



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO DE SIGNOS VITALES, UBICACIÓN, IDENTIFICACIÓN
Y DETECTOR DE CAÍDAS PARA ADULTOS MAYORES.”**

**AUTORES: ALMEIDA VIVANCO, PABLO ANDRÉS
SÁNCHEZ VELASCO, SERGIO XAVIER**

DIRECTOR: ING. LOZA MATOVELLE, DAVID CÉSAR

SANGOLQUÍ

2020



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES, UBICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DETECTOR DE CAÍDAS PARA ADULTOS MAYORES"* fue realizado por los señores *Almeida Vivanco Pablo Andrés y Sánchez Velasco Sergio Xavier*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:



ING. DAVID CÉSAR LOZA MATOVELLE
C.C.: 1708661549
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Almeida Vivanco Pablo Andrés* y *Sánchez Velasco Sergio Xavier*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES, UBICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DETECTOR DE CAÍDAS PARA ADULTOS MAYORES” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

PABLO ANDRÉS

ALMEIDA VIVANCO

C.C.: 1721730297

Firma:

SERGIO XAVIER

SÁNCHEZ VELASCO

C.C.: 1722972096



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Almeida Vivanco Pablo Andrés* y *Sánchez Velasco Sergio Xavier*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES, UBICACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DETECTOR DE CAÍDAS PARA ADULTOS MAYORES” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

PABLO ANDRÉS

ALMEIDA VIVANCO

C.C.: 1721730297

Firma:

SERGIO XAVIER

SÁNCHEZ VELASCO

C.C.: 1722972096

DEDICATORIA

El proyecto va dedicado principalmente a Dios por regalarme una familia excepcional y amigos maravillosos.

A mis padres por haberme dado la vida, apoyarme en cada decisión que tomé, aconsejándome y enseñándome todos sus valores para ser una persona de bien y sobre todo ayudarme a salir adelante y alcanzar todas mis metas.

A mi hermana que ha sido mi modelo a seguir y ha estado apoyándome y confiando en mí siempre.

A mi abuelo que me daba ánimos para seguir adelante, confiando en mí y recordándome que puedo llegar a cumplir todas mis metas.

A mis amigos por todo el apoyo que me brindaron en nuestra formación profesional.

PABLO ANDRÉS ALMEIDA VIVANCO

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme durante toda la carrera especialmente cuando más lo necesite, por brindarme una familia maravillosa y unos amigos irremplazables.

A mis padres Victor y Silvia, por el amor, la confianza y apoyarme en todas las decisiones que he tomado permitiéndome ser firme con las buenas y tener experiencia y sabiduría con las malas.

A mis abuelitos Jorge y Lucia, por sus sabios consejos, apoyo incondicional y ayudarme a crecer como ser humano y ser una buena persona.

A mis hermanas Daniela y Micaela, por ser las primeras amigas que he tenido, por las risas y enojos, permitiéndome aprender de ellas como ser un buen hermano mayor.

A mi tío Fabián, quien me supo inculcar y guiar en los primeros pasos tecnológicos, por su apoyo y conocimiento dentro de la electrónica cuando lo necesite.

A mi abuela Olga, por siempre estar pendiente en cada paso que di y por su ayuda durante la carrera.

A mis tíos, Jorge, Alexandra y Yolanda, por apoyarme desde el inicio en de esta difícil carrera.

A mi tutor Ing. David Loza, a quien considero de los mejores profesores del departamento, por darnos la oportunidad de realizar la tesis bajo su tutoría y compartir sus conocimientos.

A mi novia Ivana, por su conocimiento, apoyo y comprensión de la parte médica durante el desarrollo de la tesis.

Y, por último, pero no menos importante a mis amigos Pablo, Bryan, José Luis, Melanie y Diego, por el apoyo incondicional y amistad durante nuestra formación profesional.

SERGIO XAVIER SÁNCHEZ VELASCO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir y la fuerza necesaria para levantarme en cada caída que tuve al caminar, y por haberme regalado una familia maravillosa.

Agradecer de manera muy especial a mis padres por haberme enseñado todos sus valores y hacerme una persona de bien, por aconsejarme en los momentos difíciles, por tener la paciencia necesaria para acompañarme en todo mi camino, apoyarme para llegar a conseguir mis metas y animarme a seguir cumpliendo mis sueños.

Agradecerle a mi hermana por cuidarme toda la vida, por siempre darme ánimos de seguir adelante y no dejarme rendir, por ser mi ejemplo a seguir y demostrarme que con perseverancia y constancia todo se puede lograr.

A mi abuelito que en vida supo animarme a seguir adelante con mis sueños y aconsejarme en cada paso que fuera a dar y recordarme todos los sacrificios que han hecho mis padres por sus hijos y que el mejor regalo que puedo darles es hacerlos sentir orgullosos.

Al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica y a la Carrera de Ingeniería Mecatrónica que impartieron sus conocimientos hacia mí y me ayudaron a ser un gran profesional, y sobre todo al Ing. David Loza por todo su asesoramiento para hacer posible la conclusión de la presente tesis.

A mis amigos que en todo este tiempo de formación profesional supieron apoyarme y demostrarme que en tiempos difíciles existen personas en las que se puede confiar y se los puede llamar “amigos de verdad”.

Un agradecimiento especial a mi compañero de tesis, Sergio Sánchez, por confiar en mí y hacer realidad esta meta, a Liliana una amiga incondicional desde el colegio y que gracias a su apoyo y

consejos no habría llegado a cumplir esta meta, a Anita que desde la escuela confió en mí y me hizo ver todo el potencial que tenía dentro mío, a Pamela que me dio ánimos para seguir luchando por mi sueño y no me dejó rendir, y a Karina que supo mantenerme firme en los momentos más difíciles en esta etapa y que con sus consejos e inteligencia me enseñaba a ser la persona que debía ser y que podía llegar a ser.

PABLO ANDRÉS ALMEIDA VIVANCO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por darme la oportunidad de conocer personas maravillas en la vida, por darme la fuerza para seguir adelante en momentos difíciles.

A mis padres Victor y Silvia agradezco de manera especial e importante por guiarme, por apoyarme, por sus consejos y enseñanzas, las cuales me han permitido ser mejor hijo, mejor persona y ahora un profesional.

Agradezco mis abuelitos Jorge y Lucia, por guiarme durante toda la vida, por sus sabios consejos por enseñarme la paciencia y humildad, por acogerme en su casa cuando salía tarde de la universidad.

Agradezco a mis hermanas Daniela y Micaela, con quienes comparto en todo momento y todos los momentos, por permitirme aprender y poder enseñarles, por toda la ayuda que me han dado.

A mi tío Fabián, quien me supo enseñar y explicar mi curiosidad tecnológica durante mi niñez, guiarme en mi adolescencia en colegio técnico, y su apoyo con invaluable conocimiento durante la universidad.

Agradezco a mi abuela y tíos, Olga, Jorge, Alexandra y Yolanda, por que vieron dedicación y constancia en mí, gracias por su apoyo en momentos difíciles y por siempre estar pendiente de mi camino.

A mi tutor Ing. David Loza por su guía, enseñanzas, tiempo y rectitud, por sus invaluable conocimientos transmitidos, por ser una persona recta y directa en sus asesorías permitiéndome ser un buen profesional y por su confianza.

Agradezco a mi novia Ivana, por su guía y consejos en la parte médica para realizar de una mejor manera las mediciones de signos vitales, por su paciencia, comprensión y ternura, los pequeños detalles son grandes recuerdos.

A mis amigos, Pablo por realizar juntos nuestro trabajo de titulación por la confianza y el apoyo durante el trayecto, José Luis y Melanie por sus consejos y recomendaciones a lo largo de la carrera, Bryan por la ayuda brindada en todo momento, a Diego por ser un amigo incondicional desde el colegio. GRACIAS A TODOS AMIGOS.

SERGIO XAVIER SÁNCHEZ VELASCO

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	
CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	II
AUTORIZACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Problemática y Motivación	1
1.2. Antecedentes	4
1.2.1. Pulseras Biométricas Comerciales.....	4
1.2.1.1. Vita-Data.....	5
1.2.1.2. Simband	5
1.2.2. Prototipo de Pulsera Biométrica Nacionales	6
1.2.2.1. Sistema Robótico de Monitoreo e Interpretación de Signos Vitales	6
1.2.2.2. Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad.....	7
1.3. Justificación e importancia.....	8
1.4. OBJETIVOS	10

1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos	10
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO	10
1.6. Estructura del documento.....	12
CAPÍTULO II	13
2.1. Técnicas de medición de signos vitales	13
2.1.1. Frecuencia Cardíaca.....	14
2.1.1.1. Técnica para tomar la frecuencia cardíaca	15
2.1.1.2. Alteraciones de la frecuencia cardíaca y el pulso	17
2.1.2. Temperatura Corporal.....	17
2.1.2.1. Técnicas para tomar la temperatura	18
2.1.2.2. Alteraciones de la temperatura.....	19
2.1.3. Frecuencia Respiratoria	20
2.1.3.1. Técnicas para valorar la frecuencia respiratoria.....	20
2.1.4. Presión Arterial	22
2.1.5. Saturación de oxígeno en la sangre.....	25
2.4. Equipos electrónicos para medición de signos vitales	26
2.5. Sistemas de detección de caídas.....	29
2.6. Formas de ubicación local con Wi-Fi	31
2.7. Identificación del paciente	33
2.8. Resumen del capítulo	35
CAPÍTULO III	36
3.1. Diseño de Sistema en base a la función de calidad	36
3.2. Diseño de Sistemas y Subsistemas.....	40

2.1. Resumen del capítulo	58
CAPÍTULO I V	59
4.1. Diseño en CAD	59
4.2. Circuito de control.....	63
4.3. Comunicación	64
4.4. Detección de caídas.....	65
4.5 Transmisión de datos y visualización en Node-Red	67
4.6 Pruebas y resultados	68
4.6.1 Pulso cardiaco	68
4.6.2 Temperatura Corporal.....	71
4.6.3 Saturación de Oxígeno.....	72
4.6.4 Detección de Caídas.....	73
4.6.5 Localización e identificación.....	74
4.7 Pruebas de usabilidad.....	78
4.8 Resumen del capítulo	81
CAPÍTULO V	82
5.1. CONCLUSIONES	82
5.2. RECOMENDACIONES	84
5.3. TRABAJOS FUTUROS	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Sitios de palpación del pulso</i>	14
Tabla 2 <i>Valores normales de frecuencia cardiaca por edad</i>	16
Tabla 3 <i>Valores normales de la temperatura corporal</i>	19
Tabla 4 <i>Alteraciones de la temperatura corporal</i>	19
Tabla 5 <i>Valores Normales de la frecuencia respiratoria</i>	21
Tabla 6 <i>Valores normales de la presión arterial</i>	24
Tabla 7 <i>Valores y acciones para la saturación de oxígeno</i>	25
Tabla 8 <i>Equipos electrónicos para medición de signos vitales</i>	26
Tabla 9 <i>Equipos y métodos para detección de caídas</i>	30
Tabla 10 <i>Formas de localización</i>	32
Tabla 11 <i>Métodos de identificación</i>	34
Tabla 12 <i>Matriz QFD</i>	39
Tabla 13 <i>Alternativas de sensores para la medición de temperatura</i>	41
Tabla 14 <i>Ponderación de selección de acuerdo al tamaño</i>	42
Tabla 15 <i>Ponderación de selección de acuerdo al peso</i>	42
Tabla 16 <i>Ponderación de selección de acuerdo a la precisión</i>	42
Tabla 17 <i>Ponderación de selección final</i>	43
Tabla 18 <i>Alternativas de sensores para la medición del pulso cardiaco</i>	44
Tabla 19 <i>Ponderación de selección de acuerdo al tamaño</i>	45
Tabla 20 <i>Ponderación de selección de acuerdo al peso</i>	45
Tabla 21 <i>Ponderación de selección de acuerdo al filtro de luz</i>	45
Tabla 22 <i>Ponderación de selección final</i>	46
Tabla 23 <i>Propiedades mecánicas de los filamentos de impresión</i>	47
Tabla 24 <i>Ponderación de selección de acuerdo a la deformación</i>	48
Tabla 25 <i>Ponderación de selección de acuerdo al alargamiento</i>	48
Tabla 26 <i>Ponderación de selección de acuerdo a la flexión</i>	49
Tabla 27 <i>Ponderación de selección final</i>	49
Tabla 28 <i>Alternativas de sensores para el detector de caídas</i>	51
Tabla 29 <i>Ponderación de selección de acuerdo al tamaño</i>	52

Tabla 30 <i>Ponderación de selección de acuerdo al peso</i>	52
Tabla 31 <i>Ponderación de selección de acuerdo al rango de medición</i>	53
Tabla 32 <i>Ponderación de selección final</i>	53
Tabla 33 <i>Comparación entre conexiones inalámbricas</i>	54
Tabla 34 <i>Alternativas de dispositivos para la conexión WiFi y envío de datos</i>	55
Tabla 35 <i>Detalle de materiales y proceso para fabricación del prototipo</i>	60
Tabla 36 <i>Detalle de tiempo de fabricación del prototipo</i>	61
Tabla 37 <i>Detalle de elementos Figura 47 y Figura 48</i>	62
Tabla 38 <i>Comparación de valores medidos para el pulso cardiaco en PPM</i>	69
Tabla 39 <i>Comparación de valores medidos para la temperatura corporal</i>	71
Tabla 40 <i>Comparación de valores medidos para la saturación de oxígeno</i>	72
Tabla 41 <i>Niveles de confianza</i>	79
Tabla 42 <i>Resultado SUS</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Pulsera Vita-Data.....	5
<i>Figura 2.</i> Pulsera Simband	6
<i>Figura 3.</i> Pulsera para monitoreo de signos vitales.....	7
<i>Figura 4.</i> Sistema de monitoreo de signos vitales	8
<i>Figura 5.</i> Estadísticas de enfermedades en adultos mayores a 60 años.	9
<i>Figura 6.</i> Diagrama de funcionamiento.....	11
<i>Figura 7.</i> Pulso radial	14
<i>Figura 8.</i> Pulso Carotideo.....	15
<i>Figura 9.</i> Pulso Femoral	15
<i>Figura 10.</i> Pulso Braquial.....	15
<i>Figura 11.</i> a) Termómetro bucal, b) Termómetro de axila, c) Termómetro rectal.....	18
<i>Figura 12.</i> Estetoscopio.....	20
<i>Figura 13.</i> Esfigmomanómetro.....	23
<i>Figura 14.</i> Monitor Connex Spot	26
<i>Figura 15.</i> Esfigmomanómetro Digital Connex	27
<i>Figura 16.</i> Reloj para monitoreo de signos vitales.....	28
<i>Figura 17.</i> Pulsera inteligente para monitoreo.	28
<i>Figura 18.</i> Sensor de oximetría	29
<i>Figura 19.</i> Sistema de detección de caídas.....	30
<i>Figura 20.</i> Esquema para detección de caídas.....	31
<i>Figura 21.</i> Esquema de detección automática de caídas	31
<i>Figura 22.</i> Geoposicionamiento por Wi-Fi mediante triangulación.....	32
<i>Figura 23.</i> Esquema de posicionamiento de dispositivos móviles en interiores	33
<i>Figura 24.</i> Asignación de IP's estáticas en servidor DHCP	34
<i>Figura 25.</i> Ley de Faraday de las tarjetas RFID.....	34
<i>Figura 26.</i> Lector de código de barras.....	35
<i>Figura 27.</i> DHT22	41
<i>Figura 28.</i> MLX90614	41
<i>Figura 29.</i> DS18S20.....	41

Figura 30. ADPS-9008.....	44
Figura 31. MAX30100.....	44
Figura 32. HEARTBEAT.....	44
Figura 33. filamento PLA	47
Figura 34. Filamento ABS	47
Figura 35. Filamento NYLON	47
Figura 36. Carcaza de sujeción para los sensores	50
Figura 37. Tapa del brazalete	50
Figura 38. MMA7361	51
Figura 39. MPU6050.....	51
Figura 40. ADXL335	51
Figura 41. Arduino Micro Pro+ ESP8266	55
Figura 42. NODEMCU- ESP8266.....	55
Figura 43. NODEMCU ESP32	56
Figura 44. Transferencia de datos	56
Figura 45. Diagrama de flujo del sistema	57
Figura 46. Brazalete para monitoreo sistema de detección de caídas	60
Figura 47. Vista superior brazalete	61
Figura 48. Vista inferior brazalete	62
Figura 49. Esquema explotado del brazalete.....	63
Figura 50. Diagrama de conexión	63
Figura 51. Comunicación I2C	64
Figura 52. Secuencia de inicio y paro	64
Figura 53. Acelerómetro MPU 6050.....	66
Figura 54. Diagrama de flujo de detección de caídas	66
Figura 55. Programación visual Node Red Signos Vitales	67
Figura 56. Programación Visual Node Red Localización e Identificación.....	68
Figura 57. Prueba 1	74
Figura 58. Prueba 2	74
Figura 59. Potencia del WiFi en teléfono 72%	75

Figura 60. Ubicación con señal de 72%	75
Figura 61. Potencia de WiFi en el teléfono 48%	76
Figura 62. Ubicación perdida	76
Figura 63. Asignación de IP en la programación	77
Figura 64. Resultados encuesta SUS	80

RESUMEN

Las personas mayores en el Ecuador son la población más vulnerable por sus necesidades físicas, derivándose en problemas de salud los cuales necesitan de un control más riguroso en su día a día, también se debe tomar en cuenta que a cierta edad pueden ocurrir accidentes que al no ser tratados a la brevedad pueden ser perjudiciales, como una caída. Por lo tanto, el proyecto busca la solución para mantener a la persona mayor en un constante monitoreo de sus signos vitales, y en tiempo real, enviar una alerta junto con la ubicación del paciente por si ocurre alguna caída. El documento está compuesto inicialmente se muestran datos estadísticos de los problemas físicos como de salud y las necesidades que los adultos mayores tienen dentro del país, de igual manera, se revisan proyectos y dispositivos similares al nuestro. A continuación, se describen las técnicas para la medición de los signos vitales y los métodos que se llevarán a cabo para la detección de caídas, localización e identificación del paciente, y se escogerán los sensores y dispositivos que cumplan con los requisitos propuestos por los usuarios. Finalmente, se mostrarán los resultados de las pruebas realizadas a un grupo de personas mayores después de haber implementado el proyecto, para terminar con conclusiones, recomendaciones y trabajos con los que a futuro se podría mejorar la pulsera que se llegó a construir con medición de signos vitales, detección de caídas, localización e identificación del paciente.

PALABRAS CLAVES:

- **SIGNOS VITALES**
- **DETECCIÓN DE CAÍDAS**
- **PERSONAS MAYORES**

ABSTRACT

Senior citizens in Ecuador are a vulnerable population by their physical needs, resulting in health problems that need rigorous control and help in their day-to-day lives, It is known that at certain ages motor skill degrade making elderly prone to accidents, this situation if not treated promptly, may be harmful. Therefore, this thesis seeks for a solution to keep elderly in constant monitoring of vital signs in real time. With the capacity to send an alert along with the location of the patient in case any falls occur. The document is composed initially of statistical data of physical problems such as health and needs that older adults have within the country, then, a literature review of projects and similar devices is presented. Next, techniques for measurement of vital signs and methods that have been carried out for the detection of falls, location and identification of the patient are described, in order to select sensors and devices that meet the requirements. Finally, test results and progress of a study done with elderly people are shown, ending with conclusions, recommendations and future work that could improve the bracelet that was built with measurement of vital signs, detection of falls, patient location and identification.

