



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

“Diseño de una plataforma informática para la monitorización de  
parámetros biomédicos”

**AUTOR**

**Parra Fernández Angela María**

PROYECTO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del grado académico en  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**TUTOR**

**Ing. Comp. Bayas Sampedro Marcia Marisol, PhD.**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2024**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

Ing. Comp. Marcia Bayas Sampedro, Ph.D.  
**TUTOR**

Ing. Jaime Orozco Iguasnia, Mgt.  
**DOCENTE ESPECIALISTA**

Ing. Marjorie Coronel Suárez, Mgt.  
**DOCENTE GUÍA UIC**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por **Parra Fernández Angela María**, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

**TUTOR**

---

Ing. Comp. Marcia Bayas Sampedro, Ph.D.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Parra Fernández Angela María**

**DECLARO QUE:**

El presente Trabajo de Titulación, titulado "Diseño de una plataforma informática para la monitorización de parámetros biomédicos", fue desarrollado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información. Este trabajo ha sido elaborado respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas y referencias que constan en el documento.

Reconozco que la propiedad intelectual de este trabajo no es de absoluta autoría personal, ya que forma parte del proyecto de investigación titulado "Investigación de las aplicaciones de IoT en la adquisición de señales bioeléctricas", financiado por la Universidad Estatal Península de Santa Elena, bajo la dirección del Ph.D. Ronald Rovira y con la colaboración del equipo de investigadores mencionado en el documento. La idea inicial y el diseño conceptual del proyecto fueron propuestas por mi tutor, el Ph.D. Marcia Bayas, mientras que mi contribución principal radica en el diseño, la ejecución, desarrollo y documentación de la plataforma informática en el marco del proyecto de investigación con código CUP 91870000.0000.389571

En virtud de esta declaración, asumo plena responsabilidad por la veracidad, calidad y alcance de mi contribución al trabajo de titulación, la cual ha sido llevada a cabo bajo los lineamientos éticos y académicos establecidos por la Universidad.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

## **EL AUTOR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Am', enclosed within a circular scribble.

---

**Angela María Parra Fernández**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Diseño de una plataforma informática para la monitorización de parámetros Biomédicos, presentado por el estudiante, Parra Fernández Angela María fue enviado al Sistema Antiplagio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**Documento Angela Parracompilatio**

**6%**  
Textos sospechosos



**2% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
**< 1% Idiomas no reconocidos**  
**4% Textos potencialmente generados por la IA**

Nombre del documento: Documento Angela Parracompilatio.docx  
ID del documento: 988b4895d9e6bb87aad9db15ea9f3ff5b11e9524  
Tamaño del documento original: 16,31 MB  
Autores: []

Depositante: MARCIA MARISOL BAYAS SAMPEDRO  
Fecha de depósito: 3/12/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 3/12/2024

Número de palabras: 22.301  
Número de caracteres: 145.846

**TUTOR**



Firmado digitalmente por:  
**MARCIA MARISOL  
BAYAS SAMPEDRO**

**Ing. Comp. Bayas Sampedro Marcia Marisol, PhD.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Parra Fernández Angela María**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial del trabajo de titulación con fines de difusión pública, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ninguna ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

**EL AUTOR**

---

**Angela María Parra Fernández**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme, darme la fortaleza y sabiduría necesarias para completar esta etapa de mi vida.

A mi madre, por todo su amor, apoyo que me ha brindado incondicionalmente, para ayudarme a crecer y fortalecer mi formación académica. Gracias, madre por estar siempre hay apoyándome.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitirme formar de manera profesional.

El respeto y agradecimiento a la Ing. Comp. Bayas Marcia, PhD. por guiarme, apoyarme y brindado su tiempo, conocimiento, consejos y experiencias para mi crecimiento personal y profesional. De igual forma a los miembros del grupo de investigación TECED: el Ing. Ronald Rovira por haberme incorporado como ayudante de investigación, y al Ing. Manuel Asdrual Montaña. También agradezco a todos los que fueron mis docentes de la carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información por la transferencia de conocimiento a lo largo de mi formación profesional.

*Angela María, Parra Fernández*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios porque gracias a Él he concluido mi carrera y a mi madre, porque por su amor, comprensión y su apoyo incondicional, ha sido mi fortaleza, porque siempre ha estado a mi lado, dándome ánimo, y recordándome cada día que yo sí puedo lograr todo lo que me propongo con esfuerzo y dedicación. Gracias, mamá, porque me enseñaste a superar los obstáculos y dificultades.

*Angela María, Parra Fernández*

## ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	IV
DECLARO QUE: .....	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....	VI
AUTORIZACIÓN .....	VII
AGRADECIMIENTO .....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN.....	XX
ABSTRACT .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN.....	4
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Descripción del Proyecto.....	6
1.3. Objetivos del Proyecto.....	8
1.4. Justificación del Proyecto.....	9
1.5. Alcance del Proyecto.....	11
1.6. Metodología del Proyecto.....	13
1.6.1. Metodología de la investigación .....	13
1.6.2. Beneficiarios del Proyecto .....	14
1.6.3. Variables .....	14
1.6.4. Análisis de recolección de datos .....	14

1.8. Metodologías de desarrollo.....	21
<b>CAPÍTULO 2. PROPUESTA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Marco Contextual .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Marco Conceptual .....</b>	<b>24</b>
2.2.1. Signos Vitales .....	24
2.2.2. Datos físicos.....	28
2.2.3. Internet de las cosas médicas .....	29
2.2.4. Tecnologías inalámbricas .....	30
2.2.5. Framework. ....	30
2.2.6. Lenguaje de programación.....	31
2.2.7. Tipos de almacenamiento .....	31
2.2.8. Protocolos de comunicación .....	33
2.2.9. Protocolos de seguridad y cifrado de datos.....	34
<b>2.3. Marco Teórico .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4. Requerimientos .....</b>	<b>39</b>
2.4.1. Requerimientos funcionales.....	39
2.2.2. Requerimientos no Funcionales.....	42
<b>2.3. Componente de la Propuesta .....</b>	<b>43</b>
2.3.1. Arquitectura del Sistema.....	43
2.3.2. Diagramas de casos de uso .....	44
2.3.3. Modelado de Datos .....	48
<b>2.4. Diseño de Interfaces .....</b>	<b>51</b>
<b>2.5. Pruebas.....</b>	<b>75</b>
<b>2.6. Resultados.....</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>94</b>

<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de la propuesta con aplicaciones similares.....	10
Tabla 2 Valores de la frecuencia cardiaca por edad niños.....	25
Tabla 3 Valores de la frecuencia cardiaca para los hombres.....	25
Tabla 4 Valores de frecuencia cardiaca para las mujeres. ....	25
Tabla 5 Categorías de la saturación de oxígeno: Blasco & Gómez.....	26
Tabla 6 Rangos de temperatura corporal. ....	27
Tabla 7Rangos para la generación de alertas temperatura corporal .....	28
Tabla 8 Alertas de saturación de oxígeno: Blasco & Gómez. ....	28
Tabla 9 Rangos para la generación de alertas de frecuencia cardiaca .....	28
Tabla 10 Descripción del peso con respecto al IMC. ....	29
Tabla 11 Comparación de Framework.....	30
Tabla 12 Comparación de base de datos relacional y no relacional con respecto a la propuesta.....	33
Tabla 13 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación. ....	40
Tabla 14 Requerimientos funcionales - Módulo de perfil. ....	40
Tabla 15 Requerimientos funcionales - Módulo de reportes.....	40
Tabla 16 Requerimientos funcionales - Módulo de datos biomédicos. ....	40
Tabla 17 Requerimientos funcionales - Módulo médico.....	41
Tabla 18 Requerimientos funcionales - Módulo de telemedicina .....	41
Tabla 19 Requerimientos funcionales – Módulo paciente.....	41
Tabla 20 Requerimientos funcionales - Módulo asistente.....	42
Tabla 21 Requerimientos funcionales - Módulo de administración.....	42

Tabla 22 Requerimientos funcionales - Módulo de enfermería.....	42
Tabla 23 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación móvil.....	42
Tabla 24 Requerimientos no funcionales- Escenario Aplicación web .....	43
Tabla 25 Caso de uso general del sistema .....	44
Tabla 26 Caso de uso autenticación .....	45
Tabla 27 Caso de uso de generación y visualización de alertas .....	46
Tabla 28 Caso de uso de gestión de pacientes .....	47
Tabla 29 Caso de uso de gestión de administración .....	47
Tabla 30 Prueba de interfaz de usuario N°1 .....	71
Tabla 31 Pruebas de interfaz de usuario N°2.....	75
Tabla 32 Caso de prueba - Ingreso al sistema.....	76
Tabla 33 Caso de prueba - Ingreso usuarios .....	78
Tabla 34 Caso de prueba – Chat médico-paciente.....	79
Tabla 35 Caso de prueba – Visualización de parámetros biomédicos.....	79
Tabla 36 Caso de prueba – Registro de antecedente familiares .....	80
Tabla 37 Caso de prueba – Registro de alergias. ....	81
Tabla 38 Caso de prueba – Generación de reportes.....	81
Tabla 39 Caso de prueba – Registro de parámetros biomédicos .....	82
Tabla 40 Caso de prueba – Registro tipos de alertas. ....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Respuestas de la pregunta 2 – Encuesta .....	18
Ilustración 2 Respuestas de la pregunta 1 - Encuesta .....	19
Ilustración 3 Respuestas de la pregunta 3 - Encuesta .....	19
Ilustración 4 Respuestas de la pregunta 4 - Encuesta .....	20
Ilustración 5 Modelo de desarrollo de software incremental.....	22
Ilustración 6. Seguridad de los datos .....	35
Ilustración 7 Arquitectura del sistema .....	43
Ilustración 8 Diseño del modelado de datos .....	49
Ilustración 9 Modelo de base de datos.....	50
Ilustración 10 Proceso para el diseño de la interfaz de usuario .....	51
Ilustración 11 Paleta de colores iniciales.....	52
Ilustración 12 Diseño de interfaz Inicio sesión - Escenario Aplicación móvil.....	53
Ilustración 13 Diseño de interfaz Inicio sesión- Escenario Aplicación web .....	53
Ilustración 14 Diseño de interfaz principal 1 .....	54
Ilustración 15 Diseño de interfaz de la visualización de los valores de los signos vitales – Médico .....	54
Ilustración 16 Diseño de interfaz consultas .....	55
Ilustración 17 Diseño de la interfaz de registro de usuarios. ....	55
Ilustración 18 Interfaz de pantalla de Inicio sesión .....	56
Ilustración 19 Interfaz edición de perfil usuarios .....	56
Ilustración 20 Interfaz registro de médico o especialista parte 1 .....	57
Ilustración 21 Interfaz registro de médico o especialista parte 2.....	57

Ilustración 22 Interfaz principal del médico .....	58
Ilustración 23 Interfaz principal para gestionar pacientes .....	58
Ilustración 24 Interfaz de monitoreo de parámetros biomédicos.....	59
Ilustración 25 Interfaz de monitoreo de parámetros biomédicos graficas .....	59
Ilustración 26 Interfaz médico de alertas del paciente.....	59
Ilustración 27 Interfaz principal del historial médico .....	60
Ilustración 28 Interfaz de antecedentes personales.....	60
Ilustración 29 Interfaz de antecedentes familiares del paciente.....	61
Ilustración 30 Interfaz de alergias del paciente .....	61
Ilustración 31 Interfaz de consultas médicas .....	61
Ilustración 32 Interfaz tratamientos anteriores .....	62
Ilustración 33 Interfaz de gestión de asistente por parte del médico .....	62
Ilustración 34 Interfaz de reportes - Cantidad de pacientes del médico .....	63
Ilustración 35 Interfaz de reportes de las consultas realizadas por el médico .....	63
Ilustración 36 Interfaz principal para pacientes .....	63
Ilustración 37 Interfaz de signos vitales en tiempo real.....	64
Ilustración 38 Interfaz gestión de médico en el rol paciente .....	64
Ilustración 39 Interfaz de telemedicina paciente .....	65
Ilustración 40 Interfaz de antecedentes personales.....	65
Ilustración 41 Interfaz principal del asistente .....	65
Ilustración 42 Interfaz de asistente - Lista de pacientes .....	66
Ilustración 43 Interfaz asistente, detalles del paciente.....	66
Ilustración 44 Interfaz estadística de médicos en el sistema para el administrador. Gráficos.....	66

Ilustración 45 Interfaz estadística de médicos en el sistema para el administrador. Tablas .....	67
Ilustración 46 Interfaz estadística de dispositivos en el sistema para el administrador. Gráficos.....	67
Ilustración 47 Interfaz de Gestión parámetros biomédicos .....	67
Ilustración 48 Interfaz de gestión tipos de alertas.....	68
Ilustración 49 Interfaz registro de usuarios.....	68
Ilustración 50 Diseño de interfaz principal 2.....	72
Ilustración 51 Segunda paleta de colores.....	73
Ilustración 52 Pruebas diseño responsivo- Escenario web .....	84
Ilustración 53 Pruebas diseño responsivo - Escenario móvil .....	86
Ilustración 54 Captura de tráfico MQTT .....	86
Ilustración 55 Captura de tráfico https.....	86
Ilustración 56 Interfaz final para el usuario paciente.....	88
Ilustración 57 Pruebas de simulación del rendimiento de la aplicación web. Parte 1 ....	88
Ilustración 58 Pruebas de simulación del rendimiento de la aplicación web. Parte 2 ....	89
Ilustración 59 Envío de alertas al médico.....	89
Ilustración 60 Envío de alertas al correo del paciente .....	90
Ilustración 61 Conexión segura de MQTT .....	90
Ilustración 62 Conexión segura de HTTPS/SSL .....	91
Ilustración 63 Integración de la plataforma con el dispositivo IoT N°1.....	91
Ilustración 64 Integración de la plataforma con el dispositivo IoT N°2.....	91
Ilustración 65. Medición de los signos vitales.....	108
Ilustración 66 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario .....	118

Ilustración 67 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario .....	118
Ilustración 68 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario .....	118
Ilustración 69 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario .....	119
Ilustración 70 Evaluación de la interfaz - Médico general .....	120
Ilustración 71 Autorización por parte del Ministerio de Salud Pública.....	121

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición de los signos vitales. ....	108
Anexo 2. Formato de entrevista al grupo de investigación TECED .....	108
Anexo 3. Formato de entrevista especialista en cardiología .....	110
Anexo 4. Formato de encuesta dirigida a médico general .....	111
Anexo 5. Formato de encuesta dirigida a enfermera. ....	114
Anexo 6. Formato de encuesta dirigida a estudiantes .....	116
Anexo 7. Pruebas de interfaz de usuario y experiencia de usuario. ....	118
Anexo 8. Evaluación de la aplicación web por parte de un médico general. ....	120
Anexo 9 Autorización del Ministerio de Salud Pública .....	121

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de una plataforma informática para monitorear en tiempo real parámetros cardiovasculares obtenidos de señales bioeléctricas. A través de investigación bibliográfica y metodología cualitativa, se identificaron requisitos y variables clave mediante encuestas y entrevistas. Se aplicó la metodología de Sommerville para el diseño de las interfaces, utilizando un estilo minimalista y responsivo, tanto para aplicaciones web como móviles. También se diseñó la base de datos relacional y una arquitectura microservicios. Adicionalmente, se desarrolló el prototipo del diseño de la propuesta tecnológica utilizando una metodología de desarrollo incremental. La plataforma obtiene los datos que envía el dispositivo del Internet de las Cosas, los almacena en la base de datos y permite el monitoreo por parte de profesionales de la salud. Las pruebas de experiencia de usuario realizadas con 50 estudiantes destacaron facilidad de navegación (80%), diseño atractivo (90%), funciones intuitivas (86%) y claridad en la visualización de parámetros (94%). El prototipo propuesto demuestra ser atractivo e intuitivo para los usuarios finales, adaptándose a las necesidades de médicos y pacientes.

***Palabras claves:*** *plataforma informática, parámetros biomédicos, MQTT, HTTP.*

## ABSTRACT

This paper presents the design of a computer platform to monitor cardiovascular parameters in real-time obtained from bioelectrical signals. Through bibliographic research and qualitative methodology, key requirements and variables were identified through surveys and interviews. The Sommerville methodology was applied for the design of the interfaces, using a minimalist and responsive style for both web and mobile applications. The relational database and a microservices architecture were also designed. Additionally, the prototype of the technological proposal design was developed using an incremental development methodology. The platform obtains the data sent by the Internet of Things device, stores it in the database, and allows monitoring by healthcare professionals. User experience tests conducted with 50 students highlighted ease of navigation (80%), attractive design (90%), intuitive functions (86%), and clarity in parameter visualization (94%). The proposed prototype proves to be attractive and intuitive for end users, adapting to the needs of doctors and patients.

**Keywords:** *Computing platform, biomedical parameters, MQTT, HTTP.*

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la tecnología, actualmente se busca constantemente innovar en equipos biomédicos y en plataformas informáticas, tanto para hospitales, clínicas o centros médicos [1] [2] [3] [4]. En este contexto, aunque a nivel internacional se han desarrollado diversos dispositivos biomédicos y plataformas informáticas enfocadas en la atención médica, en el Ecuador aún existe un área de oportunidad significativa en la que los investigadores dedican sus esfuerzos para el desarrollo e implementación de estas tecnologías. Las iniciativas actuales, aunque prometedoras, no han logrado integrar completamente las capacidades de los dispositivos internet de las cosas (IoT) con plataformas que permitan una interacción en tiempo real entre paciente y profesionales de la salud. Esto hace hincapié en la necesidad de una solución tecnológica que se integre con las tecnologías IoT, aprovechando sus ventajas para realizar un monitoreo eficaz y accesible de los signos vitales.

El Dr. Tedros Adhamon, director general de la Organización Mundial de la Salud (OMS), recalca la importancia de aprovechar las tecnologías digitales para lograr que todas las personas tengan acceso a los servicios de salud. En su visión, estas herramientas no deben considerarse un fin en sí mismas, sino como instrumentos esenciales para promover la salud [5]. Estas se pueden utilizar para el monitoreo de signos vitales ya que son de gran impacto para el cuidado de la salud” [6]. El autor Vázquez et al., en su investigación, hace énfasis en que la monitorización y el seguimiento de los parámetros cardiovasculares como la frecuencia cardíaca y la presión arterial son esenciales, generan información sobre el estado sistemático de los pacientes en caso de complicaciones posteriores a procedimientos realizados [7].

Es en este ámbito es donde se puede aplicar las tecnologías de la información y la electrónica y automatización para crear soluciones para mejorar la calidad de la atención al paciente, permitiendo el seguimiento domiciliario de personas mayores, con insuficiencia cardíaca o intervenidas quirúrgicamente, e incluso se pueden utilizar para hacer un seguimiento de la salud durante la práctica deportiva [3]. En el contexto nacional, el desarrollo de proyectos relacionados con equipos biomédicos IoT que cuenten con una plataforma informática personalizada es aún limitado. Por ejemplo, las investigaciones de la Universidad del Azuay se centran en mejorar la adquisición de

señales bioeléctricas, como el electrocardiograma [8]. En la Provincia de Santa Elena se diseñó un sistema de monitorización domiciliar para la gestión integral de la salud cardiovascular, se centró en el diseño del dispositivo para la adquisición de los datos de los parámetros biomédicos [9]. Sin embargo, no se presentó una plataforma informática personalizada que registre y almacene los datos procesados de estas señales bioeléctricas en tiempo real y tenga integración con el especialista.

Las tecnologías de la información desempeñan un papel fundamental en el ámbito de la salud, especialmente en el desarrollo de soluciones para mejorar el monitoreo de la salud y la atención médica. En el proyecto de investigación multidisciplinario “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de señales bioeléctricas”, liderado por el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, buscan desarrollar un equipo médico innovador para adquirir los datos de los signos vitales a través de señales bioeléctricas del cuerpo humano, uno de los objetivos específicos es integrar el sistema de adquisición de señales bioeléctricas con una base de datos y plataforma informática, con el fin de almacenar los datos y gestionar la información de los usuarios, esto permite realizar un monitoreo a distancia mejorado la atención al paciente.

Con el propósito de integrar las tecnologías de la información al proyecto antes mencionado, se planteó la propuesta de diseño de una plataforma informática destinada al monitoreo de los parámetros de frecuencia cardiaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno, obtenidos de señales bioeléctricas. Primeramente, se inició con una revisión bibliográfica que permitió obtener información sobre las variables de estudio y los elementos necesarios para el diseño de la plataforma. Posteriormente, se avanzó en el diseño de las interfaces, tomando como referencia la metodología de Sommerville [10].

El desarrollo de la plataforma se llevó a cabo utilizando la metodología incremental, lo que permitió implementar la funcionalidad completa del sistema en incrementos, priorizando los requisitos proporcionados por los especialistas del proyecto de investigación y desarrollándolos en el orden correspondiente a cada módulo. Cabe destacar que la investigación tuvo un enfoque descriptivo, ya que permitió identificar los requisitos técnicos y funcionales necesarios para el diseño de la plataforma informática.

El presente documento está dividido en dos capítulos. En el primer capítulo se detalla el

motivo por el cual se inició el planteamiento de la propuesta, en consecuencia, se definen los objetivos a cumplir, por ende, se justifica el problema existente y se define el alcance del proyecto, posteriormente se definen las metodologías de investigación y desarrollo utilizadas. Además, se presentan los beneficiarios del proyecto y el análisis de la recolección de datos. En el segundo capítulo se describe el marco teórico, el marco contextual y el marco conceptual, donde se establecen las bases para el desarrollo del proyecto. También se describen los componentes del sistema y los requerimientos funcionales y no funcionales de la plataforma informática. Además, se muestran los diagramas de caso de uso de la plataforma informática, y modelado de datos seguido del diseño de las interfaces y por último se presentan descripciones de las pruebas realizadas a la aplicación móvil y web, así como sus resultados finales.

## **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

Los profesionales de las tecnologías de la información y la comunicación han revolucionado la forma de abordar la salud y la investigación biomédica desde tiempos antiguos hasta la actualidad con el objetivo de mejorar el diagnóstico preventivo de enfermedades [11]. Este desafío no solo involucra a los expertos de Tics sino también a profesionales de desarrollo tecnológico en electrónica, automatización, y la medicina, quienes colaboran para innovar y aplicar soluciones tecnológicas avanzadas [8].

A nivel internacional, se ha desarrollado dispositivos portátiles como el reloj inteligente que tiene múltiples funciones, pero está diseñado especialmente para un seguimiento deportivo [12]. El último lanzamiento de Samsung es un anillo inteligente que mide la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura, pero su función principal es hacer un seguimiento deportivo y de la actividad del sueño. En la descripción del producto se indica que la aplicación no es un dispositivo médico, sino que es solo informativo y no se puede utilizar para fines de diagnóstico, tratamiento clínico ni investigación médica [13].

En el contexto nacional, el desarrollo de proyectos relacionados con equipos biomédicos IoT que cuenten con plataformas informáticas aún es limitado. Por ejemplo, las investigaciones de la Universidad del Azuay se centran en mejorar la adquisición de señales bioeléctricas, como el electrocardiograma [8]. También se diseñó un sistema de monitorización domiciliaria para la gestión integral de la salud cardiovascular en la provincia de Santa Elena, que se centró en el diseño del dispositivo para la adquisición de los datos de los parámetros biomédicos y su posterior visualización en la plataforma tago.io [9]. Sin embargo, no existe una plataforma informática que registre y almacene los datos procesados de estas señales bioeléctricas en tiempo real y que esté integrada con los médicos.

También en la revisión bibliográfica se pudo ver que han diseñado y desarrollado múltiples dispositivos IoT médicos, aplicaciones móviles, web y sistemas de telemedicina que facilitan el acceso a la atención médica y permiten el monitoreo remoto de pacientes. Estas tecnologías han mejorado la comunicación entre médicos y pacientes, facilitando la

atención personalizada y mejorando la toma de decisiones médicas [14] [15] [16] [17] [18] [19].

La necesidad del desarrollo de este trabajo surgió en el proyecto de investigación multidisciplinar “*Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de señales bioeléctricas*” (CUP: 91870000.0000.389571), liderado por el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones. Porque le faltaba una plataforma informática que permita alcanzar el objetivo específico “Integrar el sistema de adquisición de señales bioeléctricas con la plataforma libre de base de datos”. Aunque el desarrollo del dispositivo para la adquisición de las señales bioeléctricas ya estaba en proceso, no existía una base de datos para el almacenamiento de la información ni una plataforma informática para gestionar los datos del paciente y realizar integraciones con los profesionales de la salud para realizar un seguimiento de los parámetros biomédicos y ofrecer una intervención oportuna en casos de emergencias.

Además, teniendo en cuenta que en la Provincia de Santa Elena en las unidades de primer nivel de atención no hay dispositivos ni plataformas para monitoreo a distancia ver Anexo 8 en información adicional, las tecnologías para medir los signos vitales de los pacientes son solo de uso dentro de las instalaciones del centro de salud como se muestra en el Anexo 1, mas no hay dispositivos integrados con un sistema informático para llevar un seguimiento domiciliario de las personas mayores de edad, con insuficiencia cardiaca o intervenidas quirúrgicamente. Existen casos en que las personas necesitan estar monitoreadas y no se realizan el seguimiento de su salud ya sea por tiempo, movilidad o problemas económicos. Cuando los pacientes se sienten muy mal, acuden a un centro de salud, donde el personal les toma los signos vitales, pero no saben desde cuándo estos parámetros han empezado a variar.

También, hay personas que no tienen muchos conocimientos sobre la utilización e interpretación de los valores que se muestran en los dispositivos tradicionales para medir estos signos vitales, como el termómetro, el oxímetro de pulso y el estetoscopio y no cuentan con una persona que esté constantemente en el hogar para realizar estos seguimientos, por lo que la salud de estas personas puede llegar a deteriorarse más. Por esta razón se busca implementar estrategias para usar las tecnologías de la información

en el sector de la salud con el objetivo de mejorar el acceso y manejo de datos relevantes. Un acceso oportuno a esta información puede marcar la diferencia en la capacidad de salvar vidas humanas [20].

## **1.2. Descripción del Proyecto**

El principal objetivo de este proyecto es el diseño de una plataforma informática que permita el seguimiento en tiempo real de parámetros de frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal, enviados desde un dispositivo IoT con comunicación WiFi.

Se utilizó el método de investigación cualitativa para identificar y describir los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la plataforma. La plataforma incluye una base de datos en la nube, una aplicación móvil para los pacientes y una aplicación web para el médico o especialista, recalando que todos los usuarios pueden acceder tanto por la aplicación móvil como la web, para eso se realizó el análisis de los requisitos funcionales y no funcionales, el diseño de la arquitectura del sistema, el desarrollo y programación de la plataforma y por ultimo las pruebas de su funcionalidad.

La aplicación se diseñó para ser accesible y fácil de usar tanto por pacientes como por profesionales de la salud. Asimismo, la plataforma se diseñó con una arquitectura escalable, permitiendo la integración de nuevos dispositivos y usuarios sin comprometer el rendimiento del sistema.

En el desarrollo de la plataforma informática se contempló 10 módulos los cuales están divididos por módulos generales y módulos por rol. Los módulos generales son 3, módulo autenticación, módulo perfil y módulo reporte.

- Módulo de autenticación
  - Registro de paciente en la aplicación móvil.
  - Registro del médico/especialista en la aplicación web
  - Inicio de sesión
  - Recuperación de contraseña.
  - Recuperar usuario
- Módulo perfil
  - Editar foto, teléfono y correo.

- Cambiar contraseña y cambiar usuario.
- Módulo reporte
  - Reportes del total de pacientes para la sesión del médico
  - Reportes del total de consultas para la sesión del médico
  - Visualización de las recetas para la sesión del paciente.
  - Reporte de usuarios pacientes en la sesión del Administrador
  - Reporte de usuarios médicos en la sesión del Administrador
  - Reporte del total de dispositivos IoT en la sesión del Administrador.

Rol paciente tiene 3 módulos que son módulo datos biomédicos, módulo médico y módulo telemedicina.

- Módulo datos biomédicos
  - Visualización de datos en tiempo real
  - Visualización de peso y estatura
  - Visualización de nuevas alertas
  - Asignación de notas a las alertas generadas.
  - Lista de todas las alertas generadas.
  - Cambiar de dispositivo
  - Visualizar recetas medicas
  - Visualización del antecedente personal
- Módulo médico
  - Selección de médico de acuerdo con su especialidad y al centro hospitalario.
  - Habilitar o deshabilitar médico.
- Módulo telemedicina
  - Contactar al médico por medio de WhatsApp o Telegram.
  - Chat directo.

Rol médico o especialista tiene 2 módulo.

- Módulo paciente
  - Listado de pacientes
  - Visualización de los parámetros
  - Visualización de las alertas por pacientes

- Visualización de nuevas alertas de todos los pacientes
- Consultas médicas: antecedentes personales, antecedentes familiares, alergias, consultas, recetas médicas.
- Informes de cada parámetro
- Contactar al paciente por medio de WhatsApp o Telegram.
- Chat directo.
- Módulo asistente
  - Agregar asistente
  - Editar asistente

Rol administrador tiene 1 modulo.

- Módulo de administración
  - Registro de pacientes
  - Registro de médicos
  - Registro de administrador
  - Edición de usuarios
  - Gestionar nuevos parámetros biomédicos
  - Gestionar tipos de alertas.

Rol asistente del médico

- Módulo de enfermería
  - Actualizar peso y estatura del paciente

Para el desarrollo de la plataforma informática en el frontend se utilizaron Angular e Ionic, y en el backend, PHP y Node.js, para la base de datos se utilizó una base de datos relacional MySQL y para la obtención de datos en tiempo real se adquirió los datos de un dispositivo IoT con el protocolo de comunicación MQTT a través de WebSocket. Para las pruebas, se envían datos simulados desde Node Red y desde el dispositivo IoT diseñado por Mario Alomoto [9].

