



UPSE

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

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Desarrollo de una plataforma informática para el monitoreo remoto del
electrocardiograma y detección de falsos positivos

AUTOR

Cisneros Matías, Gustavo Alejandro

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, Ph.D.

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**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. Walter 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 Gustavo Alejandro Cisneros Matías, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

La Libertad, a los 20 días del mes de junio del año 2025

TUTOR



Marcia Marisol Bayas
Sampedro



Ing. Comp. Bayas Sampedro

Marcia Marisol. Ph.D



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

Yo, Gustavo Alejandro Cisneros Matías

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, (Desarrollo de una plataforma informática para el monitoreo remoto del electrocardiograma y detección de falsos positivos) previo a la obtención del título en Ingeniero en Tecnologías de la Información, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías.

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, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 20 días del mes de junio del año 2025

EL AUTOR



Gustavo Alejandro Cisneros Matías



**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 (Desarrollo de una plataforma informática para el monitoreo remoto del electrocardiograma y detección de falsos positivos), presentado por el estudiante, Gustavo Alejandro Cisneros Matías, fue enviado al Sistema Antiplagio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 9%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

INFORME DE ANÁLISIS
register

Tesis_Cisneros
Gustavojun22_19_56

9%

Textos sospechosos



2% Similitudes

- < 1% similitudes entre comillas
- 0% entre las fuentes mencionadas

< 1% Idiomas no reconocidos

- 6% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis_Cisneros Gustavojun22_19_56.docx
ID del documento: 76bb2d44713c7b35dbbece66175f665e4985
Tamaño del documento original: 4,15 MB

Depositante: MARCIA MARISOL BAYAS SAMPEDRO
Fecha de depósito: 23/6/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 23/6/2025

Número de palabras: 17.802
Número de caracteres: 118.433

TUTOR



Marcia Marisol Bayas Sampedro
Time Stamping
Security Data

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



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Gustavo Alejandro Cisneros Matías**

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 patrimoniales del presente trabajo de titulación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 20 días del mes de junio del año 2025

EL AUTOR



Resultado de la verificación por:
**GUSTAVO ALEJANDRO
CISNEROS MATIAS**

Escáner únicamente con PíxelCC

Gustavo Alejandro Cisneros Matías

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante en mi vida académica.

A mis padres, Myrna Matías y Gustavo Cisneros, por su amor que nunca duda, su apoyo que no conoce límites y por enseñarme, con acciones más que palabras, que la perseverancia es el camino.

A mi amada Michelle Domínguez, por ser mi roca y mi refugio, por brindarme su apoyo incondicional, su amor y su comprensión en cada momento. Gracias por estar a mi lado, no solo en los momentos de éxito, sino también en los de incertidumbre, llenándome de fuerzas con tu presencia. Eres mi inspiración y mi motivación, y sin ti, este camino no habría sido el mismo.

A todos los participantes del grupo de investigación TECED, por su colaboración, compromiso y valiosas aportaciones. En especial a la Ph. D. Marcia Bayas, por su valioso acompañamiento durante el desarrollo de esta tesis.

Gustavo Alejandro, Cisneros Matías

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor incondicional. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su apoyo constante y sus palabras de aliento que siempre me motivaron a seguir adelante.

A mi amada Michelle Domínguez, por su amor, paciencia y por estar siempre a mi lado, brindándome el apoyo y la motivación necesaria para seguir adelante en cada paso de este proceso.

Gustavo Alejandro, Cisneros Matías

ÍNDICE GENERAL

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DECLARO QUE:	IV
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA.....	IX
ÍNDICE GENERAL	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
1.4 JUSTIFICACIÓN	8
1.5 ALCANCE	10
1.6 METODOLOGÍAS.....	12