KEYWORDS:

- **VITAL SIGNS**
- **FALL DETECTION**
- **ELDER PERSON**

CAPÍTULO I

Generalidades

En el capítulo se describe la motivación, problemática, alcance y objetivos con los cuales se realiza la construcción de la pulsera para monitoreo de signos vitales y detección de caídas para adultos mayores. Además, se muestra la justificación e importancia de la tesis y la estructura que tendrá el documento.

1.1. Problemática y Motivación

La población de personas mayores ha tenido un gran aumento de esperanza de vida en los últimos años y seguirá aumentando hasta el 2050. En (OMS, 2017) estima un aumento global del 12 al 22% de personas mayores, siendo el principal problema el cuidar de los mismos y el tiempo para hacerlo. “En el Ecuador existen 17’ 023 408 habitantes de los cuales 1’ 221 286 son adultos mayores.” (Ramos, 2018)

En (Vitoria, 2019) indica que las personas al llegar a una edad avanzada necesitan de cuidados como:

- Apoyo y bienestar emocional
- Estado anímico
- Calidad del sueño
- Actividades sociales
- Funciones cognitivas
- Higiene personal
- Alimentación saludable

- Chequeos médicos regulares

Los adultos mayores necesitan de todos los puntos antes nombrados para tener una mejor calidad de vida, pero por su edad avanzada es muy complicado que las personas de su entorno puedan cumplir con cada uno de los cuidados. Para los familiares o las personas que conviven con los adultos mayores es mucho más fácil el cuidar la buena alimentación, la higiene personal y el mantener un buen ambiente para que los mismos se puedan desenvolver. En cambio, el controlar la calidad de sueño o el realizar los cheques médicos regulares son los puntos más críticos que hay en las necesidades de las personas mayores, ya que no pueden movilizarse por sí solas hacia el centro de salud o al médico más cercano por si tienen alguna complicación con su salud.

Los chequeos médicos regulares se los realiza principalmente para prevenir alguna enfermedad que sea de alto riesgo para la salud del adulto mayor. La hipertensión, taquicardias o deshidratación por las altas temperaturas son los factores más peligrosos. Por tal razón, la construcción de un dispositivo que realice el monitoreo constante de la frecuencia cardiaca, presión arterial y temperatura corporal es de gran importancia, ya que, permitiría visualizar un cambio en base a los signos vitales normales de las personas mayores y enviar una alarma en tiempo real si existe alguna complicación.

Los adultos mayores son más propensos a sufrir una falencia cardiaca, el monitoreo de sus signos vitales como menciona en (INEC, Salud, bienestar y envejecimiento, 2009), permite presentar resultados a un especialista para determinar su estado. Permitiendo así tener un mejor seguimiento en caso de presentarse alguna anomalía y tomar las precauciones del caso.

Como menciona en (Castellanos Martínez, 1998) el número de pulsaciones por minuto es muy importante para detectar anomalías en el pulso cardiaco. Las anomalías más comunes son la

taquicardia (pulso acelerado), bradicardia (pulso disminuido) o una arritmia cardiaca (el pulso no es regular o constante).

Muchos de los adultos mayores suelen padecer de presión alta, haciendo que el corazón se esfuerce más por bombear sangre a los órganos del cuerpo, aumentando el riesgo de que la persona sufra de un ataque al corazón, ataque cerebral o problemas en los riñones, por lo que, mantener en constante monitoreo a la presión arterial ayudaría a detectar a tiempo las anomalías que podrían ocurrir.

La causa más común para que una persona sufra de temperatura alta es por algún tipo de infección, pero según (Tunkel, 2016) uno de los trastornos que puede producir la fiebre por más de 4 días se debe al cáncer, pero no es muy común a cierta edad adulta, al existir un signo de alarma causada por la temperatura recomienda acudir de inmediato al médico más cercano.

A ciertas edades los accidentes, como las caídas, son muy comunes y llegan a ser perjudiciales para la salud, para lo cual, se han desarrollado dispositivos capaces de reconocer estos eventos desafortunados. Los detectores de caídas envían alertas con una señal a la persona que esté a cargo del cuidado del paciente cuando detecte este evento.

Como menciona (Laurence, 2016) una persona mayor puede sufrir una caída que afecte sus muñecas, hombros, caderas o cabeza del fémur. Las vértebras son vulnerables a fisuras y fracturas siendo las más delicadas del cuerpo humano, por lo que, al intentar incorporar al paciente puede empeorar su lesión.

La localización e identificación del paciente es esencial para un rápido actuar, cuando la persona mayor sufre un accidente, el personal a cargo de la supervisión será alertado mediante una señal enviado por la pulsera a diseñar, el cual avisará que tipo de accidente sufrió una determinada

persona mayor, al identificar al paciente se tendrá acceso a su historial permitiendo así llevar los implementos necesarios para asistirlo de ser necesario.

En el último siglo las nuevas tecnologías han seguido avanzando y mejorando, dando más oportunidades a las personas mayores con dificultades físicas y mentales, al tener sistemas embebidos como menciona en (Swaroop, Chandu, & Gorrepotu, 2019) se pueden desarrollar tecnologías de menor tamaño y con más funciones como la comunicación Wireless y sensores de monitoreo.

1.2. Antecedentes

Con el desarrollo constante de la tecnología los procedimientos médicos para realizar los diagnósticos de un paciente han ido acoplándose a los nuevos instrumentos electrónicos. Una pulsera biométrica es una opción válida para ayudar al médico a monitorear los signos vitales del paciente.

Se realizó una comparación acerca de las pulseras existentes en el mercado y que se han construido a nivel local en los últimos años. Con la información se plantea un nuevo diseño de pulsera para construirlo. A continuación, se detallará las pulseras comerciales que existen en el mercado de nuestro país y trabajos previos realizados.

1.2.1. Pulseras Biométricas Comerciales

Las pulseras comerciales que se detallan a continuación se asemejan al diseño que se logró crear y por ende son las mejores opciones para realizar la comparación.

1.2.1.1. Vita-Data

La pulsera Vita-Data (Vita-Data, 2017) consta de sensores que detectan la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y la oxigenación de la sangre (Figura 1), en un principio fue realizada de manera investigativa por la necesidad del monitoreo constante de signos vitales para prevenir situaciones fatales en niños, adultos mayores y personas discapacitadas.

Los estudiantes del Instituto Tecnológico de Colima (ITEC) desarrollaron la tesis para registrar en tiempo real los signos vitales de los pacientes, las lecturas son comparadas con parámetros ya definidos y si el paciente presenta anomalías se envía una alerta al médico.

El proyecto se destaca por generar una base de datos para que los médicos e instituciones puedan tener acceso al historial y así tomar decisiones durante la consulta o alguna emergencia.



Figura 1. Pulsera Vita-Data
Fuente (Vita-Data, 2017)

1.2.1.2. Simband

Simband (SAMSUNG, 2017) es un prototipo creado por Samsung que utiliza sensores especiales para registrar de forma precisa el pulso cardíaco y la temperatura corporal, al igual que el conteo de los pasos y otros datos físicos. Debido a que Simband es modular, puede conectar fácilmente módulos de sensores con nuevas configuraciones como se indica en la Figura 2.

Simband puede desarrollar nuevos algoritmos para leer y analizar datos en tiempo real o acceder a datos históricos a través de la plataforma de intercambio de datos ARTIK Cloud, mientras que el módulo del sensor recopila datos biofísicos.

Simband tiene varios roles importantes, uno de ellos es conectarse automáticamente con ARTIK Cloud (SAMSUNG, 2017), para que los datos del sensor estén disponibles en la nube. También ejecuta algoritmos instalables que analicen los datos proporcionando información inmediata y su pantalla táctil permite el control, retroalimentación y seguimiento por parte del usuario.



Figura 2. Pulsera Simband
Fuente: (SAMSUNG, 2017)

1.2.2. Prototipo de Pulsera Biométrica Nacionales

En los prototipos desarrollados a nivel nacional para monitoreo de signos vitales se menciona a (Aguilar Cruz & Ortí Maldonado, 2017) y a (Vallejo, 2015) el cual es un sistema de monitoreo para adultos mayores realizado en la Universidad Técnica de Ambato, donde se realiza un fuerte procesamiento de señales.

1.2.2.1. Sistema Robótico de Monitoreo e Interpretación de Signos Vitales

En (Aguilar Cruz & Ortí Maldonado, 2017) se centra en la implementación de un sistema que permita monitorear los signos vitales como el ritmo cardiaco, la temperatura corporal. Además, posee un sistema de detección de caídas para personas de edad avanzada en una pulsera, Figura 3.

La pulsera inteligente es dotada de sensores no invasivos, confiables, que mediante algoritmos basados en software libre son capaz de interpretar y transmitir datos de manera inalámbrica. Los datos son transmitidos por radio frecuencia a una plataforma e interfaz de usuario HMI desde la cual se monitorea.

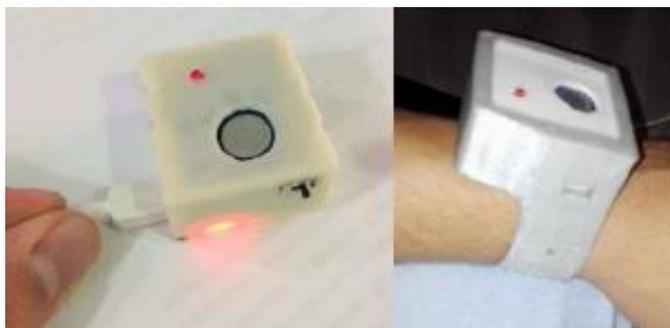


Figura 3. Pulsera para monitoreo de signos vitales
Fuente: (Aguilar Cruz & Ortí Maldonado, 2017)

1.2.2.2. Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad

El sistema (Vallejo, 2015) fue desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato para monitoreo de un segmento de personas en específico. Las cuales tienen dificultades de movilidad ya sea por enfermedad o por la avanzada edad y tienen problemas para realizarse un chequeo médico regular fuera de casa. El proyecto posee estaciones fijas, móviles y equipos de control.

El equipo mostrado en la Figura 4 permite medir presión arterial, la temperatura corporal y es capaz de detectar si la persona sufre de algún golpe, y se envía una alerta reproduciendo un mensaje de voz a través de la red de telefonía móvil y llega a haber alguna alteración o cambio en las mediciones.



Figura 4. Sistema de monitoreo de signos vitales

Fuente: (Vallejo, 2015)

1.3. Justificación e importancia

Según (INEC, Población del adulto mayor, 2008): *“la población de adultos mayores en el Ecuador aumenta y su longevidad cada vez es mayor, por lo cual, más personas van a requerir de cuidados especializados”*. El cuidado de las personas mayores suele ser menos frecuente al ser una tarea laboriosa, y se opta por enviarlos a casas especializadas en las que suelen personalizar su cuidado. En la Figura 5 se puede observar las enfermedades más frecuentes en los adultos mayores clasificadas por su género, siendo las mismas, motivos por el cual se merecen un cuidado especial.

En (INEC, Salud, bienestar y envejecimiento, 2009) menciona que las enfermedades cardíacas junto con la diabetes son las más frecuentes en hombres, mientras que en las mujeres son: la osteoporosis y los problemas del corazón, tal y como se puede evidenciar en la Figura 5.

Según (INEC, Salud, bienestar y envejecimiento, 2009) las enfermedades cardíacas son las que tiene un mayor número de muertes registradas en nuestro país con casi 12 000 personas, de las cuales el 51.68% son hombres y el 48.32% restante son mujeres.

Parte importante del cuidado de las personas mayores es el monitoreo de sus signos vitales por lo que es muy complicado tener a una persona las 24 horas del día pendiente del mismo. Además, las personas con una edad avanzada son propensas a sufrir caídas, y posiblemente no tengan a una persona que les pueda ayudar en estos casos de manera inmediata.

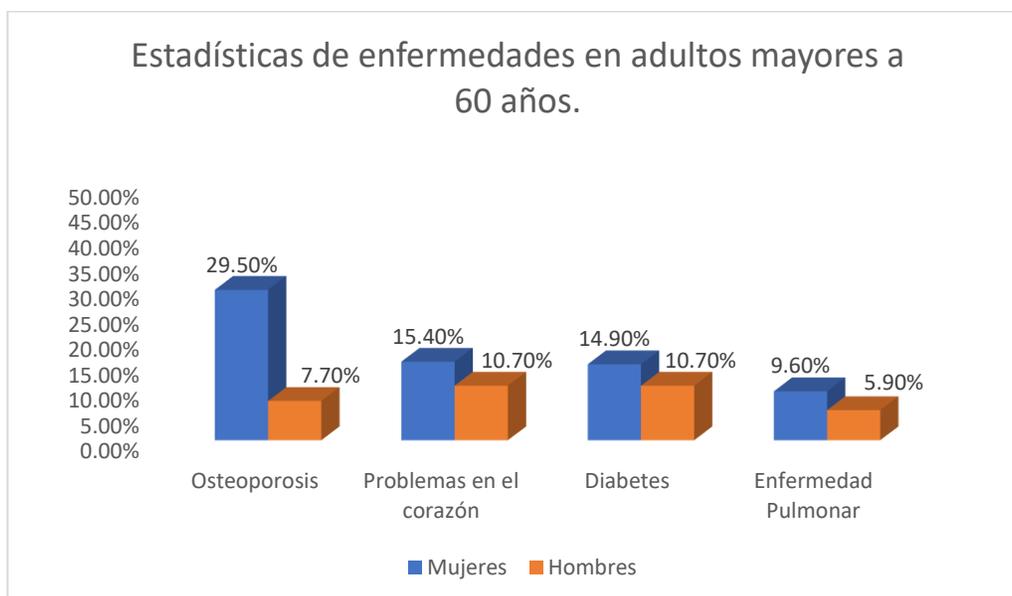


Figura 5. Estadísticas de enfermedades en adultos mayores a 60 años.
Fuente: (INEC, Salud, bienestar y envejecimiento, 2009)

Por lo cual, se propone un prototipo que ayude a medir los signos vitales de la persona mayor y comunicarnos su ubicación al instante en que la medida indique un valor fuera del rango u ocurra una caída. Para evitar falsos positivos tanto del monitoreo de signos vitales como del sistema de caídas, la pulsera fue realizada en base a los valores normales de signos vitales y movimientos más comunes.

Para el prototipo se plantea establecer una comunicación local mediante Wi-Fi, la cual, a su vez permite la localización del dispositivo dentro de una red en la que exista tres o más puntos de acceso cercanos para poder triangular la señal del mismo. El diseño ergonómico del prototipo fue creado en un programa de modelado, y se lo realizó mediante impresión 3D.

En el territorio ecuatoriano no se desarrollan tecnologías que nos ayuden a tener una constante medición de los signos vitales mucho menos indicar si la persona sufre de alguna caída, por lo que, el prototipo es un nuevo avance para el cuidado de la salud de los adultos mayores.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar y construir un sistema de monitoreo de signos vitales, ubicación, identificación y detector de caídas para adultos mayores

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de monitoreo de signos vitales para adultos mayores.
- Crear un sistema de detección de caídas y ubicación.
- Realizar una arquitectura de búsqueda y monitoreo local para el envío de información.
- Desarrollar un sistema robusto para la identificación del paciente.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

Con la pulsera a realizar BInBraF (Biometric Intelligent Bracelet Fall) se busca explorar nuevas tecnologías en el país que contribuyan con el cuidado de las personas mayores.

El prototipo que se propone posee un sistema electrónico multitareas dedicado (sistemas embebidos), que permite monitorear los signos vitales de las personas mayores y detectar en tiempo real si los mismos sufren de alguna caída, también cuenta con un sistema para ubicación e identificación del paciente.

El sistema enviará una alerta de manera inmediata a la persona encargada del cuidado del adulto mayor para asistirlo de la forma más eficiente y rápida al momento de que ocurra un accidente, ya sea por caída o por algún problema en sus signos vitales, como se indica en la Figura 6.

El diseño de la pulsera se realiza en un software de creación y modelado 3D para poder realizar la impresión 3D, y dentro de la misma se colocan los sensores necesarios para el monitoreo de signos vitales, detección de caídas, ubicación e identificación.

El sistema de ubicación se programó mediante posicionamiento local en base a un sistema de triangulación, mientras que, en la identificación se asignó una ip estática para registrar al paciente y tener acceso a una base de datos.

El sistema de detección de caídas consta de uno o dos acelerómetros acorde a la necesidad y de un algoritmo que sea capaz de diferenciar entre una caída y una actividad cotidiana.



Figura 6. Diagrama de funcionamiento

1.6. Estructura del documento

El documento está estructurado de la siguiente forma.

Capítulo 1, se desarrollan los temas generales del proyecto como su importancia, alcance, justificación, antecedentes, objetivos a lograr y una explicación breve del prototipo a realizar.

Capítulo 2, se realizará la investigación de técnicas relacionadas al monitoreo de signos vitales, detección de caídas, identificación y localización recomendadas para la construcción de la pulsera y utilizar la tecnología en adultos mayores.

Capítulo 3, se realiza la metodología con la cual se va a trabajar, la parte del desarrollo del concepto en proceso frontal de Ulrich se seleccionará la mejor opción para la construcción, para la prueba del concepto se ejecutará el modelo en V de la norma VDI 2206, se explicará de forma detallada el proceso de selección, diseño y construcción de la pulsera biométrica.

Capítulo 4, se indica la construcción paso a paso del diseño seleccionado especificando las normas utilizadas, desarrollando cada uno de los subsistemas para ser posteriormente integrado a un solo sistema. Se realizan las pruebas para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los subsistemas y del sistema en general, indicando los resultados obtenidos.

Capítulo 5, se exponen las conclusiones y recomendaciones que se llegaron a determinar al concluir el proyecto y los trabajos a futuro que se pueden desarrollar del mismo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el capítulo se recopila la información sobre diversos dispositivos tecnológicos para monitoreo de signos vitales, detección de caídas y comunicación local, describiendo el funcionamiento y aplicaciones en los cuales fueron desarrollados. También, se describen los diferentes métodos de monitoreo de signos vitales, detección de caídas y comunicación local.

2.1. Técnicas de medición de signos vitales

Según (Balaguer, 2014) los signos vitales son: *“la determinación de la frecuencia cardiaca (FC), la frecuencia respiratoria (FR) y la temperatura corporal (TC), también se le incluye a la presión arterial (PA) como un signo vital pero no se le considera estrictamente como uno.”*

Dentro de los signos vitales (Da Costa, Pasluosta, Eskofier, Da Silva, & Righi, 2018) añaden a la saturación de oxígeno como uno de los más importantes para el monitoreo en los pacientes, porque un nivel bajo del mismo podría causar problemas respiratorios, también los colocan al nivel de dolor, nivel de consciencia y a la producción de orina como signos vitales importantes.

Como manera de aclaración el nivel de dolor, nivel de consciencia y la producción de orina son signos que se toman cuando un paciente debe ser internado por mucho tiempo y no se toman en cuenta para un sistema portátil.