### **1.3. Objetivos del Proyecto**

#### **Objetivo General**

Diseñar una plataforma informática para el monitoreo en tiempo real de los parámetros de frecuencia cardiaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno adquiridos de señales bioeléctricas.

## **Objetivos Específicos**

1. Identificar los requisitos técnicos y funcionales de la plataforma, incluyendo el tipo de almacenamiento, los protocolos de seguridad y las interfaces de usuario.
2. Diseñar la interfaz web que permita el análisis y monitoreo de los parámetros biomédicos por parte de los profesionales de la salud.
3. Diseñar la interfaz de la aplicación móvil para el monitoreo de los parámetros biomédicos por parte de los pacientes.
4. Diseñar el modelo de base de datos para la gestión de la información y su almacenamiento.
5. Emitir alertas de la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y temperatura corporal en base a los índices estandarizados de estos parámetros.

### **1.4. Justificación del Proyecto**

Los signos vitales muestran información de gran relevancia sobre la salud de una persona, monitorear estos parámetros es de gran importancia sobre todos en pacientes con enfermedades o condición de salud delicada, como mencionan Dr. Holger Sánchez, especialista en cardiología y la Dra. Sheyla Suárez, de medicina general ver Anexo 3 y 4. A pesar de su importancia, los métodos de monitorización existentes están orientados a entornos de atención especializada, lo que limita la capacidad de identificar anomalías en una etapa temprana y realizar intervenciones oportunas a las personas.

La importancia de este proyecto en el ámbito de las tecnologías de la información recae en el diseño de la plataforma informática que permite el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal que se adquiere de un dispositivo IoT que envía los datos a través de comunicación WiFi y se visualiza esos datos el dispositivo del usuario final y se almacena en la base de datos. La plataforma informática incluye una aplicación web y una móvil. La aplicación móvil está destinada para la gestión del paciente y la aplicación web ofrece una interfaz donde se visualiza los datos de los parámetros en gráficas y tablas para que el médico general o especialista realice el análisis y seguimiento de la salud del paciente. Incluyendo la generación de las alertas que se crearon considerando los rangos establecidos por la comunidad médica y las organizaciones de salud [21] [22]. Lo que garantiza que los datos biomédicos se interpreten con precisión según los criterios establecidos.

La plataforma informática ofrece múltiples funciones a diferencia de otros dispositivos que se encuentran en el mercado como se puede observar en la Tabla 1.

<b>Descripción</b>	<b>Pulsera inteligente (Smartwatches)</b>	<b>Anillo inteligente (Galaxy Ring)</b>	<b>Propuesta</b>
Tiene aplicación web para el médico	X	X	✓
Tiene aplicación móvil.	✓	✓	✓
Generar información del peso de la persona.	✓	X	✓
Enviar información de los signos vitales al médico o especialista	X	X	✓
Genera información de los datos frecuencia cardiaca	✓	✓	✓
Genera información de los datos de temperatura	✓	✓	✓
Genera información de los datos de saturación de oxígeno	✓	✓	✓

*Tabla 1 Comparativa de la propuesta con aplicaciones similares.*

Se compararon en la tabla anterior las funcionalidades de las aplicaciones de los smartwatches, Galaxy Ring y nuestra propuesta. Estos dispositivos tienen un gran alcance internacional y más aún los smartwatches, pero es importante mencionar que en la descripción de estos dispositivos se recalca que los datos son de uso informativo y que no están diseñados para la detección, diagnóstico o tratamiento de cualquier condición física [12] [13]. Se identificó que las aplicaciones de estos dispositivos no están diseñadas para integrarse ni enviar información directamente al médico, a diferencia de lo que se propone con la plataforma informática, que se diseñó para que el usuario pueda elegir un médico y este pueda acceder a la información de sus datos y de los signos vitales, así como de las alertas que se generen e historial médico.

En consecuencia este proyecto, es la primera versión y contribuye al proyecto de investigación multidisciplinar “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” (CUP: 91870000.0000.389571), liderado por el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y

Telecomunicaciones, presentando este proyecto de titulación que contribuye con el monitoreo en tiempo real de los parámetros biomédicos que se adquieren de las señales bioeléctricas de otro proyecto que realiza el diseño del dispositivo IoT.

Los beneficiarios directos de este proyecto son el grupo de investigación TECED y una vez terminado y mejorado e integrado con el dispositivo IoT ayudará a pacientes que podrán tener un seguimiento remoto y posteriormente recibir diagnósticos y tratamientos por medio de los especialistas. Los profesionales de la salud se beneficiarán al contar con una plataforma informática para la toma de decisiones clínicas. Además, la comunidad científica tendrá acceso a datos de señales bioeléctricas enriquecidos, lo que promoverá investigaciones médicas más avanzadas en la línea del grupo de investigación de Biomédica 5 de la facultad de FACSISTEL y la generación de conocimiento en el campo de la salud.

Esta iniciativa de tecnología de la información contribuye a mejorar la precisión del diagnóstico médico al permitir el monitoreo en tiempo real de los parámetros mencionados principalmente para facilitar la detección temprana de problemas de salud y promover una atención médica personalizada en esta especialidad médica.

### **1.5. Alcance del Proyecto**

La investigación tiene un alcance descriptivo, porque se detalla y caracteriza los factores necesarios para implementar el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardíaca, temperatura corporal y la saturación de oxígeno, en una plataforma informática. Además, se identifica y describe los rangos que se utilizó para la generación de las alertas de los parámetros mencionados. Este enfoque descriptivo permite proporcionar una comprensión clara y detallada de los elementos esenciales y los criterios de evaluación necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo.

En el desarrollo de la plataforma informática está incluido 10 módulos los cuales están divididos por módulos generales y módulos por rol. Los módulos generales son 3, módulo autenticación, módulo perfil, módulo telemedicina y módulo reporte. El módulo de autenticación consta de los siguientes elementos: Inicio de sesión, recuperación de contraseña, recuperación de usuario, el registro del paciente solo está permitido en la aplicación móvil y registro del médico solo está permitido en la aplicación web. En el

módulo perfil, se puede agregar foto, editar teléfono y correo, cambiar contraseña, cambiar usuario, la opción de políticas se implementará en una siguiente etapa.

En el módulo reporte se puede consultar los informes del total de consultas para la sesión del médico, la estadística total de pacientes que tiene el médico en la sesión y, en la sesión del administrador se visualiza los informes de usuarios pacientes, de usuarios médicos y del total de dispositivos IoT. Para el reporte se dispone de datos estadísticos disponibles en gráficos con datos por meses del año actual y por años, tablas con listado de nuevos incrementos, totales y tasa de crecimiento.

El rol de paciente tiene 3 módulos que son módulo datos biomédicos, módulo médico y el módulo telemedicina donde se puede buscar al médico y contactarlo por medio de WhatsApp o Telegram o por un chat directo. En el módulo de datos biomédicos se visualiza los datos biomédicos antes mencionados junto con el peso y estatura, también se muestra información del índice de masa corporal (IMC). Además, permite ver las nuevas alertas generadas, agregarle una nota y listar todas las alertas generadas. Asimismo, se puede ver las recetas médicas formuladas y los antecedentes personales y por último se puede inhabilitar un dispositivo y registrar uno nuevo, en el caso de que el dispositivo anterior se dañe. En el módulo médico, el paciente puede elegir un médico de acuerdo con su especialidad y el centro hospitalario, y habilitarlo o deshabilitarlo.

El rol médico o especialista tiene 2 módulos que es el módulo paciente y el módulo asistente. En el módulo paciente se puede listar y contactar a los pacientes sea por WhatsApp, telegram o chat directo, Además se puede visualizar los datos de los signos vitales y las alertas generadas por paciente y las generadas en el día. En este módulo hay un apartado donde se encuentra el historial médico y registrar los datos obtenidos de las consultas, se puede listar los antecedentes personales, editar y agregar los antecedentes familiares, agregar, eliminar y editar alergias, además agregar recetas médicas e información de la consulta como diagnóstico y observaciones. En el módulo asistente se puede agregar un nuevo asistente y habilitarlo o inhabilitarlo.

El rol de administrador tiene un único módulo de administración, donde puede realizar el registro de pacientes, médicos, administradores, también editar usuarios, además de agregar y eliminar parámetros biomédicos, así como agregar, editar y eliminar tipos de

alertas y por último el rol asistente puede editar peso y altura de las personas asociadas con el médico.

El proyecto entrega tres productos principales que son: Diseño de la base de datos, tanto para el almacenamiento de los datos que envía los dispositivos como para el funcionamiento del sistema informático, también una aplicación móvil para la visualización en tiempo real a los signos vitales y una plataforma web que permite a los profesionales de la salud realizar una gestión de sus pacientes y monitoreo remoto. Sin embargo, el proyecto no considero la implementación de la aplicación para sistemas operativos distintos a Android, ni ofrece soporte para otros idiomas además del español en esta fase inicial. Tampoco se incluye todos los parámetros biomédicos existentes, aunque se diseñó con la capacidad de añadir más en el futuro, además no se incluye módulos para las citas médicas, pagos, el chat solo está disponible para la comunicación entre médico y paciente.

## **1.6. Metodología del Proyecto**

### **1.6.1. Metodología de la investigación**

Para la elaboración de esta propuesta, se realizó una revisión bibliográfica que permitió recopilar información de trabajos realizados previamente, artículos y libros relacionados con el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y la temperatura corporal, así como datos físicos, como el peso y la estatura. Además, se definieron aspectos técnicos, como el tipo de almacenamiento y los protocolos de comunicación seguros necesarios para diseñar la plataforma informática. Por último, se identificaron los rangos críticos de los parámetros cardiovasculares antes mencionados para la generación de alertas, lo que dio lugar a los fundamentos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Luego se utilizó el método de investigación cualitativa [23]. En este caso ayudo a definir requisitos funcionales de la plataforma informática, obteniendo información a través de la técnica de recolección de datos, en este caso la de entrevista dirigida a un especialista en cardiología y encuesta realizada a un médico general y enfermero. También encuestas dirigidas a estudiantes de las carreras de tecnologías de la información y electrónica y automatización de la facultad de sistemas y telecomunicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Esta propuesta está relacionada con un proyecto de tipo

experimental donde se realiza el diseño de un prototipo IoT para la adquisición de las señales bioeléctricas [9]. Este diseño ya se ha implementado el primer prototipo en la carrera de electrónica y automatización.

### **1.6.2. Beneficiarios del Proyecto**

Los principales beneficiarios de este proyecto son el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, porque se diseña el primer prototipo de la plataforma informática para la monitorización de parámetros biomédicos, que contribuye al proyecto de investigación multidisciplinar «Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de señales bioeléctricas». Además, en fases posteriores y una vez mejorado este prototipo e implementado podría ayudar a las personas que necesitan monitoreo de salud en el hogar, ya que les permite llevar un control continuo de sus signos vitales. Además, tanto el médico como sus familiares pueden realizar un seguimiento a distancia, asegurándose de que los signos vitales se mantengan dentro de rangos normales.

Por otro lado, beneficiaría a los profesionales de la salud, porque pueden contar con una herramienta, donde pueden llevar el seguimiento de sus pacientes, visualizando el estado de los pacientes a distancia, así también como registrar y tener un estado clínico de toda la salud del paciente, porque puede registrar las consultas realizadas por persona, las recetas enviadas y así tener un historial de los diagnósticos. Además, la comunidad científica tendrá acceso a datos de señales bioeléctricas enriquecidos, lo que promoverá investigaciones médicas más avanzadas en la línea del grupo de investigación de Biomédica 5 de la facultad de FACSISTEL. Teniendo en cuenta la anonimización de los datos es decir si realizan algún análisis estadístico, los datos se van a procesar de forma anónima para proteger la identidad de los pacientes.

### **1.6.3. Variables**

En este proyecto se consideró 3 variables que son frecuencia cardiaca, temperatura corporal y la saturación de oxígeno.

### **1.6.4. Análisis de recolección de datos**

Para la recolección de los datos se realizó un muestreo por conveniencia, donde se realizó entrevistas a algunos de los docentes del grupo de investigación TECED, un especialista

en cardiología y encuestas dirigida a una Doctora de medicina general, una enfermera y estudiantes de la carrera de tecnologías de la información y electrónica y automatización.

Para la recolección de información se realizó **entrevista** tanto a los docentes del grupo (TECED) encargados del proyecto general multidisciplinario: “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” como a especialistas y personas que tienen alguna enfermedad, La elección de esta técnica se fundamenta en el conocimiento que poseen y en conocer las reglas del negocio, que son necesarias para llevar a cabo este proyecto.

Para esto se entrevistó a la Ing. Comp. BAYAS SAMPEDRO MARCIA MARISOL, Ph.D. Codirector del proyecto de investigación mencionado anteriormente, la entrevista se realizó con preguntas abiertas como se muestra en el Anexo 2. Donde se pudo determinar cuál era el propósito del proyecto, que se quería realizar y hacia donde se quiere llegar en el proyecto general, ya que se trata de un proyecto multidisciplinar, que integra: la ingeniería de Circuitos y Circuitos Integrados, la Tecnología de Automatización, la Electrónica Médica y los Sistemas Informáticos. Con el objetivo general de Desarrollar un equipo médico innovador que permita la adquisición remota de señales bioeléctricas del cuerpo humano, utilizando una metodología del Internet de las Cosas (IoT) para dar soporte al monitoreo médico. y sus objetivos específicos: Primer objetivo Desarrollar un sistema de adquisición de señales bioeléctricas, segundo objetivo conectar el equipo biomédico a la plataforma IoT, tercer objetivo garantizar la seguridad y cumplimiento normativo, en el objetivo dos es donde entra las tecnologías de la información para el diseño de una plataforma informática, para que los dispositivos que adquieren las señales envíen los valores a la plataforma y se almacene en la base de datos.

De igual manera al Ing. Manuel Asdrual Montaña Blacio MS. c. investigador asociado al grupo de investigación TECED, donde se obtuvo información más detallada sobre el dispositivo IoT, los medios de comunicación y protocolos que se podrían aplicar para la transmisión y seguridad de los datos desde el dispositivo hasta finalmente ser utilizados en la plataforma informática.

Por otro lado, se realizó una entrevista semiestructurada al Dr. Holger Sánchez especialista en cardiología, ver formulario en el Anexo 3. Con el fin de conocer y corroborar información de los parámetros biomédicos y de su opinión como profesional

sobre el proyecto general y sobre este proyecto de “Diseño de una plataforma informática para la monitorización de parámetros biomédicos”

Se obtuvo que no es necesario monitorizar a todas las personas, sino solo a aquellas a las que el médico considere que deben estar monitorizadas debido a algún cambio en su salud. También mencionó que es importante monitorizar cuatro variables: la frecuencia cardiaca, la temperatura corporal, la presión arterial y la saturación de oxígeno, para tener una visión general del estado de salud de una persona.

Con respecto al proyecto menciono que podría ser una herramienta importante y más si a futuro se incluye el ECG para la detección de las arritmias de igual forma que la presión arterial, teniendo en cuenta que en esta fase no se incluye, pero se realizará en fases posteriores en el proyecto del grupo de TECED.

Se solicito autorización al ministerio de salud pública ver Anexo 9 para poder obtener información del centro Materno Infantil Venus de Valdivia donde se le pidió a un médico que evaluara la plataforma informática, donde se pudo constatar que en las unidades de primer nivel no existe los medios para realizar un monitoreo a distancia ver Anexo 8, también se aplicó el método de la observación como se muestra en el Anexo 1. Donde se pudo obtener que primeramente las personas agendan una cita, luego tiene que acudir minutos antes al centro de salud, donde tiene que estar en la sala de espera, hasta que el personal de enfermeros lo llama, le toma los signos vitales, como la temperatura, la presión arterial, además de peso y estatura, el médico lo registra en un sistema interno y en un papelito que le facilita al paciente para que luego pueda acercarse al médico asignado, es decir se realiza un registro de los datos solo al momento de las consultas.

También aplicó una **encuesta**, a un médico general y un enfermero, para recolectar información general e información para el diseño de la plataforma informática. A continuación, se presenta el análisis de una encuesta realizada al médico general, como se muestra en el Anexo 4. Según las respuestas obtenidas, se destacó la importancia de que la plataforma informática pueda tener información para que los médicos puedan tomar decisiones más informadas para formular tratamientos a los pacientes, que identifique patrones en los datos. Además, se recalcó la necesidad de un sistema informático que emita alertas automáticas ante valores de signos vitales fuera de rango y notificaciones inmediatas en caso de emergencias. La doctora menciona la importancia

de incluir un módulo para el historial clínico del paciente, que debe incluir antecedentes personales, antecedentes familiares, las alergias, sesión para registrar el motivo de consulta, así como mostrar tratamientos anteriores. En cuanto a la presentación de la información, sugirió que combinar tablas y gráficos facilitaría la comprensión y el análisis de los datos.

Aunque este análisis se basa en la opinión de una sola profesional, ofrece una perspectiva clara sobre las características esenciales que debe tener una plataforma de este tipo para optimizar la atención médica y mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones críticas.

En la encuesta dirigida a la enfermera como se muestra en el Anexo 5, se obtuvo que considera que es importante el uso de una plataforma informática de monitoreo en tiempo real, ya que podría reducir errores humanos en la medición de parámetros, en la pregunta ¿Qué características le gustaría que una plataforma informática de monitoreo de parámetros biomédicos tuviera para facilitar trabajo? Respondió que el manejo de equipos es decir con el uso de esta plataforma ya se obtendría los datos en tiempo real enviados desde el dispositivo IoT y evitaría el manejo constante de equipos para medir estos signos vitales.

Su percepción sobre el nivel de seguimiento de la salud y el monitoreo de los signos vitales en la provincia de Santa Elena es que se debe mejorar la promoción de la salud y menciona que las herramientas o plataformas informáticas que utiliza actualmente para registrar o monitorear los signos vitales son programas hospitalarios integrados y registro en papel, ya que es importante, como también se pudo constatar en el método de observación. Mencionó que los equipos que utiliza en el lugar de trabajo son tensiómetros digitales, oxímetros de pulso y termómetros digitales. En este sentido, los centros de salud sí han renovado sus equipos y ya no se usan todos los equipos tradicionales, sino que ya se han implementado otros más actualizados. Aunque los equipos ya son digitales, no se integran directamente con un sistema informático.

Además, mencionó que el signo vital que considera más crítico para la monitorización continua es la presión arterial, aunque no se implementa en esta fase del proyecto, se prevé implementarlo en fases más avanzadas del proyecto general mencionado en la justificación. En la pregunta «¿Qué información biomédica le gustaría poder visualizar de manera más eficiente en una plataforma informática?», mencionó que le gustaría ver







**Análisis:** La mayoría de las respuestas de las personas están de acuerdo con que un médico pueda obtener los datos de los signos vitales para que le realice un seguimiento, porque les ayudaría a prevenir o controlar a tiempo alguna enfermedad o afección y en casos de emergencias se le notifique al médico para tomar una acción oportuna. Teniendo en cuenta la privacidad y la seguridad de los datos y el control de acceso a la información.

**Conclusión:** Las respuestas ante la pregunta si aceptarían que el médico acceda a su información es favorable siempre y cuando se le de autorización, respetando la privacidad del paciente, en este caso la plataforma planteada tiene la opción de deshabilitar al doctor en caso de que no queramos que ese especialista ya no acceda a nuestra información.

Gracias a la información recolectada se obtuvieron puntos importantes que debe llevar la plataforma como la generación de alertas, posibilidad de comunicación con el médico, que la plataforma debe ser accesible desde cualquier lugar y se destaca la importancia de implementar un monitoreo remoto.

## **1.8. Metodologías de desarrollo**

Para el desarrollo del prototipo del diseño se utilizó, la metodología de desarrollo incremental, lo que permite descomponer el proyecto en una serie de incrementos [24]. Esto implica segmentar la funcionalidad total del sistema según los requisitos proporcionados por los especialistas.

**Fase Análisis:** Permite conocer los requerimientos adecuados para la aplicación web y móvil a desarrollar.

**Fase Diseño:** En esta fase se trata de representar las características de la aplicación web y móvil, permitiendo el diseño de las interfaces del sistema y modelado de la base de datos.

**Fase Codificación:** Se uso varias herramientas tanto para la aplicación móvil como la web entre esas tenemos Framework Angular y Visual Studio Code, HTML, Android, base de datos MySQL entre otras herramientas.

**Fase Prueba:** Esta fase es crucial, ya que permite detectar los errores presentes en el sistema provenientes de fases anteriores. Esto posibilita la corrección de dichos errores en el próximo incremento planificado. Al utilizar pruebas unitarias en cada módulo y una

prueba final (que integra todos los módulos), se puede corregir hasta el 90% de los defectos del sistema.

La plataforma web que está constituida por una aplicación web y una móvil y consta de módulos generales y módulos por rol como se detallan a continuación.

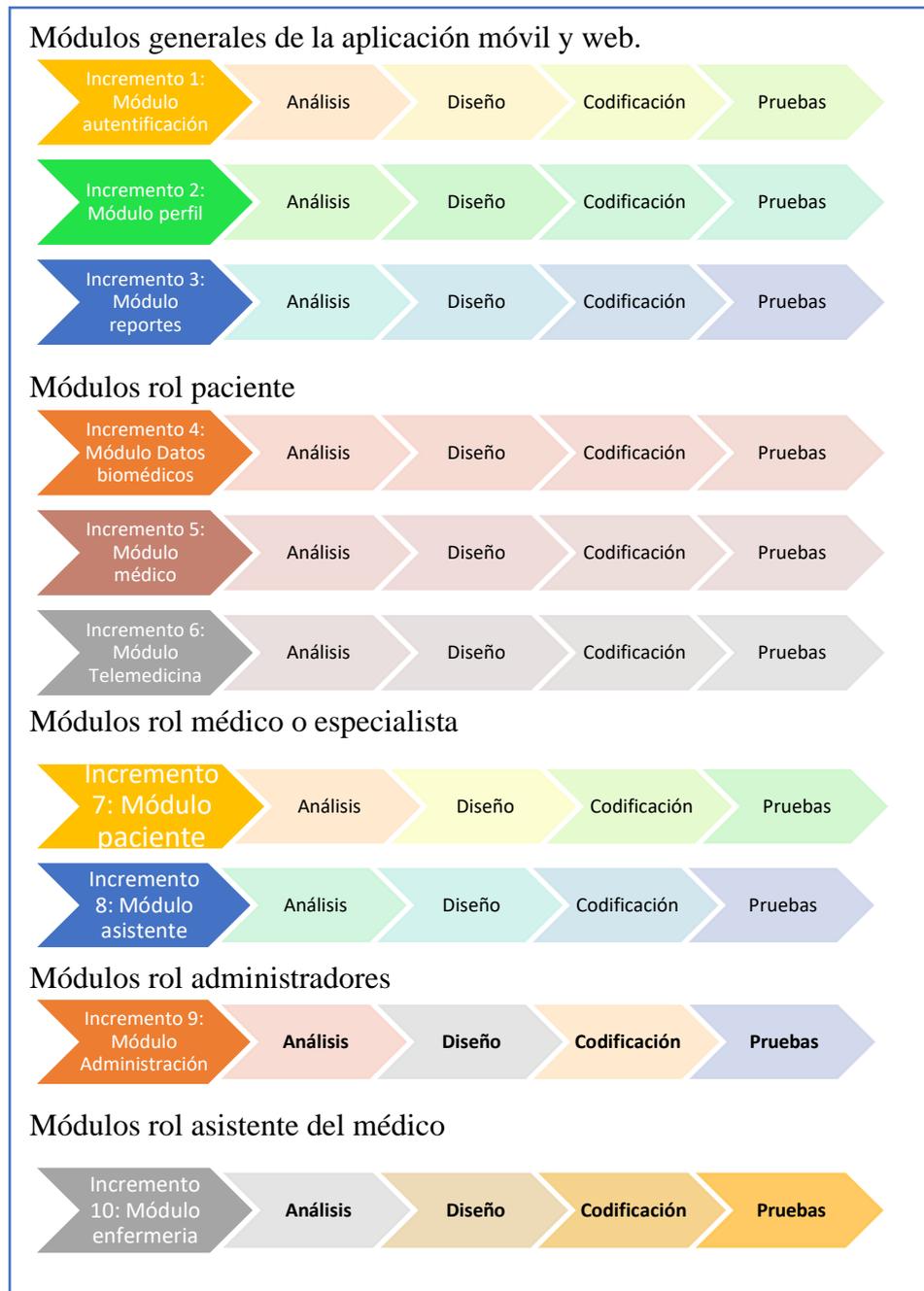


Ilustración 5 Modelo de desarrollo de software incremental

## CAPÍTULO 2. PROPUESTA

### 2.1. Marco Contextual

La adquisición, procesamiento y el análisis de parámetros biomédicos son fundamentales en la atención médica, porque son parámetros que proporcionan información crítica sobre el estado de salud del paciente. Sin embargo, los investigadores siguen buscando mejorar la tecnología para el diagnóstico preventivo en base en el análisis estadístico de los datos de señales bioeléctricas en términos de precisión y capacidad de datos complejos del área de la salud. En esta propuesta específicamente se trabajó con los parámetros cardiovasculares tales como la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y temperatura corporal, la personalización en el diagnóstico y tratamiento permite la atención oportuna de los pacientes.

En la provincia de Santa Elena, cantón la Libertad. Se planteo el “Diseño de una plataforma informática para el monitoreo de parámetros biomédicos” como plataforma IoT complementaria con interfaces amigables con el usuario y una base de datos en la nube para almacenar datos enviados desde dispositivos biomédicos mediante protocolos de comunicación seguros. Además de presentar los datos en tiempo real al paciente, generado alertas cuando los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal superan los límites establecidos, y el médico asociado al paciente tiene acceso a esa información.

Como contribución de un resultado del proyecto con financiamiento “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” (CUP: 91870000.0000.389571), liderado por el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la UPSE, donde su objetivo general es “Desarrollar un equipo médico innovador que permita la adquisición remota de señales bioeléctricas del cuerpo humano, utilizando una metodología del Internet de las Cosas (IoT) para dar soporte al monitoreo médico.” y sus objetivos específicos son: primero desarrollar un sistema de adquisición de señales bioeléctricas, segundo conectar el equipo biomédico a la plataforma IoT y tercero garantizar la seguridad y cumplimiento normativo. Para la obtención de los datos para el diseño de la plataforma informática se trabajó con profesionales de la salud y estudiantes de facultad de sistemas y telecomunicaciones de la UPSE.

## **2.2. Marco Conceptual**

Para la monitorización de los parámetros de frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal, se realizó el diseño de la plataforma informática considerando los parámetros cardiovasculares, así como las herramientas y tecnologías que se emplearon en el desarrollo de la interfaz de usuario (frontend) y del servidor (backend). Además, se identificó los protocolos de comunicación necesarios para garantizar la transmisión eficiente de los datos y los mecanismos de seguridad para proteger la integridad y la privacidad de la información. A continuación, se presentan los conceptos importantes para el desarrollo de este trabajo.

### **2.2.1. Signos Vitales**

Los signos vitales son valores que permiten estimar la correcta circulación, respiración y las funciones neurológicas básicas del ser humano, y también son sensibles a diversos estímulos fisiológicos y patológicos. Por eso es importante que los médicos revisen estos valores y gracias a la integración de la tecnología, pueden detectar las alteraciones de los signos vitales que requieran intervenciones médicas adecuadas [25]. Existen varios signos vitales, pero en esta propuesta se consideran los siguientes.

El primer signo vital que se considera es la *frecuencia cardíaca*, siendo el número de latidos que el corazón realiza por minuto, cuando una persona adulta está en reposo y los valores de la frecuencia cardíaca oscila entre 60 y 100 latidos por minuto se considera normal, por el contrario, una frecuencia más baja generalmente indica una función cardíaca más eficiente y una mejor condición cardiovascular. Por ejemplo, los deportistas pueden llegar a tener una frecuencia cercana a los 40 latidos por minuto, lo que para ellos es normal. Para medir la frecuencia cardíaca, se puede tomar el pulso en el cuello o en la muñeca, contar los latidos en 15 segundos y multiplicarlos por cuatro.

Además, la frecuencia cardíaca puede verse influida por factores como la edad, el nivel de condición física, el tabaquismo, las enfermedades cardiovasculares, el colesterol alto, la diabetes, la temperatura del aire, la posición del cuerpo, las emociones, el tamaño corporal y los medicamentos [26]. La frecuencia cardíaca suele ser mayor en la infancia como se muestra en la Tabla 2 [27].

<b>Valores de frecuencia cardiaca</b>			
<b>Edad</b>	<b>Denominación</b>		
	<b>Bradicardia</b>	<b>Normal</b>	<b>Taquicardia</b>
Recién nacido	<120	120-160	>160
Latente menor	<115	115-130	<130
Latente mayor	<100	100-130	>130
Preescolar	<90	90-120	>120
Niños de 7 a 10 años	<80	90-110	>110

*Tabla 2 Valores de la frecuencia cardiaca por edad niños.*

También la frecuencia cardiaca varía según el género y la edad como se observa en la tabla 3 y 4.

