en los dos dispositivos reflejaron valores iguales. La media de error de estas 50 medidas se obtiene un error en lectura de 1.54%

**Tabla 13.** Error de lectura de Frecuencia Cardíaca en Sujeto 1, para reposo

SUJETO	ACTIVIDAD	ERROR MÁXIMO	ERROR MÍNIMO	ERROR MEDIO
1	REPOSO	4.55%	0%	1.54%

En la Figura 21 se aprecia las lecturas de valores de frecuencia cardiaca tomados luego de un ejercicio intenso.



**Figura 21.** Muestra del primer día del sujeto 1 después de realizar ejercicio intenso

Se realizaron 30 tomas de muestra después de realizar ejercicio intenso en 30 repeticiones de actividades, se observa que los valores de frecuencia cardiaca excedieron los 100 latidos por minuto, estas pruebas se ejecutaron con el fin de comprobar que el dispositivo detecte de manera efectiva medidas por sobre el rango de frecuencia normal y la programación que se realizó para que el usuario pueda visualizar el rango de su lectura y detectar si su frecuencia se encontraba en una lectura normal, taquicardia o bradicardia, como se observa en la Figura 21, en el apartado estado en la pantalla del dispositivo se observa el texto “taquicardia” esto debido a que la lectura esta por sobre los 100 latidos por minuto con efecto del ejercicio intenso.

En la Figura 22 se observan las lecturas para el sujeto dos, para el mismo se realizaron 100 lecturas, para ejecutar las mismas se tomó en cinco grupos de veinte medidas, se colocó el dedo del usuario en el sensor y se tomó el primer grupo de 20 medidas con una pausa de 3 minutos entre cada medida, luego se retiró el dedo y después de una hora se realizó la toma del segundo grupo de medidas, este proceso se repitió hasta completar las 100 muestras.



**Figura 22.** Muestra del primer día del sujeto 2 en estado pasivo

De los resultados obtenidos para las 100 muestras tomados se puede observar en la Tabla 14, que el error medio es de 1.76%

**Tabla 14.** Error de lectura de Frecuencia Cardíaca en Sujeto 2, para reposo

SUJETO	ACTIVIDAD	ERROR MÁXIMO	ERROR MÍNIMO	ERROR MEDIO
2	REPOSO	4.00%	0%	1.76%

De las pruebas realizadas en los dos sujetos se obtiene que el error medio total es de 1.65%, el tiempo de estabilización de la primera medida después de colocar el dedo en el sensor es menor de 15 segundos, estos resultados se obtuvieron para un muestreo de lecturas en programación de cada 2500ms y una actualización de visualización en pantalla de 6500ms.

### Sensor de Temperatura

Para realizar la validación de temperatura, se tomó en cuenta la temperatura dérmica, por ende, para la comparación de la misma se utilizó un termómetro de temperatura infrarroja, que mide la temperatura de superficies como la piel. Para la primera prueba se tomaron medidas a dos sujetos en distintas partes del cuerpo con el fin de validar las lecturas ante las variaciones, ya que las medidas cambian al aplicarse en un lugar u otro.

En la Figura 23 se observa las medidas tomadas en el cuello, hombro y pecho, con los datos se realizó la Tabla 15, el objeto de estas medidas es comprobar que la lectura del dispositivo detecta con éxito variaciones de temperatura mayores a un grado centígrado.



**Figura 23.** Medidas de temperatura en distintas partes del cuerpo para sujeto 1 y sujeto 2

El error medio de las lecturas es de 0.43% se realizaron 5 medidas para cada parte.

**Tabla 15.** Medidas de temperatura en hombro, pecho y cuello para sujeto 1 y 2

SUJETO	LUGAR	TEMPERATURA INFRAROJA(°C)	TEMPERATURA DISPOSITIVA(°C)	ERROR
1	HOMBRO	32	32.3	0.94%
2	HOMBRO	31	31.2	0.65%
1	PECHO	33	33.16	0.48%
2	PECHO	33.5	33.6	0.30%
2	PECHO	34.5	34.3	0.58%
1	CUELLO	32.8	32.78	0.06%
<b>MEDIA DE ERROR</b>				0.43%

Para validar el funcionamiento de uso del dispositivo se tomó medidas en la muñeca de dos sujetos, se realizaron cincuenta muestras para cada uno como se observa en a Figura 24, cada valor fue tomado en un intervalo de tres minutos, cabe recalcar que el sensor NTC se encuentra ubicado en la parte



posterior del dispositivo en contacto con la piel del usuario y se colocó un aislante plástico entre el sensor y las paredes del material del dispositivo con el objeto de que no existan mayores transferencias de calor.



**Figura 24.** Temperatura en la muñeca de sujeto 1 y sujeto 2

En la Tabla 16 se evidencia los resultados de las 100 medidas, al realizar el cálculo genera un error medio total de 1.43%, el dispositivo toma 3 minutos en estabilizarse en la primera lectura, esto se debe a que el material del dispositivo tiene una temperatura promedio de 22 grados en comparación con la de la piel de una persona en estado normal, la cual promedia los 30 grados, en ese caso existe transferencia de temperatura, por tal razón se evidencia los errores máximos, los cuales corresponden a la primera medida.

**Tabla 16.** Medidas de error en lectura de temperatura para el sujeto 1 y sujeto 2

SUJETO	LUGAR	ERROR MÁXIMO	ERROR MÍNIMO	ERROR MEDIO
1	MUÑECA	4.65%	0%	1.04%
2	MUÑECA	8.71%	0%	1.81%
PROMEDIO ERROR				1.43%

### 3.1.2 PRUEBAS DE SISTEMA DE UBICACIÓN

#### Módulo GPS

Para validar este sistema se siguió la ruta que se aprecia en la Figura 25, los puntos donde se adquirió la ubicación se encuentran marcados con una “x” verde, en la imagen se evidencia que existe una distancia de 1 km entre el primer punto al segundo punto y de 2 km entre el segundo al tercer punto, en cada punto se realizaron cuatro lecturas con el mecanismo de tomar la

coordenada, alejarse tres cuadras y regresar nuevamente a la coordenada inicial para comprobar la exactitud de las medidas después de realizar movimientos.

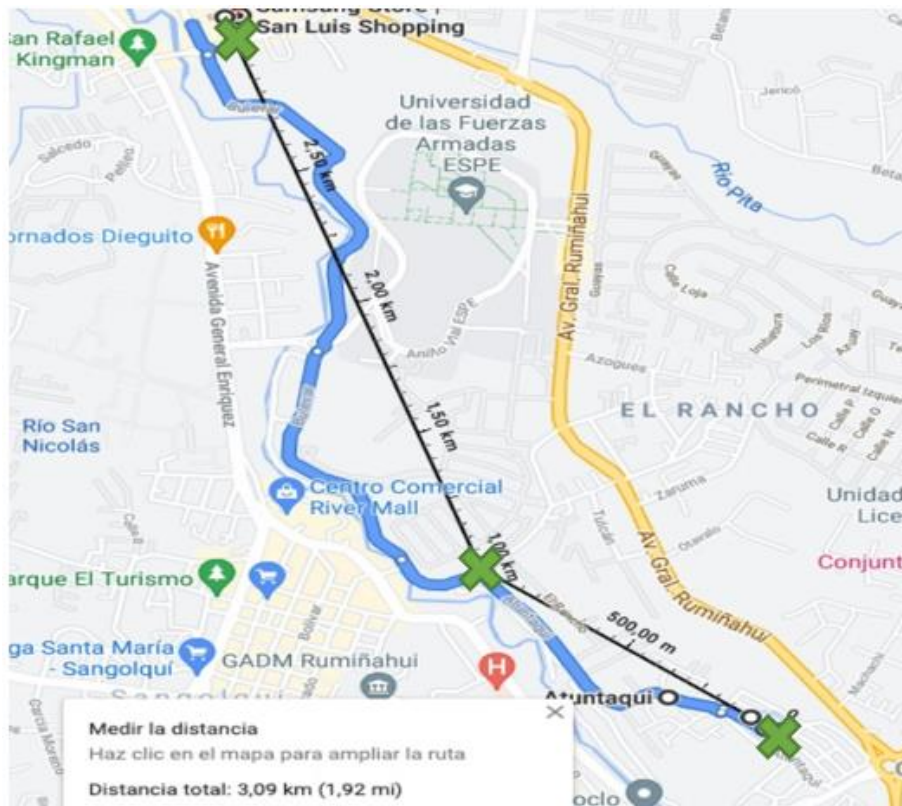


Figura 25. Distancia entre las tres coordenadas de prueba

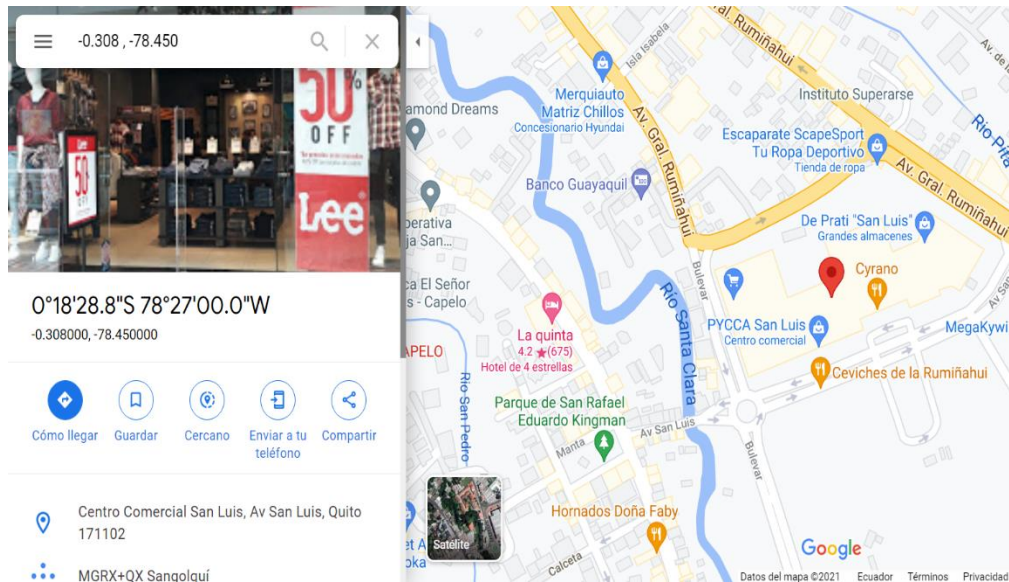
En la Figura 26 se observa la coordenada obtenida en el tercer punto de la ruta en términos de latitud y longitud, a la izquierda se aprecia la coordenada obtenida en el dispositivo y a la derecha la coordenada proporcionada por Google Maps.



Figura 26. Coordenadas Punto 3 (San Luis Shopping)

Las coordenadas del dispositivo celular para la ubicación actual de la prueba fueron -0.3083221 y -78.4499969 esta coordenada fue tomada dentro de un

lugar cerrado, la latitud y longitud obtenidas del dispositivo de GPS son -0.308 y -78.450, en la Figura 27, se evidencia que al introducir las mismas en la web de Google Maps proporcionan la misma ubicación que la del dispositivo celular.



**Figura 27.** Prueba de coordenada 3, en la web de Google Maps.

De las pruebas realizadas se obtuvo que el promedio actualización de coordenadas es de 10 ms, lo cual es correspondiente a la frecuencia de actualización que proporciona el fabricante de 10 HZ, la lectura que se realiza al encender por primera vez el dispositivo tarda en localizar una coordenada en promedio 15 minutos, esta disminuye si se encuentra en un lugar abierto, en la Tabla 17 se indican los valores resultantes después de las cuatro medidas en cada punto en comparación con los valores proporcionados en el dispositivo celular a través de la aplicación Google Maps.