Lo que se debe tener en cuenta es que existen unas variables que pueden alterar los signos vitales, explicado por (Talamas, 2016) los signos vitales son valores que permiten estimar la efectividad de la circulación, de la respiración y de las funciones neurológicas basales, por lo que

la réplica a distintos estímulos fisiológicos y patológicos actúan en la alteración de los mismos, al igual que, el sexo y la edad.

Para poder medir cada uno de los signos vitales existen diferentes técnicas y recomendaciones que se explicarán a continuación:

2.1.1. Frecuencia Cardíaca

La frecuencia cardíaca se la mide en pulsos por minuto (PPM), que es la velocidad de los latidos del corazón que da en un minuto (Talamas, 2016). Para poder tener un valor de la frecuencia cardíaca se debe tomar el pulso arterial el cual es originada en la contracción del ventrículo izquierdo del corazón y resulta en la expansión y contracción del calibre de las arterias.

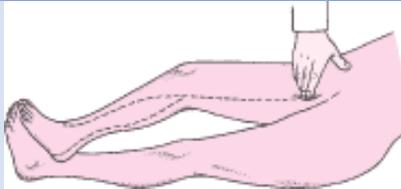
Las maneras correctas para poder tomar el pulso arterial es colocar los dedos índice y medio en los lugares mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 1

Sitios de palpación del pulso

Pulso	Técnica	Gráfica
Radial	Se siente en la muñeca por debajo del pulgar	 <p>Figura 7. Pulso radial Fuente: (Rodríguez, 2018)</p>

CONTINÚA ➔

Carotideo	Se siente aplicando presión bajo el ángulo del mentón	 <p>Figura 8. Pulso Carotideo Fuente: (Carreres, 2011)</p>
Femoral	Se palpa por debajo del ligamento inguinal en su línea media	 <p>Figura 9. Pulso Femoral Fuente: (Fernández Sola & Granero Molina, 2011)</p>
Braquial	Se palpa en el hueco anterior del codo, en la cara interna del bíceps, con antebrazo ligeramente flexionado.	 <p>Figura 10. Pulso Braquial Fuente: (María, 2013)</p>

Lo nombrado en la Tabla 1 son los más utilizados ya que también hay otras ubicaciones como son: el pulso temporal (arteria temporal), pulso poplíteo (arteria poplíteo), pulso pedio (arteria pedio), pulso tibial (arteria tibial posterior) y pulso apical (en el ápex cardiaco).

2.1.1.1. Técnica para tomar la frecuencia cardiaca

Para poder medir la frecuencia cardiaca con el tacto, nos ayudamos de la tabla antes expuesta, Tabla 1 Sitios de palpación del pulso, en donde aplicamos suavemente las yemas del dedo índice

y medio en cualquiera de los lugares antes descritos. Al tener colocado los dedos, si el pulso es regular, se cuenta el número de latidos durante 15, 20 o 30 segundos y se multiplica ese valor por 4, 3 o 2 respectivamente. Si el pulso refleja alguna irregularidad, es decir, cambia su ritmo de manera espontánea, se debe llevar la cuenta durante un minuto o más. (Talamas, 2016)

Por otro lado, si se utiliza un instrumento para medir la frecuencia como el estetoscopio, se debe colocar en el quinto espacio intercostal (línea medioclavicular izquierda) y de igual manera contar los latidos en 6, 15 o 30 segundos y multiplicarlo por 10, 4 o 2 respectivamente y así obtener los PPM.

Al terminar el conteo se debe registrar e interpretar los resultados para posteriormente tomar las decisiones pertinentes. En la Tabla 2 se encuentran los valores normales de frecuencia cardiaca en reposo:

Tabla 2

Valores normales de frecuencia cardiaca por edad.

Edad	Pulsos por minuto (PPM)
Recién nacido	140 – 160
Un año	115 – 130
Doce años	100 – 115
Adultos	70 – 80
Personas mayores	60 – 70

Fuente: (Talamas, 2016)

El rango de frecuencia cardiaca es diferente en un hombre adulto que en el de una mujer adulta ya que varía entre 70 a 80 y 60 a 80 respectivamente.

Las recomendaciones para poder tomar el pulso es que la persona a la que se le vaya a tomar esté en estado de reposo por al menos 10 o 15 minutos, no se debe usar el dedo pulgar ya que éste

podría confundir los latidos de la persona al que se le toma el pulso con los latidos de la persona que los está tomando y las alteraciones emocionales pueden afectar la toma del pulso. (Talamas, 2016)

2.1.1.2. Alteraciones de la frecuencia cardiaca y el pulso

El aumento de la frecuencia cardiaca más allá de los 100 PPM en reposo podría significar que la persona está sufriendo de una taquicardia y si por el contrario la frecuencia cardiaca disminuye menos de 60 PPM la persona sufre de una bradicardia.

Las alteraciones de los pulsos comunes en una persona mayor ocasionadas por arteriosclerosis se le llama pulso duro, mientras que el llamado pulso débil puede ocurrir por deshidratación o hemorragias severas y las arritmias cardiacas producen los pulsos arrítmicos.

2.1.2. Temperatura Corporal

La temperatura corporal es el grado de calor conservado por el equilibrio entre el calor que el organismo genera y pierde mientras realiza diferentes actividades tanto metabólicas como actividades musculares.

Existen factores que pueden alterar la temperatura corporal tales como: la actividad muscular, la adrenalina, noradrenalina, entre otras.

La medición de la temperatura corporal se la puede realizar de 3 maneras en diferentes lugares del cuerpo, ya que cada una posee una precisión diferente en sus valores. El lugar más común para medir la temperatura corporal es en la cavidad bucal donde se tiene una temperatura normal de $36.8 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, también se puede medir en la cavidad rectal el cual indica un valor de $36.8 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ y en la axila es $36.8 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$.

(Sanjuán Álvarez, Abad Fau de Casa Juana, & de la Flor Robledo, 2011) indica que la medición de la temperatura que se realiza en una zona diferente a las nombradas en el párrafo anterior varían entre 2 y 4 °C.

El termómetro es el instrumento convencional para realizar la medición de temperatura, para cada lugar del cuerpo nombrado en el anterior párrafo, se presentan diferentes formas para el termómetro de mercurio, es decir, para la axila es de extremo alargado mientras que para el rectal es corto y redondeado como se puede diferenciar en la Figura 11.

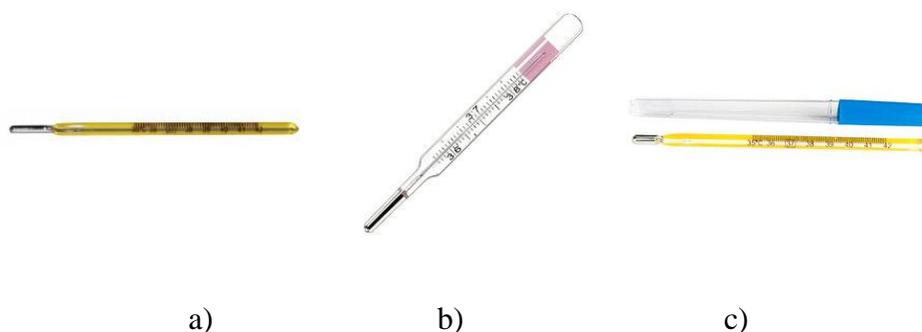


Figura 11. a) Termómetro bucal, b) Termómetro de axila, c) Termómetro rectal

Fuente: (Caña, 2018)

2.1.2.1. Técnicas para tomar la temperatura

La manera correcta de empezar es desinfectar el termómetro con alcohol y asegurarse que la columna de mercurio que se encuentra dentro del termómetro marque menos de 35°.

Al momento de colocar el termómetro se debe tomar en cuenta el tiempo que debe permanecer en el lugar, como son:

- Bucal: 3 minutos.
- Axila: de 3 a 5 minutos, previamente seca.
- Rectal: 1 minuto.

Pasado el tiempo del lugar en donde haya colocado el termómetro se debe leer la medida que marca la columna del mercurio y a continuación se interpreta los resultados de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3

Valores normales de la temperatura corporal

EDAD	GRADOS CENTÍGRADOS (°C)
Recién nacido	36.1 – 37.7
Lactante	37.2
2-8 años	37.0
8-15 años	36.5 – 37.0
Adulto	36.4 – 37.2
Vejez	<36.0

Fuente: (Talamas, 2016)

(Buzón, 2019) indica que la temperatura corporal de una persona mayor a los 70 años varía entre los 33.5 y 35 °C.

El termómetro es de uso personal y la cabeza del termómetro debe estar en contacto con la zona elegida

Se recomienda que para tomar la temperatura oral el paciente no debe estar con tos, hipo o con lesiones en la boca, al igual que se debe evitar tomar este tipo de temperatura en niños.

2.1.2.2. Alteraciones de la temperatura.

En la siguiente tabla se detalla las alteraciones que existe de la temperatura corporal al aumentar o disminuir su valor.

Tabla 4

Alteraciones de la temperatura corporal

ALTERACIONES	TEMPERATURA °C
Hipotermia	<35.0

Febrícula	Hasta 38
Fiebre	>38
Hipertermia	>41
Hiperpirexia	>41

La diferencia que existe entre la hipertermia y la hiperpirexia es que en el primer caso los mecanismos del control de la temperatura se conservan mientras que en el otro los mismos fallan.

2.1.3. Frecuencia Respiratoria

La frecuencia respiratoria es la cantidad de respiraciones que una persona realiza en un minuto y ésta comprende de una fase de inspiración y otra de espiración en la cual se debe tomar en cuenta tanto el esfuerzo como el ritmo de la persona al respirar.

El aparato que los médicos usan para poder medir la frecuencia respiratoria es el estetoscopio (Figura 12).



Figura 12. Estetoscopio
Fuente: (Talamas, 2016)

2.1.3.1. Técnicas para valorar la frecuencia respiratoria

Existen 2 maneras de valorar la frecuencia cardíaca, la primera es mediante inspección, el cual se lo realiza de manera visual, es decir, durante 30 segundos se cuenta los movimientos torácicos

que realiza la persona y se multiplica por 2 si la respiración es regular, por supuesto no se le debe alertar al paciente de que se está realizando la inspección.

La segunda manera de valorar la FR es mediante auscultación, durante el proceso se debe colocar al paciente sentado con la espalda y los pies casi juntos, esta posición se llama sedestación, al colocar al paciente en esta posición se coloca el diafragma del estetoscopio sobre la pared torácica, de manera que no quede situado sobre alguna estructura ósea y contar por 30 segundos el número de respiraciones del paciente y multiplicarlo por 2 si tiene una respiración regular. En ambos casos si la respiración es irregular se debe contar el número de respiraciones por un minuto o más tiempo.

Al terminar de tomar los valores se debe registrar e interpretar el hallazgo comparando con la Tabla 5.

Tabla 5

Valores Normales de la frecuencia respiratoria

EDAD	RESPIRACIONES POR MINUTO
Recién nacido	30 – 80
Lactante menor	20 – 40
Lactante mayor	20 – 30
2 a 4 años	20 – 30
6 a 8 años	20 – 25
Adulto	15 – 20

2.1.3.2. Alteraciones de la frecuencia respiratoria

Las alteraciones más frecuentes son las siguientes:

- Bradipnea: lentitud al respirar.
- Taquipnea: aumento en el ritmo respiratorio.

- Hiperpnea: respiración profunda y rápida.
- Apnea: ausencia de movimientos respiratorios.
- Disnea: sensación subjetiva del paciente de dificultad o esfuerzo para respirar.
- Respiración de Kussmal: respiración rápida, profunda, suspirante y sin pausas.
- Respiración de Cheyne-Stoke: hiperpnea que se combina con intervalos de apnea.
- Respiración de Bolt: extrema irregularidad en la frecuencia respiratoria, el ritmo y la profundidad de las respiraciones.

2.1.4. Presión Arterial

En (Talamas, 2016) explica que la presión arterial resulta de la fuerza ejercida por la columna de sangre impulsada por el corazón hacia los vasos sanguíneos. Existen dos fuerzas que son contrarias y equivalentes, la primera es la presión sanguínea donde la fuerza actúa sobre la pared arterial y la resistencia opuesta por la pared arterial es la segunda fuerza llamada tensión arterial.

Para el control de la presión arterial según (Balaguer, 2014) se deben tomar tres datos:

1. Presión sistólica: es la presión de la sangre debida a la contracción de los ventrículos.
2. Presión diastólica: es la presión que queda cuando los ventrículos se relajan.
3. Presión arterial media: está determinada por el gasto cardiaco y la resistencia vascular periférica.

La parte importante para la medición de la presión arterial es que la misma se eleva durante la sístole y disminuye durante la diástole.

2.1.4.1. Técnicas para la toma de valores de la presión arterial.

El dispositivo usado por los doctores es el esfigmomanómetro (Figura 13) y a continuación se explica la técnica para usarlo.



Figura 13. Esfigmomanómetro
Fuente: (Noguerol Casado & Seco González)

Se coloca el brazalete fijo alrededor del brazo, por encima de la articulación del codo a la altura del corazón y evitando una excesiva presión en el brazo. La bolsa se le empieza a inflar de forma continua y rápida hasta que se deje de percibir el pulso, para después desinflar totalmente el mango de la misma manera que al inflar y se espera 30 segundos para volver a inflar.

Se coloca el estetoscopio por debajo del brazalete sin presionar la piel y sobre la arteria, se realizar el bombeo de forma rápida y continua por encima de la medida de 20 o 30 mmHg y desinflar lentamente mientras se escucha el primer latido claro y rítmico junto con la escala de Hg para realizar la lectura, el valor tomado es la presión sistólica. Cuando el sonido cambie por un golpe fuerte y amortiguado tomar la medida dada de la escala Hg, el sonido es de la medida para la presión diastólica.

Los valores tomados se les debe comparar con la Tabla 6. Y tomar las medidas pertinentes dependiendo de los resultados.

Tabla 6*Valores normales de la presión arterial*

Edad	Presión sistólica (mmHg)	Presión diastólica (mmHg)
Lactante	60 - 90	30 - 62
2 años	78 – 112	48 – 78
8 años	85 – 114	52 – 85
12 años	95 – 135	58 – 88
Adulto	100 - 140	60 – 90

2.1.4.2. Alteraciones de presión arterial

Hay dos tipos de alteraciones en la presión arterial, la presión baja y la presión alta.

La presión alta o conocida como hipertensión es una complicación que provoca problemas cardíacos, accidentes cerebrovasculares y otras afecciones médicas graves. Existen varios factores que pueden aumentar la presión arterial, (Ogedegbe & Pickering, 2010) indica que éstos factores son: el estrés, fumar, la cafeína, el consumo excesivo de alcohol, ciertos medicamentos, las bajas temperaturas y más. En los adultos mayores hay problemas en los vasos sanguíneos los cuales acumulan placas y las paredes de las arterias se vuelven rígidas lo que produce un mayor esfuerzo para el corazón al bombear la sangre.

La presión arterial baja o hipotensión se produce cuando algunas partes del cuerpo no reciben suficiente sangre, y cada latido cardiaco es más bajo de lo usual. Los factores que (Nieves Rivera, Rojas Sánchez, & Sánchez Ríos, 2016) indican son: antidepresivos, diuréticos, medicamentos para el corazón, ansiolíticos, diabetes avanzada, desmayo, deshidratación, y más.

2.1.5. Saturación de oxígeno en la sangre

La medición de oxígeno que se realiza en la sangre es una forma indirecta de determinar la oxigenación total del cuerpo, según (Hartog & Bloos, 2014) el proporcionar suficiente oxígeno al organismo es una función esencial del sistema cardiovascular

La saturación de oxígeno tiene dos variables de gran trascendencia que son: la saturación venosa central de oxígeno y la saturación venosa mixta de oxígeno, en el cual (Carrillo, Núñez, & Carrillo, 2007) dice que las 2 saturaciones evalúan de manera integral los determinantes de la relación aporte/consumo de oxígeno.

2.1.5.1. Técnicas para la toma de valores de la saturación de oxígeno.

Para poder realizar tomas de valores de la saturación de oxígenos los médicos acuden al dispositivo llamado pulsioxímetro, el que al emitir ondas infrarrojas a través de un transductor en forma de pinza colocada en el dedo muestra en una pantalla la curva de valores de la saturación.

Al obtener los resultados se compara los valores con la Tabla 7 para tomar las medidas respectivas de acuerdo al caso.

Tabla 7

Valores y acciones para la saturación de oxígeno

% Saturación	Actuación
> 95%	Ninguna actuación
Entre 90% y 95%	Tratamiento inmediato.
< 90%	Enfermo grave. Hipoxia Severa. Oxigenoterapia, tratamiento y traslado a hospital.
< 80%	Intubación y ventilación mecánica

Fuente: (Noguerol Casado & Seco González)

2.1.5.2. Alteración de la saturación de oxígeno

Cuando la demanda de oxígeno excede el suministro de oxígeno se produce la hipoxemia que tiene resultados perjudiciales para la función natural de los órganos (Hartog & Bloos, 2014).

En (Noguerol Casado & Seco González) indica que las principales situaciones que puede llegar a dar lecturas erróneas de la saturación de oxígeno son:

- Anemia Severa.
- Interferencias con otros aparatos electrónicos
- Movimientos fortuitos del transductor
- Luz ambiental intensa.

Los doctores como recomendación saben colocar el transductor en el lóbulo de la oreja para evitar los movimientos que pueden provocar valores incorrectos al momento de la medición.

2.4. Equipos electrónicos para medición de signos vitales

Para la medición de signos vitales existen varios equipos tanto móviles como fijos los cuales se caracterizan por su tiempo de respuesta, precisión y exactitud.

Tabla 8

Equipos electrónicos para medición de signos vitales

Equipo	Descripción	Imagen
Monitor Connex Spot	El monitor (Allyn, Welch, 2018) posee una pantalla táctil y es de tipo móvil como se indica en la Figura 14. Monitor Connex Spot Fuente: , realiza promedio de la presión arterial verificación puntual y monitoreo por intervalo de	

Figura 14. Monitor Connex Spot
Fuente: (Allyn, Welch, 2018)

CONTINÚA →

acuerdo a las necesidades de cada paciente garantizando la exactitud del equipo. Está enfocado a detectar la hipertensión al realizar un promedio de la presión arterial posee una batería incorporada de larga duración capaz de funcionar 17 horas con una carga completa. El tiempo de respuesta es de 15 segundos para realizar la medición y proporcionar datos confiables.

Esfigmomanómetro Digital Connex

El equipo (Allyn, Welch, 2018) posee una gran exactitud además de ser portable en forma de brazalete para adulto en tamaño estándar, grande y banda para el muslo. Realiza lecturas de la presión arterial en 15 segundos, posee una batería capaz de realizar hasta 100 mediciones con una carga completa. Posee conexión a USB la cual permite una integración a un sistema de registro para un mejor control, el producto se visualiza en la Figura 15.



Figura 15. Esfigmomanómetro Digital Connex
Fuente: (Allyn, Welch, 2018)

CONTINÚA ➡

Reloj de pulsera para monitoreo de signos vitales

En la patente (España Patente n° 1212974, 2018) describe un reloj pulsera para el monitoreo de signos vitales, la presión sanguínea siendo esta la principal. Este reloj posee una cámara inflable la cual posee una pared elástica que al inflarse presiona contra la muñeca y el ritmo cardiaco es detectado mediante un sensor de presión dentro de la cámara de aire como indica en la Figura 16.