<b>Frecuencia cardiaca valores para hombres</b>				
<b>Edad(años)</b>	<b>Pulsaciones por minuto</b>			
	<b>Mala</b>	<b>Normal</b>	<b>Bueno</b>	<b>Excelente</b>
20-29	86 o más	70-84	62-68	60 o menos
30-39	86 o más	72-84	64-70	62 o menos
40-49	90 o más	74-88	66-72	64 o menos
50 o mas	90 o más	76-88	68-74	66 o menos

*Tabla 3 Valores de la frecuencia cardiaca para los hombres*

<b>Frecuencia cardiaca valores para mujeres</b>				
<b>Edad(años)</b>	<b>pulsaciones por minuto</b>			
	<b>Mala</b>	<b>Normal</b>	<b>Bueno</b>	<b>Excelente</b>
20-29	96 o más	78-94	72-76	70 o menos
30-39	98 o más	80-96	72-78	70 o menos
40-49	100 o más	80-98	74-78	72 o menos
50 o más	104 o más	84-102	76-82	74 o menos

*Tabla 4 Valores de frecuencia cardiaca para las mujeres.*

Cuando la frecuencia cardiaca de una persona en reposo supera los 100 lpm, se trata de taquicardia. Por el contrario, si la frecuencia cardiaca de una persona que no es atleta entrenada se sitúa por debajo de 60 lpm, se trata de bradicardia [28]. La taquicardia puede

estar relacionada con el dolor, la ira, el miedo o si la persona esta con ansiedad, ya que esto es causante de la estimulación el sistema nervioso simpático y se libera la adrenalina, también llamada epinefrina, además de otras enfermedades cardiacas, medicamentos y la alta temperatura corporal y el ejercicio pueden ser un factor para que aumente el pulso [29]. La bradicardia se produce cuando el pulso de una persona es más lento de lo normal. Esto ocurre cuando se estimula el sistema nervioso parasimpático, por ejemplo, debido a una presión intracraneal elevada, en atletas o por ciertos tipos de medicamentos [29].

El segundo signo vital considerado en este proyecto es la *saturación de oxígeno*, un parámetro que sirve para evaluar el estado de salud de una persona, especialmente de la función respiratoria [21]. Uno de los métodos para valorar la saturación de oxígeno es la pulsioximetría, que se realiza a través de un pulsioxímetro que da valores porcentuales. La sangre se compone principalmente de agua y la mayor parte del oxígeno es transportado por los glóbulos rojos, que se encargan de transportarlo a través de los pulmones hasta las demás partes del cuerpo, un nivel normal de oxígeno en la sangre oscila entre 95-99 %, en cambio si el valor es menor de 90%, se considera bajo y es denominado hipoxemia [21]. Los niveles extremadamente bajos por lo general pueden indicar diversas enfermedades como enfermedad pulmonar, apnea del sueño, insuficiencia cardiaca, es por esa razón que es necesario medir la saturación de oxígeno [30]. Existen rangos normales y alteraciones como se muestra en la Tabla 5.

<b>Valores normales y alteraciones de la saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>)</b>	
Normales	95 – 99 %
Hipoxemia leve	90 – 94 %
Hipoxemia grave	< 90 %

*Tabla 5 Categorías de la saturación de oxígeno: Blasco & Gómez.*

El tercer signo vital considerado es la *temperatura corporal*, que varía en función del género, la edad, la actividad reciente, la ingesta de alimentos y líquidos, la hora del día y, en el caso de las mujeres, la fase menstrual en la que se produce dicha variación es diferente de una persona a otra [31]. La forma tradicional de medir la temperatura es con termómetros, existe una gran variedad, pero el más utilizado es el termómetro de mercurio [32].

La temperatura corporal normal es de 37 °C. Si esta supera este valor, ya se considera fiebre, que es cuando la temperatura supera los 38 °C. La fiebre puede ser causada por una infección, medicamentos, un trauma grave u otras afecciones médicas. La temperatura corporal baja, también llamada hipotermia, puede ser normal cuando el clima es frío, pero si aparece acompañada de síntomas como escalofríos, temblores, problemas respiratorios y otros síntomas, se debe acudir al médico, ya que puede indicar una enfermedad [33].

La temperatura corporal alta también llamada golpe de calor o hipertermia es generada cuando el cuerpo no puede controlar la temperatura y esta sigue subiendo, los principales síntomas son confusión, pérdida del conocimiento, resequedad de la piel delirio entre otras, en estos casos hay que acudir al hospital ya que puede llegar a ser mortal [34][35]. Podemos observar la clasificación de la temperatura en la Tabla 6 obtenidos del libro de “Procedimientos de enfermería clínica” [35].

<b>Temperatura corporal</b>	
Hipotermia profunda	<35°C
Hipotermia ligera	Entre 35.1°C a 36°C
Temperatura normal	Entre 37.1°C a 38°C
Fiebre moderada	Entre 38,1°C a 39°C
Hipertermia	≥ 39.1 °C

*Tabla 6 Rangos de temperatura corporal.*

Los autores Gran y Crimmons (2018) consideran que la temperatura corporal se encuentra dentro de los rangos normales de 37,1 a 38 °C. Por otro lado, Garner y Fendius (2010), así como Amoore (2010) en su estudio, indican que la temperatura por encima de los 37,5 °C se considera fiebre. Los cambios anormales en la temperatura corporal pueden indicar un deterioro de las constantes vitales de una persona [35].

En la plataforma informática planteada en este proyecto se genera alertas cuando se superen los rangos establecidos para los parámetros de frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. A continuación, se detalla en las Tablas 7, 8 y 9.

<b>Temperatura corporal</b>		<b>Nivel</b>
Hipotermia profunda	<35°C	Urgente
Hipotermia ligera	Entre 35.1°C a 36°C	Moderado
Fiebre moderada	Entre 38,1°C a 39°C	Moderado
Hipertermia	≥ 39.1 °C	Urgente

*Tabla 7 Rangos para la generación de alertas temperatura corporal*

<b>Valores normales y alteraciones de la saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>)</b>		<b>Nivel</b>
Hipoxemia leve	90 – 94 %	Moderado
Hipoxemia grave	< 90 %	Urgente

*Tabla 8 Alertas de saturación de oxígeno: Blasco & Gómez.*

<b>Rangos para la generación de alertas de frecuencia cardiaca</b>			
<b>Edad(años)</b>	<b>Genero</b>		<b>Nivel</b>
	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	
20-29	86 o más	96 o más	Urgente
30-39	86 o más	98 o más	Urgente
40-49	90 o más	100 o más	Urgente
50 o mas	90 o más	104 o más	Urgente

*Tabla 9 Rangos para la generación de alertas de frecuencia cardiaca*

### **2.2.2. Datos físicos**

A demás de los signos vitales, en la plataforma se muestran los datos peso y estatura de los pacientes. Según la real academia española es la altura de una persona medida desde los pies a la cabeza [36]. la estatura generalmente se mide en centímetros y va variando, dependiendo la edad y la genética. El peso corporal es un parámetro medible que permite valorar el crecimiento y el desarrollo de una persona [37]. Para saber si estamos en el peso ideal se puede saber a través del índice de masa corporal (IMC) que se calcula a partir del peso de la persona en kilogramos dividido por su estatura en metros [38]. A continuación, se especifican los rangos.

<b>IMC</b>	<b>Descripción</b>
<18.5	El peso está por debajo de lo normal
Entre 25 y 29.9	La persona tiene sobre peso
Entre 30 39,9	La persona tiene obesidad.
Mayor a 40	La persona tiene obesidad mórbida (es decir su peso es perjudicial para su salud)

*Tabla 10 Descripción del peso con respecto al IMC.*

Además de las variables y los datos físicos considerados en este proyecto, también se describen los conceptos asociados y las herramientas utilizadas para desarrollar la plataforma informática. También se investigó sobre algunas validaciones de datos del sistema, porque existes verificaciones importantes al momento de desarrollar el sistema, como identificar si las cedula son válidas, rangos de edad y rangos de peso.

Verificador de número de cedula en Ecuador: Matemáticamente se puede verificar si una cedula tiene una correcta estructura, la validación de la autenticación es primordial para verificar la identidad de una persona, existes recursos en línea que permiten hacer esta verificación, pero a nivel de sistema se puede implementar un algoritmo para que al momento de desarrollar una aplicación poder verificar el ingreso de la cedula [39] [40].

Rango de edad, peso y estatura existente: Según Guinness World Records público el 4 de marzo de 2024 que la persona con más edad es Branyas Maria, que cumplió 117 años [41]. Es decir que hasta la actualidad existen, aunque muy pocas personas que pueden llegar hasta esa edad. El peso que actualmente puede llegar a tener una persona es de 594,8 kilos que es el peso del hombre más pesado del mundo según Guinness World Records [42]. El hombre más alto actualmente tiene 251 cm de altura, convirtiéndose en la estatura más alta hasta la actualidad de una persona [43]. Considerando estos rangos se implementan en la plataforma.

### **2.2.3. Internet de las cosas médicas**

El internet de las cosas médicas (IoMT) consiste en la interconexión de dispositivos médicos inteligentes, dispositivos portátiles e instrumentos biomédicos equipados con sensores y aplicaciones de salud a través de Internet, denominados «objetos médicos inteligentes». Existe una gran variedad de estos equipos: desde rastreadores médicos portátiles hasta grandes equipos médicos avanzados de imágenes médicas [44].

#### 2.2.4. Tecnologías inalámbricas

Cuando se habla de Tecnologías de comunicación inalámbricas nos referimos a la comunicación entre dos dispositivos sin que intervengan la utilización de cables u otro medio físico. Entre estas tecnologías esta la radiofrecuencia, los microondas y las ondas infrarrojas. Unas de las tecnologías más conocidas son: el Wifi, el WiMAX y el bluetooth [45].

La tecnología de comunicación inalámbrica que se utilizó es el Wifi, porque permite a los teléfonos móviles, ordenadores portátiles y diversos dispositivos del internet de las cosas conectarse de forma inalámbrica para intercambiar información, siendo una de las más utilizadas para acceder a internet. Los protocolos del wifi se basan en las normas del IEEE 802.11 para las redes de área local. El Wifi surgió de la necesidad de estandarizar y garantizar la compatibilidad de los modelos de conexión inalámbrica de los diversos dispositivos digitales existentes [46]. Como los dispositivos que se pueden conectar a la plataforma utilizó el Wifi, entonces la plataforma si diseño para obtener esos datos que se publican en el bróker MQTT y poder presentarlos al usuario final.

#### 2.2.5. Framework.

Existe una gran variedad de *framework* para el desarrollo de aplicaciones moviles y web. [47] [48] [49] [50]. Se realiza una comparación en la Tabla 11.

<b>React</b>	<b>Angular</b>	<b>Django</b>	<b>Ionic</b>
Aplicaciones web, móviles	Aplicaciones web, móviles (con Ionic)	Aplicaciones web	Aplicaciones móviles híbridas, PWAs, web
JavaScript /TypeScript	TypeScript	Python	JavaScript/TypeScript
Arquitectura	MVC	MVT	Arquitectura similar a Angular
Aplicaciones dinámicas	Con un enfoque estructurado	Para aplicaciones web	Puede depender del rendimiento de WebView
Bibliotecas y herramientas	Integrado con Angular CLI	Con herramientas y módulos integrados	Integración con Angular, React, y Vue

Tabla 11 Comparación de Framework.

De los *framework* mencionados anteriormente selecciono dos, con los cuales se trabajo en este proyecto que son Angular e Ionic, porque se utilizó para que la aplicación móvil y web tengas buenas funciones de diseño y sea más atractiva para el usuario.

Angular es un *framework* web que permite a los desarrolladores construir aplicaciones rápidas y ofrece un conjunto extenso de herramientas y API que facilitan y optimizan el flujo de trabajo de desarrollo. Proporciona una plataforma robusta para crear aplicaciones rápidas, seguras y adaptables tanto al crecimiento del equipo como al tamaño del código base [48]. Ionic es un *framework* para desarrollo de software se utilizó para crear aplicaciones la aplicación móvil y web. Porque gracias a ionic se facilitó el desarrollo de las aplicaciones con tecnologías web como HTML, CSS y TypeScript [50].

### **2.2.6. Lenguaje de programación**

En el desarrollo de la plataforma informática se utilizan lenguajes de programación, que son programas creados para crear otros programas y que están diseñados para organizar algoritmos y procesos lógicos que un dispositivo interpreta y genera una acción. Existe una gran cantidad de lenguajes de programación, entre los que tenemos: Python, JavaScript, Java, C#, C++, PHP, Ruby, TypeScript, etc. Los lenguajes de programación utilizados son PHP y TypeScript.

Se utilizó PHP porque es un lenguaje de programación de código abierto ampliamente utilizado para el desarrollo web del lado del servidor y es especialmente adecuado para crear aplicaciones web dinámicas y páginas web interactivas [51].

TypeScript es un superconjunto de JavaScript desarrollado por Microsoft. Se utilizó porque se trata de un lenguaje de programación en el que se basan angular y ionic para desarrollar aplicaciones, ya que les proporciona funciones tanto estáticas como dinámicas [52].

Para guardar los datos se consideró los tipos de almacenamientos y tipos de base de datos, los cuales se detallan a continuación.

### **2.2.7. Tipos de almacenamiento**

El almacenamiento de datos es un componente esencial de la infraestructura de TI, porque permite conservar los diferentes tipos de datos. Existen diversos tipos de almacenamiento de datos, cada uno con características y aplicaciones particulares, entre ellos esta:

almacenamiento definido por software, almacenamiento de Semiconductores y ADN, almacenamiento Basado en Sondas, almacenamiento Óptico, almacenamiento en la nube, almacenamiento de Big Data [53] [54] [55] [56] [57].

Considerando las características de cada uno, en este trabajo se selecciona el almacenamiento en la nube porque al almacenamiento en la nube puede ahorrar dinero, al evitar crear una infraestructura propia de software y hardware, además se tiene ventajas como la escalabilidad y adaptabilidad, porque imagine que en unos años el número de clientes aumenten, y la infraestructura que se creó físicamente ya no soporta la concurrencia de las solicitudes de los clientes, y lo que se tendría que hacer si los equipos son básicos es comprar más equipos, por el contrario si se maneja el almacenamiento en la nube solo se tendría que acceder a más recursos y si se paga por años el valor sale mucho más bajo [58].

### 2.2.7. Base de datos

Las bases de datos son un conjunto de datos estructurados que se recopilan y guardan para un posterior uso. Existen dos grandes grupos: las bases de datos relacionales y las no relacionales, es decir, las bases de datos SQL y NOSQL. Cada una tiene sus ventajas y desventajas con respecto a la propuesta de este proyecto, como se puede observar en la Tabla 12.

<b>Categoría</b>	<b>Base de datos relacional</b>	<b>Base de datos no relacional</b>
Modelo de Datos	Ideal para datos estructurados como historiales médicos y consultas.	Puede manejar datos variados como registros de sensores y documentos.
Tipo de Datos	Estructurado adecuado para datos bien definidos	Útil para datos provenientes de dispositivos IoT
Integridad de Datos	Con soporte para transacciones ACID (Atomicidad, coherencia, aislamiento y durabilidad)	Puede ser menos confiable para datos críticos.
Escalabilidad	Su escalabilidad es vertical puede ser suficiente si el número de usuarios es moderado.	Su escalabilidad es horizontal es ideal si se espera un crecimiento rápido en el número de dispositivos o usuarios.

Consultas	Utiliza SQL	Consultas más simples
Relaciones de Datos	Soporta relaciones complejas entre tablas	Menos enfoque en relaciones estrictas, puede complicar la consulta de datos relacionados.
Rendimiento	Buen rendimiento en operaciones transaccionales	Puede ofrecer mejor rendimiento en operaciones masivas y lectura/escritura rápida.

*Tabla 12 Comparación de base de datos relacional y no relacional con respecto a la propuesta.*

Con respecto a la comparación entre las bases de datos relacionales y no relacionales referente a la propuesta planteada se puede observar que ambas tienen grandes ventajas, cabe recalcar que para esta fase de desarrollo de la plataforma informática se utilizó una base de datos relacional, porque permite relacionar las tablas y al trabajar con médico-paciente es necesario una estructura relacional, pero en fases posteriores se puede hacer uso de ambas bases de datos tanto la relacional como la no relacional para el manejo de los datos en tiempo real.

Las bases de datos relacionales son el modelo más utilizado y una herramienta muy potente para almacenar y acceder a datos. Estas se organizan en tablas con registros y campos, que se pueden unir a través de indicadores únicos, ya que cada tabla debe tener una clave primaria. Las bases de datos relacionales se utilizan cuando los datos deben ser coherentes y tener una estructura planificada. Gran número de empresas utilizan bases de datos como MySQL, Microsoft SQL server, Oracle Database, PostgreSQL, entre otras [59].

En esta primera fase se trabajó con MySQL. En la página oficial de MySQL mencionan que grandes empresas como Twitter, Facebook, entre otras trabajan con MySQL, porque les permite ahorrar tiempo y dinero en sus sitios web donde manejan gran cantidad de datos [60].

### **2.2.8. Protocolos de comunicación**

Los protocolos de comunicación están creados para determinar un conjunto de reglas que les permiten a los diferentes usuarios enviar por bloques de datos desde una ubicación a otra, existen varios tipos de protocolos, en este proyecto se van a utilizar las siguientes.

El Protocolo de transferencia de hipertextos (HTTP), es un lenguaje que interactúa entre las peticiones del cliente y la respuesta que envía el servidor en la intranet. Existe una versión más apropiada que cifra los datos para que terceros no accedan a la información del cliente, y su versión segura es el https, para utilizar esta versión es necesaria una certificación [61].

El protocolo de mensajería MQTT basado en un conjunto de reglas para poder comunicarse de un equipo a otro, con un modelo pub-sub (publicador y suscriptor). En este tipo de arquitectura, los clientes pueden ser suscriptores o publicadores. Esto se puede lograr intercambiando datos a través de un servidor centralizado o un bróker, que se organizan en temas para organizar las colas de envío y recepción de datos [62]. El bróker que se utilizó es Mosquitto porque es de código abierto adecuado y ligero para el uso en dispositivos [63].

Este protocolo MQTT tiene 3 niveles de calidad de servicio, QoS 0, QoS 1, QoS 2, en este proyecto se va a utilizar QoS 2, porque en este proyecto la prioridad es asegurar la confidencialidad total a la hora de la entrega de los mensajes y QoS 2 garantiza que sea entregado exactamente una sola vez sin generar datos duplicados [64] [65].

También se utilizó WebSocket, porque un protocolo de comunicación que su funcionalidad es operar a través de una sola conexión, pero de constante duración lo que genera que las interacciones bidireccionales full-duplex entre un cliente y un servidor. Para la seguridad de los datos este protocolo se ejecuta sobre Transport Layer Security (TLS) o también mediante Secure Sockets Layer (SSL) y es así como puede generar un medio seguro para el intercambio de datos, inicialmente fue creado para el diseño de aplicaciones móviles, pero se ha hecho muy popular en el dominio de IoT, ya que permite el intercambio de datos en tiempo real [66].

### **2.2.9. Protocolos de seguridad y cifrado de datos**

Los protocolos de seguridad son reglas y procedimientos que definen cómo se deben realizar las comunicaciones seguras entre sistemas para evitar accesos no autorizados, pérdidas de datos o alteraciones. Estos protocolos se emplean en redes, aplicaciones y sistemas para garantizar la protección de la información intercambiada [67].

En este caso, se utiliza para garantizar la seguridad del envío de datos entre cliente-servidor, ya que se trata de información médica sensible.

Para enviar el tráfico cifrado se utilizó HTTPS (Protocolo de transferencia de hipertexto) porque permitió el envío de datos de forma segura al cifrar la comunicación entre el cliente-servidor con TLS, lo que garantiza que los datos no se corrompan o modifiquen durante su transferencia a través de Internet [68].

Para el cifrado de datos tanto en MQTT y HTTPS se utilizó TLS porque es la seguridad de la capa de transporte que se encarga de proteger las comunicaciones entre cliente-servidor a través de internet, la utilización del cifrado TLS evita espionaje, manipulación de los datos, la falsificación de mensajes [69].

También en datos sensibles que no deben visualizarse por usuarios externos se cifro utilizando AES (Advanced Encryption Standard), porque es uno de los algoritmos de cifrado simétrico más importantes y ampliamente utilizados en la actualidad. Establecido como estándar de cifrado por el NIST en 2001, el AES-256 proporciona una seguridad poscuántica de 128 bits, con un margen de seguridad mayor que el de los ataques clásicos, lo que lo convierte en una primitiva resistente tanto en el mundo cuántico como en el clásico [70]. Además, para el cifrado de las contraseñas se utilizó el algoritmo Bcrypt, una función de hashing derivada del algoritmo Blowfish diseñada para mejorar la seguridad de las contraseñas frente a los ataques de fuerza bruta. Este algoritmo utiliza sales aleatorias y un factor de coste ajustable para dificultar los ataques. Según los resultados de la investigación de Toras Pangidoan Batubara et al., el algoritmo Bcrypt es eficaz para protegerse de los ataques de fuerza bruta con caracteres mixtos [71].

Con lo antes mencionado se aseguran los datos que no puedan ser interceptado y en caso de serlo están cifrados, además de eso se realiza controles de acceso y se dan funciones a cada rol.



*Ilustración 6. Seguridad de los datos*

### 2.3. Marco Teórico

En esta propuesta, se diseña una plataforma informática para la monitorización de los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. Para fundamentarla, se investiga sobre la importancia del monitoreo de estos parámetros, las enfermedades relacionadas, del porqué del diseño de la aplicación móvil, la clasificación internacional de enfermedades, la clasificación de los medicamentos, las tecnologías integradas en el ámbito de la salud, los protocolos de comunicación en aplicaciones móviles, web y el Internet de las Cosas Médicas.

“El monitoreo de signos vitales es una actividad de gran importancia para el cuidado de la salud” [6] [72]. Así concluyen Vázquez et al., en su investigación, señalando que la monitorización y el seguimiento de los parámetros cardiovasculares como la frecuencia cardíaca y la presión arterial son esenciales, ya que generan información sobre el estado sistemático de los pacientes en caso de complicaciones posteriores a procedimientos realizados. También puede alertar sobre el aumento de estos parámetros en pacientes con hipertensión arterial o patologías coronarias [7].

En una investigación sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca como variable pronóstica de morbi-mortalidad en la fase aguda (intrahospitalaria) del infarto del miocardio, realizada en 173 pacientes con un primer episodio de infarto, se concluyó que los factores de riesgo clásicos fueron: 65,90% hipertensos, 29,48% con antecedentes de dislipidemia, 56,65% fumadores, 30,06% alcohólicos, 9,83% obesos y 32,37% sedentarios. Los estudios demostraron que pruebas para medir la variabilidad de la frecuencia cardíaca, como LF (Low Frequency) un y HF (High Frequency) en valores bajos, tienen un valor pronóstico para la insuficiencia cardíaca y protegen contra arritmias cardíacas en pacientes con infarto agudo de miocardio [73]. Por esta razón es la importancia del monitorear este parámetro.

La saturación de oxígeno es esencial en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades como la hipoxemia, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), asma, insuficiencia respiratoria y fallo cardíaco congestivo. En la investigación de Perkins et al., menciona que el monitoreo de la saturación de oxígeno ha demostrado ser importante poder identificar de manera temprana la desaturación en pacientes críticos, para poder brindarles una intervención pertinente [74].

Según la OMS, la saturación de oxígeno es un indicador de gran importancia para la evaluación del estado de salud de los pacientes, ya que un nivel bajo de oxígeno en la sangre, también conocido como hipoxemia, puede tener consecuencias graves en la salud de los pacientes. La hipoxemia, o baja saturación de oxígeno en sangre, puede provocar efectos adversos agudos graves en órganos vitales, como el cerebro, el corazón y los riñones. Por ello, la medición constante de la saturación de oxígeno es esencial para identificar problemas respiratorios y cardiovasculares a tiempo, mejorando así el tratamiento y prevención de complicaciones en pacientes. La OMS destaca que este monitoreo es crucial en la atención clínica.

La autora Castañeda et al., en su investigación menciona que muchas enfermedades tienden a subir o bajar la temperatura corporal, afecciones como inflamaciones o problemas cardiovasculares, por eso es importante implementar el monitoreo en las personas para poder actuar a tiempo ante cualquier emergencia [32].

El monitoreo de los signos vitales no solo debe centrarse en los valores fisiológicos de los pacientes, sino también en sus antecedentes familiares. La recopilación de datos sobre antecedentes familiares es esencial para predecir el riesgo de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares, la diabetes y el cáncer. Según Yoon et al., menciona que al recopilar los antecedentes familiares son de suma importancia para poder abordar enfermedades crónicas comunes como cardiovasculares, cáncer y diabetes [75]. Otro estudio indicó que la percepción del riesgo de enfermedades cardíacas es significativamente mayor en personas con antecedentes familiares que en aquellas que no tienen antecedente familiar [76]. Por eso es la importancia de incluir en la plataforma una sesión de antecedentes familiares, para que en posteriores fases se pueda realizar análisis de estos datos.

En este trabajo se creó el diseño de la aplicación móvil y una aplicación web para los pacientes y médicos o especialistas, considerando que según las Naciones Unidas en su publicación del año 2023 revela que más del 75% de la población mundial posee un teléfono móvil, y el 65% tienen acceso a internet [77]. El Dr. Tedros Adhamon, director general de la Organización Mundial de la Salud, destaca la importancia de aprovechar las tecnologías digitales para lograr una cobertura sanitaria universal. En su visión, estas herramientas no deben considerarse un fin en sí mismas, sino como instrumentos

esenciales para promover la salud, mejorar la seguridad global y atender a las poblaciones más vulnerables [5].

En el comunicado de prensa del 2019, se publicaron las primeras directrices sobre las intervenciones de la salud digital, donde se mencionan que analizaron recursos digitales, como los programas que ayudan a los médicos o especialistas tomar decisiones sobre la atención a los pacientes y que permiten que personas y médicos de diferentes lugares puedan comunicarse para tratar temas de salud [5].

Teniendo en cuenta que la plataforma informática por sí sola no obtiene los datos de los signos vitales de las personas, esta se integra con dispositivos IoT, los cuales se encargan de adquirir los datos de las señales bioeléctricas y enviarlos a un medio en la nube como el Bróker MQTT, que luego la plataforma accede a estos datos a través MQTT con cifrado de datos SSL/TLS, que permite mostrar los datos en tiempo real y a su vez guardarlos en la base de datos. Desde la pandemia, la integración de tecnologías IoT en la salud se ha hecho más necesaria, permitiendo servicios médicos especializados a poblaciones en aislamiento. Estas tecnologías han beneficiado a pacientes con enfermedades crónicas y adultos mayores [6]. Es aquí donde el término Internet de las Cosas Médicas (IoMT) tomó auge, una rama del IoT enfocada en dispositivos médicos y aplicaciones de salud interconectados. A medida que el IoMT encierra las herramientas que permiten mejorar la atención médica y optimiza procesos, también enfrenta retos en la seguridad de datos sensibles [44] [78] [79]. Yali et al. en su investigación menciona que las tecnologías IoT son esenciales porque pueden permitir a los pacientes que tienen enfermedades crónicas puedan ser monitoreados en casa, a través de sistemas inteligentes [80].

Para garantizar una comunicación segura en las aplicaciones de monitoreo de salud basadas en IoT, los protocolos de comunicación tienen un papel importante. El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF). Resaltan el protocolo **WebSocket** como excelente para comunicaciones bidireccionales entre cliente-servidor, proporcionando un entorno efectivo para aplicaciones basadas en navegador evitando las múltiples consultas HTTP [66]. En un estudio de Oliveira et al., se compararon los protocolos MQTT y WebSocket mediante servidores ESP266 y Node.js, concluyendo que WebSocket es más recomendable para aplicaciones con un tiempo de ida y vuelta de al menos 1 ms [81]. En

el diseño e implementación de un sistema IoT de Jun-Oh Seo, se empleó MQTT para recopilar información de sensores y WebSocket para comunicación bidireccional en entornos de baja energía y comunicación limitada, demostrando la eficiencia de ambos protocolos en conjunto [82].

En la plataforma informática en la sesión de consultas se tiene en cuenta la clasificación internacional de las enfermedades y la codificación de los medicamentos. En cuanto a la estandarización de enfermedades, la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) unifica la codificación de enfermedades a nivel global. Desde mayo de 2024, está vigente la CIE-11, adoptada por 72 países, 50 de los cuales están en fase de pruebas piloto. En Ecuador, sin embargo, sigue vigente la CIE-10 [83] [84]. Además, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador cuenta con un Cuadro Nacional de Medicamentos Básicos (CNMB), cuya última actualización fue en 2022 [85].

## 2.4. Requerimientos

### 2.4.1. Requerimientos funcionales

El propósito de los requerimientos funcionales es proporcionar una visión general del sistema, promover una comunicación clara y comprensible, desarrollar una perspectiva integral y sentar unas bases sólidas para la etapa de diseño [86].

**Módulos generales de la aplicación móvil y web:** Los módulos generales de la aplicación son el módulo autenticación, módulo perfil, módulo reportes.

<b>Módulo de autenticación</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-01	Para ingresar se necesita iniciar sesión con un usuario y una contraseña sea médicos, paciente o administrador.
RF-02	Los perfiles de usuario están restringidos y la información que se muestra depende del rol que cumple el usuario.
RF-03	El sistema permite a los nuevos usuarios paciente crear una cuenta solo en la aplicación móvil
RF-04	El sistema permite a los nuevos usuarios médicos o especialista crear una cuenta solo en la App Web.
RF-05	El sistema permite recuperar el usuario y contraseña ingresando el correo electrónico y se envía un código que debe ser ingresado.

Tabla 13 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación.

<b>Módulo perfil</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-06	El usuario puede editar el número de teléfono, correo y agregar y cambiar foto de perfil.
RF-07	El usuario puede cambiar usuario y contraseña

Tabla 14 Requerimientos funcionales - Módulo de perfil.