1.6.1	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	12
1.6.2	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	16
1.6.3	VARIABLES	17
1.6.4	ANÁLISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	17
1.7	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	18
CAPITULO II		22
2.1	MARCO CONTEXTUAL	22
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.2.1	BASE DE DATOS.....	23
2.2.2	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	24
2.2.3	FRAMEWORKS	25
2.2.4	ENTORNO DE DESARROLLO.....	26
2.2.5	HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	27
2.2.6	DATOS BIOMÉDICOS	28
2.2.7	ESTADÍSTICA.....	31
2.3	MARCO TEÓRICO.....	33
2.3.1	ANÁLISIS DE DATOS BIOMÉDICOS COMO FUTURO DE LA MEDICINA	33
2.3.2	TEORÍA DEL INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN SALUD COMO HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN.....	33
2.3.3	TEORÍA DEL MONITOREO REMOTO DE PACIENTES (TELEMEDICINA).....	34
2.4	REQUERIMIENTOS.....	34
2.4.1	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	34
2.4.2	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	41
2.5	COMPONENTE DE LA PROPUESTA.....	41

2.5.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA	41
2.5.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO.....	42
2.5.3 DIAGRAMAS DE FLUJO	63
2.5.4 MODELADO DE DATOS	64
2.6 DISEÑO DE INTERFACES.....	69
2.7 PRUEBAS.....	79
2.8 RESULTADOS.....	84
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de metodos estadisticos	14
Tabla 2 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación	35
Tabla 3 Requerimientos funcionales - Módulo de perfil	35
Tabla 4 Requerimientos funcionales - Módulo de reportes	36
Tabla 5 Requerimientos funcionales - Módulo de falsos positivos	37
Tabla 6 Requerimientos funcionales - Módulo de datos biomedicos	37
Tabla 7 Requerimientos funcionales - Módulo de administración de dispositivos IoT .	38
Tabla 8 Requerimientos funcionales - Rol Administrador	39
Tabla 9 Requerimientos funcionales - Rol Medico	40
Tabla 10 Requerimientos funcionales - Rol Paciente.....	40
Tabla 11 Requisitos no funcionales de la plataforma	41

Tabla 12 Diagrama de caso de uso de Autenticación	43
Tabla 13 Diagrama de caso de uso de registro de usuario	45
Tabla 14 Diagrama de caso de uso visualización de signos vitales	46
Tabla 15 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del médico	48
Tabla 16 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del paciente	59
Tabla 17 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del administrador	61
Tabla 18 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del asistente	62
Tabla 19 Prueba N°1: Ingreso al sistema	79
Tabla 20 Prueba N°2: Monitoreo remoto de signos vitales	80
Tabla 21 Prueba N°3: Almacenamiento de datos de ECG	81
Tabla 22 Prueba N°4: Consulta de datos históricos de ECG	81
Tabla 23 Prueba N°5: Visualización del ECG	82
Tabla 24 Prueba N°6: Revisión de sesiones anteriores de ECG	83
Tabla 25 Prueba N°7: Detección automática de falsos positivos	83
Tabla 26 Prueba N°8: Navegación según rol	84
Tabla 27 Análisis estadístico	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Datos biomédicos. Representación de las variables en función del tipo de señal, propósito y unidad de medida	5
Ilustración 2 Metodología tradicional en cascada adaptada	19
Ilustración 3 Guía de colocación de electrodos de 3 derivaciones	30
Ilustración 4 Caso de uso general del rol médico	57
Ilustración 5 Diagrama de flujo: Procesamiento de datos biomédicos	63
Ilustración 6 Diagrama de flujo: Monitoreo del ECG	64

Ilustración 7	Modelo de la base de datos	2
Ilustración 8	Pantalla principal en computadora.....	69
Ilustración 9	Pantalla principal para móviles.....	70
Ilustración 10	Pantalla principal mientras que el menú está abierto.....	71
Ilustración 11	Pantalla Inicio de sesión en computadora.....	72
Ilustración 12	Pantalla de inicio de sesión en móvil.....	73
Ilustración 13	Pantalla de inicio en computadoras	74
Ilustración 14	Pantalla de inicio en móvil	74
Ilustración 15	Pantalla de monitoreo vista de medico en escritorio	75
Ilustración 16	Pantalla de monitoreo de paciente en móvil	76
Ilustración 17	Pantalla de monitoreo de vista médico en móvil.....	77
Ilustración 18	Pantalla de monitoreo cuando se abre el menú.....	78
Ilustración 19	Visualización del ECG en la plataforma sin falsos positivos	86
Ilustración 20	Visualización del ECG en la plataforma con falsos positivos.....	87
Ilustración 21	Grafica estadística.....	88
Ilustración 22	Grafica del dispositivo IoT del ECG	89
Ilustración 23	Historial del ECG con falsos positivos.....	90
Ilustración 24	Reporte general de datos biomedicos	90
Ilustración 25	Reporte de administrador.....	91
Ilustración 26	Reporte de medicos.....	91
Ilustración 27	Reporte de pacientes	92
Ilustración 28	Reporte de dispositivos IoT	92