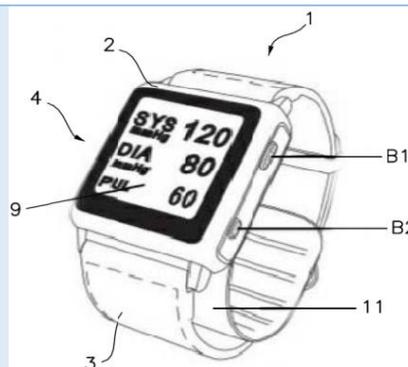


Figura 16. Reloj para monitoreo de signos vitales

Fuente: (España Patente n° 1212974, 2018)

Pulsera inteligente portátil y método para el monitoreo continuo de signos fisiológicos

La patente (China Patente n° CN104055499B, 2014), indica un brazalete, Figura 17, para monitoreo de signos fisiológicos de manera continua que integra varios sensores para un monitoreo completo. El circuito de monitoreo posee una unidad principal de comunicación basado en sistemas de antenas las cuales permiten sincronizar la adquisición de datos. Posee un sensor de velocidad angular y aceleración xyz para la adquisición de datos del movimiento de la persona.

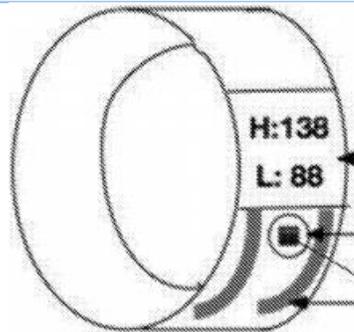


Figura 17. Pulsera inteligente para monitoreo.

Fuente: (China Patente n° CN104055499B, 2014)

CONTINÚA →

Medidor de SP02
(Saturación de
oxígeno)

Como menciona en (Perkins, McAuley, Giles, Routledge, & Gao, 2003) el cambio en las condiciones fisiológicas debido a enfermedades cardiacas o respiratorias se reflejan en la concentración de oxígeno en la sangre. Los saturadores de oxígeno que se ofertan en el mercado tienen una precisión como indica en (Oxímetros Life, 2019), con pantallas OLED de alta definición para una lectura digital y un botón para encendido y apagado para un uso sencillo Figura 18.



Figura 18. Sensor de oximetría
Fuente: (Oxímetros Life, 2019)

2.5. Sistemas de detección de caídas

La (OMS, 2018) define a las caídas como un acto involuntario de las personas al precipitarse al suelo y en los adultos mayores pueden llegar a causar su muerte, además cita, que se producen 424.000 caídas mortales por año y el 80% de las caídas son registradas en países de medianos y bajos ingresos.

El Dr. (Espínola, 2020) asegura que: *“Las estadísticas muestran que hasta un 20% de los adultos mayores de países en vías de desarrollo tienen importantes dificultades en su desplazamiento y la mitad de ellos se encuentran en estado de postración”*.

(Álvarez Rodríguez, 2015) en su estudio indica que el 7% de las personas mayores que visitan emergencias son por caídas y de las cuales el 40% terminan hospitalizadas.

Las causas para que el adulto mayor sufra de caídas de manera regular pasado los 75 años se debe a la pérdida y debilidad de musculatura, baja de peso y osteoporosis, ocasionando la disminución en la movilidad, de los reflejos y tiempo de reacción lenta (Espínola, 2020).

Motivo por el cual, existen dispositivos que tratan de reducir el porcentaje de incidencia en caídas de los adultos mayores.

A continuación, se nombran algunos sistemas desarrollados en el mercado.

Tabla 9

Equipos y métodos para detección de caídas

Nombre	Descripción	Imagen
Desarrollo de un sistema de detección de caídas basado en un acelerómetro	El proyecto (González Vega, Hernández Bretones, & Jiménez del Olmo, 2016) se desarrolló con acelerómetros capaces de detectar caídas comunes en adultos mayores, como menciona en (Hayashi, Kondo, Suzuki, Yamada, & Matsumoto, 2014) las caídas son más peligrosas cuando ocurren dentro de los hogares en cuartos como los dormitorios, el baño y la cocina, además de lugares críticos como las escaleras, corriendo un mayor peligro al momento del descenso de las mismas. El diseño es un sistema que se coloca en la cintura como se indica en la Figura 19.	 <p data-bbox="946 1318 1403 1451">Figura 19. Sistema de detección de caídas Fuente: (González Vega, Hernández Bretones, & Jiménez del Olmo, 2016)</p>

CONTINÚA 

Método y sistema para la detección de caídas

El sistema (Estados Unidos Patente n° US 8 217 795 B2, 2012) monitorea el movimiento de las personas permitiendo detectar las variaciones de los mismo y el tiempo de duración, para utilizar un algoritmo de análisis usando los parámetros de aceleración y tiempo del evento, el esquema de la patente se indica en la Figura 20.

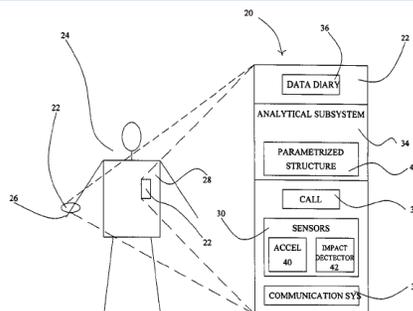


Figura 20. Esquema para detección de caídas

Fuente: (Estados Unidos Patente n° US 8 217 795 B2, 2012)

Detector automático de caídas y monitoreo de actividad para personas mayores

En (Guillaume & Etxeberria Arritxabal, 2006) desarrollaron un sistema de detección de caídas con alerta automática para personas mayores, como indica en la Figura 21 para personas mayores consta de:

Acelerómetro biaxial con algoritmo de actividad cinemática

Módulo GPS para ubicación del usuario

Módulo GSM/GPRS para envío de alertas mediante llamadas a un teléfono fijo permitiendo la comunicación bidireccional.

Sistema de recepción de datos, historial del paciente.

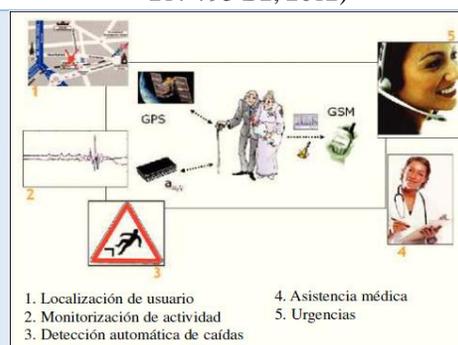


Figura 21. Esquema de detección automática de caídas

Fuente: (Guillaume & Etxeberria Arritxabal, 2006)

CONTINÚA →

2.6. Formas de ubicación local con Wi-Fi

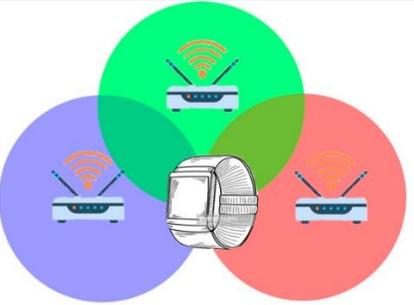
En la referencia (Luz, 2017) menciona que el GPS no funciona de manera correcta en espacios cerrados debido a la interferencia que pueden causar las paredes, lozas y techos. Teniendo una red

Wireless se puede transmitir y tener acceso a información que no es cifrada por tal razón se debe usar protocolos de comunicación para proteger dicha información.

Al crear una red como menciona (Piedra Vega, 2016) los sensores en la red son capaces de recibir, procesar y transmitir los datos recogidos, y estos deben consumir la menor energía posible y el mínimo de recursos.

Tabla 10

Formas de localización

Nombre	Descripción	Imagen
Geoposicionamiento por Wi-Fi	<p>Como menciona en (Luz, 2017) cuando se desea tener un buen posicionamiento para interiores es el Wi-Fi la opción más indicada, ya que no solo permite obtener la posición de manera precisa, si no también optimizar los datos que se emiten o reciben al tener un mínimo de 3 puntos de acceso (AP) como indica en la Figura 22.</p> <p>Con esta técnica permite triangular la posición en base a la comunicación de los 3 AP y la señal de recepción que posee el dispositivo a ser encontrado. La comunicación entre los 3 AP es para que los dispositivos puedan compartir su ubicación la cual deberá estar predeterminada dentro del programa de ubicación.</p>	 <p>Figura 22. Geoposicionamiento por Wi-Fi mediante triangulación</p>

CONTINÚA ➡

Sistema de posicionamiento móvil para interiores vía Wi-Fi

En (Piedra Vega, 2016) menciona el desarrollo de un sistema de red inalámbrica capaz de ubicar un dispositivo en base a la potencia de la señal recibida para poder triangular la posición en base al tiempo de llegada, la diferencia entre tiempos de llegada, el ángulo de llegada y la fuerza de la señal recibida.

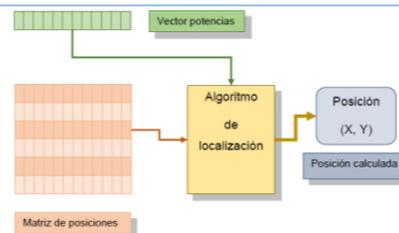


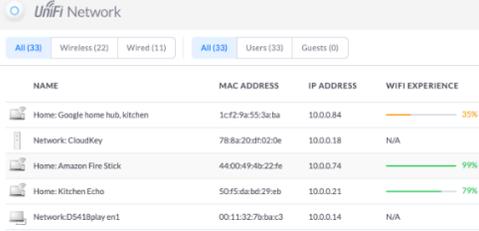
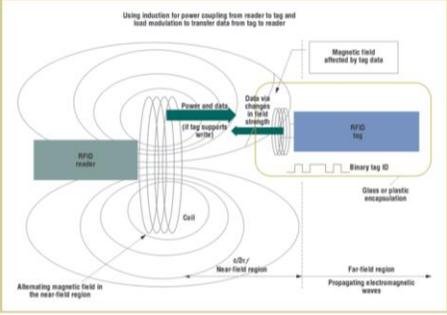
Figura 23. Esquema de posicionamiento de dispositivos móviles en interiores
Fuente: (Piedra Vega, 2016)

2.7. Identificación del paciente

Para la identificación del paciente se tiene varios métodos de identificación como son la asignación de IP estáticas a los dispositivos, lectura de tarjetas RFID, códigos de barras. Permitiendo así saber que paciente se encuentra en determinada zona o si necesita atención.

Tabla 11

Métodos de identificación

Nombre	Descripción	Imagen
Identificación mediante IP estática	Para la identificación del adulto mayor se lo realizara mediante direcciones IP estáticas como menciona en (Bradley, 2019) que al combinar con un servidor DHCP se reservan las direcciones MAC e IP a usar para cada dispositivo como indica en la Figura 24, evitando así un conflicto del DHCP al asignar las direcciones IP dinámicas.	 <p>Figura 24. Asignación de IP's estáticas en servidor DHCP Fuente: (Bruce, 2019)</p>
Identificación por RFID	Las tarjetas de identificación mencionadas en (Carrico, 2012) se utilizan para el acceso a lugares restringidos. Estas tarjetas tienen una vida útil indefinida (Want, 2006) y son muy pequeñas como para tenerlas en una etiqueta al no poseer una batería. El principio de funcionamiento de estas tarjetas es la ley de Faraday Figura 25, al acercar una tarjeta a un lector energiza un pequeño chip en la tarjeta el cual posee la identificación y emite una señal la cual de ser la correcta el lector permite el acceso.	 <p>Figura 25. Ley de Faraday de las tarjetas RFID Fuente: (Want, 2006)</p>

CONTINÚA 

Códigos de barras Son una serie de líneas codificadas capaces de ser leídas por equipos laser decodificadores siendo este un código muy simple y eficaz para la identificación, pero carece de seguridad como menciona en (Carrico, 2012) son utilizados ampliamente en supermercados. Como indica en (Correa, Álvarez, & Gomez, 2010) la identificación de productos con códigos de barras facilita el manejo de inventario e información para procesos administrativos como indica en la Figura 26.



Figura 26. Lector de código de barras
Fuente: (Correa, Álvarez, & Gomez, 2010)

2.8. Resumen del capítulo

En el capítulo se describe cada una de las técnicas para medición de signos vitales, las alteraciones que pueden ocurrir en los mismos y también se nombran los diferentes dispositivos médicos que se utilizan para determinar los respectivos valores, al igual que, se muestran tablas de valores normales que se deben tomar en cuenta al medirlo en un adulto mayor. También, se nombran dispositivos desarrollados en el mercado que se utilizan para la detección de caídas, los mismos son colocados normalmente en la cintura, pero los que son pulseras se los instala conjuntamente con otro aparato ubicado en el pecho o cintura. De igual manera se pueden divisar los métodos más conocidos para poder obtener la localización e identificación del paciente respectivamente.

CAPÍTULO III

Diseño conjunto

En el capítulo se describe el diseño, desarrollo y construcción del prototipo, el cual se basa en el diseño frontal de Ulrich y la verificación de los sistemas elegidos mediante el diseño en V de la norma VDI 2206. El diseño está basado en la selección de sensores, diseño de la pulsera y el sistema de comunicación.

3.1. Diseño de Sistema en base a la función de calidad

La importancia que se le da a cada sistema dentro del proyecto se lo realiza mediante la metodología de diseño de la función de calidad (QFD, Quality Function Deployment), el cual nos ayuda a clasificar y establecer una secuencia ordenada para la construcción del dispositivo.

En (Enrique Yacuzzi, 2003) indica que dentro de la metodología se ocupa una herramienta llamada matriz de calidad, en la que se compara las necesidades del cliente con las características ingenieriles, logrando así establecer una prioridad de las mismas con el fin de llegar a un cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Las necesidades del cliente son características primordiales que se toman en cuenta para ejecutar el proyecto, a continuación, se enlistan y escogen a las más importantes requeridas por el adulto mayor:

- Medir le frecuencia cardiaca
- Medir la saturación de oxígeno
- Confiabilidad
- Medir la temperatura corporal

- Ligero
- Durabilidad
- Ergonómico
- Resista golpes
- Resistente al agua
- Detecte caídas
- Sea recargable

En las necesidades antes enumeradas no se encuentra la medición de la presión arterial porque los médicos no recomiendan que los dispositivos electrónicos, como por ejemplo los nombrados en la Tabla 8 del capítulo 2 y el prototipo a desarrollar, realicen las medidas del mismo porque solo se mostrarían valores aproximados y no reales.

Para realizar la matriz QFD debemos establecer características ingenieriles que vayan acorde a los requerimientos del cliente, a continuación, se enumeran las características técnicas propuestas para el proyecto y que son afines a las necesidades dadas por el cliente:

- Valores de medición para signos vitales
- Detección de caídas
- Material
- Dimensiones
- Velocidad de respuesta
- Modular
- Ajustable
- Resistencia al Impacto

- Robusto
- Transmisión Wireless

Una vez definidas las características y necesidades que se colocan en la matriz QFD procedemos a realizar una sumatoria de puntos con la cual estableceremos los sistemas principales que requiere el proyecto.

Para determinar la importancia de cada uno de los puntos requeridos por el cliente, se califica del 1 al 5, siendo 1 sin importancia y 5 muy importante.

Dentro de la matriz QFD realizamos una correlación entre las características técnicas propuestas y las necesidades del cliente, colocando un 0 si no existe correlación, 1 si hay alguna correlación y 2 si son muy correlacionados entre sí.

Al colocar cada uno de los valores de importancia y correlación se realiza el siguiente cálculo para encontrar el valor total:

$$\sum (I \times C) \quad (1)$$

I = Valor colocado en la importancia de las necesidades del cliente.

C = Valor de la correlación entre la necesidad del cliente y la característica técnica

Con el valor total conseguido por la ecuación (1) determinamos cuales son los sistemas en los que se va a separar el proyecto, escogiendo los resultados que sean mayores o iguales a 50.

Tabla 12

Matriz QFD

	Importancia	Medición de signos vitales	Detección de caídas	Material	Dimensiones	Velocidad de respuesta	Modular	Ajustable	Resistencia al impacto	Robusto	Transmisión Wireless
Necesidades del Cliente											
Medir frecuencia cardiaca	5	2	1	1	2	2	0	0	0	2	2
Medir saturación de oxígeno	5	2	1	1	2	2	0	0	0	2	2
Confiabilidad	3	2	2	1	0	1	0	0	0	0	2
Medir temperatura	4	2	1	1	1	2	0	0	0	2	2
Ligera	2	2	2	2	2	0	1	1	1	1	0
Durabilidad	2	1	2	2	0	0	1	1	2	2	0
Ergonómica	3	1	2	1	1	0	2	2	2	0	0
Resistencia al impacto	3	2	2	2	2	0	1	2	2	1	0
Impermeable	4	0	0	2	1	0	2	1	1	1	0
Independencia Energética	3	2	2	0	1	0	1	1	2	1	2
Detectar Caídas	5	0	2	1	2	2	0	0	0	2	2
Valor total		55	56	47	54	41	24	23	28	54	50
				Ninga Flex	Tamaño S M L	tiempo<100ms	Piezas como rompecabeza	Piezas como rompecabeza	Resistencia a la prueba de impacto = 5,1 kJ/m2	Diseño estable	Protocolo MQTT

Como se puede observar en la Tabla 12 tenemos cinco puntos que son de mayor importancia para la realización del proyecto, por lo cual los separamos en los siguientes sistemas:

- Sistema de Monitoreo de Signos Vitales: consta de la característica de medición de signos vitales con 55 puntos.
- Sistema de Soporte y Ergonomía: las características de dimensión y robustez constan dentro de la misma, ya que con 54 puntos cada uno, no es necesario separarlas en diferentes sistemas.
- Sistema de Detección de Caídas: la característica de detección de caídas con 56 puntos es la parte primordial del proyecto.
- Sistema de Transmisión de Datos: la característica de transmisión Wireless, dentro del sistema con 50 puntos, es parte importante para el envío de datos.

3.2. Diseño de Sistemas y Subsistemas

3.2.1. Sistema 1: Monitoreo de signos vitales

En el sistema se realiza la selección de los componentes siguiendo las especificaciones determinadas mediante la matriz QFD y los objetivos a cumplir.

A continuación, se va a analizar cada sensor a utilizarse en el sistema para cada signo vital, como es, la temperatura corporal, pulso cardíaco y la saturación de oxígeno.

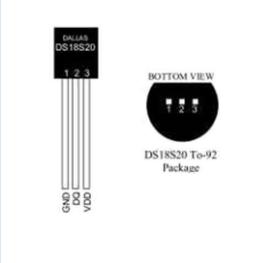
Las consideraciones que se toman en cuenta en la matriz QFD es que el dispositivo sea ligero y ergonómico, por lo cual, el tamaño y el peso deben influir al analizar los sensores a comparar.

3.2.1.1. Primer Subsistema: Medición de temperatura corporal

Las alternativas que se consideran para la selección de los sensores que miden la temperatura corporal se muestran en la Tabla 13, la característica primordial que se toman en cuenta es que sean compactos y no invasivos.