**Tabla 17.** Coordenadas resultantes de los puntos de prueba en el sistema de ubicación

PUNTO	COORDENADAS DISPOSITIVOS		COORDENADAS GOOGLE MAPS	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
1	-0.331	-78.38	-0.3313289	-78.4376332
2	-0.326	-78.446	-0.32572	-78.4461
3	-0.308	-78.45	-0.3083221	-78.449969

### 3.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN REMOTA

#### Comunicación entre placa MEGA2560 y módulo WIFI

Para realizar el envío de datos adquiridos mediante la placa MEGA 2560 al módulo wifi NODEMCU ESP8266 se utilizó comunicación serial, en el siguiente apartado se indican dos pruebas de validación del puerto serie de la placa MEGA a la derecha y del dispositivo NODEMCU a la izquierda.

En la Figura 28, se observa la primera prueba de comunicación serial entre el dispositivo Mega2560 Robotdyn y Nodemcu.

```

22:29:21.458 -> Valores de los Sensores:
22:29:21.458 -> Temperatural: 20
22:29:21.500 -> Frecuencia: 68
22:29:21.500 -> LA: 1.111
22:29:21.500 -> LO: 1.111
22:29:21.500 -> E: 1
22:29:21.500 -> CAIDA: 1
22:29:21.500 -> leyendo
22:29:21.663 -> envio emergel
22:29:21.983 -> aceleacion total: 100

22:28:52.618 ->
22:28:52.618 -> load 0x4010f000, len 3584, room 16
22:28:52.618 -> tail 0
22:28:52.618 -> chksum 0xb0
22:28:52.618 -> csum 0xb0
22:28:52.618 -> v2843a5ac
22:28:52.618 -> ~ld
22:28:55.203 -> .Connected, IP address:
22:28:55.203 -> 192.168.100.15
22:29:21.458 -> temperatura20
22:29:21.500 -> frecuencia68
22:29:21.500 -> latil.11
22:29:21.500 -> longil.11
22:29:21.500 -> emergencias1
22:29:21.500 -> caidal
22:29:21.500 -> {"descripcion":"Prueba abril","temperatura":20,"fin
22:29:21.500 -> fin
22:29:21.500 -> [HTTP] POST...
22:29:21.823 -> [HTTP] POST... code: 200
22:29:21.823 -> {"message":"yes saved"}
22:29:21.823 ->

```

**Figura 28.** Primera prueba de comunicación serial

En esta se observa a la izquierda el texto “valores de los sensores”, se hace referencia a los datos que se transmitieron del dispositivo MEGA2560 y en la parte derecha de la imagen se presenta los valores que recibió el dispositivo NODEMCU, se evidencia que los tiempos son los mismos en las dos imágenes.

En la Figura 29, se visualiza la segunda prueba de comunicación serial entre la placa MEGA y el módulo WIFI NODEMCU.

COM6	COM5
15:01:37.334 -> Valores de los Sensores:	15:01:37.335 -> temperatura26
15:01:37.334 -> Temperatural: 26	15:01:37.335 -> frecuencia79
15:01:37.334 -> Frecuencia: 79	15:01:37.335 -> latil.11
15:01:37.334 -> LA: 1.111	15:01:37.335 -> longil.11
15:01:37.334 -> LO: 1.111	15:01:37.335 -> emergencias1
15:01:37.334 -> E: 1	15:01:37.335 -> caidal
15:01:37.334 -> CAIDA: 1	15:01:37.335 -> {"descripcion":"Prueba abril","temp
15:01:37.334 -> leyendo	15:01:37.335 -> fin
15:01:37.503 -> envio emergel	15:01:37.335 -> [HTTP] POST...
15:01:37.815 -> aceleacion total: 100	15:01:37.616 -> [HTTP] POST... code: 200
15:01:39.376 -> Dato guardado	15:01:37.616 -> {"message":"yes saved"}

**Figura 29.** Segunda prueba de comunicación serial

Esta prueba se realizó con el objetivo de verificar la integridad de los datos, en la parte izquierda se indican los valores adquiridos de los sensores y los módulos mediante la placa Mega 2560 y en la derecha los que se receiptan en

el módulo NODEMCU, se verificó que la integridad de los datos se mantiene, por ejemplo, se comprueba el valor de temperatura de 26 y de emergencia de 1, en los dos dispositivos.

### Comunicación Entre Módulo WIFI Y Servidor Web

Para la validación del monitoreo remoto, se realizaron 2000 peticiones como cliente HTTP mediante el módulo wifi perteneciente al dispositivo hacia la web server proporcionada, se buscó validar la comunicación satisfactoria y la integridad de los datos transmitidos.

En esta sección se indican tres pruebas realizadas para los tres casos diferentes donde se activa la petición de cliente HTTP del dispositivo a la web.

En la Figura 30, se muestra la primera prueba de comunicación con el web server. Dentro del rectángulo azul se visualiza la petición HTTP POST y se recibe el código 200 por parte del servidor, lo que indica una conexión satisfactoria y el mensaje “yes saved” es el resultado de que los tipos de datos coinciden con los que espera el web server y por ende pueden ser almacenados

```
2.917 ->
2.917 -> load 0x4010f000, len 3584, room 16
2.917 -> tail 0
2.917 -> chksum 0xb0
2.917 -> csum 0xb0
2.917 -> v2843a5ac
2.917 -> ~ld
4.964 -> .Connected, IP address:
4.964 -> 192.168.100.15
2.416 -> temperatura17
2.416 -> frecuencia01
2.453 -> lati-0.33
2.453 -> longi-78.44
2.453 -> emergencia1
2.453 -> caidal
2.453 -> {"descripcion":"Prueba abril","tempera
2.453 -> fin
2.453 -> [HTTP] POST...
2.896 -> [HTTP] POST... code: 200
2.896 -> {"message":"yes saved"}
2.896 ->
```

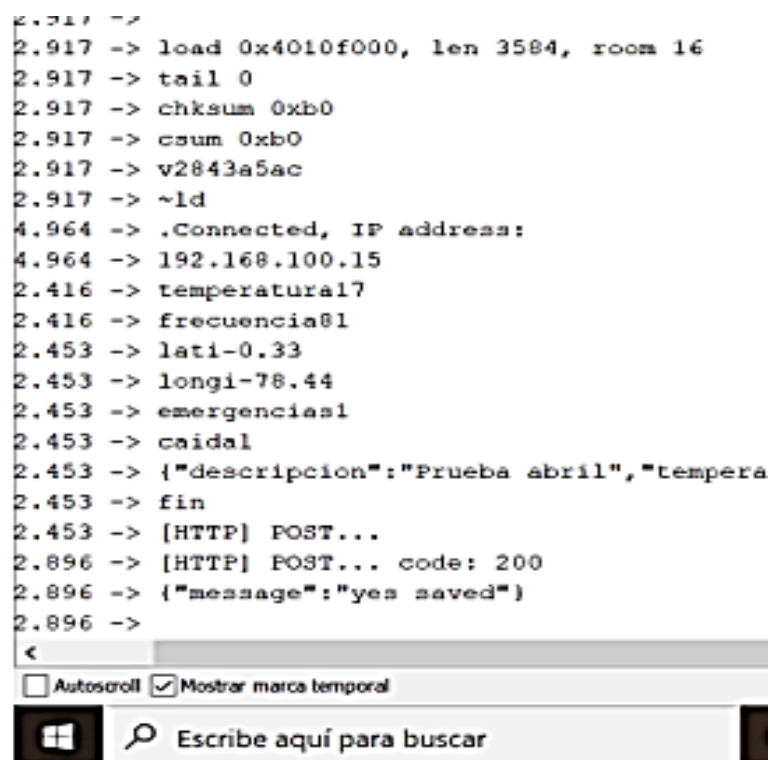


Figura 30. Envío por petición http, programado cada cierto tiempo

En la Figura 31, se aprecia el dato de la primera prueba almacenado en la dirección del web server, en esta se indica el dato empezando con las coordenadas de latitud y longitud.

Esta primera prueba se realizó el envío de forma automática cada 120 segundos, este valor puede ser modificado de acuerdo a lo que requiera el servicio de monitoreo remoto.

```

https://us-central1-precisionagric...
us-central1-precisionagriculture.cloudfunctions.net/iot/api/sensor/list
Aplicaciones Arduino - SD Tutorial Arduino y... Curso-Arduino-des... ARDUINO INTERFA...
41049   "ubicacion": {
41050     "lat": -0.331,
41051     "lng": -78.436
41052   },
41053   "_id": "609b115f0cfc077189689c0e",
41054   "descripcion": "Prueba abril",
41055   "temperatura": 17,
41056   "frecuenciaCardiaca": 81,
41057   "caidas": 1,
41058   "emergencia": 1,
41059   "createdAt": "2021-05-11T23:21:03.609Z",
41060   "updatedAt": "2021-05-11T23:21:03.609Z",
41061   "__v": 0
41062   },

```

**Figura 31.** Recepción de petición de cliente http a servidor web, programada cada cierto tiempo

En Figura 32, se realiza la segunda petición de cliente HTTP al servidor web. Esta prueba se realizó para probar el monitoreo remoto cuando se presenta una emergencia, la comunicación HTTP y la transferencia de datos se da de forma instantánea, cuando la emergencia se presenta, aun cuando no se hayan cumplido los tiempos de espera entre envíos de 120s.

```

COM5
18:44:51.590 -> ----- CUT HERE FOR EXCEPTION DECODER -----
18:44:51.590 ->
18:44:51.590 -> ets Jan  8 2013,rst cause:2, boot mode:(3,6)
18:44:51.590 ->
18:44:51.590 -> load 0x4010f000, len 3584, room 16
18:44:51.590 -> tail 0
18:44:51.590 -> chksum 0xb0
18:44:51.590 -> csum 0xb0
18:44:51.590 -> v2043a5ac
18:44:51.590 -> ~ld
18:44:54.659 -> .Connected, IP address:
18:44:54.659 -> 192.168.100.15
18:46:06.749 -> temperatura10
18:46:06.749 -> frecuencia64
18:46:06.749 -> lati-0.33
18:46:06.749 -> longi-78.44
18:46:06.749 -> emergencia1
18:46:06.749 -> caida911
18:46:06.749 -> {"descripcion":"Prueba abril","temperatura":10,"frecuenciaCardiaca":64,"caidas":911,"ubic
18:46:06.796 -> fin
18:46:06.796 -> [HTTP] POST...
18:46:07.027 -> [HTTP] POST... code: 200
18:46:07.027 -> {"mensaje":"yes saved"}
18:46:07.027 ->

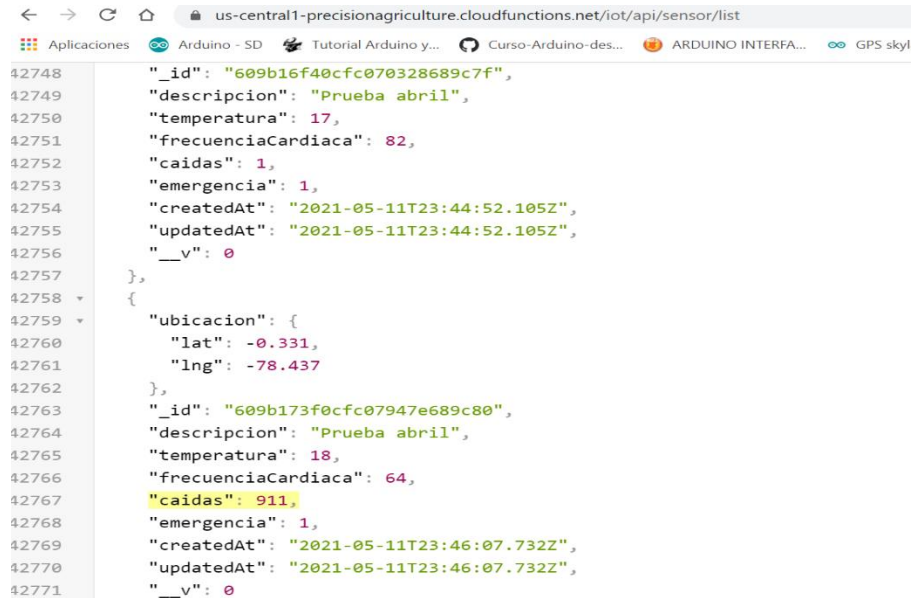
```

**Figura 32.** Envío por petición http, activado por emergencia de caída

En esta prueba se realizó un envío debido a que el sistema de alerta de caídas se activó, esto se presenta cuando se realiza un cambio de aceleración brusco y fue detectado por el módulo acelerómetro, por tal razón se observa el valor

en caídas que cambia de “1” (representa inactivo) a “911” que indica que el usuario ha sufrido una caída.