<b>Módulo reportes</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-08	El sistema permite visualizar los reportes del total de pacientes para la sesión médico
RF-09	El sistema permite visualizar los reportes del total de consultas por paciente para la sesión médico
RF-10	El sistema permite visualizar las recetas médicas en la sección del paciente
RF-11	El sistema permite visualizar el antecedente personal para el paciente.
RF-12	El sistema permite visualizar tablas y gráficos de datos de la cantidad de dispositivos, paciente y médicos.

Tabla 15 Requerimientos funcionales - Módulo de reportes.

**Módulos del rol paciente:** En la plataforma informática se contempla los requisitos funcionales del módulo rol paciente que se detalla a continuación.

<b>Módulo de datos biomédicos</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-13	El sistema permite visualizar en tiempo real los datos de frecuencia cardiaca, temperatura y saturación de oxígeno.
RF-14	El sistema permite visualizar y editar peso y altura.
RF-15	El sistema permite ver las alertas generadas de los datos biomédicos
RF-16	El sistema permite agregar notas a las alertas generadas y generar un listado de todas las alertas generadas
RF-17	El sistema permite que solo el médico asignado tenga acceso a los datos del paciente.
RF-18	El sistema permite inhabilitar un dispositivo y agregar uno nuevo en el caso de que el dispositivo anterior se dañe.

Tabla 16 Requerimientos funcionales - Módulo de datos biomédicos.

<b>Módulo de médico</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-19	El sistema permite selección de médico de acuerdo con su especialidad y al centro hospitalario.
RF-20	El sistema permite habilitar o deshabilitar médico.

*Tabla 17 Requerimientos funcionales - Módulo médico*

<b>Módulo de telemedicina</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-21	El sistema permite redireccionar al WhatsApp y telegram para realizar consultas y videollamadas.
RF-22	El sistema permite enviar mensajes directos por la plataforma al médico.

*Tabla 18 Requerimientos funcionales - Módulo de telemedicina*

**Módulos rol médico o especialista:** En la plataforma informática se contempla los requisitos funcionales del módulo rol médico o especialista que se detalla a continuación.

<b>Módulo paciente</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-23	El sistema permite ver el listado de los pacientes
RF-24	El sistema permite visualizar los datos de frecuencia cardiaca, temperatura y saturación de oxígeno.
RF-25	El sistema permite visualizar todas las alertas de los pacientes
RF-26	El sistema permite guardar los datos de las consultas médicas
	El sistema permite el registro de las recetas que genera al momento de la consulta
RF-27	El sistema permite generar reportes de cada parámetro de un paciente
RF-28	El sistema permite redireccionar al WhatsApp y telegram para realizar consultas y videollamadas.
RF-29	El sistema permite enviar mensajes directos por la plataforma al paciente.

*Tabla 19 Requerimientos funcionales – Módulo paciente*

<b>Módulo asistente</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-30	El sistema permite agregar un nuevo asistente
RF-31	El sistema permite editar los datos del asistente

*Tabla 20 Requerimientos funcionales - Módulo asistente*

**Módulos rol administrador:** En la plataforma informática se contempla los requisitos funcionales del módulo del rol administrador que se detalla a continuación.

<b>Módulo de administración</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-32	El sistema permite al administrador habilitar e inhabilitar un usuario sea administrador, paciente o médico de igual manera editar sus datos.
RF-33	El sistema permite al administrador crear nuevos pacientes, médicos o especialistas y administrador.
RF-34	El sistema permite agregar o editar los tipos de alertas.
RF-35	El sistema permite agregar nuevos parámetros biomédicos

*Tabla 21 Requerimientos funcionales - Módulo de administración*

**Módulos rol asistente:** En la plataforma informática se contempla los requisitos funcionales de los módulos del rol asistente que se detalla a continuación.

<b>Módulo de enfermería</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RF-37	El sistema permite ver el listado de los pacientes del médico asociado.
RF-38	El sistema permite editar peso y estatura de los pacientes

*Tabla 22 Requerimientos funcionales - Módulo de enfermería*

### **2.2.2. Requerimientos no Funcionales.**

Los requerimientos no funcionales son tan importantes para el correcto funcionamiento de la plataforma informática [87]. A continuación, se detallan los requisitos no funcionales de la plataforma informática.

<b>Aplicación móvil</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RNF-1	El sistema está disponible 24/7 días de la semana
RNF-2	El idioma de la aplicación móvil es español
RNF-3	La aplicación móvil está disponible solo para sistemas Android
RNF-4	El sistema móvil permite el acceso solo al personal autorizado

*Tabla 23 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación móvil*

Aplicación web	
Código	Descripción
RNF-5	El sistema está disponible 24/7 días de la semana
RNF-6	La aplicación web está disponible para cualquier navegador
RNF-8	El sistema web permite el acceso solo al personal autorizado

Tabla 24 Requerimientos no funcionales- Escenario Aplicación web

### 2.3. Componente de la Propuesta

Para el diseño de la plataforma se consideran componentes importantes como la arquitectura del sistema, los diagramas de casos de uso y el modelado de datos, todos estos son componentes necesarios para el funcionamiento de la plataforma informática para el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal.

#### 2.3.1. Arquitectura del Sistema

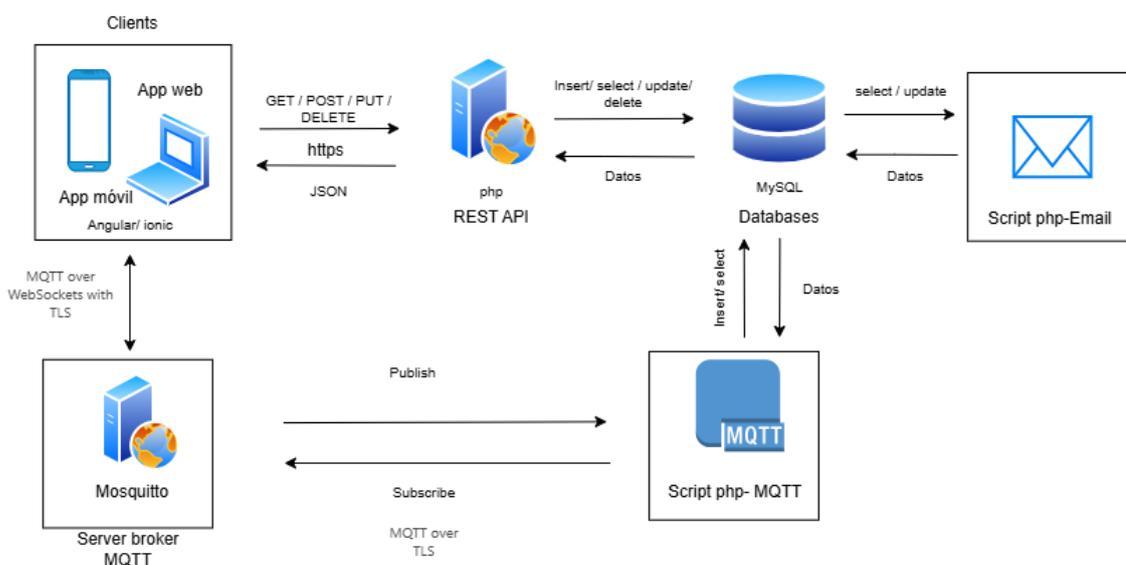


Ilustración 7 Arquitectura del sistema

La arquitectura de la plataforma informática se basa en el modelo de arquitectura microservicios, donde interactúan la capa de clientes, se envía solicitudes HTTP para realizar peticiones y recibir respuesta de la API RESTfull. También los clientes al ingresar a la aplicación se suscriben a los tópicos que están publicados en el broker Mosquitto y se hace la conexión a través del protocolo MQTT sobre WebSockets para la visualización de los datos en tiempo real y se maneja un script php para obtener los tópicos de la base

de datos para la suscripción y posteriormente guardar en la base de datos. Además, se maneja un script php para el envío automático al correo de alertas que se generan una vez guardado los datos que se obtienen de los tópicos en la base de datos.

Se selecciona la arquitectura microservicios porque es un modelo de software que gestiona los recursos y las solicitudes a través de una red. El cliente solicita un recurso a través de la red y el servidor recibe la solicitud, la procesa y responde adecuadamente, además cuando llegan los datos a la base de datos se activan disparadores que guardan más información que luego los scripts php independientes obtienen y realizan acciones. Gracias a este modelo, varios usuarios pueden acceder simultáneamente a los recursos, sin saturarse mucho. Se menciona las múltiples ventajas de esta arquitectura en el trabajo de Lopez Daniel [88].

### 2.3.2. Diagramas de casos de uso

Los diagramas de caso de uso son una forma efectiva para expresar visualmente las funciones del sistema a los usuarios [89]. A continuación, se presentan los casos de uso de la plataforma informática.

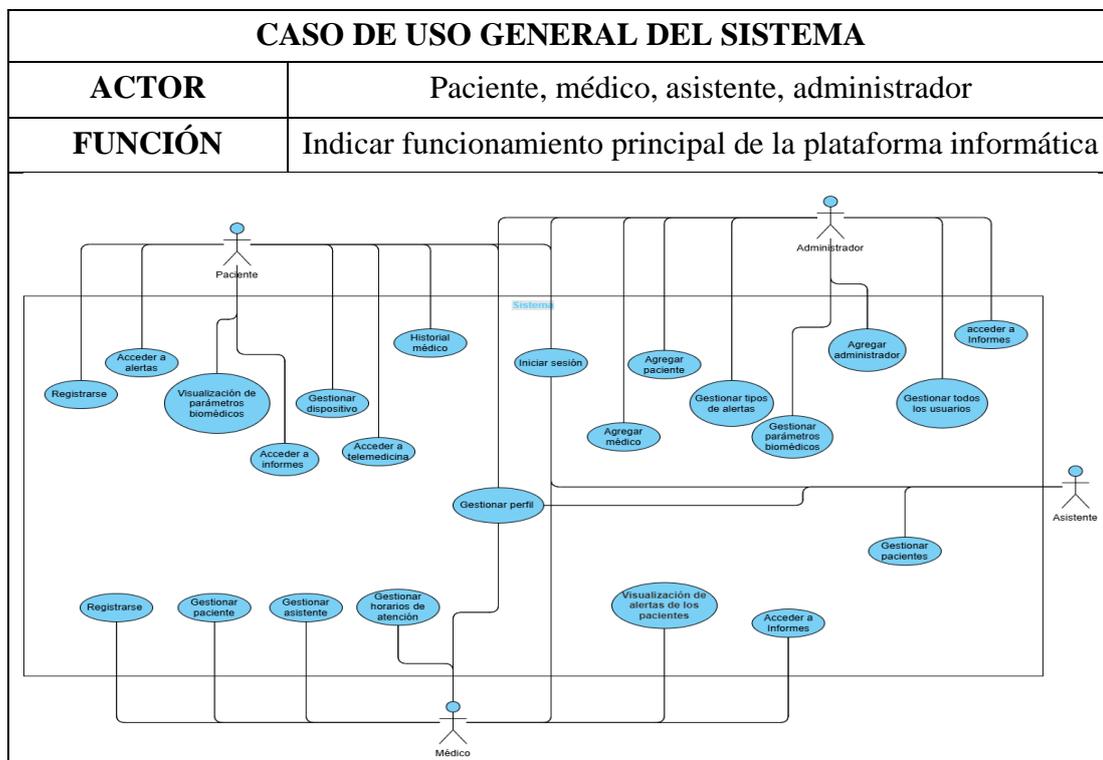


Tabla 25 Caso de uso general del sistema

<b>CASO DE USO AUTENTIFICACIÓN</b>	
<b>ACTOR</b>	Usuario paciente, usuario médico o especialista, usuario asistente, administrador
<b>FUNCIÓN</b>	Indicar funcionamiento del inicio de sesión
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Las acciones por realizar para ingresar al sistema.
<b>FLUJO BÁSICO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Al inicio se muestra la interfaz de autenticación.</li> <li>2. El usuario puede ingresar las credenciales como usuario y contraseña, en tal caso de que no las recuerde abra un proceso para recuperar tanto el usuario como la contraseña.</li> <li>3. Una vez ingresado visualizaran el menú automático dependiendo del rol</li> </ol>

```

graph TD
    subgraph System
        UC1((Ingreso a la plataforma informática))
        UC2((Ingreso de credenciales))
        UC3((Validación de autenticación correcto))
        UC4((Visualización del menú))
        UC5((Olvido credenciales))
        UC6((Recuperar contraseña))
        UC7((Recuperar usuarios))
        
        UC1 -.->|<<include>>| UC2
        UC2 -.->|<<include>>| UC3
        UC3 -.->|<<include>>| UC4
        UC1 -.->|<<include>>| UC5
        UC5 -.->|<<include>>| UC6
        UC5 -.->|<<include>>| UC7
    end

    Actor Médico
    Actor Paciente
    Actor Administrador
    Actor Asistente

    Actor Médico --- System
    Actor Paciente --- System
    Actor Administrador --- System
    Actor Asistente --- System
  
```

Tabla 26 Caso de uso autenticación

<b>CASO DE USO DE GENERACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE ALERTAS</b>	
<b>ACTORES</b>	Paciente, médico, dispositivo
<b>FUNCIÓN</b>	Indicar funcionamiento de la generación y visualización de alertas
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Las acciones por realizar para la generar alertas y visualizarlas
<b>FLUJO BASICO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El dispositivo envía datos al sistema en tiempo real y se almacenan en la base de datos.</li> <li>2. Paciente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al inicio se muestra la interfaz de autenticación.</li> </ul> </li> </ol>

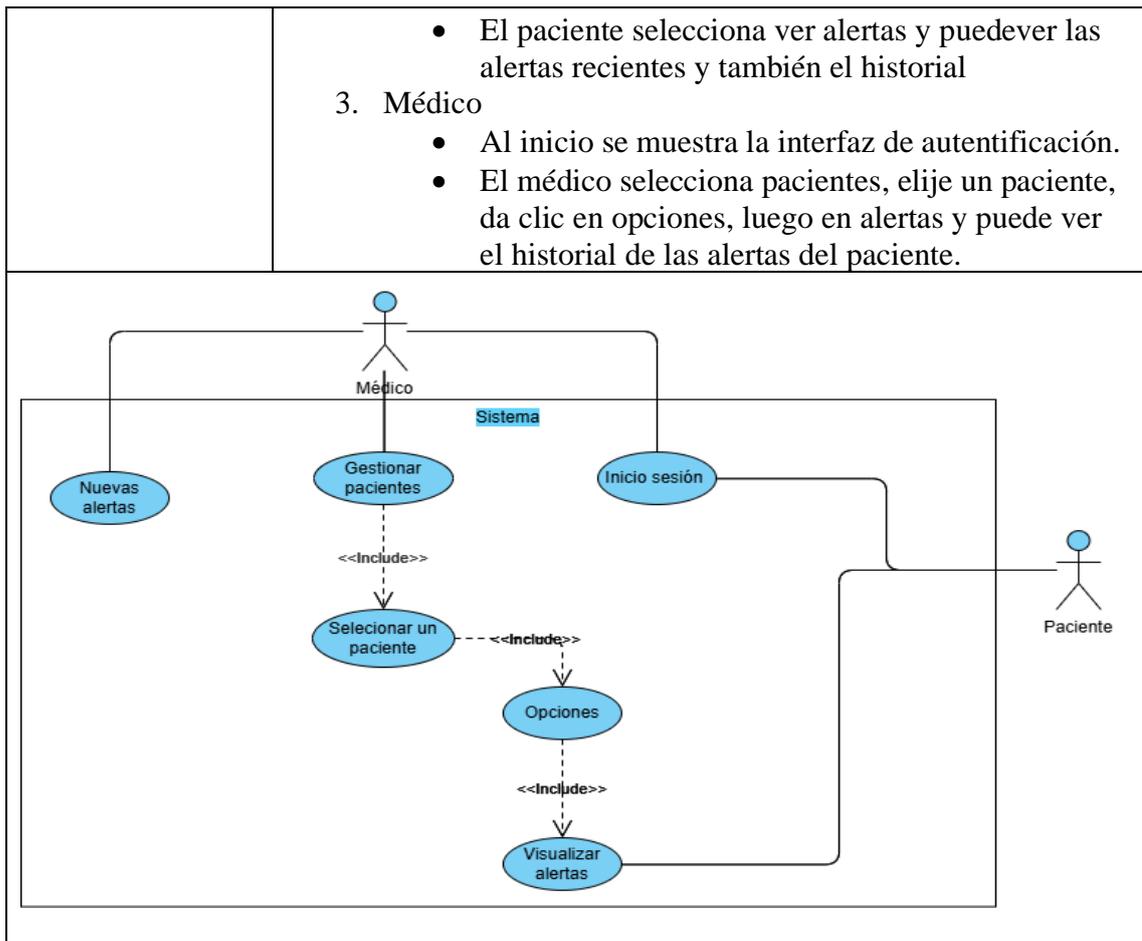


Tabla 27 Caso de uso de generación y visualización de alertas

<b>CASO DE USO DE GESTIÓN DE PACIENTES</b>	
<b>ACTOR</b>	Médico
<b>FUNCIÓN</b>	Indicar funcionamiento de la gestión de pacientes
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Las acciones por realizar el médico para gestionar sus pacientes
<b>FLUJO BASICO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Al inicio se muestra la interfaz de autenticación.</li> <li>El médico encontrar en el inicio un botón de pacientes.</li> <li>Al ingresar puede visualizar una lista con todos sus pacientes.</li> <li>Al darle clic a un paciente tiene una serie de opciones, donde puede visualizar los parámetros biomédicos, ingresar a la interfaz de consultas y visualizar las alertas del paciente</li> </ol>

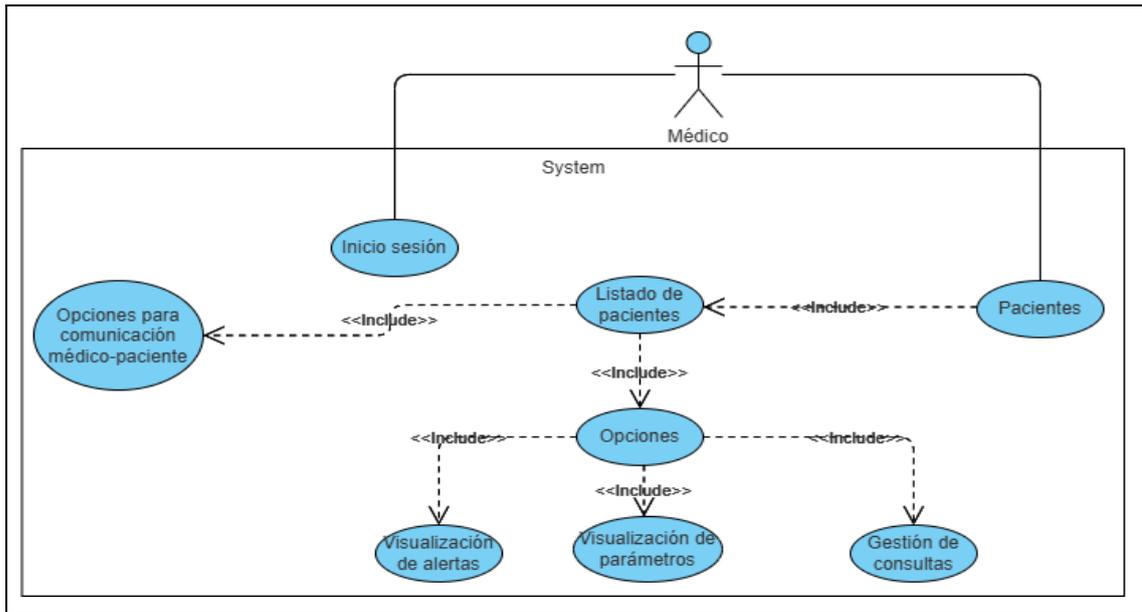


Tabla 28 Caso de uso de gestión de pacientes

CASO DE USO DE GESTIÓN DE ADMINISTRACIÓN	
<b>ACTOR</b>	Administrador, paciente, médico
<b>FUNCIÓN</b>	Indicar funcionamiento la gestión del administrador
<b>FLUJO BASICO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Al inicio se muestra la interfaz de autenticación.</li> <li>2. A la izquierda está el menú despegable. El administrador tiene las opciones de editar su perfil, agregar médico, agregar administrador, agregar paciente, ver informes, gestionar parámetros, gestionar notas del estado del paciente y gestionar tipos de alertas. El médico y paciente pueden registrarse solos también.</li> </ol>

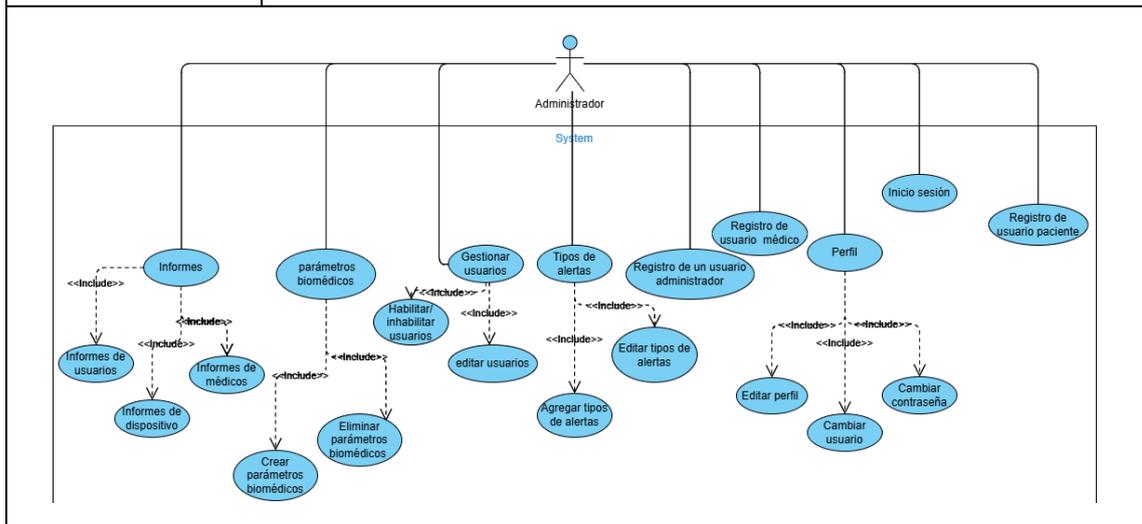


Tabla 29 Caso de uso de gestión de administración

### 2.3.3. Modelado de Datos

En este proyecto diseño un modelo de base de datos relacional organizado en tablas compuestas por campos y registros, relacionando las tablas identificándolas con llaves primarias y llaves secundarias [90].

Además, para diseñar el modelo de base de datos se consideró la teoría de la normalización que es un conjunto de principios y reglas que se utilizan en el diseño de bases de datos relacionales para organizar los datos de manera óptima, evitar redundancias y problemas de inconsistencia. Fue desarrollada principalmente por Edgar F. Codd, quien creó el modelo relacional, tiene como objetivo fijar condiciones que garanticen la separación de los conceptos y la redundancia para evitar las anomalías.

Las anomalías en una relación tienen dependencias entre algunos atributos de la relación, creando redundancia de los datos, por esta razón se aplica la teoría de la normalización donde se definen una serie de niveles que son denominadas formas normales, en estas formas hay que cumplir condiciones, es decir si cumple las condiciones de un nivel superior quiere decir que ya cumple todos los niveles anteriores [91].

En esta fase se tuvieron en cuenta las tres primeras formas (1FN, 2FN y 3FN). La primera forma normal se cumple si, y solo si, los atributos son atómicos, es decir, que ninguno de los atributos de la relación es, en sí mismo, una relación, ni puede descomponerse ni tener duplicidad de valores. La segunda forma se cumple solo, y solo si, se aplica la primera forma normal y si se eliminan las dependencias parciales, es decir todos los atributos que no son claves deben de depender solo de una clave primaria, y la tercera forma normal se cumple solo si se cumple con las dos formas normales anteriores y se eliminan las dependencias transitivas.

Considerando estas 3 formas se genera el modelo de base de datos que se muestra a continuación:

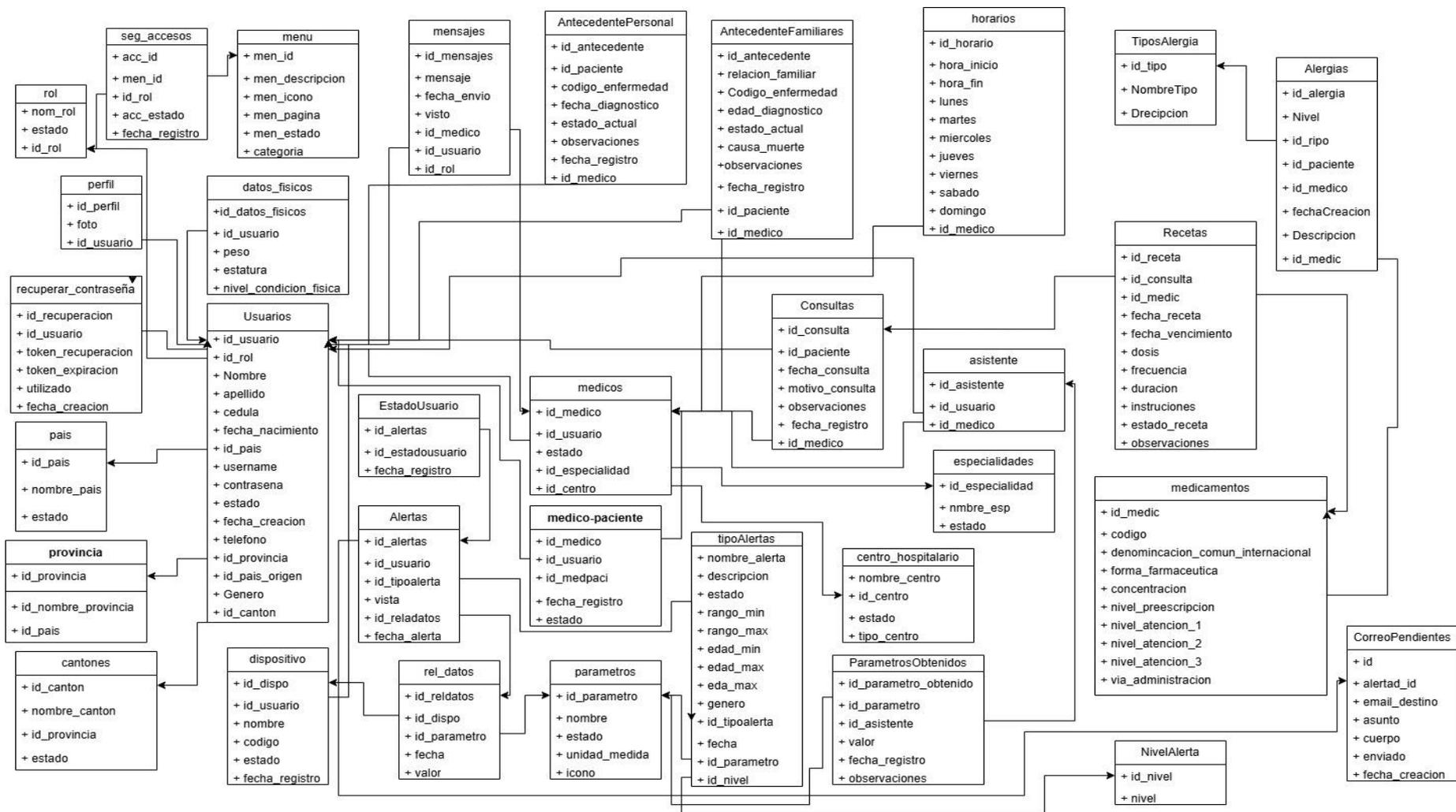


Ilustración 8 Diseño del modelado de datos

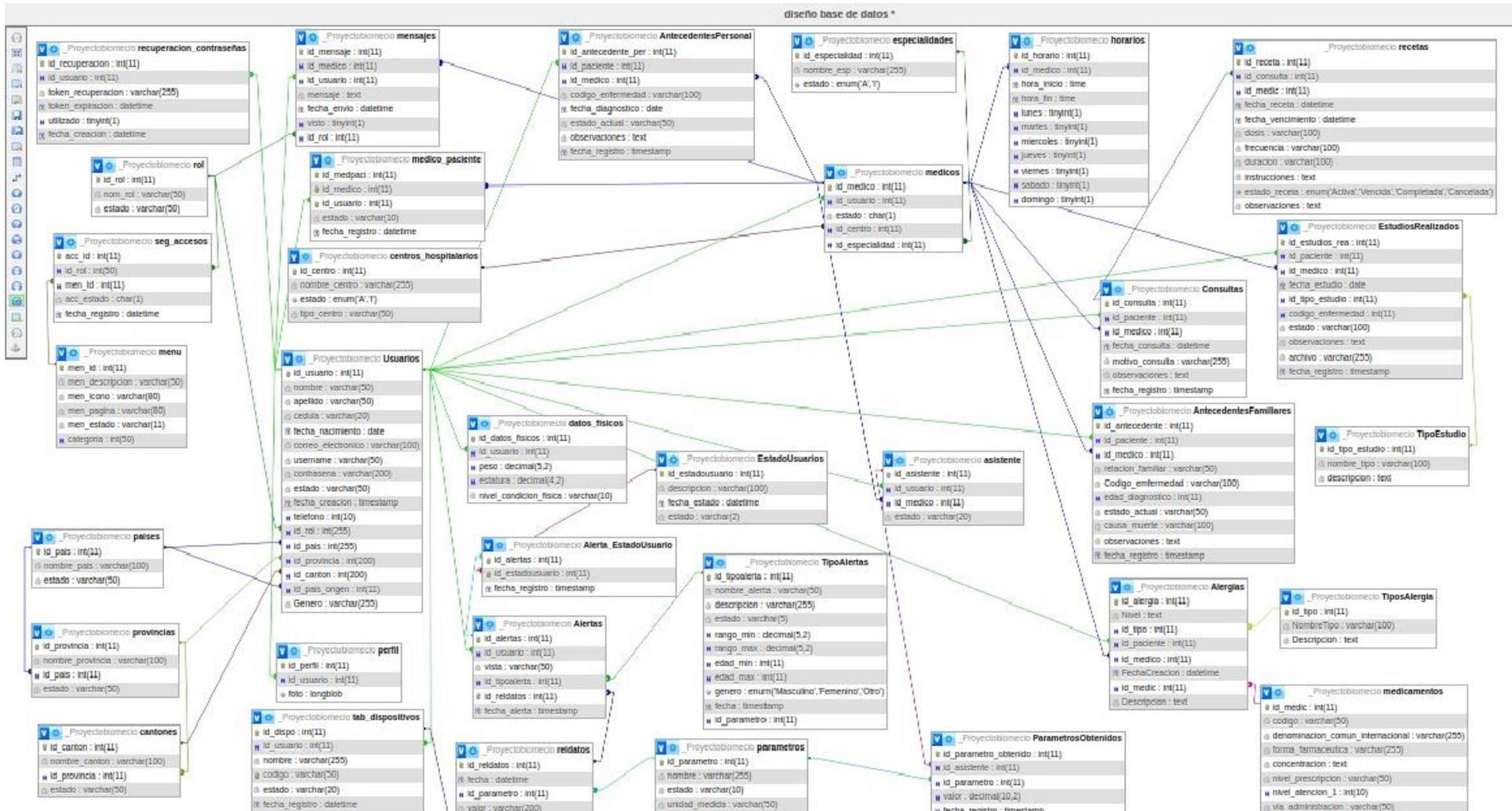
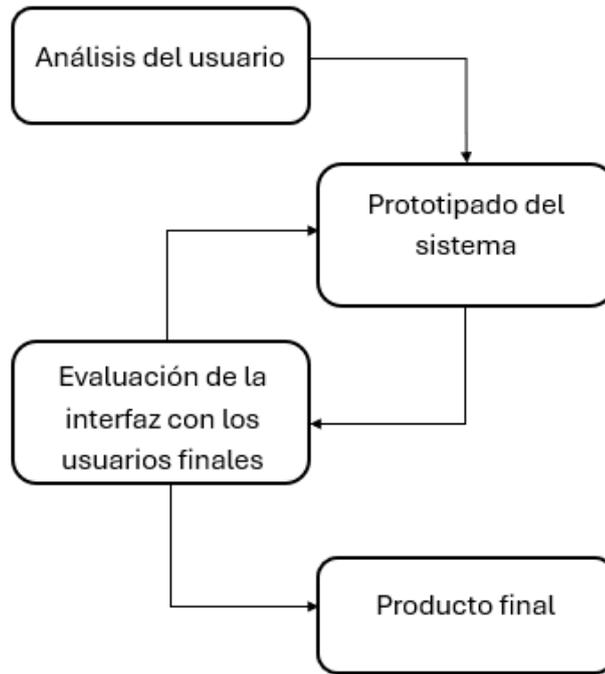


Ilustración 9 Modelo de base de datos

## 2.4. Diseño de Interfaces

El diseño de las interfaces de los usuarios se realizó en base a la metodología de sommerville, donde nos indica las 3 actividades que debemos hacer para realizar un buen diseño de interfaz que son análisis del usuario, prototipado del sistema y evaluación de la interfaz y por último la interfaz definitiva [10].