Tabla 13

Alternativas de sensores para la medición de temperatura

Alternativas	Sensor	Características
A: DHT22	 <p><i>Figura 27. DHT22</i> Fuente: (Microcontroleur Hobby, 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3-5V - Comunicación One Wire Bus - Rango de temperatura: -40 a 80°C - Precisión: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ - Dimensiones: 27x59x13.5mm - Peso: 2.5gr
B: MLX90614ESF	 <p><i>Figura 28. MLX90614</i> Fuente: (Electronic Co., 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3-5V - Comunicación I2C - Rango de temperatura: -70 a 380°C - Precisión: $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ - Dimensiones: 11.6x16.5mm - Peso: 2gr
C: DS18S20	 <p><i>Figura 29. DS18S20</i> Fuente: (Quasar Electronics, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3-5V - Comunicación One Wire Bus - Rango de temperatura: -55 a 125°C - Precisión: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ entre -10 a 85°C - Dimensiones: 5.1x2.5x0.6 cm - Peso: 9.07gr

A continuación, se realiza una ponderación con respecto a cada criterio que se decidió en la Matriz QFD para determinar la mejor solución, las cuales son, tamaño, peso y precisión del sensor colocados en la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16 respectivamente.

Las calificaciones que se colocan en cada tabla de ponderación serán de 0 a 5, siendo 0 muy mala y 5 la mejor.

Tabla 14

Ponderación de selección de acuerdo al tamaño

Criterios de diseño Alternativas	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
A	1	2	0.22
B	5	6	0.67
C	0	1	0.11
	Total	9	1

Tabla 15

Ponderación de selección de acuerdo al peso

Criterios de diseño Alternativas	Peso	$\Sigma+1$	Ponderación
A	4	5	0.38
B	5	6	0.46
C	1	2	0.16
	Total	13	1

Tabla 16

Ponderación de selección de acuerdo a la precisión

Criterios de diseño Alternativas	Precisión	$\sum+1$	Ponderación
A	3	4	0.31
B	5	6	0.46
C	2	3	0.23
	Total	13	1

Tabla 17*Ponderación de selección final*

Criterios de diseño Alternativas	Tamaño	Peso	Precisión	\sum	Ponderación
A	0.22	0.38	0.31	0.30	30%
B	0.67	0.46	0.46	0.53	53%
C	0.11	0.16	0.23	0.17	17%
			Total	1	100%

Como se puede observar en la Tabla 17, se concluye que, con un 53% la solución B MLX90614ESF es el sensor más óptimo para el proyecto.

El sensor de temperatura escogido posee una placa en la cual ayuda en la integración del proyecto por su cómodo tamaño y peso.

3.2.1.2. Segundo Subsistema: Medición de pulso cardiaco

Las alternativas que se consideran para la selección de los sensores que miden el pulso cardiaco se muestran en la Tabla 18, la característica primordial que se toman en cuenta es que sean compactos y no invasivos.

Tabla 18

Alternativas de sensores para la medición del pulso cardiaco

Alternativas	Sensor	Características
A: ADPS-9008	 <p>Figura 30. ADPS-9008 Fuente: (ELECTRONICS, 2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3-5V - Comunicación Digital - Consumo de corriente 21mA - Baja variación de sensibilidad a la luz. - Dimensiones: D15.9 x Es3.2mm - Peso: 2gr
B: MAX30100	 <p>Figura 31. MAX30100 Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS SAC, NAYLAMP MECHATRONICS, 2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 1.8-3.3V - Comunicación I2C - Consumo de corriente ± 20mA - Filtro de Luz entre 50 y 60Hz - Dimensiones: 14x17x1.2mm - Peso: 1.8gr
C: HEARTBEAT	 <p>Figura 32. HEARTBEAT Fuente: (BIGTRONICA, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 5V - Salida Analógica - Susceptible al ruido - Filtro de Luz fluctuante entre 50 y 60Hz - Dimensiones: 21x10x3 mm - Peso: 2gr

A continuación, se realiza una ponderación con respecto a cada criterio que se decidió en la Matriz QFD para determinar la mejor solución, las cuales son, tamaño, peso y filtro de luz colocados en la Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 respectivamente.

Las calificaciones que se colocan en cada tabla de ponderación serán de 0 a 5, siendo 0 muy mala y 5 la mejor.

Tabla 19

Ponderación de selección de acuerdo al tamaño

Criterios de diseño Alternativas	Tamaño	$\sum+1$	Ponderación
A	2	3	0.25
B	5	6	0.50
C	2	3	0.25
	Total	12	1

Tabla 20

Ponderación de selección de acuerdo al peso

Criterios de diseño Alternativas	Peso	$\sum+1$	Ponderación
A	3	4	0.33
B	5	6	0.5
C	1	2	0.17
	Total	12	1

Tabla 21

Ponderación de selección de acuerdo al filtro de luz

Criterios de diseño Alternativas	Filtro de luz	$\sum+1$	Ponderación
A	2	3	0.30
B	5	6	0.6
C	0	1	0.1
	Total	10	1

Tabla 22*Ponderación de selección final*

Alternativas	Criterios de diseño	Tamaño	Peso	Precisión	Σ	Ponderación
A		0.25	0.33	0.30	0.29	29%
B		0.50	0.5	0.6	0.54	54%
C		0.25	0.17	0.1	0.17	17%
			Total		1	100%

Como se puede observar en la Tabla 22, se concluye que, con un 54% la solución B MAX30100 es el sensor más óptimo para el proyecto.

El sensor escogido se le conoce como pulsioxímetro y posee una placa en la cual ayuda en la integración del proyecto por su cómodo tamaño y peso.

3.2.1.3. Tercer Subsistema: Medición Saturación de oxígeno

Para encontrar al mejor sensor para la medición de la saturación de oxígeno (SaO₂) no es necesario realizar tablas de comparaciones entre alternativas, ya que, el sensor escogido en el punto anterior nos ayuda con la medición del mismo.

El sensor MAX30100 integra tanto el monitoreo del pulso cardíaco como el pulsioxímetro para las mediciones de SaO₂ en la sangre.

En (Health, 2015) podemos encontrar que el sensor posee una resolución de 16 bits del conversor ADC el cual permite la lectura de más de 1000 muestras por segundo y también está compuesto por un subsistema de cancelación de la luz ambiente mejorando su respuesta ante el ruido.

3.2.2. Sistema II: Soporte y ergonomía

Las alternativas que se consideran para la selección del material se muestran en la Tabla 23, la característica primordial que se toman en cuenta es que sea cómodo, ligero y posea una buena resistencia.

Tabla 23

Propiedades mecánicas de los filamentos de impresión

Alternativas	Material	Características
A: PLA	 <p><i>Figura 33. filamento PLA</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Módulo de elasticidad a la tracción: 2346,5 MPa -Esfuerzo de tracción a la deformación: 49,5 MPa -Esfuerzo de tracción a la rotura: 45,6 MPa -Alargamiento a la deformación: 3,3 % -Alargamiento a la rotura: 5,2 % -Resistencia a la flexión: 103,0 MPa -Módulo de flexión: 3150,0 MPa
B: ABS	 <p><i>Figura 34. Filamento ABS</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Módulo de elasticidad a la tracción: 1681,5 MPa -Esfuerzo de tracción a la deformación: 39,0 MPa -Esfuerzo de tracción a la rotura: 33,9 MPa -Alargamiento a la deformación: 3,5 % -Alargamiento a la rotura: 4,8 % -Resistencia a la flexión: 70,5 MPa -Módulo de flexión: 2070,0 MPa
C: NYLON	 <p><i>Figura 35. Filamento NYLON</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Módulo de elasticidad a la tracción: 579,0 MPa -Esfuerzo de tracción a la deformación: 27,8 MPa -Esfuerzo de tracción a la rotura: 34,4 MPa -Alargamiento a la deformación: 20,0 % -Alargamiento a la rotura: 210,0 % -Resistencia a la flexión: 21,0 MPa -Módulo de flexión: 463,5 MPa

A continuación, se realiza una ponderación con respecto a criterios que mejor se acoplen para el diseño ergonómico del dispositivo y determinar la mejor solución, los cuales son, deformación, alargamiento y flexión colocados en la Tabla 24, Tabla 25 y Tabla 26 respectivamente.

Las calificaciones que se colocan en cada tabla de ponderación serán de 0 a 5, siendo 0 muy mala y 5 la mejor.

Tabla 24

Ponderación de selección de acuerdo a la deformación

Criterios de diseño Alternativas	Deformación < 4%	$\sum+1$	Ponderación
A	4	5	0.36
B	5	6	0.43
C	2	3	0.21
	Total	14	1

Tabla 25

Ponderación de selección de acuerdo al alargamiento

Criterios de diseño Alternativas	Alargamiento a la rotura <6%	$\sum+1$	Ponderación
A	5	6	0.4
B	5	6	0.4
C	2	3	0.2
	Total	15	1

Tabla 26*Ponderación de selección de acuerdo a la flexión*

Alternativas	Criterios de diseño	Flexión >50MPa	$\Sigma+1$	Ponderación
A		4	5	0.38
B		4	5	0.38
C		2	3	0.24
		Total	13	1

Tabla 27*Ponderación de selección final*

Alternativas	Criterios de diseño	Deformación	Alargamiento	Flexión	Σ	Ponderación
A		0.36	0.4	0.38	0.38	38%
B		0.43	0.4	0.38	0.40	40%
C		0.21	0.2	0.24	0.22	22%
				Total	1	100%

Como se puede observar en la Tabla 27, se determina que con un 40% el material a usar es el ABS, seguido del PLA con 38% obteniendo ciertas ventajas con respecto al NYLON, sin embargo, un factor de decisión es el precio siendo el ABS aproximadamente \$6 más barato que el PLA.

El modelo del prototipo se lo determina por las necesidades que se tiene al realizar la medición de los signos vitales, es decir, el modelo mostrado en la Figura 37 es basado en un brazalete ya que en la muñeca es el lugar más apropiado en donde se puede realizar las medidas respectivas y es el más cómodo para ser utilizado por el adulto mayor.

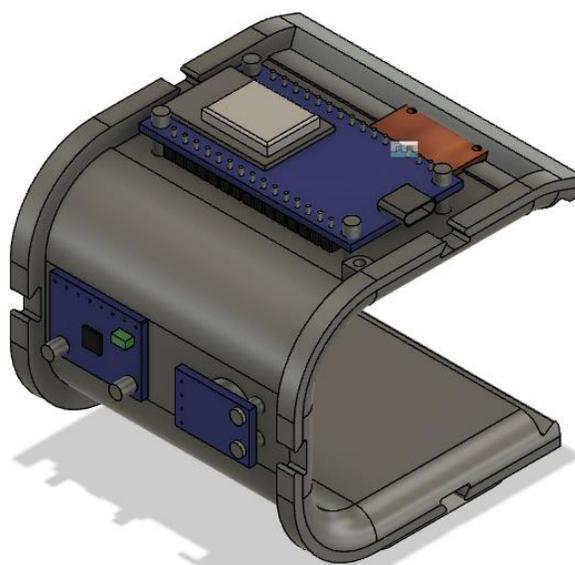


Figura 36. Carcaza de sujeción para los sensores

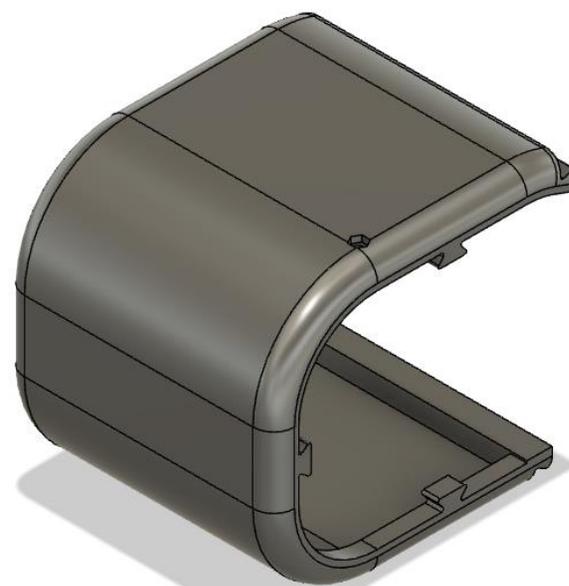


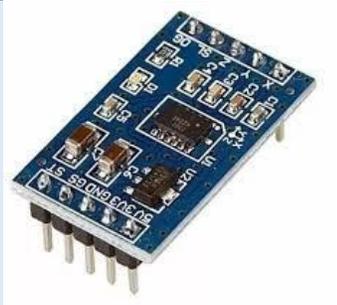
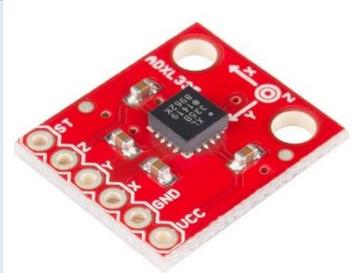
Figura 37. Tapa del brazalete

3.2.3. Sistema III: Detector de caídas

Las alternativas que se consideran para la selección de los sensores que nos ayuden a realizar el detector de caídas se muestran en la Tabla 28, la característica primordial que se toman en cuenta es que sean compactos y no invasivos.

Tabla 28

Alternativas de sensores para el detector de caídas

Alternativas	Sensor	Características
A: MMA7361	 <p><i>Figura 38.</i> MMA7361 Fuente: (MOUSER ELECTRONICS, 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 2.2-3.6V - Interfaz analógica - Consumo de corriente 400uA - Rango de medida entre 1.5 y 6g - 3 ejes - Dimensiones: 28x16x3mm - Peso: 2gr
B: MPU6050	 <p><i>Figura 39.</i> MPU6050 Fuente: (Makerlab Electronics, 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 2.3-3.4V - Comunicación I2C - Consumo de corriente $\pm 20\text{mA}$ - Tri-eje acelerómetro 2g-16g - Tri-eje angular radio de giro - Dimensiones: 20x15x2.5mm - Peso: 1.8gr
C: ADXL335	 <p><i>Figura 40.</i> ADXL335 Fuente: (Sparkfun, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3.3V - 5V - Salida Analógica - Consumo de corriente 350uA - Alta sensibilidad - Rango acelerómetro 3g - 3 ejes - Dimensiones: 19x19x3mm - Peso: 1.27gr

A continuación, se realiza una ponderación con respecto a cada criterio que se decidió en la Matriz QFD para determinar la mejor solución, las cuales son, tamaño, peso y rango de medición colocados en la Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31 respectivamente.

Las calificaciones que se colocan en cada tabla de ponderación serán de 0 a 5, siendo 0 muy mala y 5 la mejor.

Tabla 29

Ponderación de selección de acuerdo al tamaño

Alternativas \ Criterios de diseño	Tamaño	$\sum+1$	Ponderación
A	2	3	0.25
B	5	6	0.50
C	2	3	0.25
	Total	12	1

Tabla 30

Ponderación de selección de acuerdo al peso

Alternativas \ Criterios de diseño	Peso	$\sum+1$	Ponderación
A	1	2	0.17
B	5	6	0.5
C	3	4	0.33
	Total	12	1

Tabla 31*Ponderación de selección de acuerdo al rango de medición*

Alternativas	Criterios de diseño	Rango de medición	$\sum+1$	Ponderación
A		2	3	0.30
B		5	6	0.6
C		0	1	0.1
		Total	10	1

Tabla 32*Ponderación de selección final*

Alternativas	Criterios de diseño	Tamaño	Peso	Precisión	\sum	Ponderación
A		0.25	0.17	0.30	0.24	24%
B		0.50	0.5	0.6	0.54	54%
C		0.25	0.3	0.1	0.22	22%
				Total	1	100%

Como se puede observar en la Tabla 32, se concluye que, con un 54% la solución B MPU6050 es el sensor más óptimo para el proyecto.

El sensor escogido se lo conoce como IMU (Inertial Measurement Unit), el cual se caracteriza por trabajar con 6 grados de libertad y nos ayuda para realizar la medición de aceleración tanto estática como dinámica, al igual que, la velocidad angular.

3.2.4. Sistema IV: Transmisión de datos

Existen varias alternativas para poder enviar datos, tales como, radio frecuencia, bluetooth, LAN, WiFi, etc.

Pero para poder encontrar la mejor alternativa debemos recordar en primer lugar que el proyecto se encontrara siempre colocado en el brazo de un adulto mayor, por lo que, realizar una transmisión de datos con cable (LAN) no es la mejor manera para realizarlo.

Así que, las alternativas se minimizan a las conexiones inalámbricas más usadas siendo las siguientes:

- WiFi
- Bluetooth
- Radio Frecuencia

En la siguiente tabla encontraremos las diferencias que existen entre cada una de las conexiones

Tabla 33

Comparación entre conexiones inalámbricas

	Bluetooth	WiFi	RF
Frecuencia	2.4 GHz	2.4/3.6/5 GHz	900 MHz – 3.2 GHz
Ancho de Banda	24 Mbps	1Gbps	2 Mbps
Seguridad	Moderada	Moderada	Baja
Rango	Hasta 30 metros	Hasta 300 metros	Entre 10 y 150 metros
Consumo	Reducido	Elevado	Elevado

Fuente: (González, 2014)

En la Tabla 33 debemos tomar en cuenta la frecuencia, el ancho de banda, el rango al que trabaja cada uno y considerar que la aplicación es para uso doméstico, por lo tanto, el WiFi es la mejor

opción para el proyecto por su amplio rango de conexión, su ancho de banda, una alta frecuencia de hasta 5GHz a la que puede trabajar y es adaptable a la arquitectura que existen en el entorno.

Ahora se consideran las alternativas posibles para la selección de los dispositivos que se pueden conectar por WiFi y enviar datos.

Para la Tabla 34 se consideran las características primordiales que se obtuvieron en la Matriz QFD, es decir, se toman en cuenta que sean compactos y no invasivos.

Tabla 34

Alternativas de dispositivos para la conexión WiFi y envío de datos

Alternativas	Sensor	Características
A: Arduino Micro Pro + ESP8266	 <p><i>Figura 41.</i> Arduino Micro Pro+ ESP8266 Fuente: (Mangukiya, 2017)</p>	<p>Arduino Micro Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 7-12V - Memoria 2.5Kb - Frecuencia del reloj 16 MHz - Dimensiones: 32.02x17.78mm <p>ESP8266</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 3-3,6V - Corriente 80mA - Dimensiones: 16x24mm - Frecuencia 80MHz
B: NODE MCU ESP8266	 <p><i>Figura 42.</i> NODEMCU-ESP8266 Fuente: (Electronilab, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación de 5V - Voltaje de salida de 3.3V - Procesador 32 bit a 160MHz - WiFi: 802.11 b/g/n @2.4 GHz hasta 150 Mbit/s - Memoria: 32Mb - Dimensiones: 48x21mm

CONTINÚA →

**C: NODEMCU
ESP32**



- Alimentación de 5V
- Voltaje de salida de 3.3V
- Frecuencia del reloj hasta 240MHz
- WiFi: 802.11 b/g/n/e/i @2.4 GHz hasta 150 Mbit/s
- Memoria: 4Mbytes
- Dimensiones: 49x25.6mm

Figura 43. NODEMCU
ESP32

Fuente: (NAYLAMP
MECHATRONICS SAC,
NAYLAMP MECHATRONICS,
2013)

Las características que poseen la alternativa B como la alternativa C son muy similares por lo que se puede trabajar con cualquiera de los dos dispositivos, mientras que, la alternativa A queda descartada por ser dos dispositivos separados y que no compensan en tamaño.

Se toma como prioridad a la solución B ya que tiene una diferencia en su tamaño, el cual ayuda a que el proyecto sea compacto.