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CÓDIGO PLANTUML PARA DIAGRAMAS DE CASO DE USO.....	103
A.1 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: AUTENTIFICACIÓN.....	103
A.2 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: CREACIÓN DE USUARIOS	104
A.3 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: SIGNOS VITALES.....	105
A.4 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: MÉDICO	106
A.5 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: PACIENTE.....	108
A.6 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: ADMINISTRADOR	109
A.7 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: ASISTENTE.....	111
ANEXO B. CÓDIGO PLANTUML PARA DIAGRAMAS DE FLUJO.....	112
B.1 DIAGRAMAS DE FLUJO: ALMACENAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE FALSOS POSITIVOS.....	112
B.2 DIAGRAMAS DE FLUJO: MONITOREO DEL ECG	113
ANEXO C. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PRUEBAS CON ESTUDIANTES DE TI.	114
C.1 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – PACIENTE MASCULINO	114
C.2 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – CON OTRO PACIENTE MASCULINO	115
C.3 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – CON UN PACIENTE FEMENINO	115
C.4 VISUALIZACIÓN DEL ECG.....	116
C.5 PRESENCIA DE LA TUTORA DURANTE LAS PRUEBAS	116

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma informática para el monitoreo del electrocardiograma y la detección de falsos positivos, con el fin de integrar análisis de datos en tiempo real y mejorar la fiabilidad de las señales bioeléctricas tomadas por los dispositivos del internet de las cosas. Mediante investigación bibliográfica e inductiva se obtuvo información sobre el electrocardiograma y métodos estadísticos para modelar la simetría natural de la señal. La arquitectura se basó en microservicios RESTful, MQTT para transmisión de los datos del dispositivo y MySQL para almacenamiento relacional. Las interfaces son minimalistas y responsivas en web y móvil, con gestión de roles. Para el desarrollo de la plataforma informática se utilizó la metodología incremental, permitiendo dividir en módulos relacionados con el ECG, donde se muestran los valores en tiempo real, se consultan historiales y se detectan datos atípicos de forma dinámica, ajustando umbrales personalizados por paciente. Se analizaron 11,183 datos, aplicando algoritmos basados en modelos gaussianos y técnicas Welford, donde el 93.7% fue clasificado como normal y se logró reducir la presencia de datos erróneos en un 6.3%, gracias a la identificación y descarte automático de falsos positivos.

Palabras claves: Electrocardiograma, falsos positivos, distribución gaussiana.

ABSTRACT

This paper presents the development of a computing platform for electrocardiogram monitoring and false-positive detection, with the aim of integrating real-time data analysis and improving the reliability of bioelectrical signals collected by Internet of Things devices. Through bibliographic and inductive research, information on the electrocardiogram and statistical methods were obtained to model the signal's natural symmetry. The architecture was based on RESTful microservices, MQTT for device data transmission, and MySQL for relational storage. The interfaces are minimalist and responsive on web and mobile, with role management. An incremental methodology was used to develop the computing platform, allowing it to be divided into ECG-related modules, where real-time values are displayed, medical records are consulted, and atypical data are dynamically detected, adjusting customized thresholds for each patient. A total of 11,183 data points were analyzed using algorithms based on Gaussian models and Welford techniques. 93.7% of the data were classified as normal, and the presence of erroneous data was reduced by 6.3% through the automatic identification and elimination of false positives.

Keywords: Electrocardiogram, false positives, Gaussian distribution.

INTRODUCCIÓN

La combinación de tecnologías de la información, electrónica y automatización ha transformado muchas industrias, y la salud no es la excepción [1]. El desarrollo de plataformas de información ha sido fundamental, ya que permite la integración y gestión de grandes volúmenes de datos de diversas fuentes, y a medida que aumenta el número de dispositivos basados en el Internet de las Cosas (IoT), se han posibilitado nuevas oportunidades de aplicación en la atención médica [2]. Estas abarcan desde sensores domésticos hasta dispositivos del Internet de las Cosas Médicas (IoMT), como los que registran signos vitales y electrocardiogramas (ECG) [2]. Donde pueden proporcionar información esencial sobre el estado de salud de los pacientes [3].