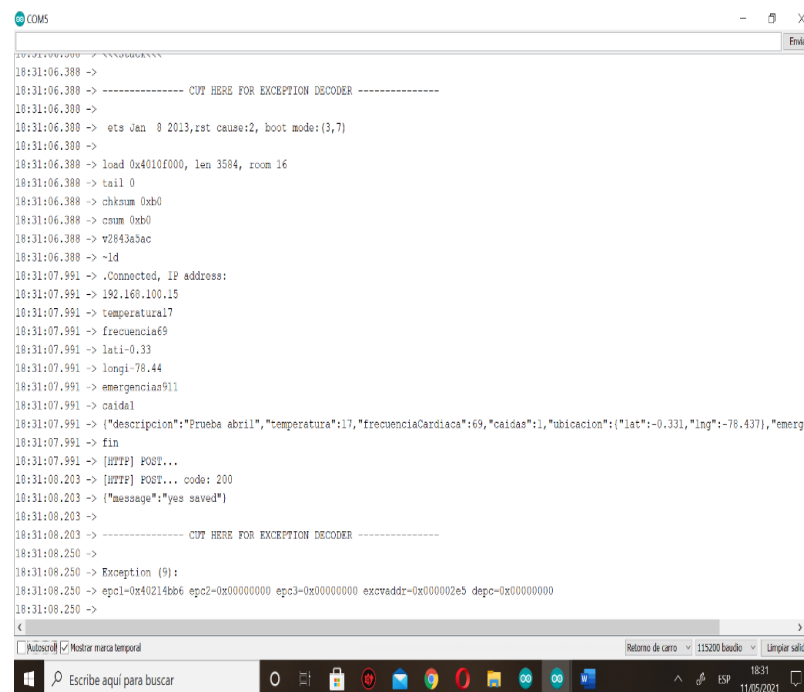
En la Figura 33, refleja el dato de alerta de emergencia activado subrayado de color amarillo.



```
us-central1-precisionagriculture.cloudfunctions.net/iot/api/sensor/list
Aplicaciones Arduino - SD Tutorial Arduino y... Curso-Arduino-des... ARDUINO INTERFA... GPS skyl
42748 {"_id": "609b16f40cfc070328689c7f",
42749 "descripcion": "Prueba abril",
42750 "temperatura": 17,
42751 "frecuenciaCardiaca": 82,
42752 "caidas": 1,
42753 "emergencia": 1,
42754 "createdAt": "2021-05-11T23:44:52.105Z",
42755 "updatedAt": "2021-05-11T23:44:52.105Z",
42756 "_v": 0
42757 },
42758 {
42759 "ubicacion": {
42760 "lat": -0.331,
42761 "lng": -78.437
42762 },
42763 "_id": "609b173f0cfc07947e689c80",
42764 "descripcion": "Prueba abril",
42765 "temperatura": 18,
42766 "frecuenciaCardiaca": 64,
42767 "caidas": 911,
42768 "emergencia": 1,
42769 "createdAt": "2021-05-11T23:46:07.732Z",
42770 "updatedAt": "2021-05-11T23:46:07.732Z",
42771 "_v": 0
```

Figura 33. Datos almacenados en Servidor Web en prueba de caída

En la Figura 34, se observa la segunda prueba de comunicación con el web server, activada por botón de emergencia.



```
COMS
18:31:06.388 ->
18:31:06.388 -> ----- CUT HERE FOR EXCEPTION DECODER -----
18:31:06.388 ->
18:31:06.388 -> ets Jan 8 2013, rst cause:2, boot mode:(3,7)
18:31:06.388 ->
18:31:06.388 -> load 0x40101000, len 3584, room 16
18:31:06.388 -> tail 0
18:31:06.388 -> chksum 0xb0
18:31:06.388 -> csum 0xb0
18:31:06.388 -> v2f43a3ac
18:31:06.388 -> -ld
18:31:07.991 -> ,Connected, IP address:
18:31:07.991 -> 192.168.100.15
18:31:07.991 -> temperatura17
18:31:07.991 -> frecuencia169
18:31:07.991 -> lati-0.33
18:31:07.991 -> longi-78.44
18:31:07.991 -> emergencia911
18:31:07.991 -> caida1
18:31:07.991 -> [{"descripcion":"Prueba abril","temperatura":17,"frecuenciaCardiaca":69,"caidas":1,"ubicacion":{"lat":-0.331,"lng":-78.437},"emerg
18:31:07.991 -> fin
18:31:07.991 -> [HTTP] POST...
18:31:08.203 -> [HTTP] POST... code: 200
18:31:08.203 -> {"message": "yes saved!"}
18:31:08.203 ->
18:31:08.203 -> ----- CUT HERE FOR EXCEPTION DECODER -----
18:31:08.250 ->
18:31:08.250 -> Exception (9):
18:31:08.250 -> epc1=0x40214bb6 epc2=0x00000000 epc3=0x00000000 excvaddr=0x000002a5 depc=0x00000000
18:31:08.250 ->
```

Figura 34. Recepción de cliente http a servidor web, activado por botón de emergencia

En esta prueba al igual que la anterior, se verificó que la comunicación HTTP y transferencia de datos se dio de forma instantánea cuando la emergencia

se presenta, aun cuando no se hayan cumplido los tiempos de espera, esto es porque el botón de emergencias se ha pulsado. El envío de datos se sigue realizando de forma continua hasta que el botón de emergencia se desactive, esto se lo observa en la Figura 35, donde se indican dos datos continuos iguales debido a que el botón no se ha desactivado y se observa el valor de emergencia “911” que indica que el botón sigue activo.

```

42875 "temperatura": 17,
42876 "frecuenciaCardiaca": 69,
42877 "caidas": 1,
42878 "emergencia": 911,
42879 "createdAt": "2021-05-11T23:31:06.984Z",
42880 "updatedAt": "2021-05-11T23:31:06.984Z",
42881 "_v": 0
42882 },
42883 {
42884 "ubicacion": {
42885 "lat": -0.331,
42886 "lng": -78.437
42887 },
42888 "_id": "609b13bc8cfc076ba4689c53",
42889 "descripcion": "Prueba abril",
42890 "temperatura": 17,
42891 "frecuenciaCardiaca": 69,
42892 "caidas": 1,
42893 "emergencia": 911,
42894 "createdAt": "2021-05-11T23:31:08.941Z",
42895 "updatedAt": "2021-05-11T23:31:08.941Z",
42896 "_v": 0
42897 }
42898 ]

```

Figura 35. Recepción de cliente http a servidor web, activado por botón de emergencia

### 3.1.4 SISTEMA DE ALERTAS DE EMERGENCIAS

#### Botón de Emergencias

En esta sección se verifica como el usuario visualiza en la pantalla que el botón de emergencia ha sido activado, en el apartado previo se verificó que el mismo al ser activado cambia el valor de la variable “emergencia” de 1 a 911 indicando al monitoreo remoto que se debe tomar una acción de ayuda.

En la Figura 36, se presenta la ventana de emergencias que se visualiza por defecto.



Figura 36. Menú de botón de emergencia desactivado

Al ingresar se visualizó el texto “desactivado” y el valor de la variable emergencias es de “1” tal como se verifico en el apartado de comunicación



serial y wifi, estos dos cambian al pulsar el botón “dualstate” con nombre “ACTIVAR” tal como se presenta en la Figura 37.



Figura 37. Menú de botón de emergencia activado

Se verifica que el mensaje ha cambiado a “ACTIVADO” y que el color del botón se ha vuelto verde, indicando la alerta de emergencia, el valor de la variable emergencia cambia a “911”, los datos de los valores que se encontraban leyéndose por el procesador MEGA de frecuencia, temperatura, ubicación, emergencias y caídas se enviaron en tiempo real al web server hasta que se presionó nuevamente el botan de “ACTIVAR” y se detuvo la emergencia.

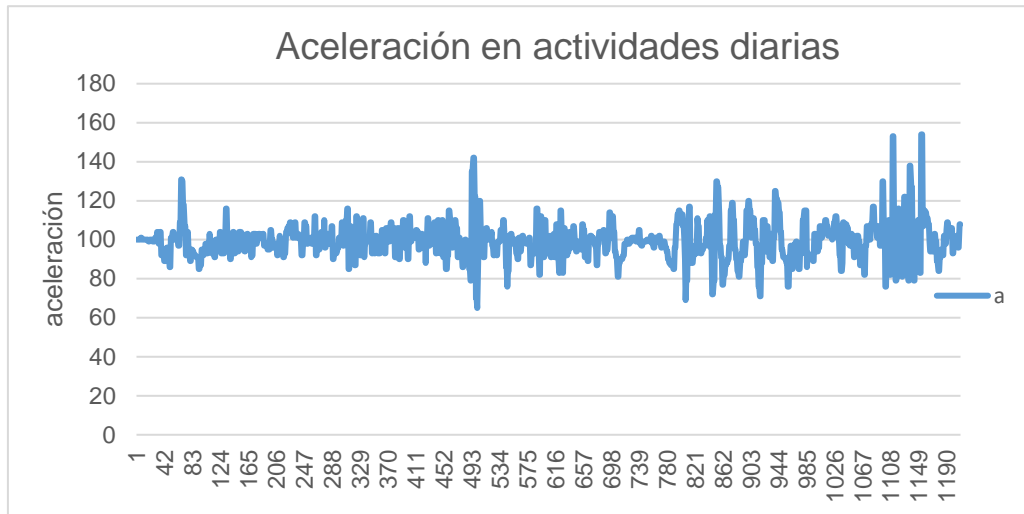
### Alerta de Caídas

Para detección de caídas se usa la aceleración total del dispositivo medida por medio del sensor giroscopio, esta aceleración total es obtenida a partir de las aceleraciones correspondientes a los ejes xyz, calculada mediante la Ecuación 7, para establecer un umbral de referencia fueron tomados datos de aceleración en distintos escenarios, por medio de esto se pudo referenciar los valores picos y a partir de estas establecer los rangos de aceleración correspondientes a caídas.

$$a_t = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad [7]$$

En la Figura 38 se registra los valores de 1160 muestras de aceleración total tomadas mientras el usuario usaba el dispositivo en la muñeca izquierda y

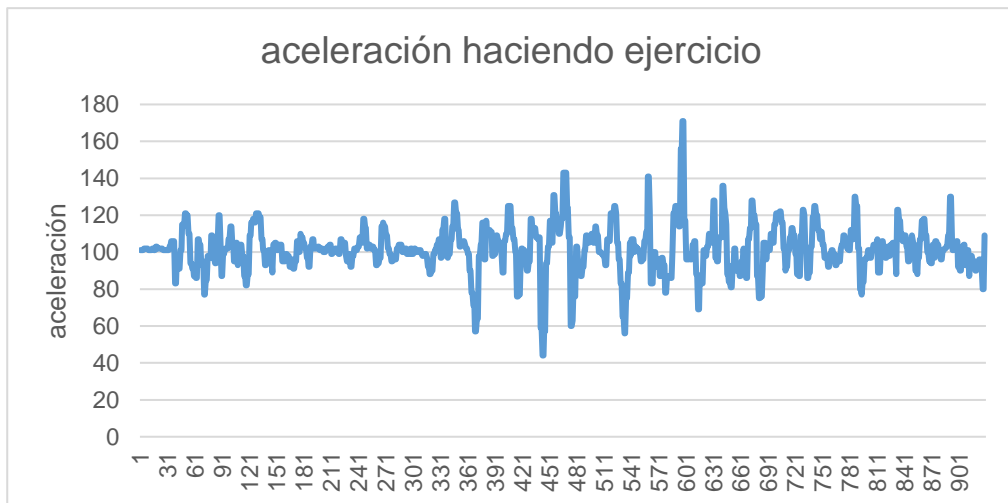
realizó actividades como caminar, cocinar, conducir, recostarse, levantarse, entre otras.