Figura 44. Transferencia de datos

En la Figura 44 nos indica la manera en que se va a realizar la transferencia de datos, empezando por la recepción de datos en la NODEMCU el cual por medio de WiFi e internet se enviará al bróker de Mqtt llamado CloudMqtt.

El bróker recibe datos en tiempo real a una velocidad de respuesta de 1.5 mili segundos y de manera seguida se envía los datos al HMI realizado en Node-RED que permite realizar trabajos IoT ya que se puede conectar a cualquier bróker de Mqtt.

En la Figura 45 podemos ver el correcto funcionamiento que tendría el proyecto con la tarjeta, sensor y bróker seleccionados dentro del capítulo.

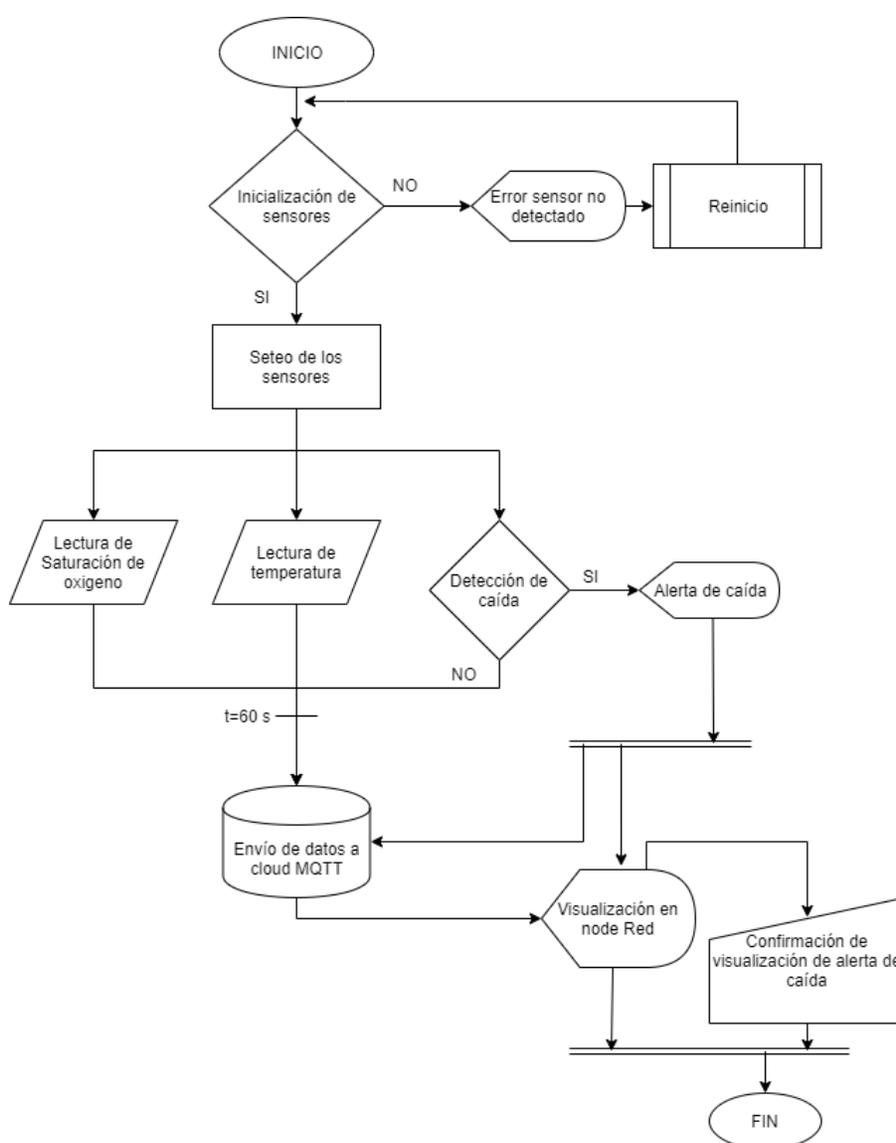


Figura 45. Diagrama de flujo del sistema

2.1. Resumen del capítulo

En el capítulo se explica que lo principal del proyecto es la comodidad que tiene el paciente al usar la pulsera, y con ayuda de los resultados de la Matriz QFD, sabemos que el usuario busca un tamaño y peso que no incomode en el trámite de su día. También se establecen sistemas que constan de características ingenieriles donde se toman en cuenta los parámetros y necesidades del cliente, para poder realizar ponderaciones con cada alternativa de sensores que realicen y cumplan con los requisitos de cada sistema. El segundo punto primordial de la pulsera es que las personas encargadas de cuidar a los adultos mayores puedan controlar y divisar de manera clara los signos vitales de los mismos, por lo que, cada sensor escogido dentro del capítulo cumple con los requerimientos propuestos, al igual que, la transmisión de datos se lo realiza en tiempo real gracias al bróker CloudMQTT y a la herramienta Node-Red.

CAPÍTULO IV

Implementación y Evaluación

El capítulo a continuación detalla la construcción de los componentes que forman parte de los sistemas. Además, se realiza la implementación de los elementos electrónicos y se explica las pruebas de funcionamiento tanto de la interconexión inalámbrica como del reconocimiento de las variables propuestas para cada subsistema del proyecto requeridas por el usuario.

4.1. Diseño en CAD

La primera etapa es un diseño realizado en CAD (Computer-Aided Design) en el cual se creó el modelo elegido en base a los elementos a usar en el sistema.

El modelo elegido fue un brazaletes, logrando obtener un diseño con dimensiones de $65 \times 88 \times 15$ (largo, ancho, espesor), el mismo cumple con la norma técnica NTC-IEC 60601-1 que especifica los requisitos generales que deben cumplir los equipos electromédicos.

Por la norma NTC-IEC-60601-1 el proyecto debe tener la clasificación de “equipo energizado internamente” tipo BF, es decir, ser completamente aislado a fugas de corrientes.

La Figura 46 indica el diseño final para el sistema de detección de caídas, mientras que, la Tabla 35 indica los materiales y el proceso de fabricación.

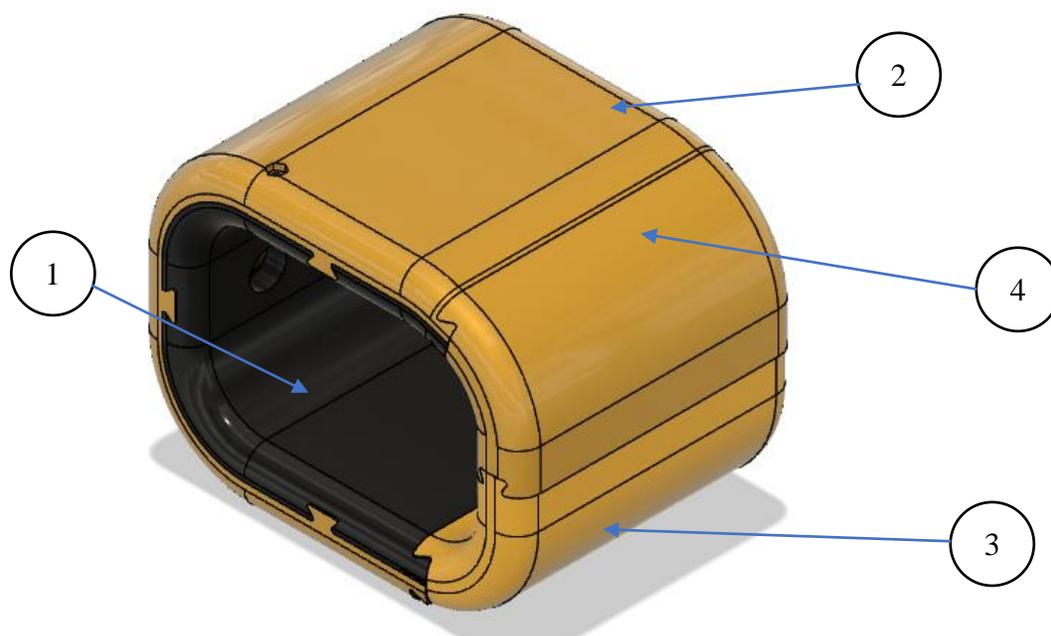


Figura 46. Brazaete para monitoreo sistema de detección de caídas

Tabla 35

Detalle de materiales y proceso para fabricación del prototipo

Número	Pieza	Proceso de fabricación	Material
1	Carcasa del brazalete	Impresión 3D	PLA Flexible
2	Tapa del brazalete	Impresión 3D	ABS
3	Correa inferior	Impresión 3D	ABS
4	Correa superior	Impresión 3D	ABS

La Tabla 36 detalla el tiempo de impresión necesario para el prototipo dando como resultado un total de 9 horas y 5 minutos.

Tabla 36*Detalle de tiempo de fabricación del prototipo*

Pieza	Cantidad	Tiempo
Carcasa del brazalete	1	3 horas 47 minutos
Tapa del brazalete	1	2 horas 57 minutos
Correa inferior	1	1 hora 46 minutos
Correa superior	1	1 horas 6 minutos

En la Figura 47 y Figura 48 se muestra la distribución de los elementos seleccionados para tener una buena medición en los sensores, los elementos se detallan en la Tabla 37.

**Figura 47.** Vista superior brazalete



Figura 48. Vista inferior brazaletes

Tabla 37

Detalle de elementos Figura 47 y Figura 48

Elemento	Función	Nombre
1	Sensor de ritmo cardiaco y oximetría	MAX 30100
2	Tarjeta de Adquisición de datos	NODE MCU ESP 8266
3	Acelerómetro y Giroscopio	MPU 6050
4	Sensor de temperatura	MLX90614
5	Batería	LIPO 3.7 v

En la Figura 49 podemos observar el esquema explotado del prototipo para su impresión en 3D y ubicación de los elementos electrónicos nombrados en la Tabla 37.

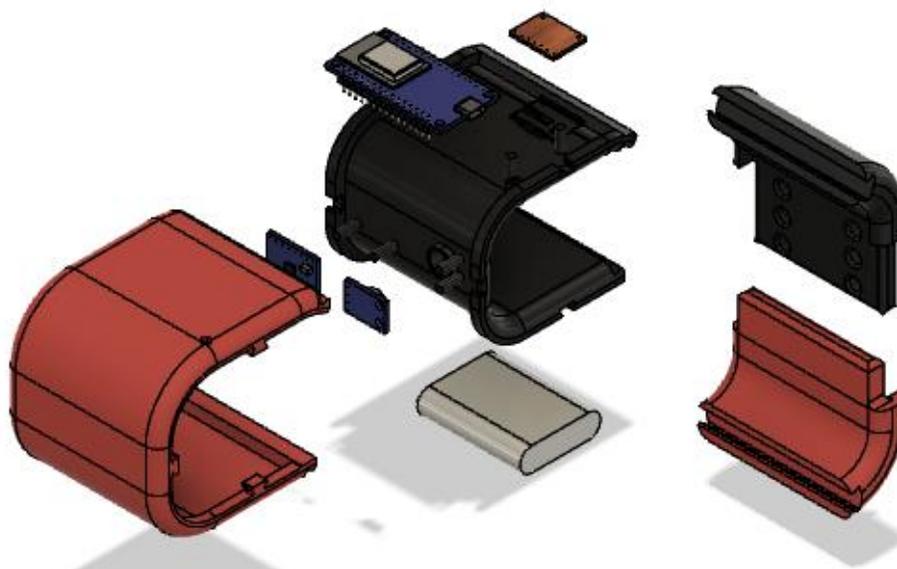


Figura 49. Esquema explotado del brazalete

4.2. Circuito de control

Con los elementos seleccionados en el capítulo anterior procedemos a realizar la conexión como se presenta en el siguiente diagrama:

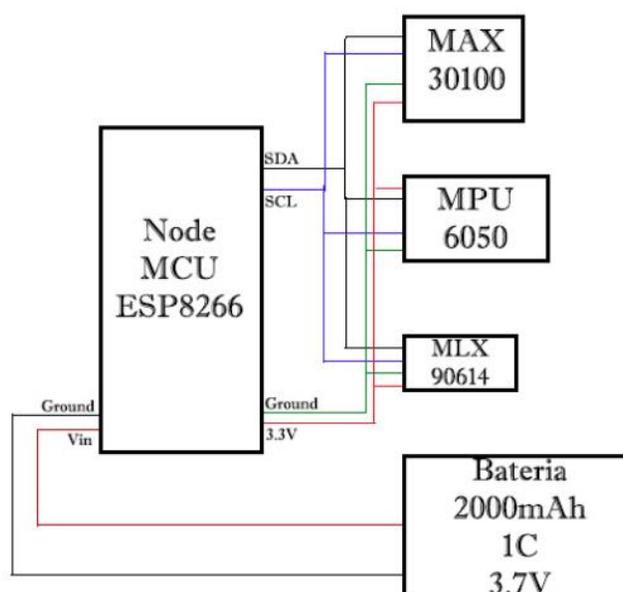


Figura 50. Diagrama de conexión

La batería que se coloca para alimentar a la tarjeta Node MCU no amerita una tabla comparativa ya que la misma solo acepta un voltaje de entrada (V_{in}) de máximo 3.8V y gracias a su capacidad de 2000mAh duraría aproximadamente 48 horas encendido el dispositivo.

4.3. Comunicación

Para la comunicación de los circuitos usamos I2C (Inter-Integrated Circuit), en (Teslabem, 2017) menciona que es un protocolo de comunicación serial de Phillips Semiconductors en la década de los 80 para comunicar varios chips de televisores al mismo tiempo. El protocolo permite tener varios maestros controlando a varios esclavos, la principal ventaja de este protocolo es que ocupa dos vías para comunicación como indica en la Figura 51 llamadas SDA (Serial Data) que es la comunicación entre maestro y esclavo y SCL (Serial Clock) señal de reloj.

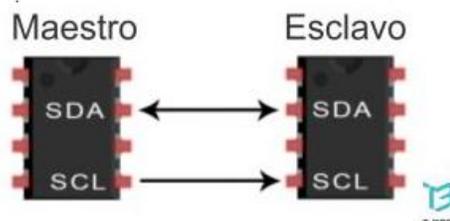


Figura 51. Comunicación I2C

Fuente: (Teslabem, 2017)

En (Castaño Giraldo, 2016) indica que el envío de datos se lo hace mediante la señal de reloj tanto como para iniciar y para el envío.

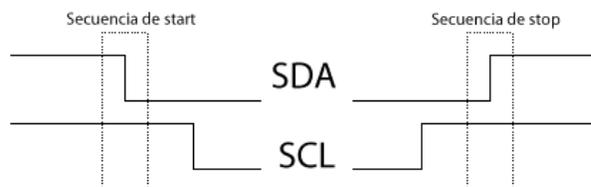


Figura 52, Secuencia de inicio y paro

Fuente: (Castaño Giraldo, 2016)

Al tener una comunicación I2C para todos los dispositivos utilizados la forma de identificación de cada uno de estos es mediante una dirección hexadecimal con formato 0 x XX (Teslabem, 2017), la cual permite asignar una dirección específica a cada elemento electrónico a usar. Las direcciones son predeterminadas para cada elemento, sin embargo, de ser necesario se puede cambiar en la configuración de su biblioteca cuando se usa más de un elemento igual.

4.4. Detección de caídas

Para el sistema de detección de caídas se consideró las variantes de caídas y reacciones que puede tener la persona antes el evento, además de posibles variantes de movimiento para evitar un falso positivo.

Para la detección de caídas se usó una configuración de 16G y un tiempo de 3 ms, de tal forma que, si existe un cambio de dirección en la aceleración durante 3 milisegundos, se detecta el evento. En la Figura 53, se puede observar el principio de funcionamiento del acelerómetro en el sensor MPU 6050.

Mediante pruebas realizadas se determinó que una aceleración menor a 16G se puede llegar a tener falsos positivos de una caída ya que el sensor se torna más sensible ante el movimiento. El tiempo debe estar en un rango entre 2.5 y 3.5 ms para detectar una caída, si se amplía el tiempo el evento no se llega a reconocer y si se reduce no se reconoce un cambio de sentido en la aceleración.

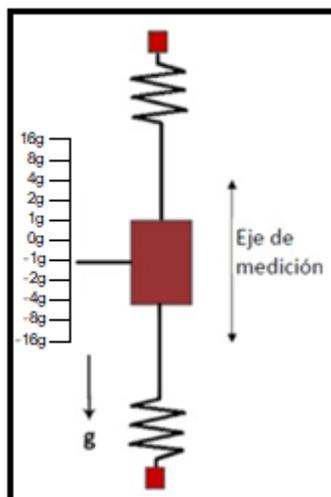


Figura 53. Acelerómetro MPU 6050

Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS SAC, NAYLAMP MECHATRONICS, 2017)

En la Figura 54, se muestra el diagrama de flujo de la detección de caídas.

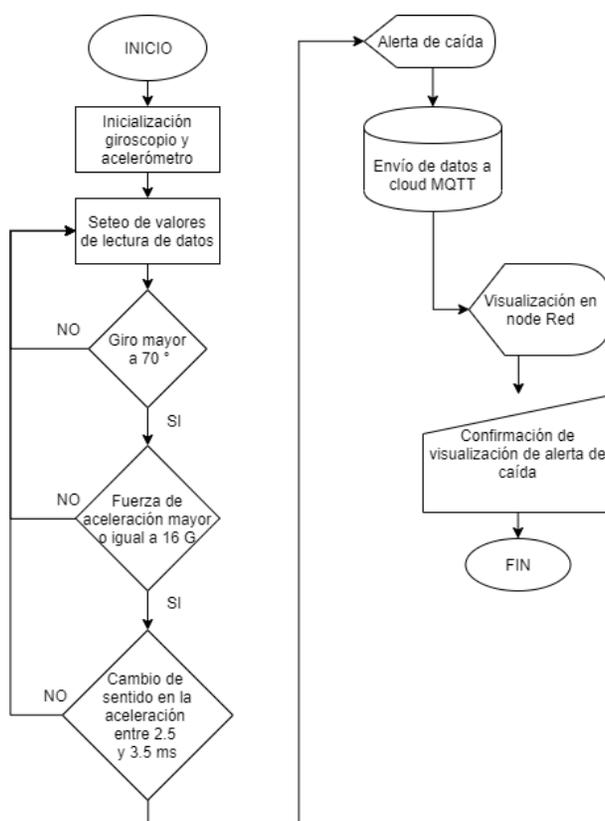


Figura 54. Diagrama de flujo de detección de caídas

4.5 Transmisión de datos y visualización en Node-Red

Node Red es una herramienta de código abierto que se enfoca en IoT y nos ayuda con la comunicación de la tarjeta NODEMCU ESP8266 de una manera sencilla. Para poder realizar la visualización de los datos debemos conectarnos primero a un bróker de MQTT el mismo que sirve como intermediario para realizar la comunicación a Node Red.

Para empezar a realizar la programación visual en Node Red debemos ingresar por medio del navegador a una interfaz HTML y empezar a interconectar los nodos necesarios para nuestra programación. En la Figura 55 se puede divisar de mejor manera la programación visual que se realizó para la visualización de los datos de signos vitales y la alerta para la detección de caídas.