Es importante mencionar que a nivel internacional existen trabajos como [4] [5] que se enfocan solo en el desarrollo del dispositivo IoT para la adquisición de las señales bioeléctricas como frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. A pesar de estos avances aún hay una gran área de oportunidad [6]. Porque uno de los principales desafíos es la falta de integración entre los dispositivos biomédicos y los sistemas de análisis de datos [6]. Muchos dispositivos recogen grandes cantidades de datos, pero estos no se analizan de manera inmediata, lo que limita su efectividad para la toma de decisiones clínicas [7].

Varios estudios presentan el potencial del análisis de datos biomédicos obtenidos de dispositivos IoT [2] [8] [9]. Por ejemplo, estudios como [10] demuestran la importancia del monitoreo del ECG. Aunque es novedoso, no incluye el monitoreo de otros signos vitales importantes como la saturación de oxígeno y la temperatura corporal. A nivel nacional, se creó una plataforma informática [11] que incluye el monitoreo de la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, pero no consideraron uno de los parámetros biomédicos esenciales como lo es el ECG.

Tiene mucha relevancia la integración de las tecnologías de la información con la tecnología emergente, como lo es el IoT [12]. Para no solo aprovechar las ventajas que nos ofrecen por separado, sino integrarlas para dar soluciones más efectivas. El presente trabajo se enmarca en el proyecto "Investigación de las aplicaciones de IoT en la adquisición de señales bioeléctricas" con el código (CUP 91870000.0000.389571), liderado por el grupo de investigación TECED de la Facultad de Sistemas y

Telecomunicaciones. Donde crearon varias versiones de dispositivos biomédicos: la primera adquiere 3 señales (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, temperatura corporal), donde también crearon el primer prototipo de la plataforma informática adaptándose a esos 3 parámetros, pero como una nueva versión tiene adicional la adquisición de la señal bioeléctrica del electrocardiograma, surge la necesidad de emplear métodos para reducir falsos positivos y módulos que son fundamentales para el nuevo parametron biomedico.

En este contexto, el desarrollo de un sistema de análisis basado en métodos estadísticos para evaluar la precisión de estos datos y detectar falsos positivos representa una contribución significativa al proyecto antes mencionado, con el potencial de aportar a la mejorar del sistema de monitoreo remoto y reducir el almacenamiento de falsos positivos.

Por eso este proyecto tiene como objetivo desarrollo de una plataforma informática de monitoreo remoto del electrocardiograma, utilizando técnicas estadísticas como la distribución gaussiana para identificar los falsos positivos con el fin de dar soporte en la toma de decisiones.

Esta propuesta tecnológica tiene la siguiente estructura. En el primer capítulo, podemos encontrar los antecedentes del proyecto, donde está la problemática sobre monitoreo remoto del electrocardiograma, la descripción de la plataforma informática, los objetivos, la justificación basada en la importancia del análisis de datos biomédicos y el valor social de la propuesta. También se mencionan las metodologías empleadas para el análisis, diseño y desarrollo. En el segundo capítulo, se expone el contexto que lleva a la investigación y, en el marco conceptual, se describen las definiciones técnicas, mientras que en el marco teórico se redactan los fundamentos estadísticos y tecnológicos, incluyendo la aplicación de la distribución gaussiana y la técnica de Welford para la identificación de falsos positivos. Además, se especifican los componentes del sistema, la arquitectura de la plataforma, los módulos implementados, los diagramas de diseño. Finalmente, se presenta los resultados obtenidos tras la implementación y despliegue de la plataforma informática para el monitoreo remoto del ECG.

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

El uso de dispositivos biomédicos y el análisis de datos médicos no son conceptos nuevos [13]. Desde la década de 1980, los avances tecnológicos han permitido que el monitoreo de pacientes sea posible de forma limitada, utilizando dispositivos como electrocardiógrafos y monitores de presión arterial [13]. Sin embargo, la integración de tecnologías como IoT ha permitido una mayor capacidad para recopilar datos médicos de manera continua, no invasiva y remota [14].