**Figura 38.** Aceleración total en actividades diarias

Se aprecia que el valor pico de aceleración está cerca de 160, por ende, se estableció que el umbral de aceleración total para actividades normales es de 60 a 160.

Un valor relevante que se requirió es el valor al realizar ejercicio ya que este podía ser similar o superar a los valores de aceleración total que se producen en una caída, en la Figura 39 se exhibe los valores de 919 muestras del usuario realizando ejercicio.



**Figura 39.** Aceleración total haciendo ejercicio.

Los datos adquiridos se obtuvieron realizando ejercicio de intensidad media a baja debido a que un adulto mayor en su mayor parte práctica este tipo de actividad, de los resultados se observa una variación más frecuente entre valores del caso anterior, y se determina que el rango de aceleración en actividad física varía de 40 a 180.

De acuerdo a lo detallado en los dos casos, se define que la aceleración total de referencia en un estado libre de caídas será de 0 a 180.

Las siguientes pruebas se realizaron con el fin de detectar picos de aceleración al momento de presentarse una caída, para ello se efectuó caídas hacia la derecha, izquierda, atrás, de frente y de rodillas, de estas las más frecuentes son de frente y rodillas.

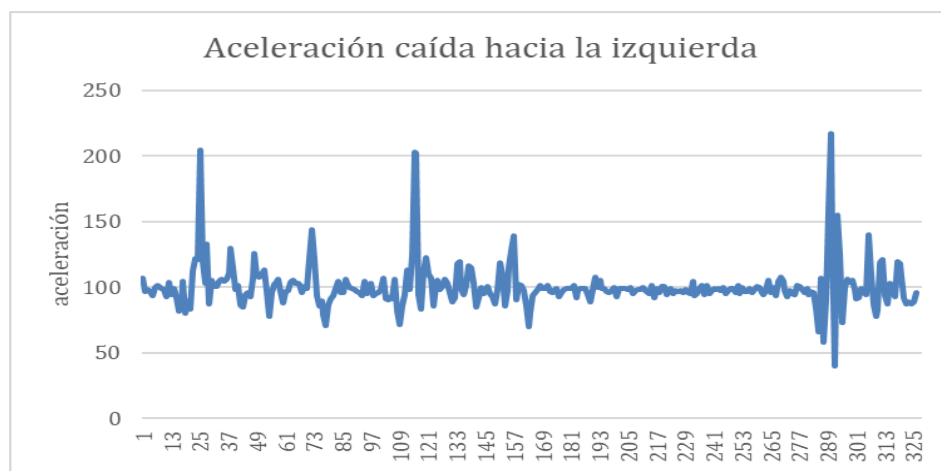
En la Figura 40, se indica datos de aceleración total para tres caídas hacia la derecha realizadas por el mismo sujeto, el dispositivo estuvo colocado en la muñeca izquierda, el acelerómetro se encuentra fijado en la placa de circuito electrónico.



**Figura 40.** Aceleración total de caídas hacia la derecha

En esta se evidenció tres picos que hacen referencia a los cambios de aceleración total en las tres caídas y los valores pico en los tres casos son mayores de 200.

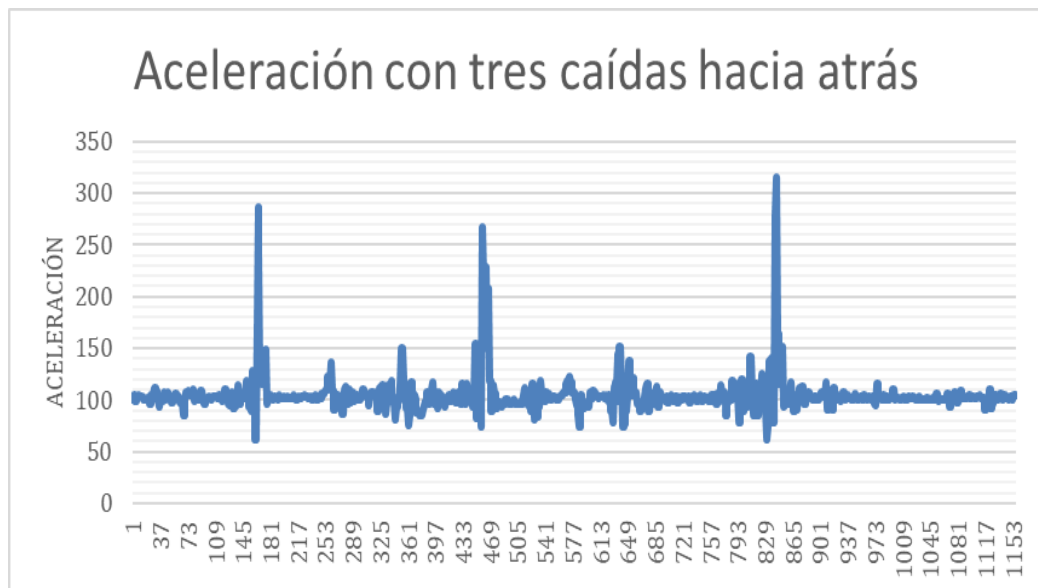
Para las caídas hacia la izquierda también se realizó tres caídas las cuales se indican en la Figura 41 en términos de aceleración total.



**Figura 41.** Aceleración total de caídas hacia la izquierda

Se obtuvieron tres picos de variación de aceleración evidentes, los cuales corresponde a las tres caídas y establecen un valor pico de 200 o mayor.

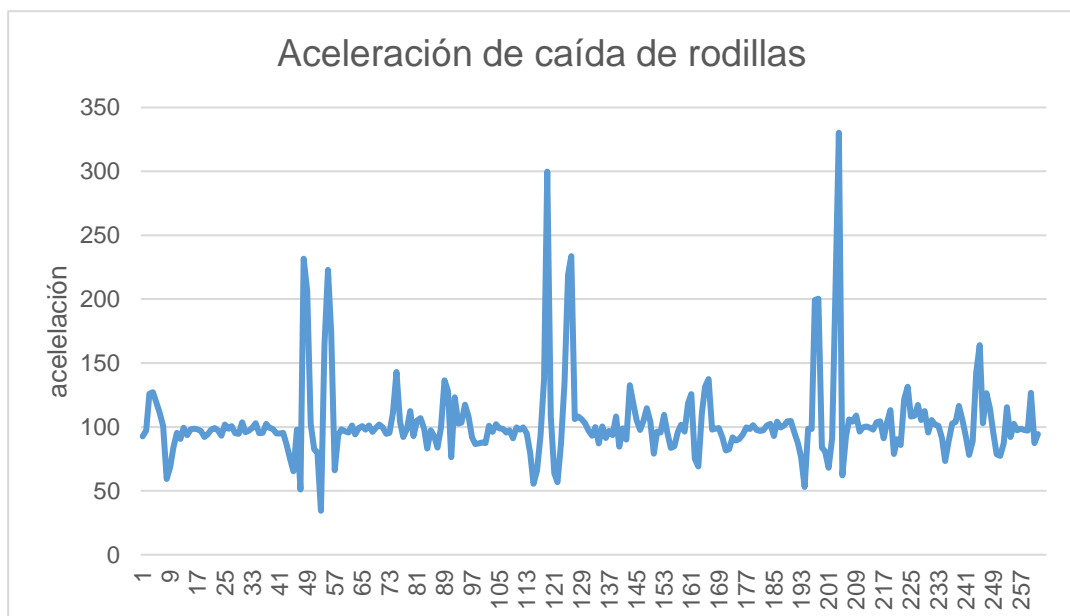
Para verificar las caídas hacia atrás se realizaron tres caídas desde una silla hacia atrás, en la Figura 42 se presentan los valores de aceleración total.



**Figura 42.** Aceleración total de caídas hacia atrás

Los tres picos de este escenario son mayores a las caídas previas estableciendo un rango de aceleración total pico de 250 a 300.

En las Figura 43, se presenta los resultados de pruebas de caídas de rodillas se efectuaron tres pruebas, de esto se evidenció que al igual que en los casos anteriores, al presentarse una caída la aceleración toma valores picos que van el rango de 50 a 300.



**Figura 43.** Aceleración total de caídas de rodillas

En las Figura 44 se detalla los datos de caídas hacia adelante, estas se realizaron tropezando hacia adelante colocando las manos para no chocar el

rostro con el suelo, se efectuaron tres pruebas, de esto se evidenció que al igual que en los casos anteriores, al presentarse una caída la aceleración toma valores picos que van el rango de 50 a 350.



**Figura 44.** Aceleración total en caídas hacia adelante

Por lo mismo se establece, para detectar que se produjo una caída se utilizaran valores de aceleración total mayores de 200, si se cumple esta condición se realiza el cambio de valor en la variable “caídas” de 1 a 911 con el fin de que el sistema remoto proporcione ayuda al usuario, lo cual se probó en el apartado de conexión con el web server de monitoreo remoto.

Se realizaron 20 pruebas con distintos tipos de caída y en todas se obtuvo un resultado de activación de la alarma satisfactoriamente tal como se indica en la Figura 45, donde se observa que el usuario sufrió una caída hacia adelante y en pantalla se muestra que se ha activado el sistema de alerta de caídas.



**Figura 45.** Prueba caída satisfactoria hacia adelante

En la parte derecha de la imagen se aprecia como mediante programación se detectó un valor de aceleración total mayor de 200 y esto activo una pantalla

emergente cuyo mensaje indica al usuario que la alerta de caída esta activada y ha sido enviado el mensaje de 911 al sistema de monitoreo remoto con el fin de que la emergencia sea atendida.

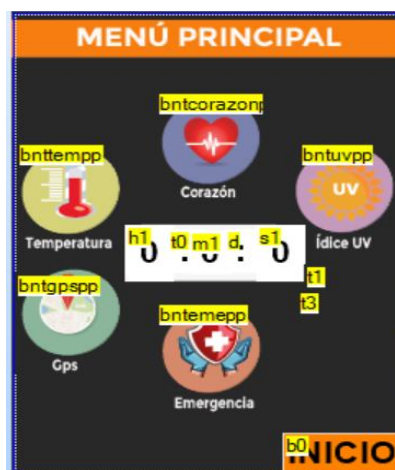
### 3.2 PRUEBAS DE INTERFAZ HMI

La interfaz consta de 7 ventanas para indicar la información al usuario, la página que se muestra en la Figura 46 es el menú de bienvenida o reposo con el que se encuentra el usuario al encender el dispositivo.



**Figura 46.** Página 0, menú de inicio interfaz prototipo de monitoreo y seguimiento de personas adultas mayores

En la ventana de la página 0 de bienvenida se encuentra el botón “bntimeup” el cuál al ser pulsado permite acceder al menú de selección que se aprecia en la Figura 47.

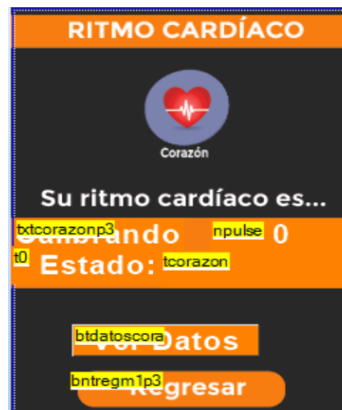


**Figura 47.** Página 1, menú de selección de interfaz prototipo de monitoreo y seguimiento de personas adultas mayores

En donde se visualiza la página 01 de la interfaz, la cual es el menú de selección, donde el usuario visualiza los botones “bntcorazonp”, “bntuvpp”, “bntemepp”, “bntgpspp”, “bnttemp”, los cuales acceden a las ventanas que

indican datos de frecuencia cardíaca, índice de radiación UV, activar el sistema de emergencias, localización GPS y temperatura, de forma correspondiente, adicionalmente se encuentra el botón “b0” el cual permite regresar a la página 0 o menú de inicio.