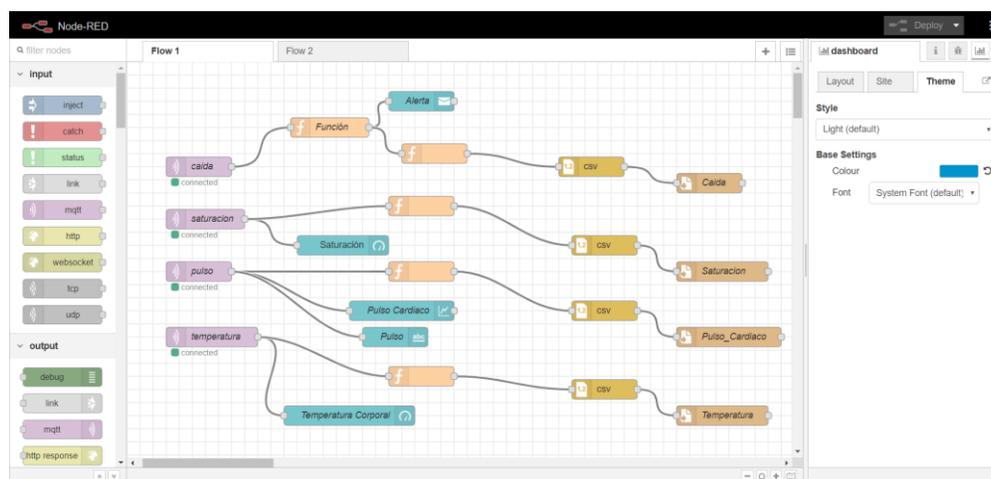


Figura 55. Programación visual Node Red Signos Vitales

Se debe comenzar la programación con un nodo de configuración MQTT el cual llama al servidor del bróker y lee el dato pedido por medio de un topic. Cada uno de los datos a medir se guardan en un archivo .xls que muestra el historial de todas las mediciones hechas al día.

Para mostrar la localización e identificación del paciente se realiza la programación en otra pestaña (Figura 56).

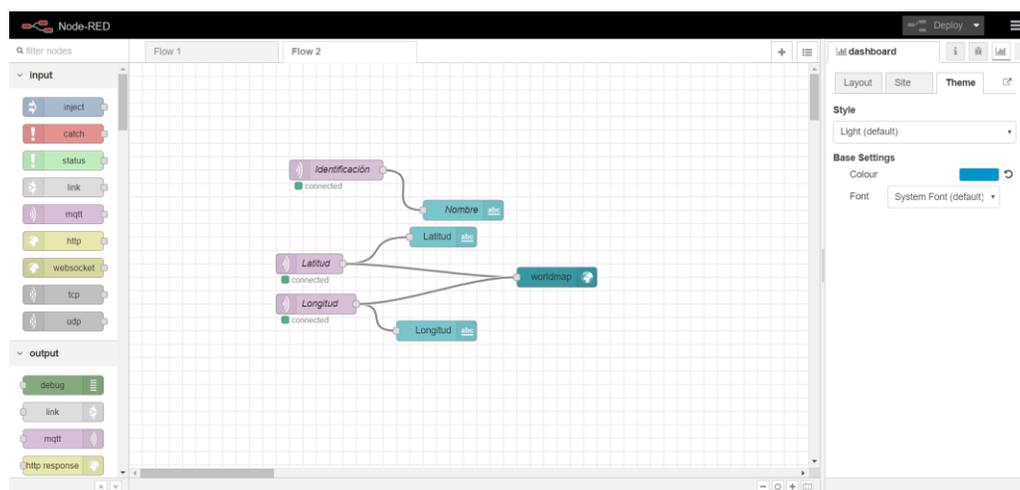


Figura 56. Programación Visual Node Red Localización e Identificación

Para poder mostrar en el mapa la localización se debe recibir en el nodo del servidor del bróker la latitud y longitud de la ubicación del brazalete.

4.6 Pruebas y resultados

Para comprobar el correcto funcionamiento de la lectura de los signos vitales medidos por la pulsera utilizamos aparatos médicos y dispositivos que ayuden a realizar una comparación de los mismos.

4.6.1 Pulso cardiaco

Para la comparación del pulso cardiaco utilizamos el dispositivo comercial SmartWatch Y6 Plus, que tiene un $\pm 3\%$ de confiabilidad especificado en su manual de usuario, y el aparato médico es un monitor de presión sanguínea automático portable para brazo que en sus especificaciones técnicas nos indica que posee un margen de error del $\pm 5\%$.

A continuación, mostraremos los valores presentados tanto de los dispositivos usados como el valor medido por la pulsera realizada.

Tabla 38

Comparación de valores medidos para el pulso cardiaco en PPM

Aparato médico (PPM)	SMARTWATCH (PPM)	PULSERA (BinBraf) (PPM)	Aparato médico (PPM)	SMARTWATCH (PPM)	PULSERA (BinBraf) (PPM)
71	81	74	71	68	98
68	87	76	67	67	49
64	84	182	70	79	40
70	80	72	72	75	38
74	85	30	69	74	56
75	82	93	73	73	75
74	77	92	71	73	109
72	75	110	72	75	42
76	74	80	74	72	147
71	86	40	68	74	126
75	82	61	70	73	61
66	83	70	71	75	78
68	84	162	71	75	117
64	78	102	71	72	140
68	79	64	72	76	70
72	72	74	74	80	209
68	70	78	75	81	47
71	71	120	69	79	46
76	76	42	71	76	88
72	71	71	72	76	83
60	62	133	71	77	28
61	63	71	71	76	40
63	64	61	73	74	64
65	63	36	75	76	134
66	65	190	70	74	74
66	66	64	66	79	78
66	71	103	70	62	69
68	68	37	69	69	47
72	69	75	67	67	69
66	67	79	69	73	76
64	71	48			

Al tener los datos podemos calcular el error estándar de cada uno de los dispositivos.

El error estándar es:

$$SE = \frac{\partial}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Dónde:

$SE =$ error estándar

$\partial =$ desviación estándar

$N =$ tamaño de la muestra

Hay que tener en cuenta que los datos que se obtuvieron de cada dispositivo son de diferentes sujetos de pruebas teniendo un total de 63 datos (tamaño de muestra), los cuales fueron tomados por una hora.

La desviación estándar de la pulsera es de 23.14 y el error estándar es de 2.92% teniendo una confiabilidad del 91%.

El error que tiene el aparato médico es de 0.46%, mientras que el SmartWatch tiene 0.78% de error, al compararlo con la pulsera realizada tenemos un error del 5.34% y 2.75% respectivamente, siendo valores aceptables para el cálculo del pulso cardiaco.

La reproducibilidad se obtiene en con cálculo entre las varianzas de los datos de la pulsera y el error, teniendo una reproducibilidad de 97.88% con respecto al aparato médico y de 97.49% respecto al SmartWatch.

4.6.2 Temperatura Corporal

Para comparar valores de temperatura se usa un termómetro digital.

En la Tabla 39 mostraremos los valores tomados tanto del termómetro digital, que posee una precisión del $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, como el de la pulsera.

Tabla 39

Comparación de valores medidos para la temperatura corporal

Temperatura (°C)	PULSERA (BinBraf) (°C)	Termómetro (°C)	PULSERA (BinBraf) (°C)	Termómetro (°C)	PULSERA (BinBraf) (°C)
31	30.6	33.1	32.8	33.2	33.3
32.1	30.7	33.3	33.1	32.4	33.5
31.5	30.8	33	33.7	32.6	33.6
33.2	30.9	33.2	33.4	32.5	33.6
32.8	28	33.1	33.2	32.2	33.6
32.6	31.9	33	33.2	32.2	33.7
33	32.3	32.9	33	32.2	33.6
32.6	30.5	33.1	32.7	32.6	33.7
32.4	31.9	33	33.2	32.8	33.7
32.5	32.5	33	33	32.9	33.4
32.1	32.5	33.2	32.5	33	33.5
32.3	31.9	33.4	32.8	32.8	33.6
31.9	31.9	32.8	32.8	32.6	33.6
32.3	32.5	33.2	33	33.2	33.7
32.1	32.7	33.2	32.9	33.5	33.6
32.8	31.5	33.2	33.1	33.5	33.5
33.4	31.5	33.2	33.2	33.5	33.6
33.1	32	33.2	30.3		
33.3	32.5	33	32.9		
32.8	32.5	33.1	32.6		
32.6	32.7	33.5	32.8		
33.2	33	33.5	33.2		

La desviación estándar de la pulsera es de 1.08 y el error estándar es del 0.14% obteniendo así una precisión muy buena, ya que al comparar con el error del termómetro digital que es del 0.06% nos da como resultado 1.13%.

La repetibilidad se calcula en base a la varianza de la pulsera la cual es 1.18 y la varianza del error 0.0025, con lo cual se tiene una repetibilidad de 99.78% de los datos.

4.6.3 Saturación de Oxígeno

Los valores para la saturación de oxígeno son tomados con un pulsioxímetro, los mismos comparamos con los datos calculados por la pulsera realizada.

Tabla 40

Comparación de valores medidos para la saturación de oxígeno

FINGERTIP (%)	PULSERA (BinBraf) (%)	FINGERTIP (%)	PULSERA (BinBraf) (%)	FINGERTIP (%)	PULSERA (BinBraf) (%)
89	94	92	93	90	94
90	96	94	93	91	93
91	96	93	89	92	95
90	92	90	94	92	97
92	98	91	94	93	93
91	110	92	98	91	90
89	13	92	118	92	96
94	93	91	98	93	92
93	93	89	92	91	110
90	93	90	94	90	92
89	94	90	97	89	94
92	94	91	112	90	95
92	94	91	90	91	91
90	93	92	92		
89	93	94	93		
93	94	93	96		
92	93	94	97		
94	96	93	94		
91	97	90	89		
89	118	89	92		
93	98	89	96		
94	92	91	98		
91	91	90	98		
90	90	90	97		

Una observación que se debe realizar es que las personas que estuvieron sometidas a pruebas han tenido problemas respiratorios o cuentan con un cuadro de diabetes, por lo que, es normal tener datos de saturación de oxígeno tan bajo del promedio normal.

La desviación estándar que tiene la pulsera es del 19.49 y su error estándar es del 2.46% y con una confiabilidad del 95% teniendo una reproducibilidad aceptable y una muy buena repetibilidad, pero al comparar con el error estándar del FingerTip, que es de 0.2%, vemos que existe un valor considerable siendo del 11.57%.

La repetibilidad se calcula con la varianza de la pulsera 14.77 y una varianza del error de 0.018 con lo cual se tiene una repetibilidad de 99.83%.

La Dra. Juana Larco, Médico General del Hospital del día IESS Sangolquí, indica que la obtención del valor de la saturación de oxígeno debe ser medido con un dispositivo aparte por el enorme porcentaje de error que se obtuvo, ya que el valor aceptado por los médicos para un nuevo dispositivo debe ser de $\pm 5\%$ de error.

4.6.4 Detección de Caídas

Para realizar pruebas del detector de caídas debemos tomar en cuenta un punto muy importante el cual es que, las personas mayores no realizan diferentes actividades físicas, por lo que, se pueden descartar movimientos que hagan confundir al sensor, como por ejemplo un salto en vertical.

La persona al caer desmayada o por medio de un tropezón al suelo el dispositivo envía un aviso informando la situación del paciente.

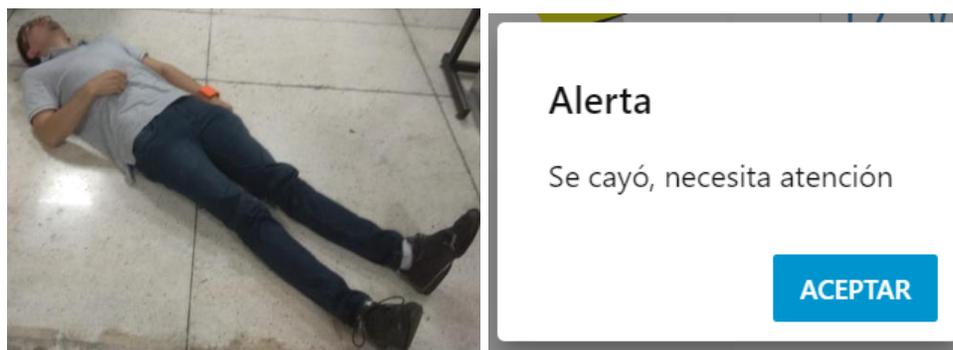


Figura 57. Prueba 1



Figura 58. Prueba 2

Como podemos ver el dispositivo reacciona de manera efectiva a la caída de una persona enviando una alerta en tiempo real al ocurrir el percance.

4.6.5 Localización e identificación

La localización del paciente se realiza mediante triangulación en base a la dirección MAC del brazalete, triangulando la posición del mismo en base a la potencia de la señal de dispositivos cercanos como celulares con el GPS activo, como indica la Figura 59.



Figura 59. Potencia del WiFi en teléfono 72%

En la Figura 60, se muestra la ubicación del dispositivo cuando se tiene una señal del 72%, permitiendo ubicar al paciente de forma rápida y sencilla.



Figura 60. Ubicación con señal de 72%

Cuando la señal del dispositivo más cercano conectado a la misma red es menor del 50%, Figura 61, la ubicación del dispositivo se pierde, como indica en la Figura 62 razón por la cual es necesario más de un router para abarcar toda el área de monitoreo.

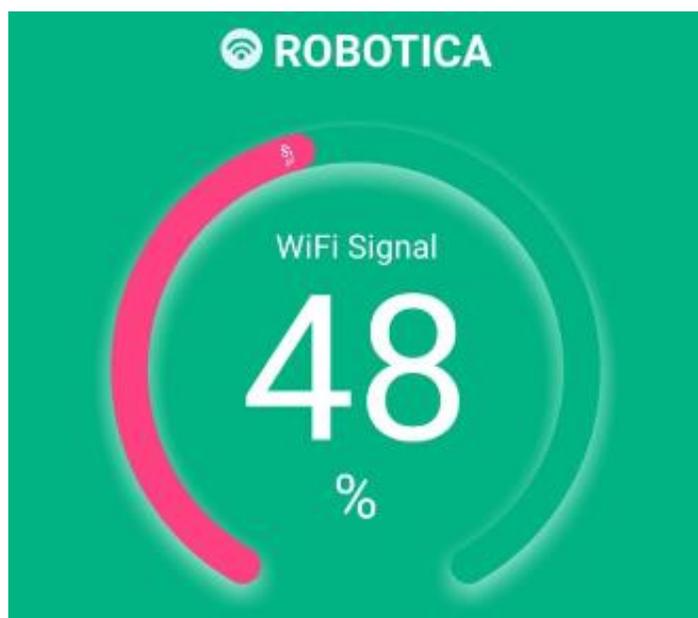


Figura 61. Potencia de WiFi en el teléfono 48%

A pesar de que la señal se pierde los datos de la última ubicación quedan guardados en el HMI. Los router que se usan deben estar configurados como puntos de acceso en la misma red del router principal y no como repetidores ya que al configurarlos de esa manera se crea una nueva red impidiendo la conexión con el dispositivo.

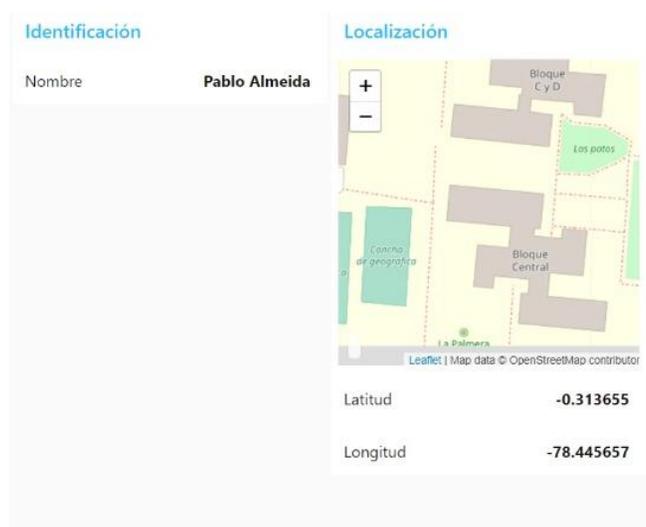


Figura 62. Ubicación perdida

La identificación de cada paciente se la realiza mediante asignación de una IP estática como indica en la Figura 63, se deben asignar propiedades de la red como la puerta de enlace y la máscara de red.

```
IPAddress ip(192,168,1,156);  
IPAddress gateway(192,168,1,1);  
IPAddress subnet(255,255,255,0);  
WiFi.config(ip, gateway, subnet);
```

Figura 63. Asignación de IP en la programación

4.7 Pruebas de usabilidad

Para realizar las pruebas de aceptación por parte del usuario utilizamos el método SUS (System Usability Scale), (Devin, 2017) explica que el mismo es una herramienta confiable que mide la usabilidad de un objeto, dispositivo o aplicación.

En (Granollers, 2015) indica que el método SUS consiste en un cuestionario de 10 preguntas que se califican de 1 (Total desacuerdo) a 5 (Total acuerdo). Los parámetros que mide principalmente el SUS son los siguientes:

- Efectividad del sistema
- Eficiencia
- Facilidad de uso

Las preguntas que se realizan en el test pueden ser manipuladas acorde a las necesidades del proyecto basándose en el test original de la página Usability.gov, a continuación, se indican las preguntas que se van a realizar:

- Utilizaría al brazalete frecuentemente.
- Encuentra innecesariamente complejo al brazalete al momento de colocarlo.
- Considera que el brazalete es fácil de usar.
- Es necesario la asistencia de una persona para soporte técnico al usar el brazalete.
- Considera que el tamaño y el peso del brazalete son los adecuados.
- Considera que el brazalete es frágil.
- Piensa que las personas aceptarían rápidamente el uso del brazalete.
- Siente incomodidad al usar el brazalete.
- Estoy seguro al usar el brazalete.

- Necesita de un previo conocimiento acerca del uso del brazalete.

La encuesta se la realizó a un total de 20 personas entre 70 y 94 años de edad, los cuales son la población de estudio para el tamaño de la muestra.

En la Tabla 41 se escoge el nivel y su respectivo coeficiente de confianza con el que se realizarán los cálculos necesarios para encontrar el error muestral.

Tabla 41

Niveles de confianza

Nivel de confianza $Z(1-\alpha)$	90%	95%	95.5%	99%
Coeficiente de confianza	1.64	1.96	2	2.58

$Z = 1.96$ (95%)

$N = 20$ personas

$e = 0.03$ (es el margen de error que se puede considerar)

$p = 50\%$ (proporción a considerar)

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{(N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times (1 - p)} \quad (3)$$

En la Tabla 42 se presentan los resultados promedios que se sacaron al realizar la encuesta a 20 personas.