En el repositorio de la UPSE existe un trabajo de titulación que corresponde al primer prototipo de diseño de la plataforma informática que permite la recolección de los datos de datos del primer dispositivo diseñado para la temperatura, saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca. En esta primera versión del proyecto de investigación: "Investigación de las aplicaciones de IoT en la adquisición de señales bioeléctricas" liderado por un investigador del grupo de investigación TECED, no se consideraron los siguientes aspectos: no se ha implementado un procesamiento que permita realizar la eliminación de falsos positivos. Los datos se almacenan tal y como llegan, sin ningún tipo de análisis previo, lo que crea una gran redundancia en la información almacenada y dificulta su utilidad para el soporte en la toma de decisiones médicas [15]. Esta falta de filtrado y análisis hace que la plataforma no aproveche al máximo el potencial de los dispositivos biomédicos, afectando la precisión en los diagnósticos y el monitoreo de los pacientes [16].

Es imprescindible resaltar que en el desarrollo del proyecto de investigación mencionado en el párrafo anterior se ha implementado la segunda versión de dispositivo que incorpora la tecnología de electrocardiograma (ECG). Sin embargo, el dispositivo solo muestra la señal analógica del ECG en la pantalla del mismo dispositivo en tiempo real, sin que esta información se almacene en ninguna base de datos. Esto limita considerablemente el potencial del ECG, ya que los datos solo están disponibles mientras el paciente esté usando el dispositivo, y no se puede realizar un seguimiento continuo ni histórico de la información.

Este problema nos permite ver la necesidad de una plataforma que aunque gestione los datos bio médicos también tenga implementado otro nivel de seguridad con los datos para

validar si son correctos o son falsos positivos para un posterior análisis adecuado de las señales bioeléctricas adquiridas [17]. La falta de integración de estos datos en un sistema centralizado que permita su análisis y almacenamiento a largo plazo impide el monitoreo continuo del paciente, lo que subraya la importancia de desarrollar una plataforma para cubrir estos vacíos y mejorar la calidad del cuidado de los pacientes [18].

Varios estudios han mostrado el potencial del análisis de datos biomédicos obtenidos de dispositivos IoT [2] [8] [9]. Por ejemplo, estudios como [10] demuestran la importancia del monitoreo del ECG. Aunque es novedoso, no incluye el monitoreo de otros signos vitales importantes como la saturación de oxígeno y la temperatura corporal. El estudio realizado en 2020, se desarrolló un sistema de monitoreo remoto que detectaba anomalías en pacientes con enfermedades cardíacas, utilizando dispositivos portátiles IoT que recogían datos de ECG en tiempo real y aplicaban algoritmos de detección de anomalías con una precisión superior al 90% [19]. Este tipo de sistemas ha permitido mejorar tanto la precisión de los diagnósticos como la velocidad de respuesta ante posibles emergencias médicas [20].

El gran volumen de información generado, junto con la diversidad de señales capturadas por los dispositivos, exige el desarrollo de sistemas que no solo almacenen los datos de manera eficiente, sino que además apliquen métodos estadísticos que permitan evaluar la calidad y la confiabilidad de las mediciones, el objetivo no es diagnosticar enfermedades, sino asegurar que los datos recolectados por los dispositivos sean precisos y útiles para el monitoreo clínico, reduciendo así la presencia de errores como los falsos positivos, que pueden comprometer la interpretación adecuada de la información registrada [21]. En situaciones donde los dispositivos marcan anomalías que no existen, lo que puede resultar en alertas innecesarias, y no se garantiza que solo se actúe cuando sea necesario, lo cual disminuye el monitoreo remoto y la intervención médica oportuna [22]

Por otro lado, el proyecto de Martínez Ramírez implementa un sistema de monitoreo en tiempo real de parámetros biomédicos utilizando IoT, enfocado en pacientes con enfermedades crónicas, con la recolección de datos como frecuencia cardíaca, temperatura corporal y presión arterial. Este sistema permite a los profesionales de la salud analizar estos datos en tiempo real, facilitando la detección temprana de anomalías y mejorando la toma de decisiones médicas oportunas [23].