Al presionar el botón “bntcorazonp”, se abre la ventana de ritmo cardíaco la misma que indica en la Figura 48, donde se visualiza los datos de latidos por minuto.



**Figura 48.** Ventana de datos de frecuencia cardíaca

En esta se encuentran los botones “bntdatoscora” al presionar este botón se activa en la placa de control la salida de alimentación para el sensor de pulso SEN0203 y se muestra en dato de frecuencia cardíaca en el cuadro de texto de “npulse” y en “tcorazon” se evidencia un control de pulso, de acuerdo al rango programado se podrá visualizar si el usuario presenta un pulso normal, bradicardia o taquicardia y por último el botón “bntregm1p3” que permite regresar al menú de selección o página 1.

En el cual se puede seleccionar “bntuvpp”, que abre la venta de la Figura 49, el mismo que corresponde a la ventana de datos de índice de radiación UV.



**Figura 49.** Ventana de datos de índice de radiación

El menú de luz UV se visualiza el índice de radiación UV al que se encuentra expuesto el usuario, el mismo que presenta en el cuadro de texto “n2” dependiendo del valor que se obtenga, en el cuadro de texto “trad” se muestra

un rango de advertencia del riesgo, mismo que puede ir de bajo, moderado, medio y alto. Por último, al presionar el botón “bntregm1p4” se cierra este menú y se regresa al menú de selección. Al presionar el botón “bntemep”, se presenta la ventana que se indica en la Figura 50, que corresponde al menú de activación de emergencias.

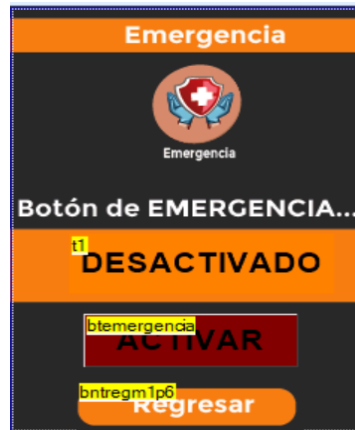


Figura 50. Ventana de Emergencia

La finalidad de este menú es que al presionar el botón dualstate “btemergencia” se envíe una alerta de emergencia al sistema de monitoreo remoto a la vez que se refleja en pantalla en el cuadro de texto “t1” el texto “ACTIVADO”, para desactivar la alerta de emergencia únicamente se requiere presionar el botón “btemergencia”, si se quiere regresar al menú de selección se presiona el botón “bntregm1p6” y esta muestra dicho menú.

Para visualizar los datos de ubicación proporcionados por el GPS, se presiona el botón “bntgpsp” y se muestra la ventana de la Figura 51, que es la ventana de localización.

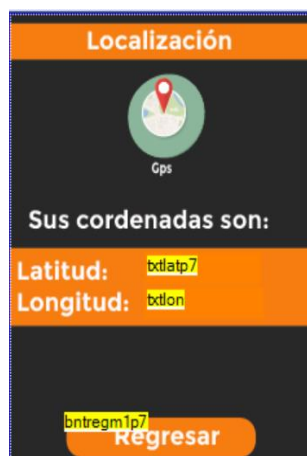


Figura 51. Ventana de localización.

En esta página se visualiza los datos de coordenadas en latitud en el cuadro de texto “txtlatp7” y longitud en el espacio “txtlon” y al presionar el botón “bntregm1p7” se observa el menú de selección.



Al encontrarse en el menú de selección, si se presiona el botón “bnttemp”, que indica la Figura 52 que corresponde a la temperatura dérmica del usuario.

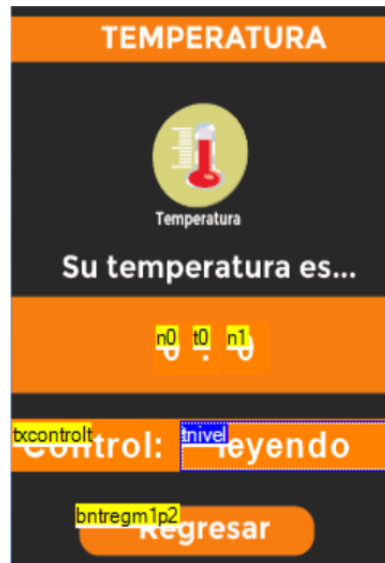


Figura 52. Ventana de Temperatura

Se visualiza el valor de temperatura en grados centígrados, la parte entera del valor se indica en el cuadro de número “n0” y los valores decimales en “n1” y al presionar el botón “bntregm1p2” se aprecia el menú de selección.

Por último, en el caso de que los valores de aceleración a los que se encuentra sometido el usuario detecten una caída, se despliega la alerta de caídas que se muestra en la Figura 53 esto indica al usuario que se ha activado la alerta de emergencia y se ha enviado al sistema de monitoreo remoto.



Figura 53. Ventana de alerta de caídas

Si el usuario observa esta pantalla entonces se ha enviado al sistema de monitoreo remoto una alerta de caída, si se desea regresar al menú de selección se debe presionar el botón “b0”.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema mecatrónico tipo manilla, el cual cuenta con sensores infrarrojo SEN0203, termistor NTC, luz UV, acelerómetro y módulos GPS, RTC, WIFI y microcontrolador para adquirir datos del usuario y enviar a un servidor web, adicional cuenta con una interfaz HMI para monitoreo de emergencias.
- Para validar las lecturas del sensor infrarrojo se compararon las lecturas del dispositivo con un oxímetro de dedo médico comercial, se realizaron 150 muestras las mismas que dieron un error medio del 1.65%.
- En el caso de la temperatura, se comparó la medida de el sensor NTC con un dispositivo de temperatura Infrarrojo comercial, para ellos se realizaron 100 mediciones y el error medio de lectura fue de 1.43%.
- Con el fin de verificar el sistema de ubicación del dispositivo se escogieron tres puntos de referencia, en cada punto se realizaron cuatro pruebas, y las mismas coinciden con el sistema Google Maps.
- En cuanto al sistema de caídas y emergencias, se realizaron 20 pruebas de caídas en cuatro direcciones y se verificó que la alarma de caídas se active exitosamente en cada caso y que no se presenten falsos positivos.
- El dispositivo cuenta con un sistema de comunicación con el usuario por medio de una interfaz HMI, en la que se visualiza los datos adquiridos.
- Se implementó la comunicación de la manilla con dispositivos externos. El microcontrolador establece una comunicación serial con el módulo WIFI y este envía una trama de los datos adquiridos al servidor web. Se realizaron 2000 pruebas y se comprobó la comunicación en tiempo real e integridad de los datos.

## RECOMENDACIONES

- Con el fin de reducir el tamaño del dispositivo se recomienda usar una pantalla tipo OLED de 0.96 pulgadas y tiene un peso de 5g.
- Para conseguir una mayor autonomía del dispositivo se recomienda usar una batería de tres celdas de Ion Litio, con el fin de evitar el uso del módulo conversor DC elevador de voltaje.
- Se recomienda incluir un sensor de temperatura que se extienda a las axilas para medir la temperatura corporal.
- Para futuras investigaciones se debería implementar una aplicación móvil que permita visualizar los datos almacenados en el servidor web.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAFRUIT. (2014). *Adafruit.com*. Obtenido de <https://www.adafruit.com/product/1059>
- Adafruit Industries. (2012). Obtenido de <https://learn.adafruit.com/flora-wearable-gps/overview>
- Alcoser, J. (2017). *Desarrollo De Un Wearable De Monitoreo Y Detección De Anomalías En La Señal Cardíaca A Través De La Comparación De Una Señal Ecg Y La Utilización De Tecnología Bluetooth Y Plataformas De Software Y Hardware Libre Para El Cuidado De La Salud Cardiovascular*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6894/1/04%20RED%20159%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Angulo Duato, A. C. (2015). *Diseño e implementación de un pulsómetro digital basado en fotoplestismografía*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/49716>
- Apple. (s.f.). *Apple Watch SE. Apple (América Latina)*. Obtenido de <https://www.apple.com/la/apple-watch-se/>
- Arduino.cc. (2020). *Arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- Arrieta, Á., & Canto, E. (2017 de 09 de 12). *Oxímetro de pulso con pletismografía por reflexión implementando el módulo MAX30100 mediante procesamiento digital con interfaz gráfica | Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*. 419-422. D.F: Sitio Web del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Obtenido de <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/313>
- Cabrera Morales, C., & López-Nevot, M. (09 de 2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 27, 25-36. doi:10.4321/s0378-48352006000700003
- Cardona, J., Gutiérrez, G., Romero, M., Rico, F., Duarte, S., & Ramírez, G. (16 de 05 de 2016). Diseño e implementación de un oxímetro de pulso con Labview y la NI MyDAQ. *Cultura Científica Y Tecnológica*, (55), págs. 1-14. Obtenido de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1060>
- Dallas Semiconductor. (2005). *alldatasheet.com*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/112132/DALLAS/DS3231.html>

- DFROBOT. (2013). *DFROBOT.COM*. Obtenido de [https://wiki.dfrobot.com/Heart\\_Rate\\_Sensor\\_SKU\\_\\_SEN0203#target\\_0](https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_Sensor_SKU__SEN0203#target_0)
- DFROBOT. (2016). *wiki.dfrobot*. Obtenido de [https://wiki.dfrobot.com/Heart\\_Rate\\_Sensor\\_SKU\\_\\_SEN0203#More](https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_Sensor_SKU__SEN0203#More)
- Digchip.com. (s.f.). *Digchip: base de datos sobre componentes electrónicos*. Obtenido de <https://www.digchip.com/datasheets/>
- Enamamu, T., Otebolaku, A., Joy, D., & Marchang, J. (2020). Continuous m-Health Monitoring and Patient Verification Using Bioelectrical Signals. *Preprints 2020*.
- Folkes, K., Foy, J., Morgan, B., & Thelemaque, N. (2017). *Bioelectric Smartwatch*.
- Hernández, L. (s.f.). *ProgramarFacil.com*. Obtenido de <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>
- Hernández, R., Jiménez, B., & González, R. (13 de 06 de 2016). *Desarrollo de un sistema de detección de caídas*. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/38704/1/MemoriaTFG.pdf>
- Hoilett, O., Twibell, A., Srivastava, R., & Linnes, J. (2018). Kick LL: A Smartwatch for Monitoring Respiration and Heart Rate using Photoplethysmography. *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (págs. 3821-3824). doi:10.1109/EMBC.2018.8513356
- IEEE. (2008). *1625-2008 - Estándar IEEE para baterías recargables para dispositivos informáticos móviles multicelulares*. IEEE. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/5982066>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2009). *ECUADOR - Encuesta de Salud, Bienestar y Envejecimiento*. Obtenido de <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/292>
- ITEAD.CC. (2015). *ITEAD.CC*. Obtenido de <https://www.itead.cc/nextion-nx3224t024.html>
- LAPIS Semiconductor Co., Ltd. (08 de 03 de 2013). Obtenido de <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1188772/LAPIS/ML8511/1>
- Lauro, G. D. (2015). *Desarrollo de un Pletismógrafo con opción de oxímetro de pulso*. Obtenido de <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/333>

Medical Guardian, LLP. (s.f.). *Freedom Guardian - medical alert*. Obtenido de <https://www.medicalguardian.com/medical-alert-systems/smart-watch-alert-app>

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2013). *Ciudadanía Activa y Envejecimiento Positivo*. Quito. Obtenido de <https://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Pol%C3%ADtica-P%C3%ABblica.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2020). doi:<https://doi.org/10.37774/9789275323052>

Peñañiel, F. (01 de 2015). *Equipo Biomédico De Ayuda A Pacientes Diabéticos*. Obtenido de Repositorio UTE: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5798/1/59759\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5798/1/59759_1.pdf)