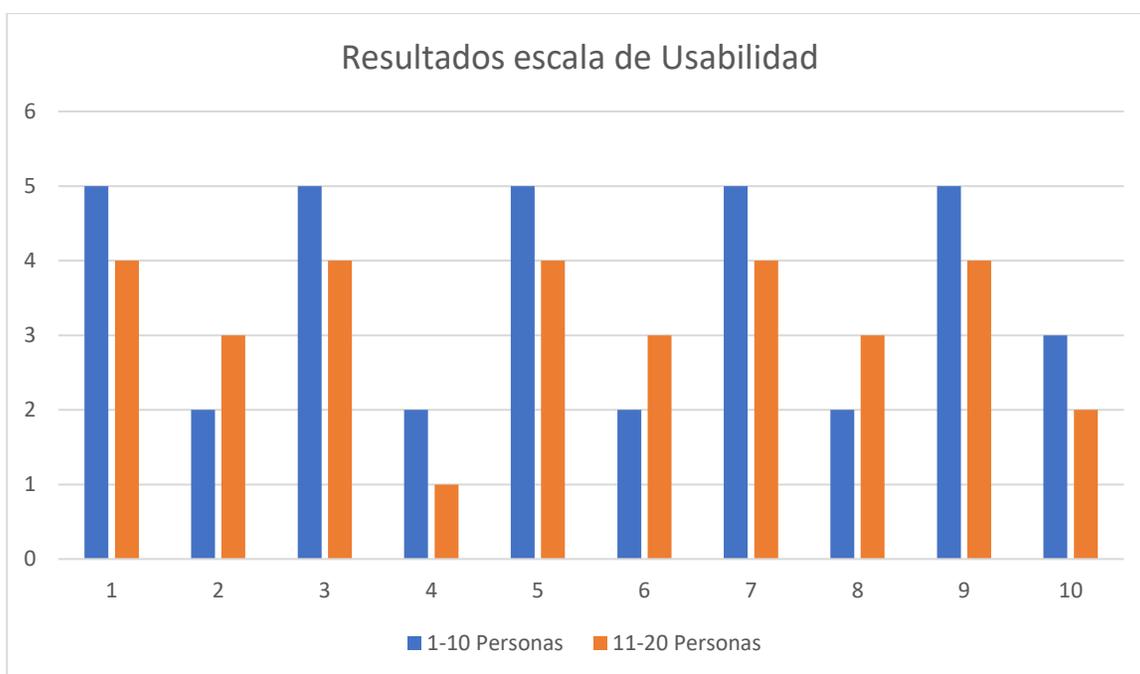
Las preguntas 1, 3, 5, 7 y 9 son específicamente para saber si el usuario se siente cómodo al interactuar con el brazalete, es sencillo de utilizar y brinda la seguridad necesaria a la persona.

Las preguntas 2, 4, 6, 8, y 10 especifican si el brazalete tiene algún nivel de complejidad en su uso o en su interacción, por ejemplo, la ponderación de la pregunta 2 es relativamente baja considerando que la colocación del brazalete no es compleja.

Tabla 42*Resultado SUS*

Número de las preguntas	Resultados de la Encuesta	
1	5	4
2	2	3
3	5	4
4	2	1
5	5	4
6	2	3
7	5	4
8	2	3
9	5	4
10	3	2
	Total	32
		82,05

En la Figura 57 se puede observar de mejor manera los resultados de cada una de las preguntas realizadas a las 20 personas mayores.

**Figura 64.** Resultados encuesta SUS

Al analizar las calificaciones por parte de los usuarios y promediarlos indica que el nivel de usabilidad del asistente da un total de 82.05 sobre 100 teniendo una aceptabilidad excelente, sin embargo, al ser un prototipo puede seguir mejorando. La efectividad, eficiencia y facilidad de uso, que son los tres parámetros que mide el SUS, son altas en el test antes realizado, por lo tanto, el brazalete cumple con los objetivos propuestos.

4.8 Resumen del capítulo

En el capítulo se describe la implementación y construcción del proyecto, enumerando los parámetros usados para la selección de los implementos que fueron requeridos por las mismas personas que nos ayudaron a realizar las pruebas para los signos vitales, obteniendo una calificación positiva con respecto al tamaño y peso del brazalete. Los adultos mayores entre 70 y 94 años supieron indicar que la pulsera es cómoda y no les estorba al caminar o hacer sus actividades, por lo que el peso del mismo es adecuado para su uso. Los valores de los resultados a las pruebas se los coloca en porcentajes de error para determinar la repetibilidad del dispositivo y su exactitud al momento de medir los signos vitales, el valor medido en la saturación de oxígeno muestra un gran error en la exactitud puesto que se recomienda medir su valor exacto en el lóbulo de la oreja o en el dedo índice. La alarma para la detección de caídas es efectiva y de rápida respuesta gracias al bróker CloudMQTT que tiene un tiempo de 0.78 segundos para recibir y enviar el dato al momento en que la persona mayor sufra de algún accidente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un sistema de monitoreo de signos vitales, el cual, devuelve el valor de la temperatura corporal, saturación de oxígeno y ritmo cardiaco, con un error del 0.14%, 2.46% y 2.92% respectivamente, obteniendo una repetibilidad de 99.78% para temperatura, 99.83% para saturación de oxígeno y 97.49% para ritmo cardiaco.

Se comparó los valores obtenidos con dispositivos recomendados por doctores y dispositivos comerciales teniendo un error del 4.04% para el ritmo cardiaco y 0.69% para la temperatura corporal, que son valores aceptados para el correcto funcionamiento del dispositivo, mientras que el 11.57% de error de la saturación de oxígeno es alto al ser medido de manera indirecta.

El método de localización que se usó es el de geoposicionamiento, ya que el mismo funciona con aparatos electrónicos que posean una MAC, la cual es localizada usando todos los dispositivos conectados a la red para triangular la señal deseada, los dispositivos requieren de un mínimo de 50% de señal para poder realizar la triangulación.

La identificación del paciente se logra mediante una IP estática logrando establecer una conexión segura y sin conflictos de red al conectarse al internet por medio del router, la pulsera envía los datos diferenciando de cada paciente mediante la IP asignada.

El envío de datos se lo realiza mediante un protocolo MQTT la cual permite una comunicación sencilla sin pérdida de datos, usando el broker Cloud MQTT obtenemos un tiempo de respuesta de 0.78 segundos para recibir el dato y 1.2 segundos en total para poder enlazar el dispositivo a la nube de Node Red en el cual se muestran los datos reales medidos por el brazalete.

La detección de caídas de la pulsera se lo realizó en base a un giro mayor a 70° , una fuerza de aceleración de 16g detectada por la IMU, con un cambio de sentido en la aceleración durante un tiempo no mayor a 3ms detecta la caída.

La programación del brazalete se lo realizó en un compilador de código abierto compatible con la tarjeta Node MCU ESP8266, las pruebas para conexión MQTT se lo realizaron en el bróker CloudMQTT, el cual posee una gran capacidad de almacenamiento y procesamiento, en donde el envío de los valores de signos vitales y la alarma de detección de caídas se lo realiza en tiempo real y simultaneo permitiendo un fácil monitoreo.

El diseño del brazalete se centró en el usuario obteniendo una medida adecuada para el espacio interno del brazalete y su longitud y espesor se basa en el tamaño de los elementos electrónicos a usar encontrados en el país. Los materiales usados fueron escogidos para brindar la comodidad y

la resistencia mecánica requeridos por el cliente logrando tener un dispositivo con un peso aproximado de 250 gr, mismo que, no interfiere en las actividades diarias de las personas mayores.

5.2. RECOMENDACIONES

Para disminuir el margen de error obtenido de la medición de los signos vitales se recomienda implementar una estación fija de dispositivos semejantes al realizado en el proyecto, en la que se pueda obtener un mayor número de datos simultáneamente con la misma cantidad de personas.

Como existe un error del 11.57% en la medición de la saturación de oxígeno no se tiene un correcto funcionamiento, por lo que, se recomienda realizar un dispositivo capaz de trabajar de manera conjunta con el brazaletes para que disminuya el margen de error y mejore su funcionamiento obteniendo una medida correcta de los datos de saturación de oxígeno.

Los fallos en la ubicación se dan principalmente por pérdida de potencia en la señal debido a que la persona mayor se aleja demasiado del router, para lo cual se propone instalar un módulo GPS en la pulsera y así tener una mayor precisión y evitar desconexiones.

Al asignar una IP estática para la identificación de cada paciente en una red definida por un proveedor, se limita el número de usuarios permitidos, razón por la cual, se recomienda que a los nuevos dispositivos se los identifique mediante la MAC el cual puede ser asignada en la programación, y por DHCP asignar una IP usando así las direcciones necesarias en el momento. De existir algún conflicto en las IP's se debe configurar manualmente otro router como punto de

acceso a una red principal, y no como un repetidor, ya que el mismo tiene permisos de acceso diferente y ocurriría conflictos de conexión y la pérdida de comunicación con el brazalete.

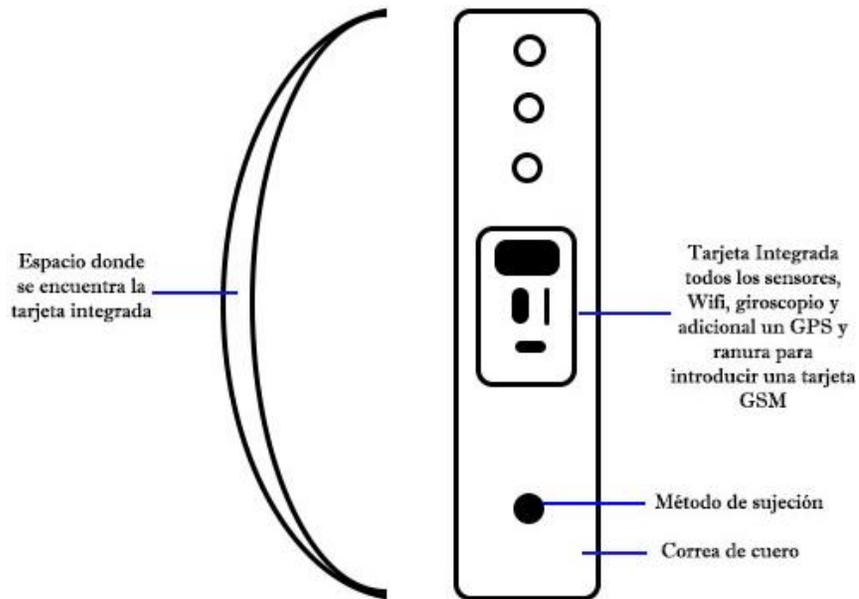
Se recomienda realizar una mejora en la programación para la notificación de alarmas, ya sea por mensajes de texto o correos electrónicos con la ayuda directa de cualquier bróker de MQTT para así evitar el tiempo total de enlace entre la nube Node RED y el dispositivo, obteniendo un mejor tiempo de respuesta por si ocurre algún accidente.

Las actividades cotidianas, como un saludo, pueden crear falsos positivos por lo que se recomienda que en la programación del brazalete no se reduzca la fuerza de aceleración a menos de 16g.

La versión gratuita del bróker CloudMQTT permite conectar un máximo de 5 dispositivos simultáneamente y a una velocidad lenta comparada a las versiones pagadas, por lo que se recomienda considerar el pagar los costos mensuales o un plan anual para mejorar la velocidad del tiempo de respuesta y dependiendo del número de dispositivos que se van a conectar.

Para mejorar el volumen del prototipo se recomienda realizar un diseño embebido en donde la placa posea todos los elementos electrónicos necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

5.3. TRABAJOS FUTUROS



Como trabajo futuro se puede mejorar el tamaño y peso del brazalete, realizando una placa con los elementos necesarios optimizando el espacio y llegando a tener un sistema embebido, de igual manera se puede colocar una ranura para la tarjeta GSM y así conectarse a una red móvil, también cambiar el material del mismo para que sea más flexible y cómodo para el usuario como por ejemplo cuero.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Cruz, R. S., & Ortí Maldonado, C. A. (2017). Diseño e implementación de un sistema robótico de monitoreo e interpretación de signos vitales de personas de edad avanzada basado en OPENHAB. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Allyn, Welch. (2018). *Hillrom, esfigmomanómetro digital connex*. Recuperado el 27 de Mayo de 2019
- Allyn, Welch. (2018). *Hillrom, monitor connex spot*. Recuperado el 27 de Mayo de 2019
- Balaguer, L. M. (2014). Revisando Técnicas: Control de signos vitales. *Revista de Enfermería*, 5 - 9.
- Bigtronica*. (s.f.). Recuperado el 23 de Septiembre de 2019
- Bradley, M. (18 de Enero de 2019). *When to use a static ip address*. (Lifewire) Recuperado el 03 de Julio de 2019
- Bruce, J. (17 de Mayo de 2019). *What is a static ip address? Here's why you don't need one*. (Technology Explained) Recuperado el 03 de Julio de 2019
- Caña, A. (25 de Junio de 2018). *Slideshare*. Recuperado el 24 de Julio de 2019
- Carreres, M. (20 de Septiembre de 2011). *Enfermería 1014*. Recuperado el 24 de Julio de 2019
- Carrico. (22 de Octubre de 2012). *Red de conocimientos electorales*. (Proyecto ACE) Recuperado el 03 de Julio de 2019
- Carrillo, D., Núñez, D., & Carrillo, D. (2007). Saturación venosa central. Conceptos Actuales. *Anestesiología*, 30(3), 165-171.
- Castaño Giraldo, S. A. (26 de Junio de 2016). *Control automático educación*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019
- Castellanos Martínez, D. (1998). Los Trastornos del Ritmo y la Conducción. En V. S. Rodríguez, *Estudio de la incapacidad laboral por enfermedades cardiocirculatorias* (págs. 115-130). Toledo: Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo.
- Correa, A., Álvarez, C., & Gomez, R. (2010). Sistema de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de cadenas de suministro. *Estudio Gerencial*, 26(116), 115-141.

- Da Costa, C. A., Pasluosta, C., Eskofier, B., Da Silva, D. B., & Righi, R. D. (2018). Internet of Health Things: Toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards. *Artificial Intelligence in Medicine*(89), 61 - 69.
- Devin, F. (19 de Febrero de 2017). *UXpañol*.
- Electronic Co., L. S. (26 de Julio de 2019). *AliExpress*. (Shenzhen Lianshengda) Recuperado el 16 de Septiembre de 2019
- Electronics, N. (18 de Junio de 2003). *Nova electronics*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019
- Electronilab*. (s.f.). Recuperado el 24 de Septiembre de 2019
- Enrique Yacuzzi, F. M. (2003). *UCEMA*.
- Fernández Sola, C., & Granero Molina, J. (Septiembre de 2011). *ResearchGate*. Recuperado el 24 de Julio de 2019
- Gonzáles, C. (27 de Noviembre de 2014). *Adslzone*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2019
- González Vega, R., Hernández Bretones, R., & Jiménez del Olmo, B. (2016). Desarrollo de un sistema de detección de caídas basado en acelerómetros. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Granollers, T. (22 de Julio de 2015). *System Usability Scale (SUS) en el s. XXI*.
- Guillaume, P., & Etxeberria Arritxabal, I. (2006). Detector automático de caídas y monitorización de actividad para personas mayores. *Esp Geriatr Gerontol*, 2(41), 33-41.
- Hartog, C., & Bloos, F. (2014). *Venous oxygen saturation*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology.
- Hayashi, T., Kondo, K., Suzuki, K., Yamada, M., & Matsumoto, D. (2014). Factors Associated with Falls in Community-Dwelling Older People with Focus on Participation in Sport Organizations: The Japan Gerontological Evaluation Study Project. *Hindawi Publishing Corporation*, 2014(537614), 1-10.
- Health, M. P.-R. (17 de Septiembre de 2015). *Evaluation kit available*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019
- INEC. (2008). *Población del adulto mayor*. Obtenido de Análisis estadístico sociodemográfico.
- INEC. (2009). *Salud, bienestar y envejecimiento*.
- John Carlton-Foss. (10 de Julio de 2012). *Estados Unidos Patente n° US 8 217 795 B2*.
- Laurence, R. (Octubre de 2016). *Manual MSD*. Recuperado el 14 de Mayo de 2019

- Luz, S. D. (11 de Marzo de 2017). *Wi-Fi Location: Qué es, cómo funciona y para qué sirve este estándar de geoposicionamiento en interiores con Wi-Fi*. (Redes Zone) Recuperado el 17 de Junio de 2019
- Makerlab Electronics. (14 de Septiembre de 2016). Recuperado el 25 de Noviembre de 2019
- Mangukiya, H. (17 de Septiembre de 2017). *Project JUB*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2019
- María, M. S. (25 de Enero de 2013). *G-SE Pulso Braquial*. Recuperado el 24 de Julio de 2019
- Microcontroleur Hobby. (23 de Agosto de 2019). Recuperado el 17 de Septiembre de 2019
- Mouser electronics. (07 de Noviembre de 2008). *Mouser*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019
- Naylamp mechatronics SAC. (17 de Enero de 2013). *Naylamp mechatronics*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2019, de <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-placa-de-desarrollo-para-esp32-nodemcu-32.html>
- Naylamp mechatronics SAC. (25 de Octubre de 2017). *Naylamp mechatronics*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019
- Negra Barrabeig, I., Heredia Ferrer, J. L., & Huerta Romero, L. A. (28 de Abril de 2018). *España Patente n° 1212974*.
- Nieves Rivera, D., Rojas Sánchez, R., & Sánchez Ríos, R. (2016). *Hipertensión e Hipotensión Arterial*. Gurabo.
- Noguerol Casado, M., & Seco González, A. (s.f.). *Técnicas en AP: Pulsioximetría*. Coruña.
- Ogedegbe, G., & Pickering, T. (2010). Principles and Techniques of Blood Pressure Measurement. *Cardiology Clinics*, XX, 571 - 586.
- OMS. (12 de Diciembre de 2017). *La salud mental y los adultos mayores*. Recuperado el 20 de 05 de 2019, de Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (16 de Enero de 2018). *Centro de prensa de la OMS, Caídas*. Recuperado el 06 de Junio de 2019
- Oxímetros Life. (2019). *Oxímetros*. Recuperado el 20 de Junio de 2019
- Perkins, G., McAuley, D., Giles, S., Routledge, H., & Gao, F. (2003). Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? *Critical Care*, 7(4), 67-71.

- Piedra Vega, J. (2016). Sistema de posicionamiento móvil para interiores vía Wi-Fi. Catalunya: Universidad Oberta de Catalunya.
- Quasar Electronics*. (s.f.). Recuperado el 17 de Septiembre de 2019
- Ramos, X. (29 de Julio de 2018). Hay 35,4 adultos mayores por cada cien menores de 14 años en Ecuador. *Diario El Universo*. Recuperado el 15 de 05 de 2019, de <https://www.eluniverso.com/noticias/nota/6879524/hay-354-adultos-mayores-cada-cien-menores-14-anos-ecuador>
- Rodríguez, D. (13 de Diciembre de 2018). *Mi libro Digital de Educación Física*. Recuperado el 24 de Julio de 2019
- Samsung. (17 de 03 de 2017). *Simband*.
- Sparkfun. (s.f.). *BricoGeek*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019
- Swaroop, N., Chandu, K., & Gorrepotu, R. (2019). *A health monitoring system for vital signs using IoT (Internet of Things)*. Recuperado el 19 de Junio de 2019
- Talamas, D. J. (2016). *Facultad de Medicina y Nutrición: Toma de signos vitales*. Obtenido de Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Teslabem. (04 de Febrero de 2017). *Teslabem LAB*. (Teslabem) Recuperado el 23 de 11 de 2019
- Tunkel, A. (Septiembre de 2016). *Manual MSD*. Obtenido de Fiebre en Adultos.
- Vallejo, G. (2015). Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad. Ambato.
- Vita-Data. (25 de 07 de 2017). *Cluster salud*. Obtenido de La industria de la vida.
- Vitoria, F. (25 de Marzo de 2019). *Los cuidados básicos en la vejez*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019
- Want, R. (2006). An Introduction to RFID Technology. *IEEE Pervasive Computing*, 5, 25-33.
- Yudong, Z. (16 de Junio de 2014). *China Patente n° CN104055499B*.

ANEXOS