*Ilustración 10 Proceso para el diseño de la interfaz de usuario*

**Análisis del usuario:** En esta primera etapa, se realizó el análisis del lugar y los equipos tecnológicos que los usuarios tienen a disposición. En el caso de los pacientes considerando que puede ser cualquier persona, y según lo publicado por las Naciones Unidas indican que el 75% de la población mundial disponen de un dispositivo móvil [77]. Por otro lado, los doctores que están en oficinas disponen la mayor parte del tiempo de una computadora de escritorio o laptop. Considerando estos dos escenarios, se realiza el diseño responsivo, permitiendo que los usuarios paciente y médicos se puedan conectar tanto por aplicación móvil como en la aplicación web.

El diseño responsivo es una técnica de diseño web que permite que una aplicación web se adapte a diferentes resoluciones y dispositivos sin

degradarse, proporcionando una experiencia de visualización adecuada en computadora de escritorio, portátiles tabletas y celulares [92] [93]. En la sesión 1.6. Análisis de datos. Se detalla los resultados obtenidos en las encuestas, donde también se obtiene información sobre las preferencias de los usuarios, y que les gustaría que la plataforma incluyera, se consideró este aspecto de preferencia para el diseño.

Primeramente, se pensó en una paleta de colores.



*Ilustración 11 Paleta de colores iniciales*

**Prototipado del sistema:** Aunque los usuarios pueden dar a conocer lo que les gustaría que tenga un sistema, es complicado que los usuarios puedan ser específicos hasta que ya ven algo tangible, es por eso por lo que se desarrolló el prototipo para luego hacer las pruebas. Utilizando Justinmind, una herramienta de diseño de interacción y para realizar el prototipado de aplicaciones móviles y web [94]. Para generar el esqueleto y la estructura de las páginas principales de la plataforma informática, teniendo en cuenta que es tanto una aplicación web como móvil y considerando un diseño minimalista de UI [95] [96].

Ejemplos de interfaz minimalistas podemos ver en la página principal de Google que solo emplea un logotipo, una barra de búsqueda y un par de enlaces secundarios. Es funcional, directa y sin distracciones. También el sitio web oficial de Apple que se enfoca en imágenes grandes, poco texto y su navegación es sencilla. Teniendo en cuenta se procede a realizar los diseños.

*Diseño de interfaz inicio sesión aplicación web:* A continuación, en se observa el diseño de interfaz de inicio sesión donde se muestra como quedaría tanto en diseño móvil como en el web, donde esta la sesión de ingresar

usuario, contraseña, recuperar contraseña, recuperar usuario y registrarse los usuarios pacientes en la aplicación móvil.



Ilustración 12 Diseño de interfaz Inicio sesión - Escenario Aplicación móvil

*Diseño de interfaz inicio sesión Aplicación móvil:* En la interfaz de inicio de sesión en la aplicación web se han puesto las mismas opciones que en la interfaz móvil, a diferencia de lo que ocurre con el registro, ya que en la aplicación web solo esta disponible para los médicos o especialistas.

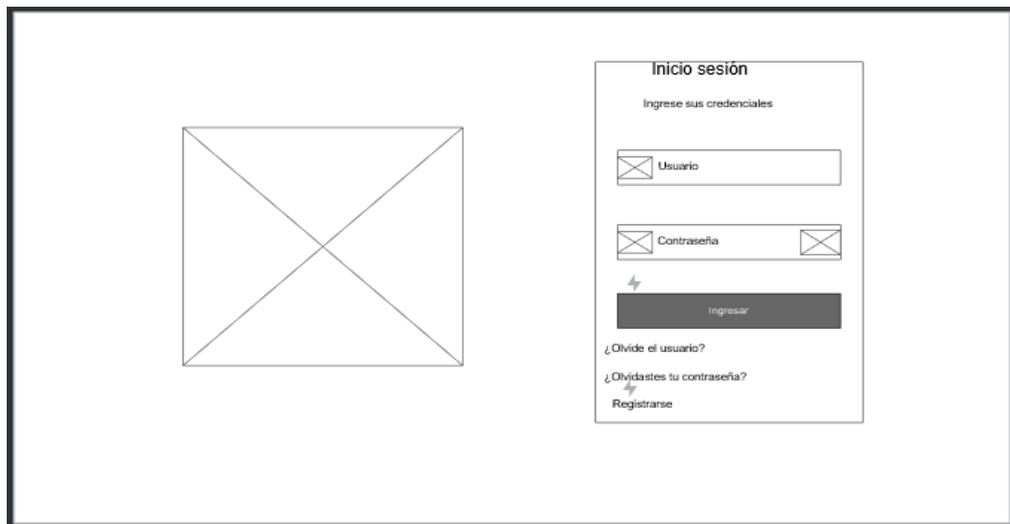
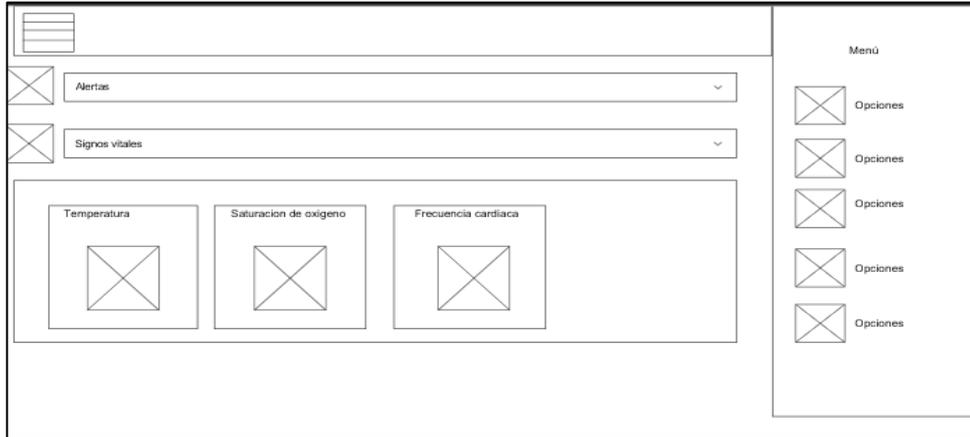


Ilustración 13 Diseño de interfaz Inicio sesión- Escenario Aplicación web

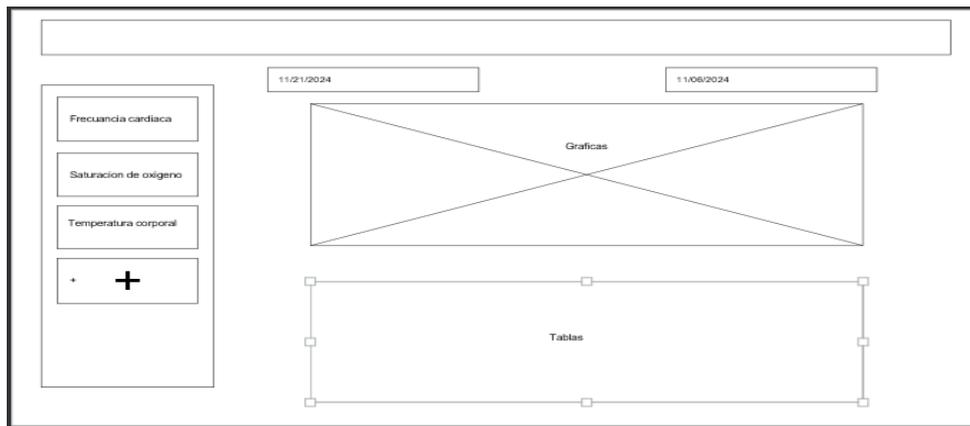
*Primer diseño de interfaz principal para el paciente:* La interfaz principal está enfocada en mostrar los más esencial y de fácil acceso las opciones más

esenciales como las alertas, la visualización de los valores de los signos vitales, telemedicina, datos físicos y las demás opciones están en el menú despegable para los diferentes tipos de usuarios, recalcando que las opciones del menú principal y secundario son dependiendo los permisos de cada rol.



*Ilustración 14 Diseño de interfaz principal 1*

*Diseño de interfaz de datos de signos vitales para visualización del médico:* En el diseño de la interfaz del médico se agrega gráficos de líneas con la media de los datos por hora, para facilitar la visualización para el análisis de los datos de cada signo vital, y luego se muestra una tabla con todos los valores que existen en las fechas seleccionadas.



*Ilustración 15 Diseño de interfaz de la visualización de los valores de los signos vitales – Médico*

*Diseño de la interfaz de consultas:* Para el diseño de la interfaz de consultas se consideró las opciones mencionadas por la Dra. Sheyla Suárez en la encuesta realizada ver Anexo 5. Donde indico que las preguntas que realiza a

sus pacientes para obtener una historia clínica completa son: Antecedentes personales, antecedentes familiares, alergias, motivo de consulta cronología, tratamientos anteriores.

*Ilustración 16 Diseño de interfaz consultas*

**Diseño de la interfaz de registro de usuarios:** Para todos los diseños se tuvo en cuenta que fueran responsive, ya que se usan tanto en la aplicación web como en la aplicación móvil, por lo que se busca que creen un balance entre los dos entornos. Teniendo esto en cuenta, se realizó el diseño básico del registro de usuarios, donde se piden datos personales.

*Ilustración 17 Diseño de la interfaz de registro de usuarios.*

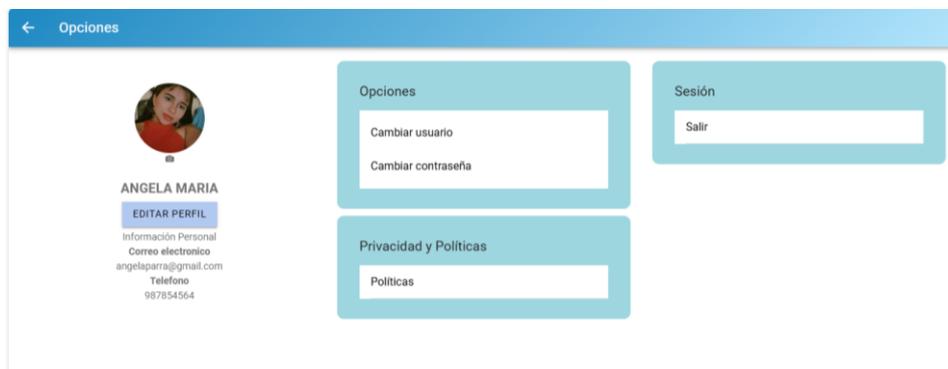
De acuerdo con estos diseños de interfaz principales se procede a crear los diseños, teniendo en cuenta los colores y estilo para las demás subsecciones de la plataforma.

*Inicio sesión:* La plataforma informática cuenta con una pantalla principal, en la interfaz de inicio de sesión los usuarios pueden acceder ingresando su usuario y contraseña, esto se realiza con el fin de controlar el acceso al sistema por roles de los usuarios, y una vez ingresado pueden hacer uso de los accesos permitidos por cada rol.



*Ilustración 18 Interfaz de pantalla de Inicio sesión*

*Edición de perfil:* La plataforma informática tiene una interfaz donde los diferentes tipos de usuarios pueden editar su foto, correo, teléfono, además tienen la opción de cambiar usuario y contraseña, cabe recalcar que la sección de políticas y privacidad se implementa en la próxima fase del proyecto general.



*Ilustración 19 Interfaz edición de perfil usuarios*

*Registro de usuario médicos o especialistas:* En esta sección de registro para los médicos o especialistas, los usuarios pueden crear un registro para iniciar sesión, en este caso la aplicación web solo permite registrar médicos o especialistas, los cuales deben ingresar datos como: nombre, apellido, identificación, genero, fecha de nacimiento, correo electrónico, país de origen, teléfono personal o del asistente, provincia de residencia, cantón de residencia, para autenticarse deben ingresar un usuario y contraseña, después se elige el centro hospitalario donde labora y su especialidad y por ultimo horario de atención.

*Ilustración 20 Interfaz registro de médico o especialista parte 1*

*Ilustración 21 Interfaz registro de médico o especialista parte 2*

*Interfaz principal del médico:* En la plataforma informática, el médico cuenta con una interfaz principal donde tienen las opciones de usuario, pacientes,

horarios de atención, asistente e informes. En la sesión principal se puede ver las alertas que se generan cada día de los pacientes.



Ilustración 22 Interfaz principal del médico

*Interfaz de pacientes:* En esta sección el médico puede buscar sus pacientes y además el médico puede contactar al paciente por WhatsApp, Telegram o también escribirle directamente por chat, ver información de los signos vitales, alertas y consultas.

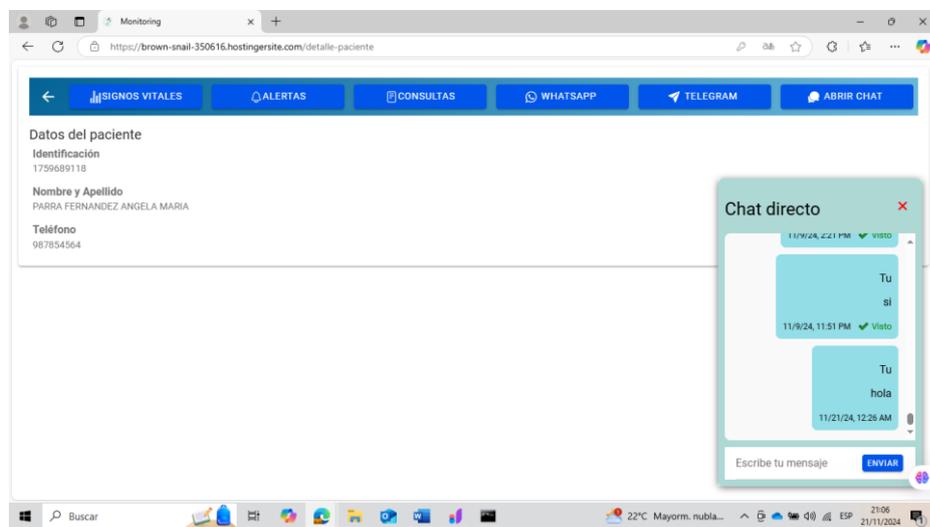


Ilustración 23 Interfaz principal para gestionar pacientes

*Monitoreo de parámetros biomédicos del paciente:* En la opción de signos vitales se detallan los datos anteriores o el actual de los signos del paciente, el médico ingresa fecha de inicio y fecha fin para poder ver los datos en ese lapso, se le despliega gráficos y tiene la opción de elegir si desea ver en

gráficos de líneas o gráficos de barra, y al final puede visualizar una tabla con todos los datos de ese signo vital seleccionado.

Visualizar parámetros biomédicos

Parámetros

- Temperatura
- Frecuencia cardíaca
- Saturación de oxígeno

Detalles del paciente

Paciente: PARRA FERNANDEZ ANGEL MARIA  
Cédula: 1759689118

Seleccionar fechas

Fecha de inicio

Fecha final

Fecha Inicio Seleccionada: 2024-10-23T18:46:00  
Fecha Fin Seleccionada: No seleccionada

BUSCAR DATOS

Ilustración 24 Interfaz de monitoreo de parámetros biomédicos



Ilustración 25 Interfaz de monitoreo de parámetros biomédicos graficas

En la opción de alertas se despliega una interfaz donde el médico puede visualizar los diferentes tipos de alertas de los signos vitales del paciente.

← Alertas

Datos del paciente

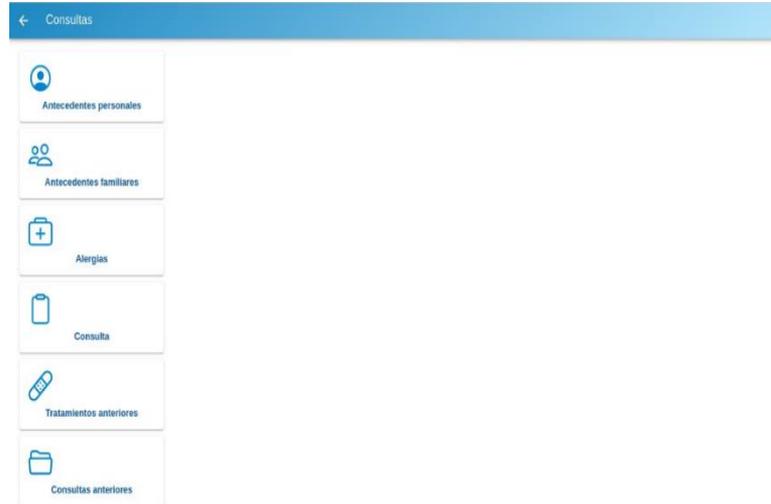
Nombre: 1759689118 Cédula: PARRA FERNANDEZ  
Apellido: ANGELA MARIA Teléfono: 05623256

Alertas del Paciente

- hipotermia ligera  
Fecha: 2024-10-23 18:27:45  
Valor: 30,1 °C
- Grave hipoxemia  
Fecha: 2024-10-23 18:27:45  
Valor: 75,1 %
- hipotermia ligera  
Fecha: 2024-10-23 18:27:44  
Valor: 30,1 °C
- Grave hipoxemia  
Fecha: 2024-10-23 18:27:44  
Valor: 75,1 %

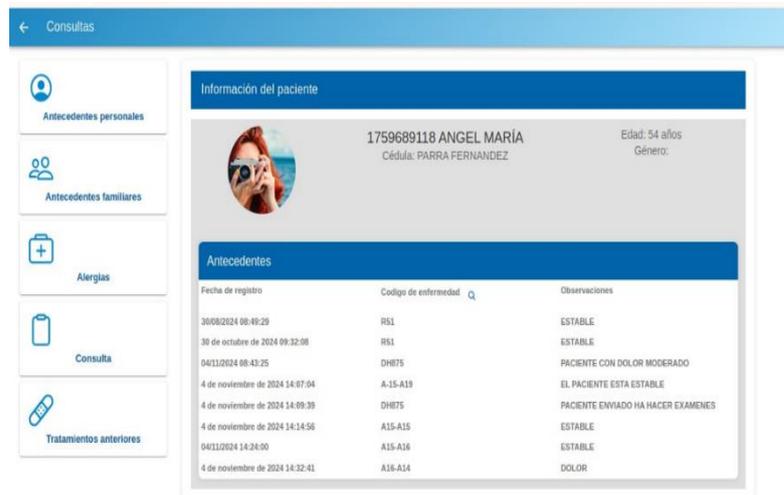
Ilustración 26 Interfaz médico de alertas del paciente

*Historial médico:* Por último, en la opción de consultas, se despliega una interfaz donde tiene varias opciones para guardar visualizar información del paciente y guardar información de las consultas médicas.



*Ilustración 27 Interfaz principal del historial médico*

*Antecedentes personales:* La plataforma tiene una interfaz donde el médico puede visualizar los antecedentes personales del paciente.



*Ilustración 28 Interfaz de antecedentes personales*

*Antecedentes familiares:* La plataforma informática tiene una interfaz donde el médico puede agregar y editar los antecedentes familiares de cada uno de sus pacientes.

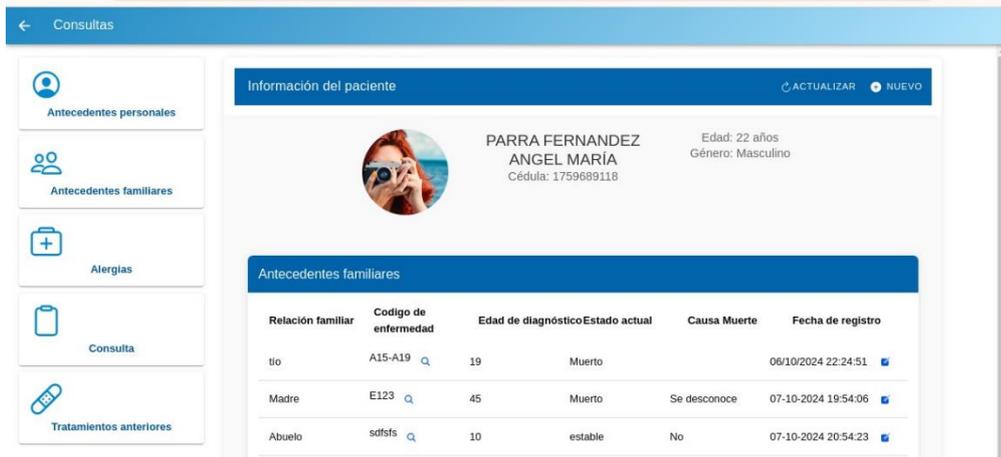


Ilustración 29 Interfaz de antecedentes familiares del paciente

**Alergias del paciente:** La plataforma informática tiene una interfaz donde se puede visualizar las alergias del paciente y también para agregar nuevas.



Ilustración 30 Interfaz de alergias del paciente

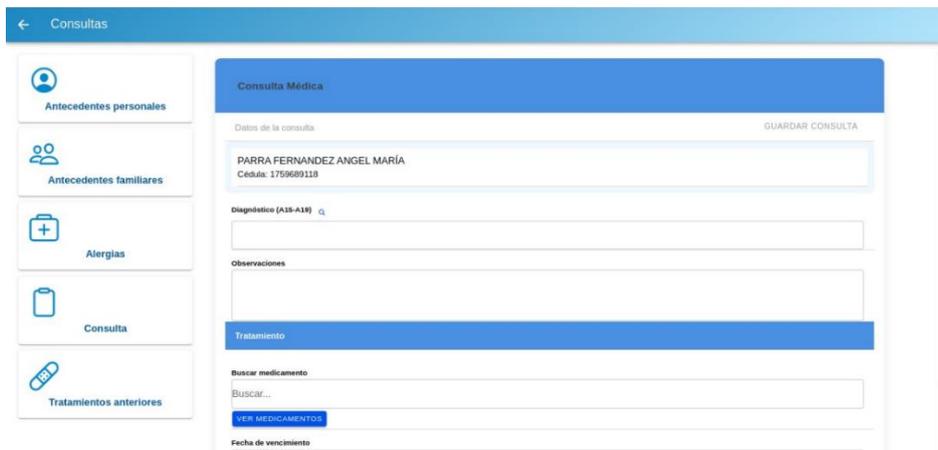


Ilustración 31 Interfaz de consultas médicas

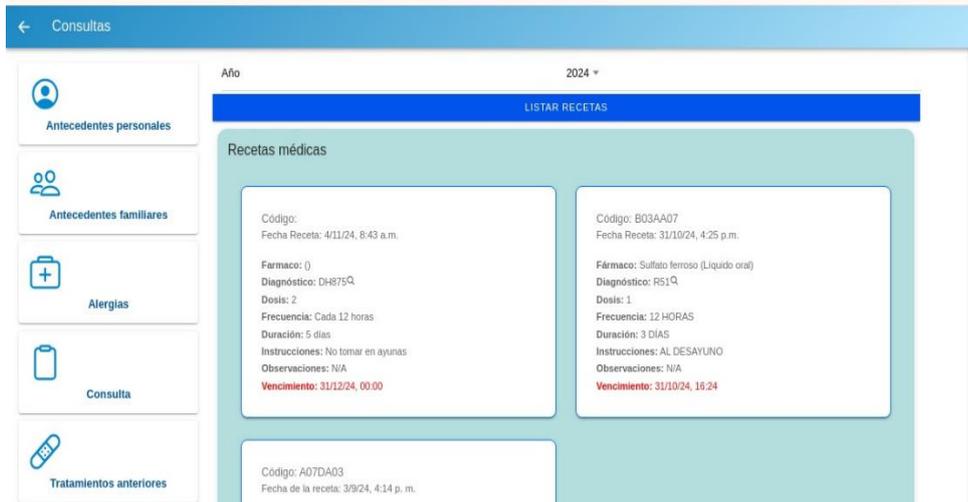


Ilustración 32 Interfaz tratamientos anteriores

**Interfaz de gestión de asistentes:** En esta sección el médico tiene dos opciones, de agregar un nuevo asistente y de habilitarlo o inhabilitarlo.

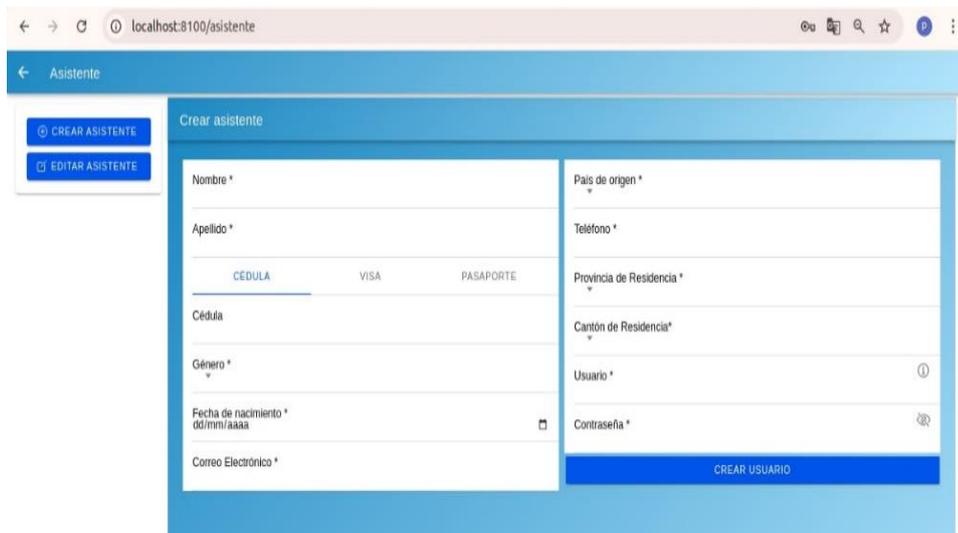


Ilustración 33 Interfaz de gestión de asistente por parte del médico

**Reportes estadísticos del total de los pacientes del médico:** En esta interfaz el médico puede observar de manera grafica el incremento de pacientes por meses en el año actual y también la cantidad de pacientes por año, además tiene en una tabla con los meses, pacientes nuevos, el total de pacientes y el cambio mensual en porcentaje, y otra tabla con los años donde está la cantidad de pacientes nuevos, el total de pacientes y el cambio anual en porcentaje.