Redrován, H., & Andrade, J. (02 de 2016). *Diseño e implementación de un sistema de detección y notificación de caídas en personar de tercera edad*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11805/1/UPS-CT005580.pdf>

Robotdyn. (21 de 04 de 2017). *RobotDyn. Inc.* Obtenido de <https://robotdyn.com/mega-2560-pro-embed-ch340g-atmega2560-16au.html>

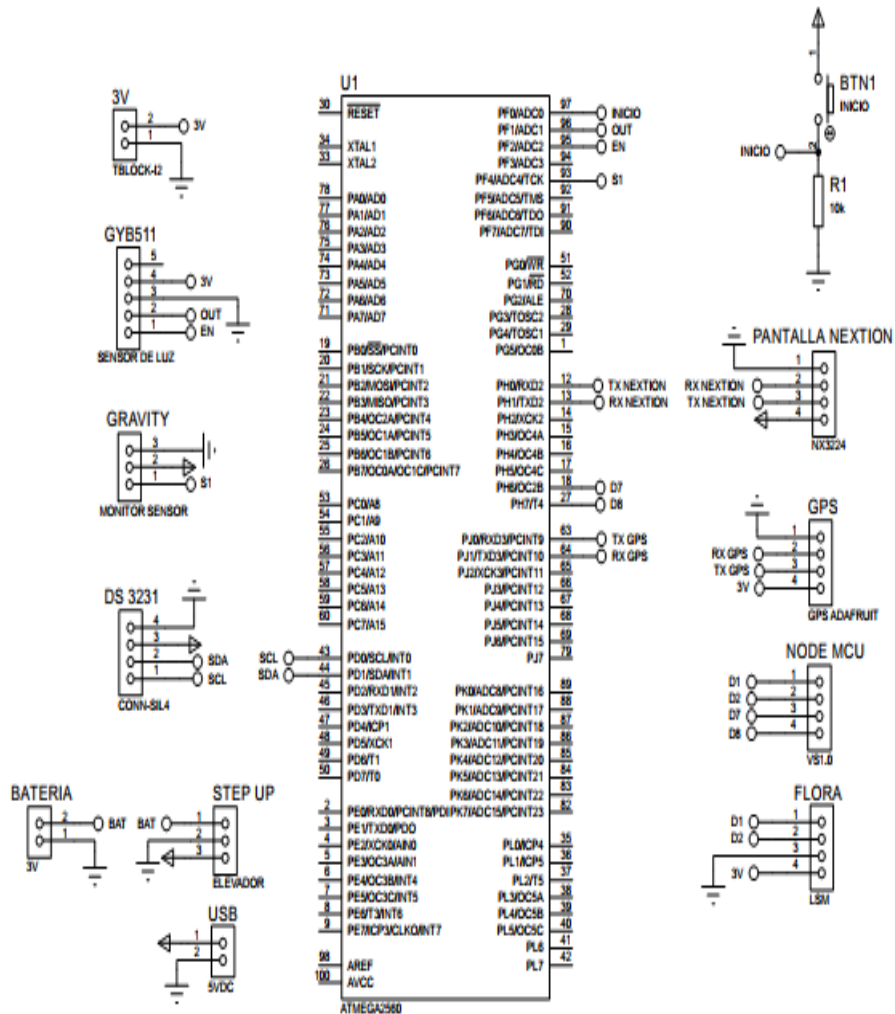
Weenect . (s.f.). *Weenect Localizadores GPS para la familia*. Obtenido de <https://www.weenect.com/es/teleasistencia-movil-personas-mayores/weenect-silver/>

**ANEXOS**



# ANEXO 1

## DIAGRAMA ELECTRÓNICO



## ANEXO 2

# CARTA DE AVAL DE LA EMPRESA



### CARTA DE CONFORMIDAD DE LA EMPRESA

Yo, OSWALDO XAVIER LARREA AGUILAR con cédula de identidad N.- 1718161191 en calidad de Jefe de Tecnologías de la información y comunicación de la empresa BIODIMED SA certifico que la Srta. JOSELINE CARINA NARANJO QUEZDA, realizó su trabajo de titulación con el tema "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MANILLA INTELIGENTE PARA MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LOS ADULTOS MAYORES por interés, y basada en los requerimientos de la empresa. Los resultados satisfactorios del trabajo se entregaron el día 19-01-2021

f. 

OSWALDO XAVIER LARREA AGUILAR

1718161191

Quito: PBX: (02) 382 3500 Guayaquil: PBX: (04) 372 7100 El Coca: PBX: (06) 306 8717



1800 07 07 07



099 438 5317



[www.biodimed.com](http://www.biodimed.com)



APP BIODIMED

MEDICINA  
INTEGRAL CON  
RESULTADOS  
CONFIABLES

## ANEXOS 3

### Programa correspondiente a Arduino mega 2560 en Ide de Arduino

```
//intento con pulso librería de dfrobot
//librerías necesarias para el funcionamiento del programa
//librería matematica f
#include <math.h>
//libreria pantalla nextion
#include "Nextion.h"
#include <Wire.h>
//libreria rels rtc
#include "Sodaq_DS3231.h"
//libreria simulación serial
#include <SoftwareSerial.h>
//libreria gps
#include <TinyGPS.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_LSM303.h>

Adafruit_LSM303 lsm.

#define PIN_GUVAS12SD A8 // Pin al que se conecta el módulo con el
UVM30A
#define ESPERA_ENTRE_LECTURAS 100 // Leer cada 100 ms
#define ESPERA_ENTRE_PRESENTACIONES 10000 // Mostrar el índice cada
30 s
#define CANTIDAD_INDICES_UV 11
//objeto tipo gps
TinyGPS gps;
//objeto comunicación serial con chip nodemcu vs1.0
SoftwareSerial espSerial (11,9);

//declaración de los objetos tipo page para pantalla nextión

NexPage p0 = NexPage(0,0,"page0").
NexPage p1 = NexPage(1,0,"page1").
NexPage p2 = NexPage(2,0,"page2").
NexPage p3 = NexPage(3,0,"page3").
NexPage p4 = NexPage(4,0,"page4").
NexPage p5 = NexPage(5,0,"page5").
NexPage p6 = NexPage(6,0,"page6").
NexPage p7 = NexPage(7,0,"page7").

//declaración de los objetos tipo Text para pantalla nextion

NexText p1_t0 = NexText(1,8,"txtrelojp1").
NexText p2_t0 = NexText(1,2,"txttemp2").
NexText p2_t1 = NexText(2,6,"tnivel").
NexText p4_t0 = NexText(4,3,"trad").
NexText p3_t0= NexText(3,2,"txtcorazonp3").
NexText p3_t1= NexText(3,5,"tcorazon").
NexText p6_t1= NexText(6,2,"t1").
NexText p7_t0 = NexText(7,2,"txtlatp7").
NexText p7_t1 = NexText(7,3,"txtlon").

//declaración de los objetos tipo Number para pantalla nextion
NexNumber p1_h1 = NexNumber(1,9,"h1").
NexNumber p1_m1 = NexNumber(1,11,"m1").
```

```

NexNumber p1_s1 = NexNumber(1,13,"s1").
NexNumber p2_n0 = NexNumber(2,3,"n0").
NexNumber p2_n1 = NexNumber(2,5,"n1").
NexNumber p4_n2 = NexNumber(4,2,"n2").
NexNumber p3_n0 = NexNumber(3,3,"npulse").

//declaración de los objetos tipo button para pantalla nextion
NexButton p1_b1= NexButton(1,2,"bnttemp").

//declaración de los objetos tipo dsbutton para pantalla nextion
NexDSButton p6_b0=NexDSButton(6,3,"btemergencia").
NexDSButton p3_b0=NexDSButton(3,6,"btdatoscora").
//variables usadas en la programación
//variables programa de temperatura NTC 10K
double grado.
double temperatura.
double analogtemperatura.
int tem1.
int tem2;
// Declaración pines de entrada y salida gym18511 indice uv
unsigned int lectura_sensor;
unsigned int contador_lecturas=1;
float total_lecturas=0.0;
float media_lecturas;
byte indice;
long cronometro_lecturas;
long cronometro_presentaciones;
long tiempo_transcurrido;

//variables para transmisión de datis de arduino mega por nodemcu
char datos [10];
int posicion=0;
String EnviaraEsp="",
T1="",T2="",F="",LA="",DatosFromEsp,LO="",E="",C="";
unsigned long Tiempo_Tx, Tiempo_Tx0;
unsigned int contador_lecturas1=1;
long fenvio=0, laenvio=0.1,loenvio=0.1,eenvio=0;
volatile int tenvio1=0, tenvio2=0,caida=1;
float total_lecturas1=0.0.
//Botones dual state
volatile int emergencia=1;//variables de lectura de emergencia
uint32_t dual_state, estado;

//variables sensor de pulso SEN0203 DFROBOT
int pulsomedia=0, mediapulso=0;
int sensor_pin = 6.
int led_pin = 13.
volatile int heart_rate.
volatile int analog_data.
volatile int time_between_beats = 600.
volatile boolean pulse_signal = false.
volatile int beat [10]; //heartbeat values will be sotred in
this array
volatile int peak_value = 511.5.
volatile int trough_value = 511.5;
volatile int thresh = 511.5;
volatile int amplitude = 100;
volatile boolean first_heartpulse = true;
volatile boolean second_heartpulse = false;

```

```

volatile unsigned long samplecounter = 0;    //This counter will tell
us the pulse timing
volatile unsigned long lastBeatTime = 0;
unsigned long tiempo1=0;
unsigned long tiempo2=0;
const int pulsein = 48;
//VARIABLES para guardar la latitud y longitud del gps
float latiguard=0, longguard=0;
// variables para conversion de latitud y longitud
char conlat[10];
char conlong[10];
//listado de variables que van a responder al toque de la pantalla
nextion
NexTouch * nex_listen_list [] = {
    & p3, & p5,
    & p3_b0, & p6_b0, NULL
};

//int aceleraciontotal=0; acelerometro
int aceleraciontotal=0;
//ciclo setup arduino se ejecuta al iniciar el programa una vez

void setup() {
    pinMode(pulsein, OUTPUT);
    //iniciar librerias
    Wire.begin();

    lsm.begin();
    rtc.begin();
    nexInit();
    //iniciar puertos seriales de comunicación
    espSerial.begin(9600); //iniciar com con arduino y nodemcu
    Serial3.begin(9600); //comunicación serial con gps
    Serial.begin(115200); // comunicación serial computador
    p6_b0.setValue(0);
    p3_b0.setValue(0);
    interruptSetup();
    digitalWrite(pulsein, LOW);
    tiempo1=millis();
    lectura_sensor=analogRead(PIN_GUVAS12SD); // La primera lectura es
    incorrecta (normalmente cero)
    cronometro_lecturas=millis(); // Esperar un ciclo de lectura para
    estabilizar el sensor y la entrada analógica
    cronometro_presentaciones=millis();
}

//programa de repetición continua arduino
void loop() {
    Serial.println("leyendo");
    unsigned char rateValue;
    //listado de componentes a recibir de la pantalla
    nexLoop(nex_listen_list);
    //llamada a funcion de boton emergencia
    encendido();
    eenvio=emergencia;
    Serial.println("envio emerge" +String(eenvio));
    // funciones de lectura de tiempo para el módulo de reloj en
    tiempo real
    DateTime now = rtc.now();
    // impresion de reloj en tiempo real en pantalla nextion
    p1_h1.setValue(now.hour());
}