A nivel nacional, se creó una plataforma informática [11] que incluye el monitoreo de la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, pero no consideraron unos de los parámetros biomédicos esenciales como lo es el ECG. Además, existe redundancia al momento de almacenar datos y no aplican métodos estadísticos para reducir falsos positivos. También existen trabajos como [4] [5] [24] que se centran solo en el desarrollo del dispositivo IoT para la adquisición de las señales bioeléctricas, mas no existe una plataforma que obtenga esos datos.

En los trabajos mencionados anterior mente se demuestra un vacío donde se puede aprovechar para implementar el sistema propuesto ayuda a identificar los falsos positivos, monitorear el ECG.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema informático para la detección de falsos positivos en datos biomédicos mediante el uso de métodos estadísticos además añadir la nueva señal del ECG. Este diseño es para la detección de falsos positivos en datos biomédicos. El sistema se desarrolló utilizando FAAT-FREE para el backend y Ionic para la interfaz gráfica, tanto en aplicaciones web como móviles permitiendo que los profesionales de la salud monitoreen y analicen los datos biomédicos de los pacientes, que serán los siguientes:

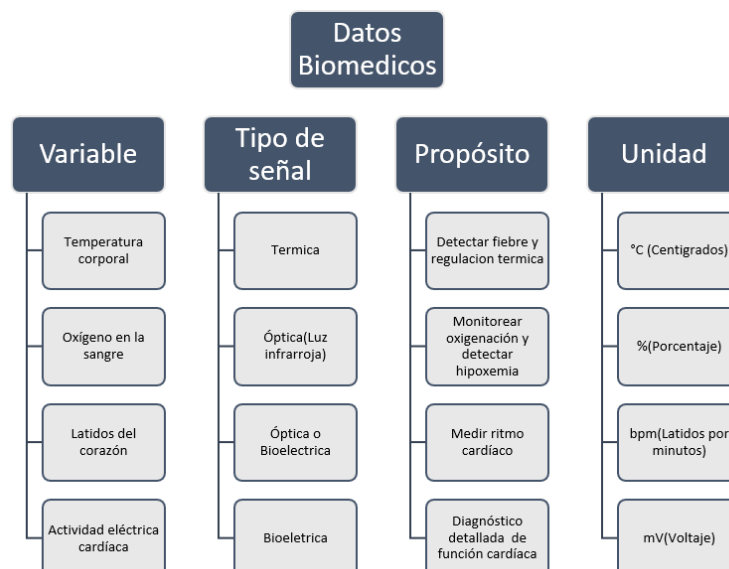


Ilustración 1 Datos biomédicos. Representación de las variables en función del tipo de señal, propósito y unidad de medida.

Para lograr estos objetivos, el proyecto sigue un enfoque estructurado en cinco fases principales que se describen a continuación:

Fase 1: Análisis de Requisitos

- **ECG:** Investigar los parámetros necesarios del ECG para representar gráficamente y almacenamiento.
- **Análisis de datos:** Investigar métodos estadísticos para el análisis de los parámetros frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, identificar los puntos en los cuales se aplica la estadística.
- **Rediseño:** Identificar las interfaces para mejorar de la plataforma informática, para obtener una mejor experiencia del usuario en el manejo del sistema.

Fase 2: Diseño del sistema

- **ECG:** Diseñar la arquitectura para captura y visualización del ECG,
- **Análisis de datos:** Diseñar un módulo que permita a los usuarios visualizar los falsos positivos detectados de los parámetros de frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, facilitando la verificación de la precisión de las mediciones de los dispositivos IoT.
- **Rediseño:** Diseñar las mejoras de las interfaces de la plataforma informática y diseñar la interfaz para el ingreso manual de los parámetros frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, mejorar el diseño y lógica para el inicio de sesión de la plataforma, del módulo consultas, reubicación de botones principales

Fase 3: Desarrollo

- **ECG:** Desarrollar el módulo para la adquisición de datos de electrocardiogramas (ECG).
- **Análisis de datos:** En esta etapa se desarrollan los métodos estadísticos que se necesitan para la detención de falsos positivos a partir de los parámetros frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal; se tiene que ajustar el sistema para realizar los análisis que se querrán hacer con la finalidad de garantizar la precisión en la detección de falsos positivos; se desarrolla un módulo que permita visualizar los falsos positivos que se detectaran a partir de los

parámetros frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal para verificar la precisión de las medidas y saber si es posible encontrar equivocaciones en los dispositivos IoT.