Ilustración 34 Interfaz de reportes - Cantidad de pacientes del médico

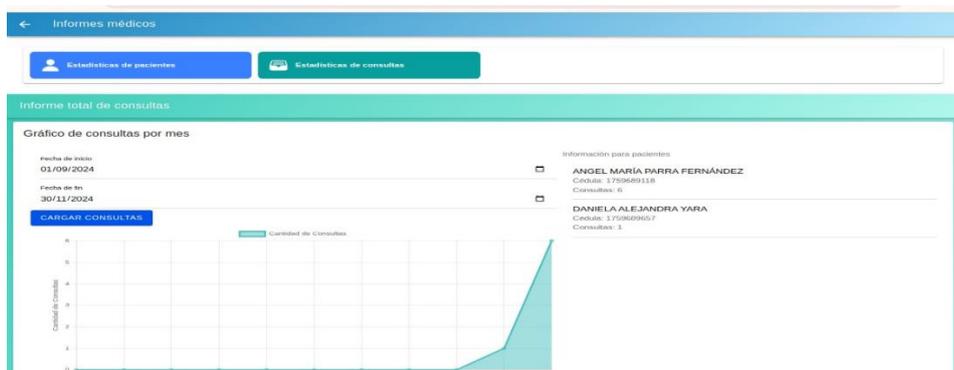


Ilustración 35 Interfaz de reportes de las consultas realizadas por el médico

**Interfaz principal del paciente:** Dentro de la interfaz en este caso se le despliega el menú del paciente, donde el principal puede ver las nuevas alertas donde puede agregarles notas de por ejemplo haciendo deporte y los signos vitales en tiempo real, además de poder observar su estatura y peso, en el peso tiene información como el índice de masa corporal y su estado actual.

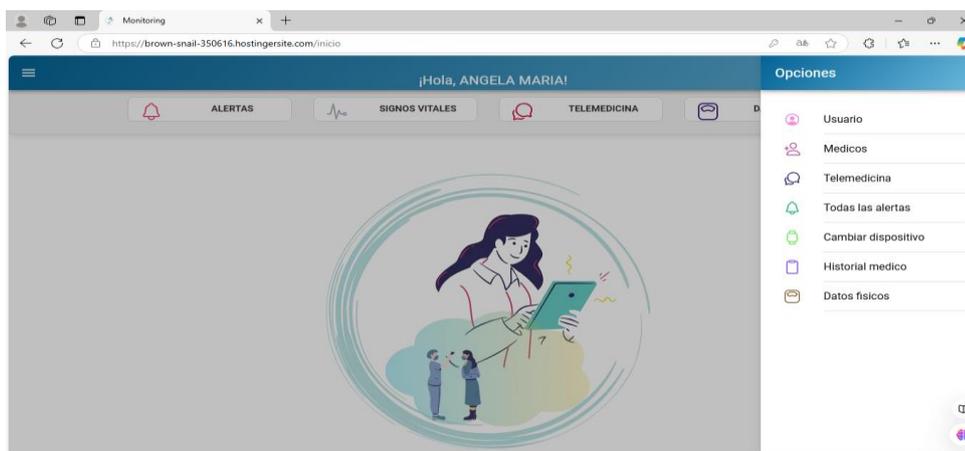


Ilustración 36 Interfaz principal para pacientes



Ilustración 37 Interfaz de signos vitales en tiempo real

*Gestión de médicos por parte del paciente:* La plataforma informática tiene una interfaz donde el paciente puede buscar un médico dependiendo el centro hospitalario y especialidad, una vez que elija un médico la información del paciente es visible para el médico que seleccionó, en el caso que ya no desee que el médico acceda a la información puede inhabilitarlo.

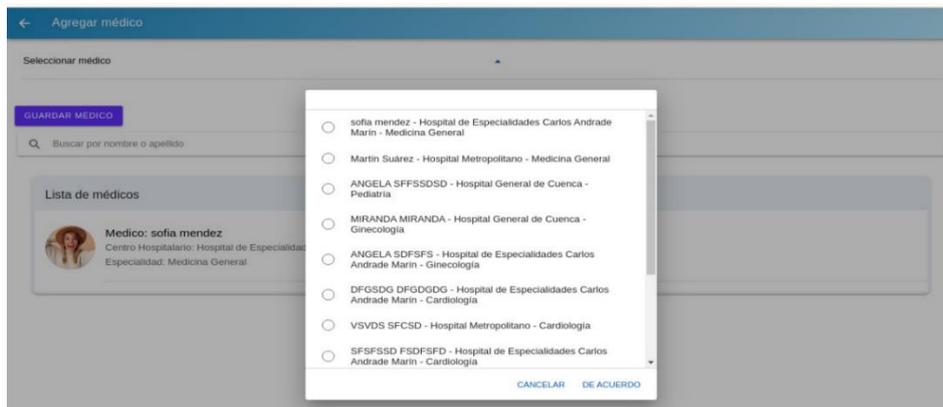


Ilustración 38 Interfaz gestión de médico en el rol paciente

*Telemedicina:* La plataforma informática en la sesión del paciente tiene una interfaz donde tiene la opción de contactar al médico, por WhatsApp y Telegram solo en horarios laborales y también por chat directo a cualquier hora.

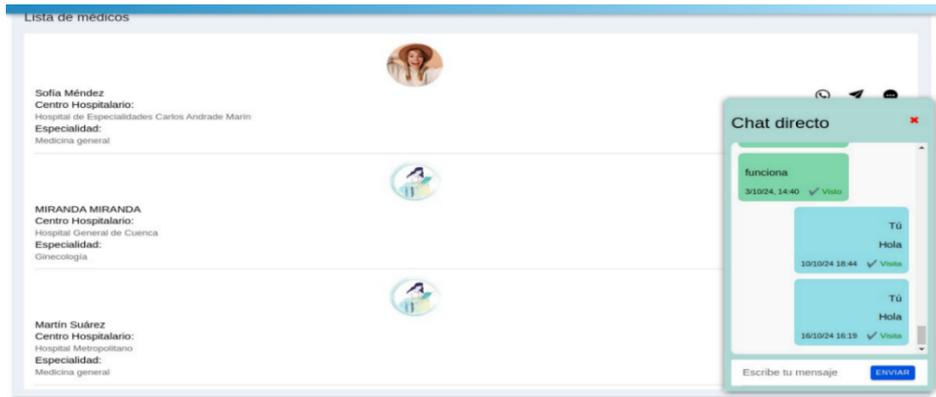


Ilustración 39 Interfaz de telemedicina paciente



Ilustración 40 Interfaz de antecedentes personales

**Interfaz principal del asistente:** La plataforma informática cuenta con una interfaz principal en la sesión del asistente, donde puede ingresar a la interfaz donde se busca los pacientes que están relacionados con el médico, y al seleccionar un paciente tiene la opción de editar sus datos físicos, en este primer prototipo no se le agrego muchas funciones al asistente, pero se prevé agregarle muchas más funciones en próximas versiones.

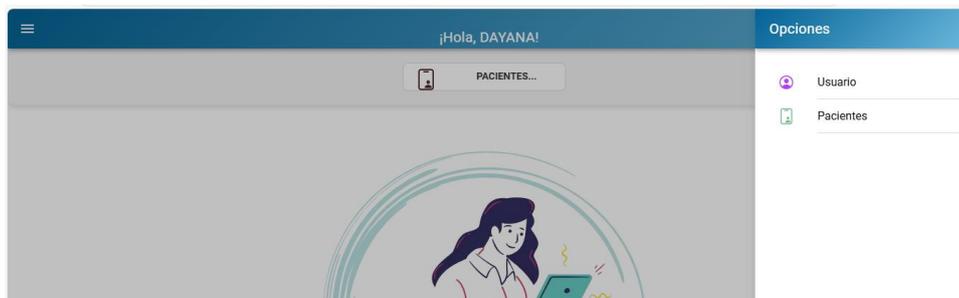


Ilustración 41 Interfaz principal del asistente



Ilustración 42 Interfaz de asistente - Lista de pacientes



Ilustración 43 Interfaz asistente, detalles del paciente

*Gestión de administración reportes:* La plataforma informática cuenta con varias interfaces, interfaz de reporte estadísticos de médicos, usuarios y dispositivos en donde incluyen graficas por mes y año y tablas donde abra datos como nuevos ingresados por mes, también tasa de crecimiento y cantidad por año.



Ilustración 44 Interfaz estadística de médicos en el sistema para el administrador. Gráficos



Ilustración 45 Interfaz estadística de médicos en el sistema para el administrador. Tablas

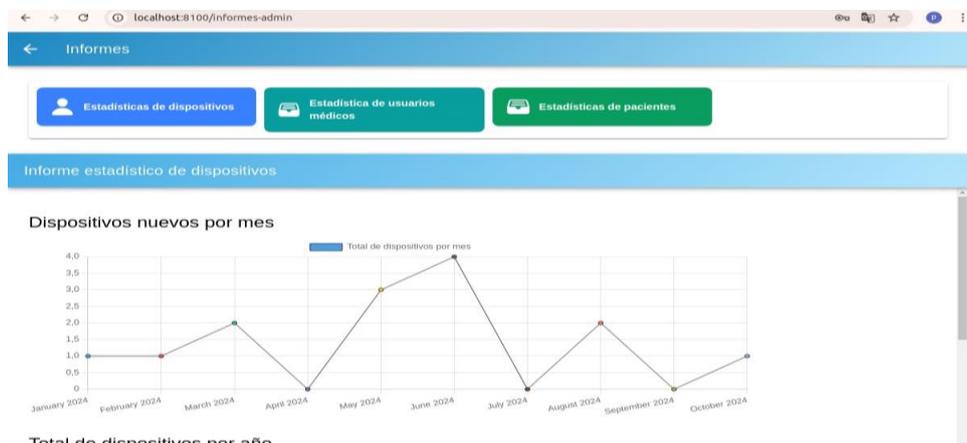


Ilustración 46 Interfaz estadística de dispositivos en el sistema para el administrador. Gráficos

**Gestión de administración interfaz de datos:** En esta sección se puede agregar y eliminar parámetros biomédicos, tipos de alertas además de las otras funciones también pueden editar, notas del estado del paciente.

**Parámetros**

Nombre:

Unidad de medida:

Icono (corazón):

**ANADIR PARAMETRO**

- TEMPERATURA**  
Estado: A  
Unidad: °C
- FRECUENCIA CARDÍACA**  
Estado: A  
Unidad: bpm
- presión sistólica**  
Estado: yo  
Unidad: mmHg
- presión diastólica**  
Estado: yo  
Unidad: mmHg
- SATURACIÓN DE OXÍGENO**  
Estado: A  
Unidad: %

Ilustración 47 Interfaz de Gestión parámetros biomédicos

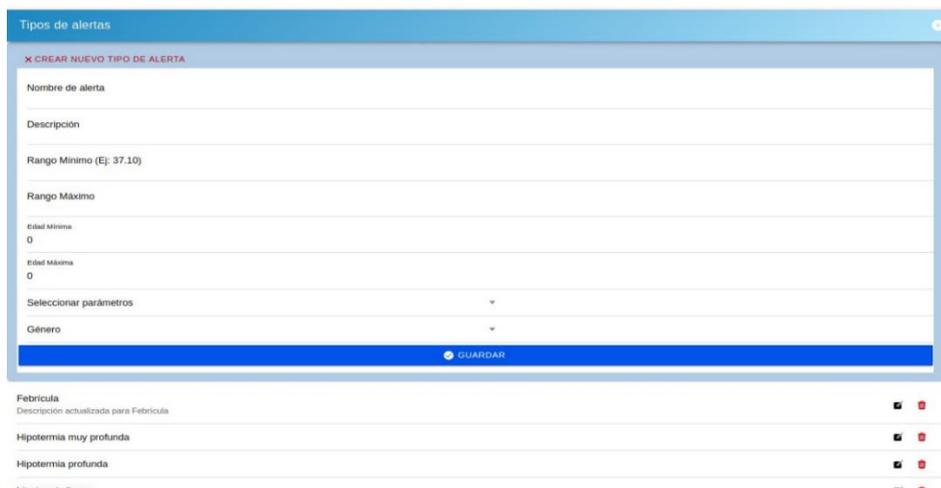


Ilustración 48 Interfaz de gestión tipos de alertas

**Registro de nuevos usuarios:** En el diseño de la interfaz se muestra como quedaba en entorno móvil, aquí se evidencia como quedo en entorno web, teniendo en cuenta que el paciente solo se puede registrar en la aplicación móvil, pero el Administrador puede registrar tanto paciente, médico y otro administrador, entonces se contempla diseño en interfaz web, siendo responsivo.

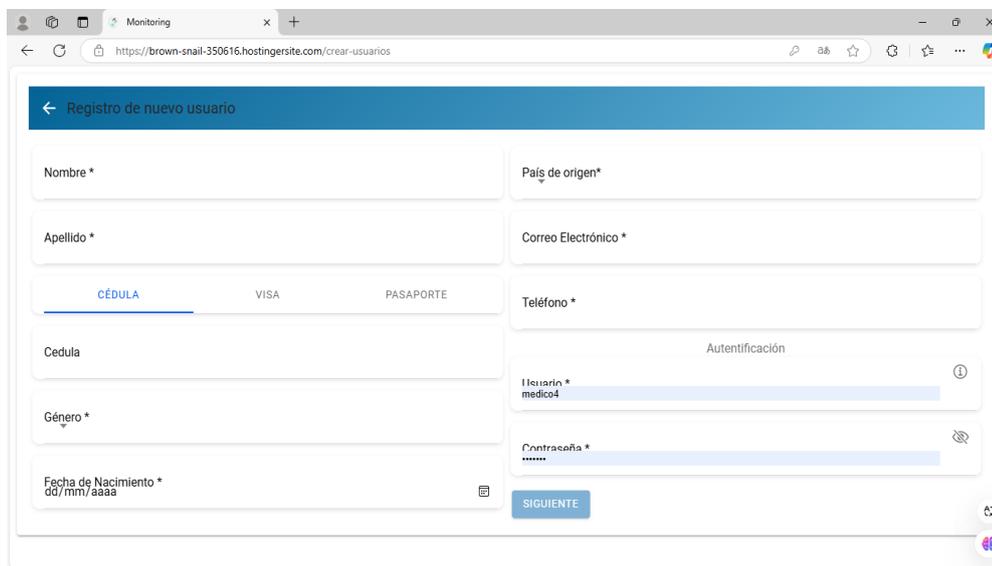


Ilustración 49 Interfaz registro de usuarios

**Evaluación de la interfaz con los usuarios:** Siguiendo los pasos anteriores sigue la evaluación de la interfaz con los usuarios. Teniendo los siguientes resultados: Las pruebas de interfaz de usuarios y experiencia de usuario se

realizó mediante en una encuesta a una muestra de 79 personas entre ellos estudiantes de la carrera de tecnologías de la información y electrónica y automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Donde se dividió en dos grupos, en el primer grupo de 29 estudiantes como se muestra en el Anexo 7, se realizó la primera prueba, en base a los datos obtenidos, se procedió a realizar cambios, para mejorar tanto la UI como UX. A continuación de muestran los datos de las pruebas.

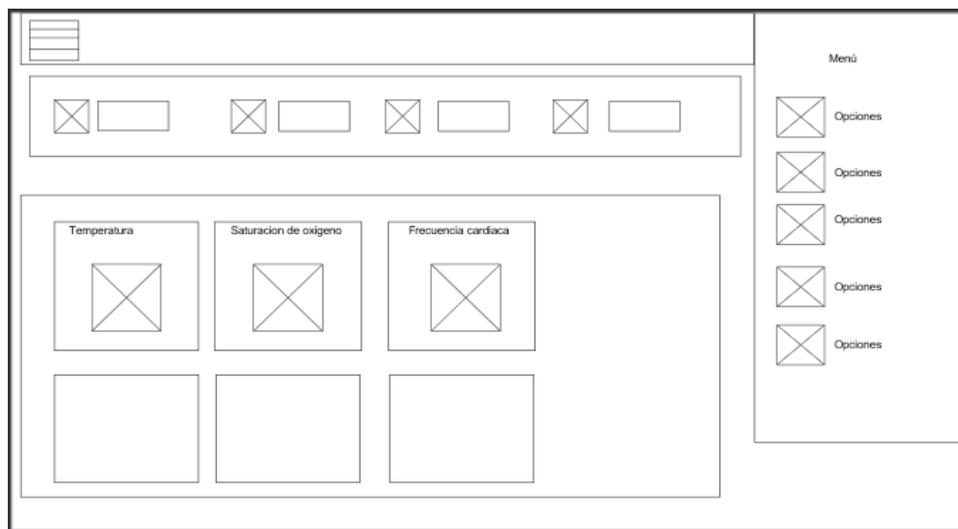
<b>Prueba UI N°1: Prueba de interfaz de usuario y experiencia del usuario</b>												
<b>Tarea para realizar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ingresar al enlace de abajo</li><li>2. Registrarse en el sistema ingresando sus datos</li><li>3. Iniciar sesión con el usuario y contraseña ingresados en el registro</li><li>4. Ingresar una foto de perfil (opcional)</li><li>3. Encuentre la sesión donde de los signos vitales.</li><li>4. Encuentre la sesión donde se puede agregar médicos y busque y seleccione uno y agréguelo, una vez agregado ve a la sesión de telemedicina y envíele un mensaje.</li><li>4. Encuentre la sesión de las recetas médicas (Si no visualiza ninguna es porque el médico no ha ingresado datos relacionados)</li></ol> <p>Enlace <a href="https://palevioletred-nightingale-579267.hostingersite.com/principal">https://palevioletred-nightingale-579267.hostingersite.com/principal</a></p>												
<p>¿Qué tan fácil es navegar por la plataforma informática para el monitoreo de los signos vitales? 29 respuestas</p> <table border="1"><caption>Datos del gráfico de sectores</caption><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Muy fácil</td><td>13.8%</td></tr><tr><td>Fácil</td><td>75.9%</td></tr><tr><td>Neutro</td><td>13.8%</td></tr><tr><td>Difícil</td><td>0%</td></tr><tr><td>Muy difícil</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Categoría	Porcentaje	Muy fácil	13.8%	Fácil	75.9%	Neutro	13.8%	Difícil	0%	Muy difícil	0%
Categoría	Porcentaje											
Muy fácil	13.8%											
Fácil	75.9%											
Neutro	13.8%											
Difícil	0%											
Muy difícil	0%											





Debido a que hubo varios comentarios de los usuarios se volvió al paso dos del prototipado del sistema y se realizó el segundo diseño de interfaz principal para el paciente: Con la primera prueba se pudo evidenciar que no encontraba las opciones fácilmente, por ende, su experiencia fue regular, los colores muy opacos lo cual con el modo oscuro algunos colores desaparecían. Tomando en cuenta esto se procedió a realizar el cambio de la interfaz principal, ahora se ponen las opciones principales apenas se inicia sesión, las alertas, visualización de los valores de los signos vitales, telemedicina, datos físicos, consejos de salud y las demás opciones están en el menú desplegable para los diferentes tipos de usuarios, recalcando que las opciones del menú principal y secundario son dependiendo los permisos de cada rol.

Se cambió el menú principal de horizontal a vertical como se evidencia a continuación el segundo diseño. Al principio se pedía toda la información al registrarse, y los usuarios perdieron interés fácilmente, es por eso por lo que se realizó cambios como ya no pedir al registrarse peso y altura, sino que una vez registrado el decida registrar esos datos para luego ver información relevante como el índice de masa corporal, también al inicio no se permitía editar, y con la nueva actualización se agregó la edición para peso y estatura.



*Ilustración 50 Diseño de interfaz principal 2*

Con respecto a los colores se les subió la intensidad, permitiendo que llame más la atención del usuario.



Ilustración 51 Segunda paleta de colores

## Prueba UI N°2: Prueba de interfaz de usuario y experiencia del usuario

Tarea para realizar

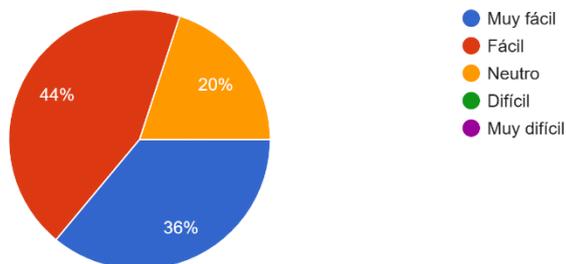
1. Ingresar al enlace de abajo
2. Registrarse en el sistema ingresando sus datos
3. Iniciar sesión con el usuario y contraseña ingresados en el registro
4. Ingresar una foto de perfil (opcional)
3. Encuentre la sesión donde se visualiza el valor actual de los signos vitales.
4. Encuentre la sesión donde se puede agregar médicos y busque y seleccione uno y agréguelo, una vez agregado ve a la sesión de telemedicina y envíele un mensaje.
4. Edite su peso y estatura

Enlace

<https://palevioletred-nightingale-579267.hostingersite.com/principal>

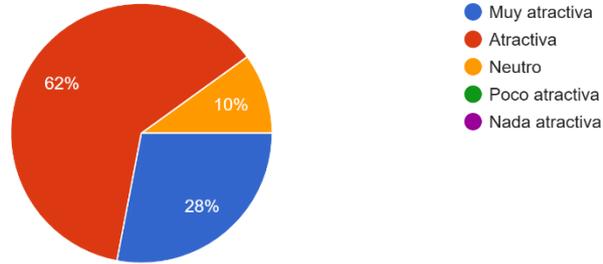
¿Qué tan fácil es navegar por la plataforma informática?

50 respuestas



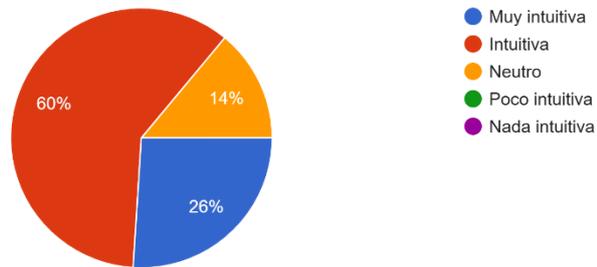
¿Considera que es atractivo el diseño de las interfaces de la plataforma informática?

50 respuestas



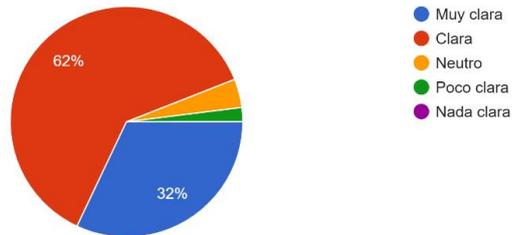
¿Es intuitiva la ubicación de las funciones principales dentro de la plataforma?

50 respuestas



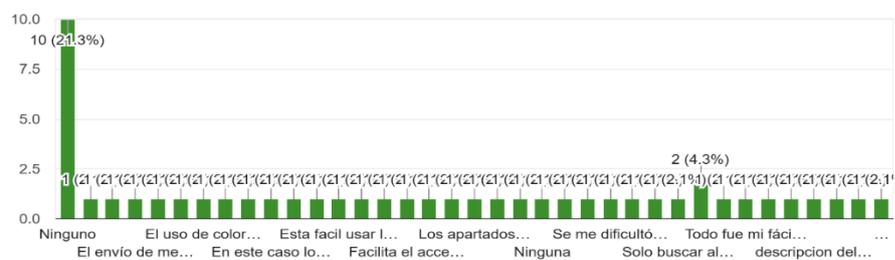
¿La visualización de los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal es clara y entendible?

50 respuestas



¿Qué aspectos facilitaron o dificultaron el uso de la plataforma?

47 respuestas





**Pruebas de funcionalidad:** Se realizaron pruebas de funcionalidad, para verificar que la plataforma de los resultados esperados por el usuario.

<b>Prueba N°1: Ingreso al sistema</b>				
<b>Objetivo</b>		Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil con su usuario y contraseña.		
<b>Roles</b>		Administrador, paciente, médico, asistente		
<b>Nivel de complejidad</b>		Bajo		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido	
<b>Escenario N°1. Ingreso de los datos correctos</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingreso de credenciales</li> <li>Clic al botón “Ingresar”</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se carga el menú según el rol: Administrador, médico, paciente o asistente</li> </ul>		
<b>Escenario N°2. Ingreso de los datos incorrectos</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingresar credenciales</li> <li>Clic al botón “Ingresar”</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje de datos incorrecto o inactivos</li> </ul>		

Tabla 32 Caso de prueba - Ingreso al sistema

<b>Prueba N°2: Ingreso nuevos usuarios</b>	
<b>Objetivo</b>	Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil el registro de nuevos usuarios
<b>Roles</b>	Administrador, paciente, médico, asistente
<b>Nivel de complejidad</b>	Media

<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido	
<b>Escenario N°1. Registro de paciente</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los datos de entrada son: nombre, apellido, cedula, género, fecha de nacimiento, correo electrónico, País de origen, teléfono, Provincia de residencia, Cantón de residencia, usuario, contraseña.</li> <li>Estatura, peso, nivel de condición física.</li> <li>Nombre de dispositivo, código.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Se comprueba que sea correcta la cedula.</li> <li>Se comprueba que no esté registrado el correo</li> <li>Muestra mensaje de “Creado exitosamente”</li> </ul>		
<b>Escenario N°3: Registro de administrador y asistente</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los datos de entrada son: el nombre, el apellido, la cedula, el género, la fecha de nacimiento, el correo electrónico, País de origen, teléfono, Provincia de residencia, Cantón de residencia, usuario, contraseña.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Se comprueba que sea correcta la cedula.</li> <li>Se comprueba que no esté registrado el correo</li> <li>Muestra mensaje de “Creado exitosamente”</li> </ul>		
<b>Escenario N°3. Registro de médico</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los datos de entrada son el nombre, el apellido, la cedula, el género, la fecha de nacimiento, correo electrónico, País de origen, teléfono, Provincia de residencia, Cantón de residencia, usuario, contraseña.</li> <li>Centro hospitalario, especialidad, días y hora de atención.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Se comprueba que sea correcta la cedula.</li> <li>Se comprueba que no esté registrado el correo.</li> <li>Muestra mensaje de “Creado exitosamente”</li> </ul>		

<b>Escenario N°4. Editar usuarios individuales</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correo electrónico, teléfono, foto</li> <li>• Usuario, contraseña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>• Validaciones correspondientes antes de editar usuario o contraseña.</li> <li>• Muestra mensaje de “Editado exitosamente”</li> </ul>
<b>Escenario N°4. Administrador edición de usuarios</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cedula, género, Fecha de nacimiento, Correo electrónico, País de origen, teléfono, Provincia de residencia, Cantón de residencia, usuario, contraseña.</li> <li>• Centro hospitalario, especialidad, días y hora de atención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>• Muestra mensaje de “Editado exitosamente”</li> </ul>

Tabla 33 Caso de prueba - Ingreso usuarios

<b>Prueba N°4: Ingreso del chat médico-paciente</b>			
<b>Objetivo</b>	Comprobar que funcione correctamente el chat médico-paciente		
<b>Roles</b>	Paciente, médico		
<b>Nivel de complejidad</b>	Medio		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Ingreso de los datos correctos</b>			
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviado</li> <li>• Actualizado en el sistema</li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibido el mensaje el destinatario</li> <li>• Una vez visto, marcado como visto.</li> </ul>
--	---

Tabla 34 Caso de prueba – Chat médico-paciente

<b>Prueba N°5: Visualización de parámetros biomédicos</b>			
<b>Objetivo</b>	Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil con su usuario y contraseña.		
<b>Roles</b>	Médico		
<b>Nivel de complejidad</b>	Medio		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Visualizar informe</b>			
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fecha de inicio</li> <li>• Fecha final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cargan los datos en una gráfica, ponderando una media entre los valores que se guarden en por hora.</li> <li>• Se genera una tabla con todos los datos de esa fecha</li> </ul>		

Tabla 35 Caso de prueba – Visualización de parámetros biomédicos

<b>Prueba N°6: Registro de antecedente familiares</b>			
<b>Objetivo</b>	Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil el registro de antecedente familiares		
<b>Roles</b>	Médico		
<b>Nivel de complejidad</b>	Alta		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Registro de antecedente familiares</b>			
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>		

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación familiar, estado, código de enfermedad, edad de diagnóstico, estado actual, Causa Muerte, fecha de registro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la entrada de los datos requeridos.</li> <li>• Mensaje de éxito</li> <li>• Actualización del listado de antecedentes familiares</li> </ul>
<b>Escenario N°2. Editar antecedente familiares</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación familiar, estado, código de enfermedad, edad de diagnóstico, estado actual, Causa Muerte, fecha de registro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la entrada de los datos requeridos.</li> <li>• Mensaje de éxito</li> <li>• Actualización del listado de antecedentes familiares</li> </ul>

Tabla 36 Caso de prueba – Registro de antecedente familiares

<b>Prueba N°7: Registro de alergias</b>			
<b>Objetivo:</b>		Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil el registro de alergias	
<b>Roles</b>		Médico	
<b>Nivel de complejidad</b>		Media	
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Nuevas alergias</b>			
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de alergia, descripción, nivel, código, si es tipo medicamento se ingresa el nombre, Fecha de registro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>• Mensaje de éxito</li> <li>• Se actualiza el listado de alergias.</li> </ul>	
<b>Escenario N°2. Editar alergias</b>			
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecciona la alergia a eliminar</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensaje de comprobación</li> <li>• Se elimina.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se actualiza el listado de alergias.</li> </ul>
<b>Escenario N°3. Eliminar alergias</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Selecciona la alergia a eliminar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje de comprobación</li> <li>Se elimina y se actualiza el listado</li> </ul>

Tabla 37 Caso de prueba – Registro de alergias.