```

```

    p1_m1.setValue(now.minute());
    p1_s1.setValue(now.second());
    //guardado de datos en variables para envio
    lsm.read();
    aceleraciontotal
    =sqrt(pow(((int)lsm.accelData.x/160),2)+pow(((int)lsm.accelData.y/16
0),2)+pow(((int)lsm.accelData.z/160),2));
    Serial.print("aceleacion total: ");
    Serial.println(aceleraciontotal);
    //elvalor real es 200
    if(aceleraciontotal>200){

        caida=911;
        TransmitirDatos();
        p5.show();
        p6_b0.setValue(0);
    }
    else{
        caida=1;}

    grado=Termistor();
    tenviol=(int)grado;
    tem1=(int)grado;
    tem2= int(abs((grado-tem1)*100));
    p2_n0.setValue(tem1);
    p2_n1.setValue(tem2);
    //llamado a funcion de temperatura
    if( grado>32.5){
        p2_t1.setText("Fiebre");
    }else{
        if(grado<29.5){
            p2_t1.setText("Hipotermia");
        }
        else{
            p2_t1.setText("Normal");
        }
    }
    p3_b0.getValue(&estado);
    tiempo2=millis();
    if(tiempo2>(tiempo1+2650)){
        tiempo1=millis();
        Serial.print("BPM: ");
        Serial.println(heart_rate);

        if(estado){
            p6_b0.setValue(0);

            digitalWrite(pulsein, HIGH);
            Serial.println("IMPRESO BPM" +String(heart_rate));
            if(heart_rate>49 && heart_rate<160){

                pulsosmedia=heart_rate;
                fenvio=heart_rate;
                Serial.println("pulso media" + String(pulsosmedia));
            }
            p3_n0.setValue(heart_rate);
            if(heart_rate>49 && heart_rate<60){

```

```

Serial.println("bicardia");
p3_t1.setText("Bicardia");
}
else{
  if(heart_rate>61 && heart_rate<101){
    Serial.println("normal");
    p3_t1.setText("normal");
  }
  else{
    if(heart_rate>101){
      Serial.println("taquicardia");
      p3_t1.setText("taquicardia");
    }
  }
}
}
}
else{ estado=0;

if(estado==0){
  digitalWrite(pulsein, LOW);
  mediapulso= pulsomedia;
  fenvio=heart_rate;
  Serial.println("media pulso"+ String(mediapulso));

  p3_n0.setValue(mediapulso);
}
}}
tiempo_transcurrido=millis()-cronometro_lecturas;
if(tiempo_transcurrido>ESPERA_ENTRE_LLECTURAS)
{
  cronometro_lecturas=millis();
  lectura_sensor=analogRead(PIN_GUVAS12SD);
  total_lecturas+=lectura_sensor;
  media_lecturas=total_lecturas/contador_lecturas++;
}
tiempo_transcurrido=millis()-cronometro_presentaciones;
if(tiempo_transcurrido>ESPERA_ENTRE_PRESENTACIONES)
{
  if(media_lecturas>=0&&media_lecturas<10){indice=0;
p4_n2.setValue(indice); p4_t0.setText("BAJO");}else{
  if(media_lecturas>=10&&media_lecturas<46){indice=1;p4_n2.setVal
ue(indice); p4_t0.setText("BAJO");}else{
    if(media_lecturas>=46&&media_lecturas<65){indice=2;
p4_n2.setValue(indice); p4_t0.setText("BAJO");}else{
      if(media_lecturas>=65&&media_lecturas<83){indice=3;p4_n2.se
tValue(indice); p4_t0.setText("MODERADO");}else{
        if(media_lecturas>=83&&media_lecturas<103){indice=4;p4_n2
.setValue(indice);p4_t0.setText("MODERADO");}else{
          if(media_lecturas>=103&&media_lecturas<124){indice=5;p4
_n2.setValue(indice);p4_t0.setText("MODERADO");}else{
            if(media_lecturas>=124&&media_lecturas<142){indice=6;
p4_n2.setValue(indice);p4_t0.setText("ALTO");}else{
              if(media_lecturas>=142&&media_lecturas<162){indice=
7;p4_n2.setValue(indice);p4_t0.setText("ALTO");}else{
                if(media_lecturas>=162&&media_lecturas<180){indic
e=8;p4_n2.setValue(indice);p4_t0.setText(" MUY ALTO");}else{
                  if(media_lecturas>=180&&media_lecturas<200){ind
ice=9;p4_n2.setValue(indice);p4_t0.setText(" MUY ALTO");}else{

```





```

        Serial.print(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon,
6);
        longguard=flon;
        loenvio=flon;
        conlong[10];
        dtostrf(flon,7,3,conlong);
        p7_t1.setText(conlong);
    }
    //en el caso de no percibir un dato de gps enviar el dato guardado
    else{
        Serial.println("Dato guardado");
        Serial.print("LATitud=");
        Serial.print( latiguard);
        laenvio=latiguard;
        if(latiguard==0){
            latiguard=1.111;
        }
        conlat[10];
        dtostrf(latiguard,7,3,conlat);
        p7_t0.setText(conlat);
        Serial.print(" LONGitud=");
        Serial.print(longguard);
        loenvio=longguard;
        if(longguard==0){
            longguard=1.111;
        }
        conlong[10];
        dtostrf(longguard,7,3,conlong); //conversion de datos a cadena
de caracteres
        p7_t1.setText(conlong);

    }

    //llamada de funcion de transmitir de datos
    if((millis()-Tiempo_Tx)>120000){

        p3.show();//Transmision cada cierto intervalo de tiempo
        if((millis()-Tiempo_Tx)>80000)
        TransmitirDatos();

        Tiempo_Tx=millis();}
    }
    //funciones
    //funcion ntc para conversion de lectura a temp
    double Termistor(){
        //lectura de sensor ntc 10k
        analogtemperatura=analogRead(A0);
        // conversion de lectura
        temperatura= log(((10230000 / analogtemperatura) - 10000));
        //temperatura= log(((7430000 / analogtemperatura) - 10000));
        temperatura = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 *
temperatura * temperatura )) * temperatura );
        temperatura = temperatura - 273.15;
        // tiempo de retraso
        // retorno de la variable que contiene el valor de la lectura de
ntc en grados centigrados
        return temperatura;
    }

    // funcion de indice de radiacion uv

```

```

//función para transmitir datos de mega a nodemcu
void TransmitirDatos(){

if(fenvio==0){
  fenvio=10;
}
  //Conversión de variables de temperatura, frecuencia, latitud,
longitud y emergencia a string para poder enviarlas en forma de
cadena
  T1=String(tenvio1,DEC);
  F=String(fenvio,DEC);
  LA=conlat;
  LO=conlong;
  E=String(eenvio,DEC);
  C=String(caida,DEC);
  //envio de cadena string por espserial
  EnviaraEsp=T1+";"+F+";"+conlat+";"+conlong+";"+E+";"+C;
  espSerial.println(EnviaraEsp);
  // impresion en puerto serial de la cadena
  Serial.println(EnviaraEsp);
  Serial.println("Valores de los Sensores: ");
  Serial.println("Temperatural: "+T1);
  Serial.println("Frecuencia: "+F);
  Serial.println("LA: "+LA);
  Serial.println("LO: "+LO);
  Serial.println("E: "+E);

  Serial.println("CAIDA: "+C);}

//funcion de activacion de emergencia por boton
void encendido(){
  p6_b0.getValue(&dual_state);
  // si se encuentra activado el boton b0 y pagina 6 se encuentra
activado se envia el valor de uno
  if(dual_state){
    p3_b0.setValue(0);
    p6_t1.setText("ACTIVADO");
    emergencia=911;
    // llamamos a la función de enviar de datos
    TransmitirDatos();
  }
  else{
    dual_state=0;
    emergencia=1;
    p6_t1.setText("DESACTIVADO");
  }
}

void interruptSetup(){
TCCR2A = 0x02; // This will disable the PWM on pin 3 and 11
OCR2A = 0x7C; // This will set the top of count to 124 for the
500Hz sample rate
TCCR2B = 0x06; // DON'T FORCE COMPARE, 256 PRESCALER
TIMSK2 = 0x02; // This will enable interrupt on match between OCR2A
and Timer
sei(); // This will make sure that the global interrupts
are enable
}
ISR(TIMER2_COMPA_vect){
cli();
}

```

```

analog_data = analogRead(sensor_pin);
// Serial.println("analog_data" + String(analog_data));
samplecounter += 2;
int N = samplecounter - lastBeatTime;
//Serial.println("N"+ String(N));
//Serial.println("between ");
//Serial.println(time_between_beats );
if (analog_data < thresh && N > (time_between_beats / 5) * 3){
if (analog_data < trough_value){
trough_value = analog_data;
// Serial.println("trough"+String(trough_value));
}
}
if (analog_data > thresh && analog_data > peak_value){
peak_value = analog_data;
//Serial.println("peak"+String(peak_value));
}
if (N > 250){
if ( (analog_data > thresh) && (pulse_signal == false) && (N >
(time_between_beats / 5) * 3) ){
pulse_signal = true;
digitalWrite(led_pin, HIGH);
time_between_beats = samplecounter - lastBeatTime;
lastBeatTime = samplecounter;
if (second_heartpulse){
second_heartpulse = false;
for (int i = 0; i <= 9; i++){
beat[i] = time_between_beats; //Filling the array with the heart
beat values
}
}
if (first_heartpulse){
first_heartpulse = false;
second_heartpulse = true;
sei();
return;
}
float runningTotal = 0;
for (int i = 0; i <= 9; i++){
beat[i] = beat[i + 1];
runningTotal += beat[i];}
beat[9] = time_between_beats;
runningTotal += beat[9];
runningTotal /= 10;
heart_rate = 60000 / runningTotal; }
}
if (analog_data < thresh && pulse_signal == true){
digitalWrite(led_pin, LOW);
pulse_signal = false;
amplitude = peak_value - trough_value;
thresh = amplitude / 2 + trough_value;
peak_value = thresh;
trough_value = thresh;}
if (N > 2500){
thresh = 511.5;
peak_value = 511.5;
trough_value = 511.5;
lastBeatTime = samplecounter;}
sei();}

```

## ANEXO 4

### Programa Correspondiente a Módulo WIFI nodemcu esp8266 vs 1.0

```
#include < ArduinoJson . h >
#include < Arduino . h >
#include "SoftwareSerial.h"
#include < ESP8266WiFi . h >
#include < ESP8266HTTPClient . h >
#include < WiFiClient . h >
// BORRARSI NO COMPILA
#include < ESP8266WiFiMulti . h >
const char * ssid = "FIBRAMAX_JOSELINE" ;
const char * contraseña = "0604388967D" ;
String url = "https://us-centrall-
precisionagriculture.cloudfunctions.net/iot/api/sensor/list" ;

// leds de prueba

const int conexion = 4 ; // d2

const int envio = 16 ; // d1

int contador = 1 ;

int keyIndex = 0 ; // su clave de red Número de
índice (necesario solo para WEP)

int prueba = 0 ;

SoftwareSerial mySerial ( D7 , D8 ) ; // (D7, D8)

String str = "" ;
const char separator = ';' ;
const int dataLength = 6 ;
// int data [dataLength];
datos flotantes [ dataLength ] ; int temperatura , emergencias ,
frecuencia , caída ; doble lati , longi ; vacío configuración ( ) {
pinMode ( conexion , SALIDA ) ;

pinMode ( envio , SALIDA ) ;
digitalWrite ( envio , BAJO ) ;
digitalWrite ( conexion , LOW ) ;
Serial . comenzar ( 115200 ) ;
mySerial . comenzar ( 9600 ) ;
WiFi . comenzar ( ssid , contraseña ) ;
mientras ( WiFi . status ( ) != WL_CONNECTED )
retraso ( 500 ) ;
Serial . imprimir ( "." ) ;

Serial . println ( "Conectado, dirección IP:" ) ;
Serial . println ( WiFi . localIP ( ) ) ;
```

```

}

bucle vacío ( )
{

if ( WiFi . status ( ) != WL_CONNECTED )
{
  Serial . imprimir ( "." ) ;
}
if ( mySerial . available ( ) )
{
  digitalWrite ( envio , HIGH ) ;
  str = mySerial . readStringUntil ( '\ n' ) ;
  para ( int i = 0 ; i < dataLength ; i ++ )
  {
    int índice = str . indexOf ( separador ) ;
    datos [ i ] = str . subcadena ( 0 , índice ) . toDouble
( ) ;
    if ( i == 0 ) {
      temperatura = data [ i ] ;
      Serial . println ( "temperatura" + String ( temperatura ) )
;

    }
    else {
      if ( i == 1 ) {
        frecuencia = data [ i ] ;
        Serial . println ( "frecuencia" + String ( frecuencia
) ) ;
      }
      más {

        if ( i == 2 ) {
          lati = data [ i ] ;
          Serial . println ( "lati" + String ( lati ) ) ;
        }
        else {
          if ( i == 3 ) {
            longi = data [ i ] ;
            Serial . println ( "longi" + String ( longi ) )
;

          }
          else {
            if ( i == 4 ) {
              emergencias = data [ i ] ;
              Serial . println ( "emergencias" + String (
emergencias ) ) ; }
            else {
              caida = data [ i ] ;
              Serial . println ( "caida" + String ( caida )
) ;

            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
}