- **Rediseño:** Desarrollar las interfaces del usuario identificadas para las mejoras de la plataforma informática, también un apartado para el ingreso manual de los parámetros frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, asegurando su correcta organización y preparación para el análisis estadístico, mejorar el script de conexión para guardar en la base de datos, mejorar el script para mandar los correos, mejorar el inicio de sesión, reubicación de los botones, reducir la cantidad de tipo de alergias a 3 categorías.

Fase 4: Pruebas

- **ECG:** Se verifica la correcta integración del ECG.
- **Análisis de datos:** Se realizaron pruebas con estudiantes de TI para la verificación si la detección de falsos positivos funciona en un entorno controlado provocando positivos en datos reales.
- **Rediseño:** Se realizo pruebas para la verificación del correcto funcionamiento de las funciones añadidas.

El desarrollo de este sistema permite mejorar significativamente la capacidad de monitoreo de pacientes con enfermedades crónicas o en situaciones críticas, proporcionando a los profesionales médicos una herramienta efectiva para la detección temprana de falsos positivos de los valores capturados por el dispositivo IoT que tiene 3 electrodos garantizando la correcta recolección de los datos. Además, contribuirá al avance de la medicina ayudando a los profesionales de la salud, al tener mayor control sobre los datos monitoreados.

Con la implementación de este proyecto, se espera también que se contribuya a la línea de investigación de sistemas biomédicos inteligentes en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, generando un impacto positivo en el desarrollo de nuevas tecnologías para el cuidado de la salud y la medicina digital.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma informática de monitoreo remoto del electrocardiograma, utilizando técnicas estadísticas como la distribución gaussiana para identificar los falsos positivos con el fin de dar soporte en la toma de decisiones.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar la base de datos para el monitoreo del ECG.
- Implementar interfaces para el monitoreo del electrocardiograma para la parte médica.
- Analizar diferentes métodos estadísticos para identificar y reducir falsos positivos en los datos biomédicos obtenidos del electrocardiograma.
- Aplicar métodos estadísticos para analizar datos biomédicos para detectar falsos positivos, estableciendo así la precisión en la identificación de errores.
- Rediseñar la plataforma informática, mejorando y agregando nuevas funciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se realiza en respuesta a la necesidad de desarrollar una plataforma informática que permita adquirir los datos desde un dispositivo que incorporó el ECG y que se menciona en la sección de los antecedentes de este documento. La importancia del desarrollo de este trabajo radica en la detección de los falsos positivos en la toma de datos del ECG. cuando se añade el ECG se amplía la capacidad del sistema porque esta señal es un factor esencial para el estado de salud del paciente [25].

Sin embargo, uno de los principales desafíos asociados al uso de dispositivos médicos basados en IoT es la presencia de falsos positivos en la señal del ECG. Los falsos positivos se refieren a la detección errónea de eventos anormales en la actividad eléctrica del corazón cuando no existe ninguna condición patológica subyacente. Estos errores pueden manifestarse como alertas sobre arritmias, isquemia miocárdica u otros trastornos cardíacos que, tras ser analizados por un profesional médico, resultan no ser reales [25].

Además, es necesario resaltar que el desarrollo de este trabajo es importante porque contribuye con la aplicación de métodos estadísticos para validar la calidad de los datos capturados por los dispositivos IoT. Adicionalmente este trabajo de titulación representa

una contribución importante para el fortalecimiento de los sistemas de salud [26]. Este proyecto no solo permite verificar la precisión de los datos recolectados, sino que también optimiza los procesos de análisis y detección de posibles fallos en los dispositivos de monitoreo, asegurando que los datos utilizados para la toma de decisiones no solamente médicas sean fiables y representativos [27].

Estas alertas incorrectas suelen originarse por diversos factores internos y externos que afectan la calidad de las señales recolectadas durante el monitoreo cardíaco [28]. Entre ellos se encuentran las interferencias electromagnéticas generadas por equipos médicos o elementos del entorno, el movimiento involuntario del paciente durante la medición, que introduce artefactos en la señal, así como el mal funcionamiento o desplazamiento de los electrodos utilizados para captar la actividad eléctrica del corazón [28]. Otro factor importante es la presencia de ruido muscular (EMG), que puede superponerse al registro del ECG alterando su interpretación. Además, errores en el procesamiento digital de la señal, ya sea en el dispositivo IoT encargado de la adquisición de datos o en el sistema informático receptor, también contribuyen a la aparición de falsos positivos. Esta problemática tiene un impacto significativo en la práctica clínica, ya que genera alertas innecesarias que pueden derivar en consecuencias graves [28].