<b>Prueba N°8: Generación de reportes</b>			
<b>Objetivo</b>		Comprobar que funcione correctamente la generación de reportes.	
<b>Roles</b>		Médico	
<b>Nivel de complejidad</b>		Medio	
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Generación de reportes estadísticos de pacientes</b>			
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación del médico.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de graficas Generación de grafica de datos por meses y años</li> <li>Generación de tablas de datos por mes y año</li> </ul>	
<b>Escenario N°2. Generación de reportes estadísticos de consultas</b>			
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fecha inicio, fecha fin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Visualización de grafica con la cantidad de consultas que ha tenido por mes</li> <li>Información del paciente y cuantas consultas ha tenido.</li> </ul>	

Tabla 38 Caso de prueba – Generación de reportes.

<b>Prueba N°9: Registro de parámetros biomédicos</b>				
<b>Objetivo</b>		Comprobar que funcione correctamente.		
<b>Roles</b>		Administrador		
<b>Nivel de complejidad</b>		Medio		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido	
<b>Escenario N°10. Registrar parámetros biomédicos</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre, unidad de medida, icono</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Mensaje de éxito</li> </ul>		
<b>Escenario N°2. Eliminar parámetros biomédicos</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar parámetro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje de confirmación</li> <li>Actualización de la lista</li> </ul>		

Tabla 39 Caso de prueba – Registro de parámetros biomédicos

<b>Prueba N°10: Registro tipos de alertas</b>				
<b>Objetivo</b>		Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil el registro de alergias		
<b>Roles</b>		Médico		
<b>Nivel de complejidad</b>		Media		
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido	
<b>Escenario N°1. Nuevas alertas</b>				
<b>Datos de entrada</b>		<b>Resultados esperados</b>		

<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre de alerta, Descripción, rango mínimo, rango máximo, edad mínima, edad máxima, parámetro y genero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Mensaje de éxito</li> <li>Se actualiza el listado de tipos de alertas.</li> </ul>
<b>Escenario N°2. Editar alertas</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre de alerta, Descripción, rango mínimo, rango máximo, edad mínima, edad máxima, parámetro y genero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la entrada de todos los datos requeridos</li> <li>Mensaje de éxito</li> <li>Se actualiza el listado de tipos de alertas.</li> </ul>
<b>Escenario N°3. Eliminar alergias</b>	
<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultados esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Selecciona la alerta a eliminar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensaje de comprobación</li> <li>Se elimina. Se actualiza el listado de alertas.</li> </ul>

Tabla 40 Caso de prueba – Registro tipos de alertas.

**Pruebas de diseño responsivo:** El diseño responsivo permite que los elementos de la plataforma se adapten a diversos dispositivos, como ordenadores y teléfonos móviles, ya que en este proyecto se ha desarrollado una aplicación web y una aplicación móvil, y los usuarios tiene acceso tanto a la aplicación web como a la aplicación móvil. Por este motivo, se ha realizado un diseño responsivo.

<b>Prueba N°11: Pruebas interfaz web</b>			
<b>Objetivo</b>		Comprobar los elementos se adapten a la interfaz web	
<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido
<b>Escenario N°1. Interfaz inicio sesión</b>			

## Resultados esperados



- Los elementos de texto se adaptan
- Las imágenes se adaptan.

## Escenario N°2. Interfaz principal

### Resultados esperados



- Los elementos de texto y botones se adaptan
- Los elementos de gráficos e iconos se adaptan

*Ilustración 52 Pruebas diseño responsivo- Escenario web*

También se procede a indicar las pruebas para el diseño móvil.

## Prueba N°12: Pruebas interfaz móvil

**Objetivo**

Comprobar los elementos se adaptan a la interfaz móvil

<b>Resultados</b>	Resultado exitoso	X	Resultado fallido	
-------------------	-------------------	---	-------------------	--

**Escenario N°1. Interfaz inicio sesión**

**Resultados esperados**



- Los elementos de texto se adaptan
- Las imágenes se adaptan.
- Se adapta al modo oscuro

**Escenario N°2. Interfaz principal**

**Resultados esperados**



- Los elementos de texto y botones de adaptan

- Los elementos de gráficos e iconos se adaptan

Ilustración 53 Pruebas diseño responsivo - Escenario móvil

Además, se realizó pruebas de seguridad donde se interceptó el tráfico con la herramienta Wireshark, primero se capturó el tráfico, luego se revisó el tráfico del puerto 8883 y del 443, donde se revisó los paquetes para verificar que la información este cifrada.

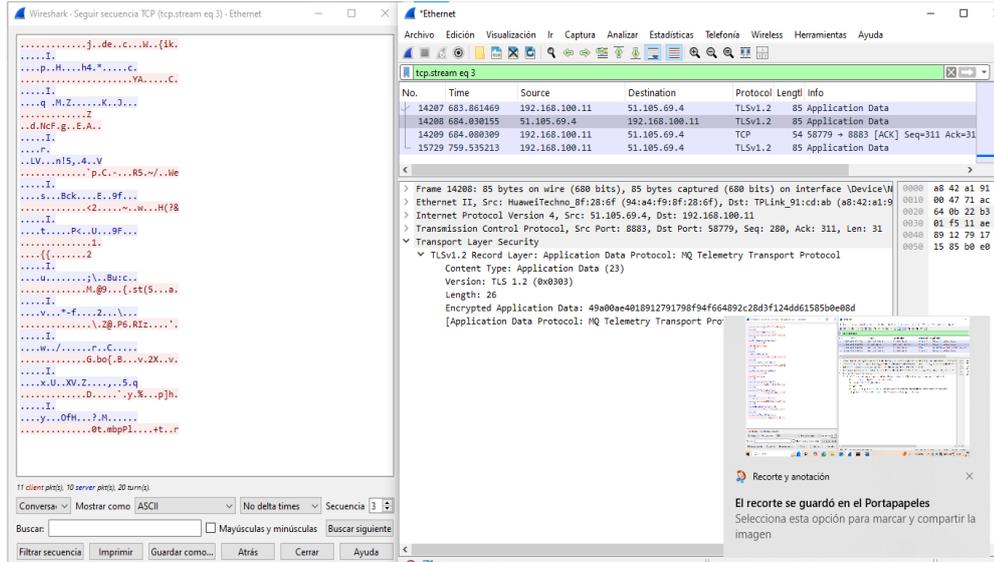


Ilustración 54 Captura de tráfico MQTT

Se capturo tráfico TLS y se revisó los paquetes para ver que no allá información sin cifrar, como se muestra a continuación.

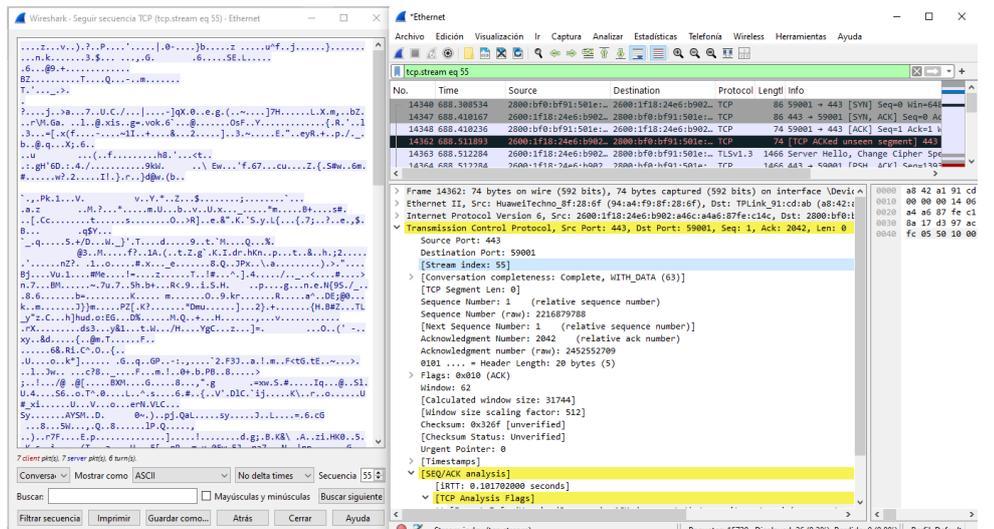


Ilustración 55 Captura de tráfico https

## 2.6. Resultados

Este proyecto contribuyó al proyecto de investigación multidisciplinar “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” (CUP: 91870000.0000.389571), liderado por el grupo de investigación Tecnología, Ciencia y Educación (TECED) de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.

Se contribuyó al objetivo específico “Integrar el sistema de adquisición de señales bioeléctricas con la plataforma libre de base de datos” del proyecto “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” al desarrollar una plataforma informática y realizar el diseño y creación del modelo de base de datos relacional MySQL para guardar los datos adquiridos del sistema de adquisición de señales bioeléctricas y la gestión general de la plataforma informática. Por lo tanto, se realizaron diferentes pruebas teniendo como resultado las siguientes.

**Resultados de las pruebas de usabilidad y diseño orientadas a la experiencia del usuario:** Se realizó un muestreo por conveniencia donde se consideró a los estudiantes de la carrera de tecnologías de la información y electrónica y automatización de 3ro, 4to, 5to y 8vo semestre, con un total de 79 personas, involucradas en las pruebas de usabilidad y diseño y experiencia de usuario, la muestra fue dividida en dos grupos, el primer grupo se realizó las primeras dando como resultado opiniones sobre mejoras del diseño y usabilidad, una vez realizada las correcciones.

Se procedió a realizar una segunda prueba, donde se obtuvieron resultados favorables respecto al diseño y usabilidad de la plataforma pruebas y con los resultados obtenidos se quedó con la segunda versión, claro recalando que será mejorada en futuras versiones de la misma. A continuación, se muestra la interfaz principal que quedó como resultado final de esta fase.



Ilustración 56 Interfaz final para el usuario paciente

**Resultados de las pruebas de simulación de estrés y rendimiento de la plataforma informática:** Se realizaron pruebas de simulación de estrés y rendimiento para ver el comportamiento de la plataforma frente a las solicitudes de un número determinado de clientes.

Cuando se realizó prueba de simulación con 1000 clientes en un minuto el tiempo de respuesta fue un promedio de 1776 ms con un 0.0% de error en las aceptaciones de las solicitudes, es decir que la plataforma podría aceptar esta cantidad de usuarios, claro teniendo en cuenta que estas son pruebas de simulación.

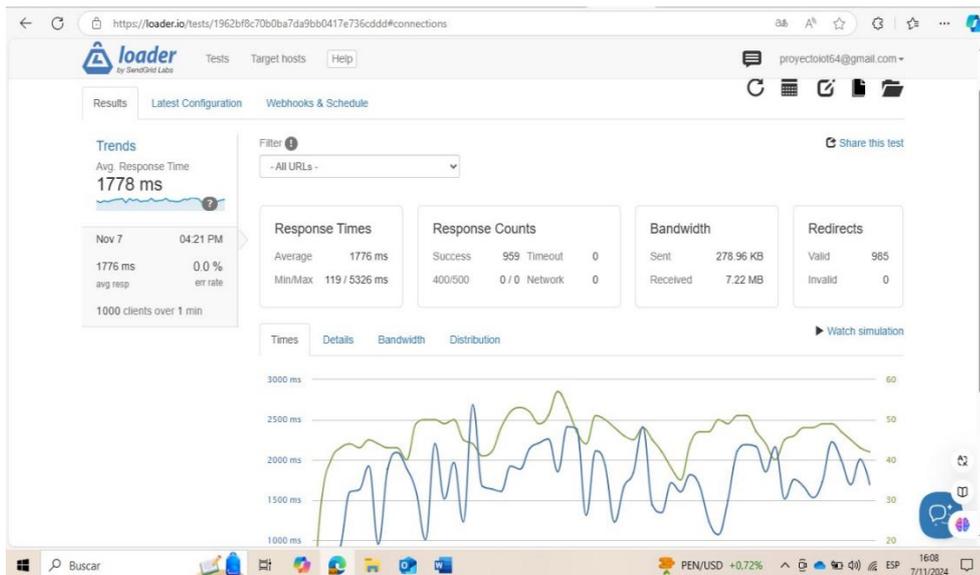


Ilustración 57 Pruebas de simulación del rendimiento de la aplicación web. Parte 1

Cuando se realizó la prueba de simulación con 5000 clientes en un minuto la respuesta en tiempo fue un promedio en 4173 ms con un error de aceptación de solicitud del 5.2% como se muestra en la Ilustración 57, es decir que la plataforma no tiene la capacidad para manejar esta cantidad de clientes en un minuto, en nuevas fases del proyecto se procedería realizar más pruebas posteriores para saber el porqué.

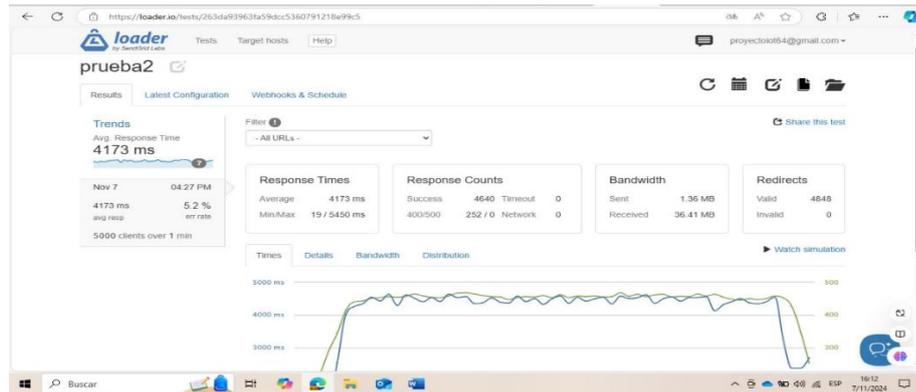


Ilustración 58 Pruebas de simulación del rendimiento de la aplicación web. Parte 2

Respecto a las alertas de los parámetros de frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, se obtiene como resultado además de mostrarse todas las alertas en la interfaz tanto paciente y médico asociado, se envía al correo como se evidencia, recalcando que solo se envían las que son categorizadas urgentes como se muestra en las Tablas 7, 8 y 9.

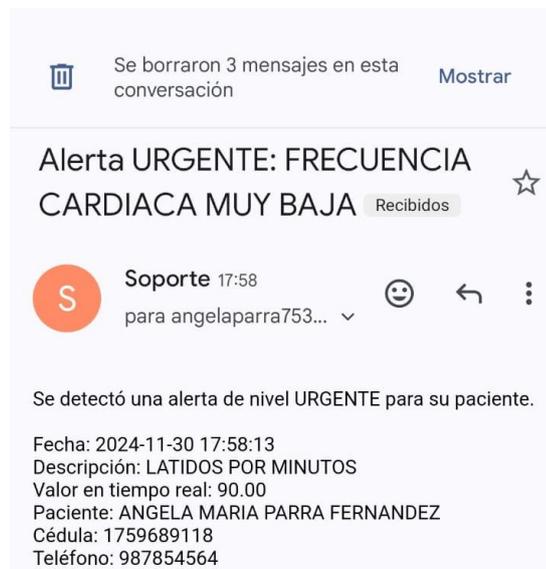


Ilustración 59 Envío de alertas al médico

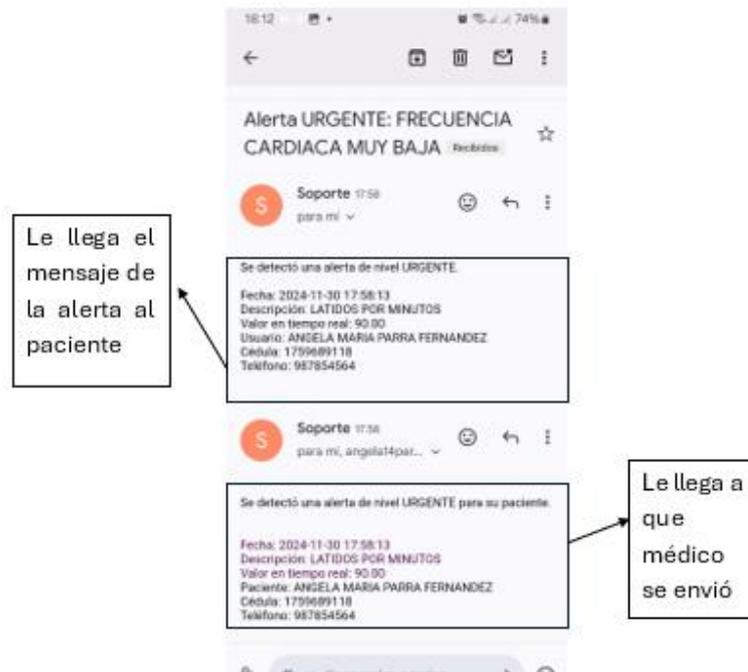


Ilustración 60 Envío de alertas al correo del paciente

## Resultados de las pruebas de seguridad de la plataforma informática.

A continuación, se muestra que se conecta al bróker a través del puerto seguro y a través de MQTT con cifrado TLS.

```

node-red
27 Nov 15:53:14 - [info] Node-RED version: v4.0.5
27 Nov 15:53:14 - [info] Node.js version: v22.11.0
27 Nov 15:53:14 - [info] Windows_NT 10.0.19045 x64 LE
27 Nov 15:53:14 - [info] Loading palette nodes
27 Nov 15:53:17 - [info] Settings file : C:\Users\DELL\.node-red\settings.js
27 Nov 15:53:17 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
27 Nov 15:53:17 - [info] User directory : \Users\DELL\.node-red
27 Nov 15:53:17 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
27 Nov 15:53:17 - [info] Flows file : \Users\DELL\.node-red\flows.json
27 Nov 15:53:17 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
27 Nov 15:53:17 - [warn]

-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
your settings file. Node-RED will then re-encrypt your credentials
file using your chosen key the next time you deploy a change.
-----

27 Nov 15:53:17 - [info] Starting flows
27 Nov 15:53:17 - [info] Started flows
27 Nov 15:53:20 - [info] [mqtt-broker:c024d2a201d7e75f] Connected to broker: mqtt://test.mosquitto.org:8883

```

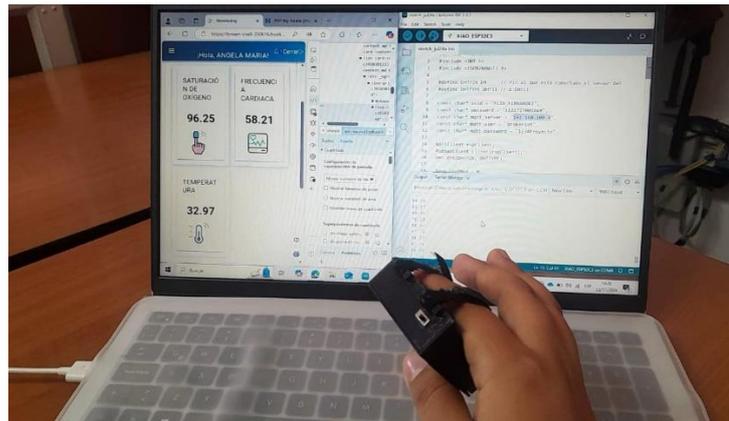
Ilustración 61 Conexión segura de MQTT

También se utilizó Wireshark para verificar que los paquetes se estén enviando en el medio estén cifrados como se muestra en la sección de pruebas y se comprobó con recursos en línea como se ve a continuación.

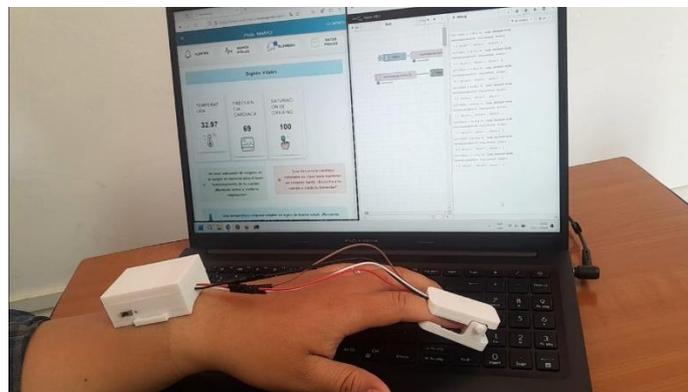
	Server	Test time	Grade
1	<a href="#">147.79.79.127</a> Ready	Wed, 27 Nov 2024 20:45:37 UTC Duration: 64.767 sec	A
2	<a href="#">2a02:4780:4d:7341:41c4:dec6:e2fe:cd90</a> Ready	Wed, 27 Nov 2024 20:46:42 UTC Duration: 56.249 sec	A

*Ilustración 62 Conexión segura de HTTPS/SSL*

**Resultados:** Integración de la plataforma con los dispositivos IoT dando un resultado exitoso, se probó con la primera versión y luego con el ya mejorado



*Ilustración 63 Integración de la plataforma con el dispositivo IoT N°1*



*Ilustración 64 Integración de la plataforma con el dispositivo IoT N°2*

## CONCLUSIONES

En la presente propuesta, utilizando las tecnologías de la información, se diseñó el prototipo de una plataforma informática para el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. Esta plataforma facilita el monitoreo remoto de los pacientes y permite la integración de los especialistas en salud, optimizando el seguimiento y la atención médica.

Se realizó una investigación bibliográfica y recopilación de datos a través de métodos de recolección de datos, primeramente, a los docentes especialistas integrados en el proyecto de investigación “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” como a un médico general, un especialista en cardiología, a un enfermero, entrevista a los estudiantes y también se realizó el método de observación en un subcentro. Estos métodos permitieron la obtención de toda la información que permitió elaborar los requerimientos técnicos y funcionales de la plataforma informática, adecuándose a las necesidades específicas de cada uno de los usuarios.

En base en los datos recopilados en la entrevista con el cardiólogo y las encuestas realizadas al médico general y al enfermero, se diseñó una interfaz de usuario enfocada a las necesidades del médico, esta interfaz permite al médico acceder al listado de sus pacientes y consultar los datos de los parámetros de temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca. Además, ofrece la posibilidad de visualizar el historial de estos datos, tanto en formato detallado como gráficos que muestran la variación de los valores por hora en el rango de días seleccionados. Como función principal, la interfaz incluye un panel para visualizar las alertas generadas por los signos vitales durante el día, facilitando así la monitorización y el seguimiento de los pacientes. Por último, un médico general evaluó la plataforma informática dando un 90% de aceptación, se evaluó en base a unas métricas como se muestra en el Anexo 8.

También la plataforma permite el monitoreo en tiempo real de parámetros de temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca. Tanto la aplicación móvil como la web ofrecen acceso para que tanto médicos como pacientes, y sus familiares, puedan ingresar desde cualquier dispositivo y monitorear constantemente el estado de salud, brindando mayor tranquilidad y apoyo en la gestión del bienestar del paciente.

Se desarrolló un modelo de base de datos relacional en MySQL, que permite almacenar de manera eficiente los datos de los parámetros de temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca, provenientes de los dispositivos y toda la información necesaria del paciente e información para el correcto funcionamiento de la plataforma informática, asegurando una gestión organizada y accesible de la información.

Se crearon disparadores en la base de datos que se activan una vez detecte valores fuera de los rangos establecidos para los parámetros de temperatura corporal, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca, estos rangos fueron identificados en base a la revisión bibliográfica donde se identificaron los valores considerados alarmantes para los signos vitales de las personas. Cuando se detectan datos fuera de los límites establecidos, los disparadores recopilan la información necesaria y los guarda en una tabla, que luego es procesada por un script PHP. Este script envía las alertas por correo electrónico tanto al paciente como al médico, pero solo aquellas clasificadas como de nivel urgente, garantizando así que el sistema genere notificaciones oportunas y relevantes en situaciones críticas.

En el desarrollo de esta propuesta tecnológica se aplicó todas las bases y el conocimiento adquirido a lo largo de mi formación profesional, dando como resultado un prototipo para el monitoreo de los parámetros de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal que contribuye al proyecto de investigación “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” liderado por el grupo TECED.

## RECOMENDACIONES

Considerando que esta propuesta es el primer prototipo de la plataforma informática que contribuye al proyecto de investigación “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas”, se sugiere las siguientes mejoras para las siguientes versiones. Dado que la infraestructura de la plataforma informática permite agregar más módulos se sugiera trabajar directamente con un médico para agregar más funciones que sean de suma importancia.

Dado que en este primer prototipo se consideró el sistema de mensajería directo entre paciente-médico, se sugiere que en mejoras futuras se implemente el sistema de mensajería incluyendo al asistente y administrador, y agregarle más funciones al asistente como poder ingresar los datos que capture al momento que el paciente asisten al centro de salud, agregarle la funcionalidad al administrador de agregar más centros hospitalarios y especialidades.

También se sugiere que en futuras mejoras trabajar con recomendaciones de salud personalizada para cada paciente. Además, considerar trabajar con ambos tipos de base de datos, en este prototipo solo se trabajó con base de datos relacional. Pero si se espera más volumen de datos se sugiera combinar, trabajar las relaciones paciente-médico con base de datos relacional y para el almacenamiento de los datos enviados a través del dispositivo gestionarlo en base de datos no relacional, porque esta permite un crecimiento horizontal a diferente de la relacional que funciona más para poner llevar una correcta relación entre los datos de los pacientes e historial clínico y su crecimiento es vertical.

Teniendo en cuenta que el hosting donde esta subido la aplicación web, API y base de datos tiene recurso limitados de 200 GB de almacenamiento por ende se sugiere migrar a un alojamiento más robusto o a su vez implementar la infraestructura física.

## REFERENCIAS

- [1] I. P. S. L. Z. e. a. Chen, «Dispositivos y sistemas biomédicos personalizados para aplicaciones sanitarias,» vol. 6, pp. 3-12, 2011.
- [2] J. Yang, «Flexible Biosensors and Intelligent Medical Devices in Health and Disease. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology,*» vol. 10, 2022.
- [3] J. M. I. T. J. G. J. M.-E. M. L. S. & S. L. Escayola, «Avances innovadores recientes en ingeniería biomédica: diseño basado en estándares para la p-salud ubicua,» *Cuarta Multiconferencia Internacional sobre Computación en la Tecnología de la Información Global*, pp. 109-117, 2009.
- [4] Medecu, «Equipos Médicos,» [En línea]. Available: <https://medecu.ec/categoria-producto/equipos-medicos/>. [Último acceso: 20 09 2024].
- [5] Organización Mundial de la Salud, «La OMS publica las primeras directrices sobre intervenciones de salud digital,» 17 04 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news/item/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la%20Salud%20%28OMS%29%20publica,tecnolog%C3%ADas%20digitales%20%28en%20tel%C3%A9fonos%20m%C3%B3viles%20>
- [6] C. Tarazona, X. Acosta y a. A. P. González, «Aplicación del Internet de las Cosas al Monitoreo de signos vitales para enfermedades crónicas,» *Identidad Energetica*, vol. 3, 2020.

- [7] J. V. e. al., «Parámetros Cardiovasculares y su Variación Posterior a una Atención de Urgencia Odontológica,» *International Journal of Odontostomatology*, vol. 15, nº 4, pp. 1019-1025.
- [8] H. M. Torres Salamea y J. E. Crespo Moscoso, «Estudio de las señales bioeléctricas del corazón, su adquisición y procesamiento y aplicación con el electrocardiógrafo,» Universidad del Azuay, [En línea]. Available: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/222>. [Último acceso: 24 05 2024].
- [9] . M. E. Alomoto Tomalá, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO,» 2024. [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12242/1/UPSE-MEA-2024-0006.pdf>.
- [10] «Ingeniería de Software,» *Sétima Edición*, Vols. %1 de %2ISBN: 84-7829-074-5, pp. 354-691, 2005.
- [11] C. C. Y. P. a. M. D. W. a. P. B. a. D. Fenstermacher, «Editorial: Special Issue on Health Informatics and Personalized Medicine,» *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 60, pp. 143-146, 2013.
- [12] Fitbit, «Google Fitbit,» [En línea]. Available: <https://www.fitbit.com/global/es/home>. [Último acceso: 24 09 2024].
- [13] Samsung, «Galaxy Ring,» [En línea]. Available: <https://www.samsung.com/mx/rings/galaxy-ring/galaxy-ring-titanium-black-size-5-sm-q505nzkamxo/>. [Último acceso: 26 09 2020].
- [14] Z. R. Nandi, ««Monitor de signos vitales portátil (Master's thesis),» *Universidad Autónoma de Guerrero*.

- [15] O. M. M. y R. M. R., «Monitor Biomédico Portátil con Comunicación vía Bluetooth a Dispositivos Móviles con Sistema Operativo Windows,» *Memorias Del Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica*, vol. 2, nº 1, pp. 323-327, 2017.
- [16] R. E. C. Clavijo, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto de ritmo,» 2021.
- [17] W. L. Garzón y J. C. López, «Tecnología internet of things (IoT) y el big data,» *Mare Ingenii*, vol. 1, nº 1, pp. 73-79, 2019.
- [18] W. X. H. Y. J. C. S. Z. L. C. Xiangnan Tang, «A multiparameter wearable physiologic monitoring system for space and terrestrial applications,» *in IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 9, nº 3, pp. 382-391, 2005.
- [19] O. M. M. y R. M. R., «Monitor Biomédico Portátil con Comunicación vía Bluetooth a Dispositivos Móviles con Sistema Operativo Windows,» *Memorias Del Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica*, vol. 2, nº 1, pp. 323-327, 2017.
- [20] A. S. y M. Gámez, «Propuesta de sistema innovador de comunicación digital utilizando IoT para equipo biomédico de monitoreo de pacientes : de interés sector salud pública,» *ITCA Editores*, 2021.
- [21] B. Blasco y R. G. , «Saturación de oxígeno,» de *Técnicas básicas de enfermería*, p. 177.
- [22] Organización Panamericana de la salud, «Tabla presión arterial media y signos vitales,» 29 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/documentos/tabla-presion-arterial-media-signos-vitales>.