```

```

    str = str . subcadena ( índice + 1 ) ;
}
    const size_t capacidad = JSON_OBJECT_SIZE ( 2 ) +
JSON_OBJECT_SIZE ( 6 ) ;
    DynamicJsonDocument doc ( capacidad ) ;
    doc [ "descripcion" ] = "Prueba abril" ;
    doc [ "temperatura" ] = temperatura ; // + contador; int
(temperatura)
    doc [ "frecuenciaCardiaca" ] = frecuencia ; // + contador;
    doc [ "caidas" ] = caida ; // caida; // + contador;

    JsonObject ubicacion = doc . createNestedObject ( "ubicacion" )
;
    ubicacion [ "lat" ] = lati ; //lati+0.000001;//+ (doble)
(contador / 10);
    ubicacion [ "lng" ] = longi ; //longi+0.000001; // + (doble)
(contador / 10);
    doc [ "emergencia" ] = emergencias ;

String json ;
serializeJson ( doc , json ) ;

    Serial . println ( json ) ;
    Serial . println ( "fin" ) ;
    HTTPClient http ;
    Cliente WiFiClient ;

    sí ( Wi-Fi . estado ( ) == WL_CONNECTED )
    {
        digitalWrite ( conexion , ALTO ) ;
        if ( http . begin ( client , "http://us-centrall-
precisionagriculture.cloudfunctions.net/iot/api/sensor/create" ) )
// Iniciar conexión
        {
            http . addHeader ( "Tipo de contenido" , "aplicación / json"
) ;
            //http.addHeader("Content-Type "," texto / plano ");
            Serial . println ( "[HTTP] POST ..." ) ;
            int httpCode = http . POST ( json ) ; // Realizar
peticiÃ³n
            Serial . printf ( "[HTTP] POST ... código:% d \ n" , httpCode
) ;
            if ( httpCode > 0 )
            {
                if ( httpCode == HTTP_CODE_OK || httpCode ==
HTTP_CODE_MOVED_PERMANENTLY )
                {
                    String payload = http . getString ( ) ; // Obtener
respuesta
                    Serial . println ( carga útil ) ; // Mostrar
respuesta por serial
                }
            }
            else
            {
                Serial . printf ( "[HTTP] POST ... falló, error:% s \ n" ,
http . errorToString ( httpCode ) . c_str ( ) ) ;
                http . fin ( ) ;
            }
        }
    }

```

```
    http . fin ( ) ;
  }
  else
  {
    Serial . print ( "[HTTP] No se puede conectar \ n" ) ;
    http . fin ( ) ;
  }
}
else
{
  Serial . print ( "[WIFI] no .. !! conectar \ n" ) ;
  http . fin ( ) ;
  digitalWrite ( conexion , LOW ) ;
}

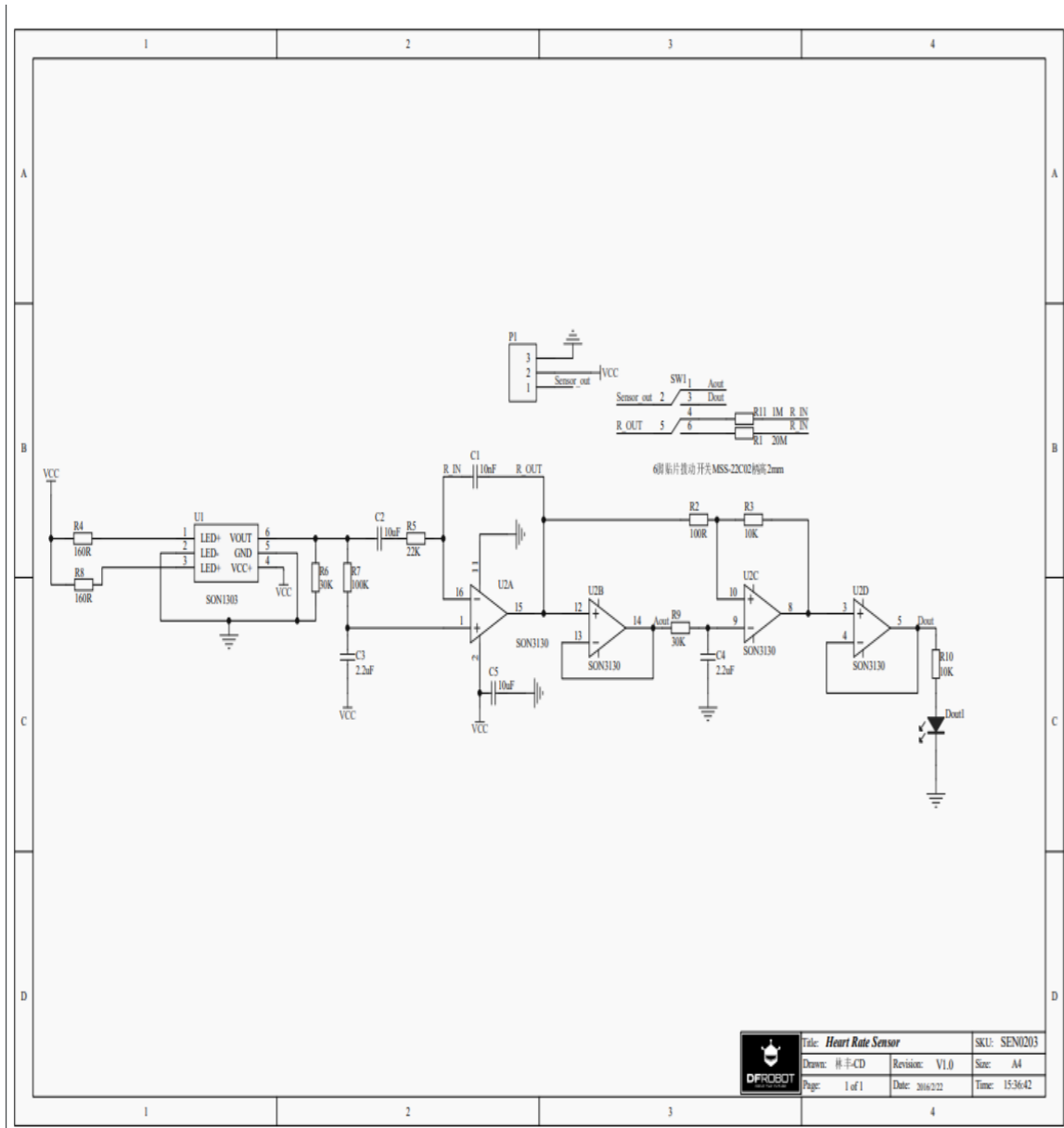
}
else {
  digitalWrite ( envio , LOW ) ;
}

retraso ( 100 ) ;
}
```

# ANEXO 5

## ESQUEMA SENSOR DE FRECUENCIA CARDIACA

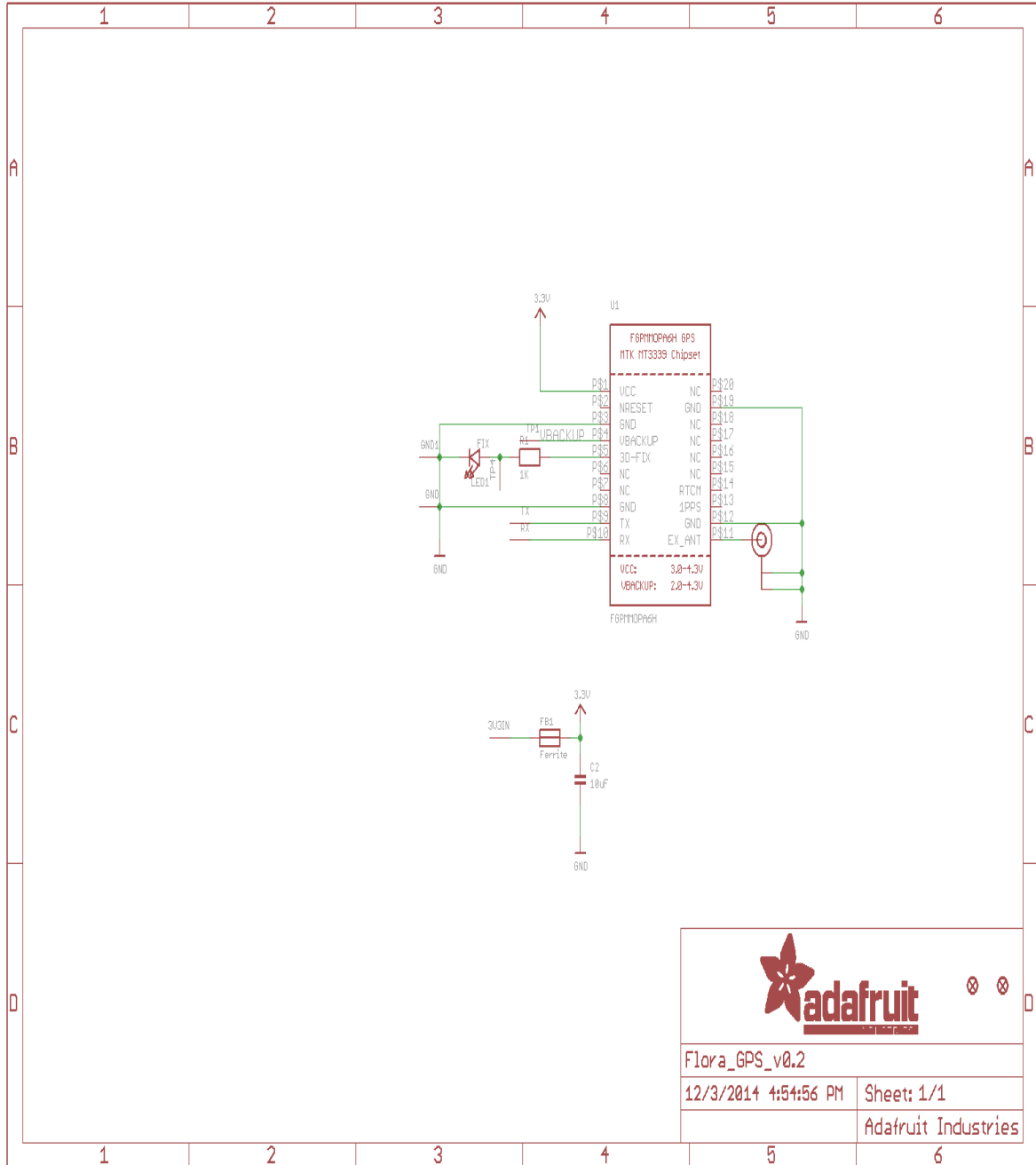
### Heart Rate Sensor SKU SEN0203





# ANEXO 6

## ESQUEMA GPS FLORA ADAFRUIT



Flora_GPS_v0.2	
12/3/2014 4:54:56 PM	Sheet: 1/1
Adafruit Industries	

# ANEXO 7

## ESQUEMA SENSOR FLORA Adafruit LSM9DS0 Accelerometer + Gyro + Magnetometer 9-DOF Breakouts