- [23] E. R. Arias, «Investigación cualitativa,» 01 01 2021. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cualitativa.html>. [Último acceso: 17 06 2024].
- [24] S. M. Escuredo, «Metodología de Implantación del ERP Microsoft Dynamics NAV».
- [25] G. J. Villegas, O. A. Villegas y V. González Villegas, «Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273825390009>. [Último acceso: 07 08 2024].
- [26] A. Husney, Thompson Gregory y M. Gabica, «Cómo tomar el pulso (frecuencia cardíaca),» 28 03 2019. [En línea]. Available: <https://www.medicalrecords.com/health-a-to-z/c-mo-tomar-el-pulso-frecuencia-card-aca-multimedia-es>.
- [27] Herrera, «Control signos vitales,» de *Manual de técnicas de enfermería*, 2018 ed., p. 117.
- [28] S. (. Renton, «Pulso y presión arterial,» de *Procedimientos de enfermería clínica*, ELSEVIER, 2021, p. 33.
- [29] H. G. Alfonso, «Bradicardia sintomática y uso de marcapasos en el servicio de urgencias,» *Revista de la Facultad de Medicina*, vol. 55, n° 3, pp. 191-209, 2007.
- [30] C. Sense, «¿Qué es la saturación del oxígeno?,» 11 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.cardiacsense.com/que-es-la-saturacion-del-oxigeno/>.

- [31] B. C. T. F. y. W. J. I. I. Geneva, «Normal Body Temperature: A Systematic Review,» *Open Forum Infectious Diseases*.
- [32] B. e. a. CASTANEDA, «Temperatura corporal, termómetros y salud,» *Epistemus (Sonora)*, vol. 15, nº 30, pp. .53-57, 2021.
- [33] M. & Q. M. Aslam, «La temperatura corporal tiene alguna influencia o relación con los ronquidos,» *Revista Internacional de Estudios de Investigación en Biociencias*, 2019.
- [34] T. M. N. S. Y. W. M. S. H. U. Y. Y. K. H. N. &. U. T. Shimada, «Análisis de los síntomas clínicos y resonancia magnética cerebral del golpe de calor: 2 reportes de casos y una revisión de la literatura,» *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : la revista oficial de la National Stroke Association*, vol. 104511, 2019.
- [35] S. (. Renton, «Temperatura corporal,» de *Procedimientos de enfermería clínica*, ELSEVIER, 2021, p. 45.
- [36] Real academia española, «Estatura,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/estatura>. [Último acceso: 26 09 2024].
- [37] Clinica Universitaria de Navarra, «Peso corporal,» [En línea]. Available: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/peso-corporal>. [Último acceso: 26 09 2024].
- [38] Bupa, «Peso saludable para adultos,» Aseguradora Bupa, [En línea]. Available: <https://www.bupasalud.com.ec/salud/peso-saludable>. [Último acceso: 26 09 2024].
- [39] github, «Validación cédulas y números de RUC de Ecuador,» [En línea]. Available: Validación cédulas y números de RUC de Ecuador.. [Último acceso: 28 10 2024].

- [40] Empresas Ecuador, «Validación de la autenticidad de una cédula: métodos y consideraciones,» 2023. [En línea]. Available: <https://empresasecuador.com/como-saber-si-la-cedula-es-real/>.
- [41] Guinness World Records, 04 03 2024. [En línea]. Available: <https://www.guinnessworldrecords.es/news/2024/3/maria-branyas-morera-la-persona-mas-longeva-del-mundo-cumple-117-anos#:~:text=La%20espa%C3%B1ola%20de%20origen%20estadounidense%20Mar%C3%ADa%20Branyas%20Morera%2C,m%C3%A1s%20longeva%20del%20mundo%2C%20tiene%20.> [Último acceso: 2024 09 2024].
- [42] EL PAÍS, «El récord Guinness al hombre más gordo del mundo supera la covid-19,» *EL PAÍS*, 29 09 2020.
- [43] J. Boye, «Guinness World Records,» 09 02 2024. [En línea]. Available: <https://www.guinnessworldrecords.es/news/2024/2/sultan-kosen-el-hombre-mas-alto-del-mundo-y-celebra-el-aniversario-de-su-record>. [Último acceso: 26 09 2024].
- [44] P. Udayakumar y R. Anandan, «Evaluación de IDS centrados en el protocolo para el IoMT aprovechando las técnicas de ML,» *5º Congreso Mundial Anual de IoT de IA IEEE, AIIoT 2024*, pp. 546-551, 29 05 2024.
- [45] P. Scarlet, «tecnologías inalámbricas,» [En línea]. Available: <https://www.muytecnicos.com/diccionario-tecnologico/tecnologia-inalambrica>. [Último acceso: 29 08 2024].
- [46] NetSpot, «¿Qué significa WiFi y cómo funciona?,» [En línea]. Available: <https://www.netspotapp.com/es/blog/all-about-wifi/what-is-wifi.html>. [Último acceso: 29 08 2024].

- [47] React, [En línea]. Available: <https://es.react.dev/>. [Último acceso: 25 10 2024].
- [48] Angular, «¿Qué es Angular?,» [En línea]. Available: <https://angular.dev/overview>. [Último acceso: 07 06 2024].
- [49] django, [En línea]. Available: <https://www.djangoproject.com/>. [Último acceso: 23 10 2024].
- [50] ionic framework, «El SDK móvil para la Web,» [En línea]. Available: <https://ionicframework.com/>. [Último acceso: 03 08 2024].
- [51] php, «php,» [En línea]. Available: <https://www.php.net/>. [Último acceso: 03 08 2024].
- [52] Y. a. C. P. a. P.-D. A.-M. Brault, «Identification of Variability Implementations in TypeScript: the 2Cities Visualization,» *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 22-25, 2024.
- [53] Y. & K. S. Lysetskyi, «Software-defined data storage systems. Multimedia Systems,» vol. 1, pp. 17-23, 2021.
- [54] S. J. W. J. H. L. M. H. J. H. A. G. X. & H. D. Kim, «The bottom of the memory hierarchy: Semiconductor and DNA data storage,» *MRS Bulletin*, pp. 1-13, 2023.
- [55] T. Milster, «Data Storage,» *Optical*, 2024.
- [56] Y. & H. S. Cho, «Scanning probe-type data storage beyond hard disk drive and flash memory,» *MRS Bulletin*, vol. 43, pp. 365-370, 2018.
- [57] M. D. J. R. H. & L. M. (. B. D. S. Strohbach, «Data Storage,» pp. 119-141.

- [58] Á. Gutiérrez, «Almacenamiento en la nube,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.acta.es/medios/informes/2018004.pdf>.
- [59] R. Manthey, «An Introduction to Relational Databases,» 2008. [En línea]. Available: [https://pages.iai.uni-bonn.de/manthey\\_rainer/TIS2018/Relational%20Databases.pdf](https://pages.iai.uni-bonn.de/manthey_rainer/TIS2018/Relational%20Databases.pdf). [Último acceso: 25 09 2024].
- [60] MySQL, «¿Por qué MySQL?,» [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/why-mysql/>.
- [61] Editorial Etecé, «HTTP,» 19 11 2023. [En línea]. Available: <https://concepto.de/http/#:~:text=El%20http%20%28del%20ingl%C3%A9s%20HyperText%20Transfer%20Protocol%20o,la%20hora%20de%20transmitir%20informaci%C3%B3n%20por%20la%20red..>. [Último acceso: 25 08 2024].
- [62] AWS, «¿Qué es el MQTT?,» Amazon Web Services, [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>. [Último acceso: 25 08 2024].
- [63] R. Light, «Mosquitto: implementación del protocolo MQTT en servidores y clientes,» *The Journal of Open Source Software*, vol. 2, n° 13, 2017.
- [64] R. H. S. S. A.-r. A. M. J. a. A. H. M. A. A. S. Sadeq, «A Qos Approach For Internet Of Things (Iot) Environment Using Mqtt Protocol,» *International Conference on Cybersecurity (ICoCSec)*, pp. 59-63, 2019.
- [65] A. G. C. L. Olivier Deschambault, «Efficient Implementation of the MQTT Protocol for Embedded Systems,» *JOURNAL OF*

*INFORMATION PROCESSING SYSTEMS*, vol. 13, n° 1, pp. 28-39, 09 2017.

- [66] I. & M. A. Fette, «The WebSocket Protocol,» *RFC*, vol. 6455, pp. 1-71, 2011.
- [67] Y. Yu, «Tecnología de encriptación para la protección de la seguridad de datos de redes informáticas,» *Redes de seguridad y comunicación*, 2022.
- [68] M. D. L. K. G. & L. A. MontazeriShatoori, «Detección de túneles DoH mediante la clasificación de series temporales de tráfico cifrado,» *2020 IEEE Intl Conf on Trustable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)*, pp. 63-70, 2020.
- [69] S. Turner, «Seguridad de la capa de transporte,» *IEEE Internet Computing*, vol. 18, n° 60-63, 2014.
- [70] X. N.-P. M. & S. A. Bonnetain, «Análisis de seguridad cuántica de AES,» *IACR Cryptol. ePrint Arch.*, p. 272, 2019.
- [71] T. E. S. & N. E. Batubara, «Rendimiento del análisis Algoritmo BCRYPT para mejorar la seguridad de las contraseñas frente a la fuerza bruta,» *Revista de Física: Serie de Conferencias*, p. 1811, 2021.
- [72] M. A. Bejarano Reyes, «Desarrollo de un sistema de monitoreo remoto de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes con tratamiento domiciliario empleando cloud computing,» 2022. [En línea]. Available: <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/81f7b418-ca31-417f-b4eb-d2a18b50e430/content>.

- [73] T. M. L. M. V. N. Z. y. .. A. .. M. O. L. Rueda, «Variabilidad de la frecuencia cardiaca como variable pronóstica de morbi-mortalidad en la fase aguda (intra-hospitalaria) del infarto del miocardio,» *Revista Médica Sanitas*, vol. 12, n° 3, pp. 36-53, 2009.
- [74] G. e. a. Perkins, «Oxygen therapy in acute care,» *The Lancet Respiratory Medicine*, vol. 6, n° 1, pp. 12-16, 2008.
- [75] P. W. e. a. Yoon, «Research priorities for evaluating family history in the prevention of common chronic diseases,» *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 24, n° 2, pp. 128-135.
- [76] K. R. K. S. F. N. S. L. Y. S. H. Y. L. W. Y. N. a. Y. Y. C. M. K. Maharajan, «Public Perception of the Risk of Heart Disease and Their Willingness to Pay for Its Diagnosis in Malaysia,» *Journal of Vascular Diseases*, 2023.
- [77] Naciones Unidas, «Más del 75% de la población mundial tiene un teléfono celular y más del 65% usa el internet,» 26 12 2023. [En línea]. Available: <https://www.ungeneva.org/es/news-media/news/2023/12/88874/mas-del-75-de-la-poblacion-mundial-tiene-un-telefono-celular-y-mas>.
- [78] S. Kalam y A. K. Keshri, «Advancing IoMT security: A two-factor authentication model employing PUF and Fuzzy logic techniques,» *Computers & Security*, vol. 148, p. 104138.
- [79] A. K. y. R. Prasad, «Internet de las cosas: dar forma a la atención sanitaria durante la pandemia de COVID-19,» *Simposio Internacional sobre Comunicaciones Multimedia Personales Inalámbricas (WPMC) de 2021*, pp. 1-6.

- [80] A. S. R. S. B. G. Yali Tai, «Internet of things-enabled intelligent systems for remote chronic disease monitoring,» *STM journals collect Browse the full list of titles*, vol. 35, n° 4, 26 12 2023.
- [81] G. M. B. O. e. al., «Comparison Between MQTT and WebSocket Protocols for IoT Applications Using ESP8266,» *Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT*, pp. 236-241, 2018.
- [82] J. O. & K. C. W. Seo, «Design and implementation of realtime things control system using MQTT and WebSocket in IoT environment,» *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 13(3), pp. 517-524, 2018.
- [83] Organización mundial de la salud, «classification de enfermedades,» [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/standards/classifications/classification-of-diseases>. [Último acceso: 13 09 2024].
- [84] Ministerio de salud publica, «Prevención, diagnostico y tratamiento de la enfermedad renal crónica,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/guia\\_prevenion\\_diagnostico\\_tratamiento\\_enfermedad\\_renal\\_cronica\\_2018.pdf](https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/guia_prevenion_diagnostico_tratamiento_enfermedad_renal_cronica_2018.pdf).
- [85] Ministerio de Salud Pública, «Cuadro Nacional de Medicamentos Básico CNMB,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.salud.gob.ec/cuadro-nacional-de-medicamentos-basico-cnmb/>. [Último acceso: 07 10 2024].
- [86] S. Al-Fedaghi, «Modelando la Realización y Ejecución de Funciones y Requisitos Funcionales,» 2019. [En línea]. Available:

[https://sga.unemi.edu.ec/media/recursotema/Documento\\_202191616491.pdf](https://sga.unemi.edu.ec/media/recursotema/Documento_202191616491.pdf).

- [87] L. & L. J. Chung, «Sobre los requisitos no funcionales en la ingeniería del software,» pp. 363-379, 2009.
- [88] D. L. E. Maya, «Arquitectura de Software basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web,» [En línea]. Available: <http://138.59.13.30/bitstream/10786/1277/1/93%20Arquitectura%20de%20Software%20basada%20en%20Microservicios%20para%20Desarrollo%20de%20Aplicaciones%20Web.pdf>.
- [89] M. S. M. H. C. & K. G. Seidl, «El diagrama de casos de uso,» pp. 23-47, 2015.
- [90] F. L. Osorio Rivera, «BASE DE DATOS RELACIONALES TEORIA Y PRÁCTICA,» *Intituto Tecnológico Metropolitano*, 2008.
- [91] X. Illa Burgués , «Diseño lógico de base de datos,» *Universidad Oberta de catalunya*, pp. 50-54.
- [92] L. & G. I. Giurgiu, «Técnicas de diseño web responsivo. Conferencia internacional ORGANIZACIÓN BASADA EN EL CONOCIMIENTO,» vol. 23, pp. 37-42, 2017.
- [93] M. Z. Y. S. S. J. J. & O. A. Laine, «Responsive and Personalized Web Layouts with Integer Programming,» *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2021.
- [94] Justinmind, «Interaction design and prototyping tool for web and mobile apps,» [En línea]. Available: <https://www.justinmind.com/>. [Último acceso: 25 10 2024].

- [95] C. Rodríguez Martín, «Vegan Land- diseño UX/UI de una App,» 15 06 2020. [En línea]. Available:  
<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/119046/8/carlosrx97TFG0620memoria.pdf>.
- [96] D. C. Saldarriaga Yepes, «Guía UX/UI,» 2024. [En línea]. Available:  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/34d25cad-45ba-4803-ab4f-6d5bf7e7f8e1/content>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Medición de los signos vitales.



*Ilustración 65. Medición de los signos vitales*

### Anexo 2. Formato de entrevista al grupo de investigación TECED

	<p><b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b></p> <p><b>FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES</b></p> <p><b>TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN</b></p>
<p><b>ENTREVISTA</b></p>	
<p><b>Objetivo:</b> Determinar cuál era el propósito del proyecto de “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas”, que se</p>	

quiere realizar y hacia donde se quiere llegar, además de obtener información sobre el dispositivo IoT.

**¿De qué se trata el proyecto general?**

Crear un dispositivo IoT con comunicación Wifi para monitorear los parámetros bioeléctricos, frecuencia cardíaca, presión arterial, ECG, temperatura y saturación del oxígeno e integrarlo con una plataforma informática. La tecnología IoT que se utiliza permite la telemedicina y la atención médica remota, lo que facilita la consulta médica en línea y el seguimiento de pacientes desde los hogares

Aporte: El monitoreo en tiempo real de señales bioeléctricas permite la detección temprana de problemas de salud, lo que promueve la prevención de enfermedades y la intervención oportuna.

Política Sectorial: Contribuye a la política de promoción de la salud y la prevención de enfermedades, reduciendo la carga de enfermedades crónicas y mejorando la calidad de vida de los residentes de Santa Elena.

**¿Cuáles son los objetivos del proyecto?**

Objetivo general: Desarrollar un equipo médico innovador y seguro que permita la adquisición remota y en tiempo real de señales bioeléctricas del cuerpo humano, utilizando tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) para mejorar el monitoreo médico, la atención al paciente y la gestión de datos clínicos.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar un sistema de adquisición de señales bioeléctricas.
2. Conectar el equipo biomédico a la plataforma IoT.
3. Integrar el sistema de adquisición de señales bioeléctricas con la plataforma libre de base de datos.

**Anexo 3.** Formato de entrevista especialista en cardiología

	<p><b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b></p> <p><b>FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES</b></p> <p><b>TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN</b></p>
<p><b>Entrevista Dr. Holger Sánchez</b></p>	
<p><b>Objetivo:</b> Conocer y corroborar información acerca de los parámetros biomédicos a monitorear.</p>	
<p>¿Cuáles son los parámetros más críticos para monitorear en tiempo real para pacientes con problemas cardíacos?</p>	
<p>Cuatro parámetros para tener información general del paciente son: La frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno, la presión arterial, y la temperatura corporal</p>	
<p>¿Existen situaciones específicas en las que ciertos parámetros pueden variar sin que necesariamente se trate de una emergencia?</p>	
<p>Si ya que los signos vitales varían dependiendo varios factores, por ejemplo, no es lo mismo una persona en reposo a una persona que este haciendo ejercicio, porque con el ejercicio parámetros como frecuencia cardíaca, la presión arterial y la temperatura pueden aumentar y no necesariamente significa que sea una emergencia.</p>	
<p>¿Qué opinión tiene acerca del proyecto?</p>	
<p>Me parece muy bueno, y me parece una gran herramienta para las personas que ya presentan alguna enfermedad crítica y necesiten estar monitoreados en todo momento.</p>	

**Anexo 4.** Formato de encuesta dirigida a médico general

 <p><b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b></p> <p><b>FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES</b></p> <p><b>TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN</b></p>
<p><b>Encuesta dirigida a médico</b></p>
<p><b>Objetivo:</b> Esta encuesta tiene como propósito recopilar información sobre datos médicos, diseño y opinión de los profesionales en la salud en relación con las plataformas informáticas de monitoreo de parámetros biomédicos.</p>
<p><b>Tema:</b> Diseño de una plataforma informática para el monitoreo de los parámetros biomédicos</p>
<p>Nombre: Sheyla Ivette Palma Suárez</p>
<p><b>¿Cuál es su título profesional en el área de la salud?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Neurólogo</li><li><input type="radio"/> Cardiólogo</li><li><input checked="" type="radio"/> Médico general</li><li><input type="radio"/> Otros: ...</li></ul>
<p><b>Centro de salud donde trabaja</b></p> <p>Belleza Central</p>
<p><b>¿Qué necesidades se podría solventar con una plataforma informática que monitoree los signos vitales integrados con un dispositivo IoT que obtiene datos en tiempo real?</b></p>

- Una plataforma de monitoreo de signos vitales podría ayudar a pacientes con enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión o insuficiencia cardíaca a gestionar mejor su condición, detectar complicaciones a tiempo y reducir las hospitalizaciones
- Los adultos mayores podrían beneficiarse de un monitoreo continuo de sus signos vitales, lo que permitiría una detección temprana de caídas, infecciones o cambios en su estado de salud y una respuesta más rápida por parte de sus cuidadores
- Los profesionales de la salud podrían utilizar esta plataforma para tomar decisiones más informadas sobre el tratamiento de sus pacientes, identificar patrones en los datos y mejorar la eficiencia de la atención médica
- Otra...

**¿Qué tipo de alertas te gustaría recibir respecto a los signos vitales?**

- Valores fuera de rango
- Notificaciones de emergencia
- Otra...

**¿Qué parámetros biomédicos considera usted que son fundamentales para monitorear en una plataforma informática?**

Signos vitales

**¿Qué información adicional, además de los signos vitales, le sería útil visualizar en esta plataforma?**

Historial médico

**¿Con qué frecuencia le gustaría acceder a los datos de sus pacientes en la plataforma?**

- En cada consulta
- Diariamente

<ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Semanalmente</li><li><input type="radio"/> Mensualmente</li></ul>
<p><b>¿Qué tipo de visualización de datos prefiere?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Gráficas</li><li><input type="radio"/> Tablas</li><li><input checked="" type="radio"/> Una combinación de ambas</li></ul>
<p><b>¿Qué nivel de detalle le gustaría tener en los datos de los signos vitales?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="radio"/> Valores numéricos exactos</li><li><input type="radio"/> Tendencias a lo largo del tiempo</li><li><input checked="" type="radio"/> Alertas en caso de valores anormales</li><li><input type="radio"/> Otra...</li></ul>
<p><b>¿Qué preguntas realiza de manera rutinaria a sus pacientes para obtener una historia clínica completa?</b></p> <p>Antecedentes personales, antecedentes familiares, alergias, motivo de consulta cronología, evolución de la enfermedad y tratamientos anteriores</p>
<p><b>¿Ha tenido alguna experiencia con el uso de un sistema informático para la monitorización de los signos vitales en tiempo real a pacientes que están a distancia?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Si</li><li><input checked="" type="radio"/> No</li></ul>
<p><b>¿Desde su punto de vista considera importante contar con una plataforma informática para monitorear los signos vitales de tus pacientes o familiares que están a distancia?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="radio"/> Si</li><li><input type="radio"/> No</li></ul>

**La monitorización de los signos vitales a distancia y en tiempo real debería ser utilizada en:**

- Todas las personas
- Niños
- Adultos mayores
- Personas con enfermedades
- Otra...

**Anexo 5.** Formato de encuesta dirigida a enfermera.

 <p><b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b></p> <p><b>FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES</b></p> <p><b>TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN</b></p>
<p><b>Encuesta dirigida enfermera</b></p>
<p><b>Objetivo:</b> Esta encuesta tiene como propósito recopilar información sobre el uso y las necesidades de los profesionales de enfermería en relación con las plataformas informáticas de monitoreo de parámetros biomédicos.</p> <p><b>Tema:</b> Diseño de una plataforma informática para el monitoreo de los parámetros biomédicos</p>
<p><b>Nombre:</b> Diana Ayala Perez</p>
<p><b>¿Considera que el uso de una plataforma informática de monitoreo en tiempo real podría reducir errores humanos en la medición de parámetros?</b></p> <p>Si</p>

**¿Qué características le gustaría que una plataforma informática de monitoreo de parámetros biomédicos tuviera para facilitar trabajo?**

El manejo de equipos

**¿Ha tenido problemas con la exactitud o confiabilidad de los datos monitoreados automático?**

Si

**Describe tu percepción sobre el nivel de seguimiento de la salud y monitoreo de signos vitales en la provincia de Santa Elena.**

Falta mejorar la promoción de Salud

**¿Qué herramientas o plataformas informáticas utiliza actualmente para registrar o monitorear los signos vitales? (Seleccione todas las que apliquen)**

- Sistemas electrónicos de registro médico
- Hojas de cálculo (Excel, Google Sheets)
- Software hospitalario integrado
- Registros en papel
- Otros

**¿Qué dispositivos utiliza para realizar la lectura de los signos vitales? (Seleccione todas las que considere necesarias)**

- Monitores multiparámetros electrónicos
- Tensiómetros digitales
- Oxímetros de pulso
- Termómetros digitales
- Dispositivos manuales tradicionales (estetoscopio, esfigmomanómetro, etc.)
- Otros: ...

**¿Qué signos vitales considera más críticos para la monitorización continua?**

Presión arterial

**¿Qué información biomédica le gustaría poder visualizar de manera más eficiente en una plataforma informática? (Seleccione todas las que apliquen)**

- Tendencias de signos vitales a lo largo del tiempo
- Alertas personalizadas
- Historial médico del paciente**
- Otros...

**¿Cuáles son los principales retos que enfrenta al intentar monitorear múltiples parámetros biomédicos de varios pacientes a la vez? (Seleccione todas las que apliquen)**

- Sobrecarga de información
- Dificultad para priorizar alertas
- Tiempo insuficiente para revisar todos los datos**
- Errores en la entrada de datos
- Otros: ...

**Anexo 6.** Formato de encuesta dirigida a estudiantes



**UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA  
ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN**

<p>Encuesta dirigida a estudiantes de Universidad Estatal Península de Santa Elena</p>
<p><b>Objetivo:</b> Esta encuesta tiene como propósito recopilar información sobre el uso y las necesidades de las personas en relación con las plataformas informáticas de monitoreo de parámetros biomédicos.</p>
<p><b>Tema:</b> Diseño de una plataforma informática para el monitoreo de los parámetros biomédicos</p>
<p>¿Has utilizado alguna vez una plataforma para realizar el monitoreo de signos vitales a distancia? Si es así, describe cuál fue tu experiencia y qué aspectos destacarías de ella.</p>
<p>En caso de vivir con un adulto mayor o con alguna persona con problemas de salud, ¿cómo crees que una plataforma para monitorear signos vitales a distancia podría ayudarte? Explica tu opinión.</p>
<p>¿Qué tipo de información crees que debería incluir una plataforma para el monitoreo remoto de signos vitales? Explica por qué consideras importante esa información.</p>
<p>¿Qué opinas sobre la posibilidad de que tu médico acceda a los datos de sus signos vitales recopilados por la plataforma informática, así como a las alertas automáticas en caso de detectar valores anormales? ¿Crees que esto podría ayudarte a recibir una mejor atención médica? Explica por qué.</p>

**Anexo 7. Pruebas de interfaz de usuario y experiencia de usuario.**



*Ilustración 66 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario*



*Ilustración 67 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario*



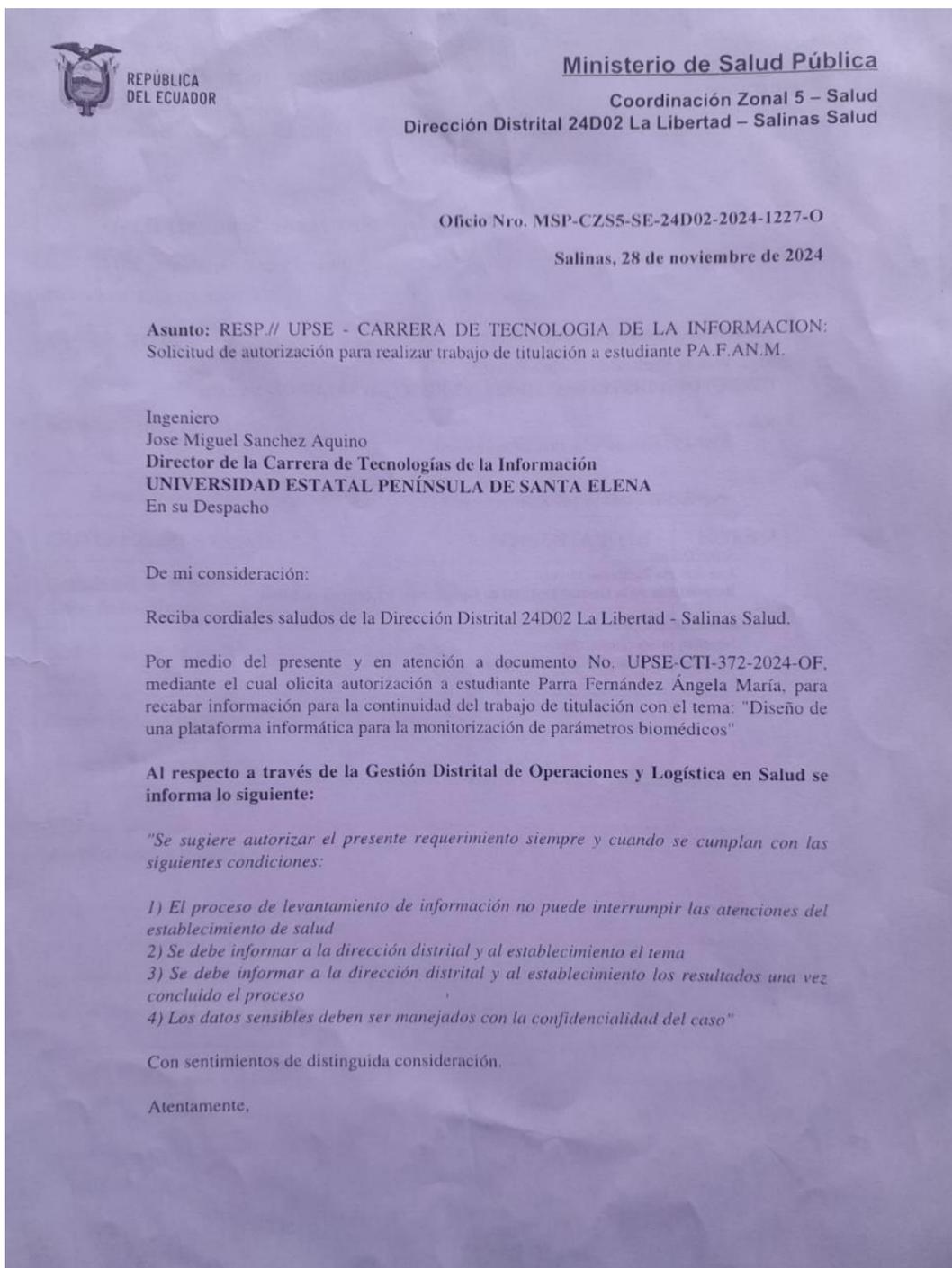
*Ilustración 68 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario*



*Ilustración 69 Pruebas de interfaz de usuario y experiencia del usuario*



## Anexo 9 Autorización del Ministerio de Salud Pública



*Ilustración 71 Autorización por parte del Ministerio de Salud Pública*