La aplicación de métodos estadísticos a los datos recolectados de dispositivos IoT permite un enfoque de la calibración y validación de los dispositivos biomédicos, asegurando que el monitoreo remoto de pacientes se realice de manera eficiente y con dispositivos en óptimas condiciones de funcionamiento [29].

En el trabajo de [30] se indicó que en unidades de cuidados intensivos (UCI) y sistemas de telemedicina, más del 7% de las alertas generadas por dispositivos de monitoreo cardíaco son falsos positivos. Esto no solamente crea desconfianza en el personal médico por las alarmas innecesarias, sino que también reduce la capacidad de respuesta ante eventos críticos reales. Por tanto, es fundamental desarrollar soluciones tecnológicas capaces de identificar y reducir estos falsos positivos, integrando técnicas estadísticas robustas, con el fin de mejorar la precisión del monitoreo cardíaco, optimizar la carga laboral del personal médico y aumentar la confianza en los dispositivos de monitoreo remoto. La correcta implementación de estas estrategias no solo mejorará la fiabilidad de los dispositivos IoT, sino que también incidirá directamente en la calidad de la atención

médica brindada a los pacientes [29]. Por tanto, es fundamental desarrollar soluciones tecnológicas capaces de identificar y reducir estos falsos positivos, integrando técnicas estadísticas robustas, con el fin de mejorar la precisión del monitoreo cardíaco, optimizar la carga laboral del personal médico y aumentar la confianza en los dispositivos de monitoreo remoto. La correcta implementación de estas estrategias no solo mejorará la fiabilidad de los dispositivos IoT, sino que también incidirá directamente en la calidad de la atención médica brindada a los pacientes [29].

En Ecuador, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ha establecido el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información, que promueve la implementación de tecnologías en servicios públicos y privados para optimizar la eficiencia y accesibilidad de los servicios de salud [31].

1.5 ALCANCE

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema informático innovador destinado a la detección de falsos positivos en datos biomédicos, mediante la integración de tecnologías de recolección y análisis de datos. Se toma como base el primer diseño disponible el grupo de investigación TECED. Este sistema se basa en la implementación de métodos estadísticos para la eliminación de falsos positivos, y el monitoreo de la variable de electrocardiograma, junto con la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal.

En la primera fase, se concentra en el análisis de los requisitos necesarios para mejorar la plataforma. Se lleva a cabo una investigación sobre los parámetros que son necesarios para representar gráficamente y almacenar las señales de ECG, de manera que sea posible aprovecharlas al integrarse con la plataforma. Igualmente, se analiza los métodos estadísticos que se usarán para detectar y en su explotación eliminar falsos positivos de los datos biomédicos sobre la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal. Asimismo, se lleva a cabo la revisión de las interfaces que se utilizan actualmente para encontrar mejoras que puedan ajustar la manera de gestionar y visualizar los datos.

De hecho, en el diseño del sistema se lleva a cabo el diseño de la arquitectura para la captura de las señales de ECG, el almacenamiento y la visualización de éstas, constituyendo las señales de ECG para integrarse con la plataforma. Asimismo, se lleva

a cabo el diseño del módulo estadístico que permite observar y validar los falsos positivos encontrados entre los datos obtenidos por los dispositivos IoT. Esto garantizando la fiabilidad de las mediciones que se realizan, lo que supondrá reducir las posibilidades de error y, por lo tanto, incrementar la calidad de la información en la que se trabaja. A la vez, se realiza el rediseño las interfaces de la plataforma para mejorar la forma de trabajo de los profesionales de la salud, la interfaz para la entrada manual de los parámetros biomédicos, la optimización del login y la reorganización de los botones para la navegación.

Componentes y limitaciones del alcance:

Aplicación de Métodos Estadísticos:

- Se llevan a cabo técnicas estadísticas para la detección de falsos positivos sobre los datos biomédicos.
- No se diagnostica ninguna enfermedad, no se pretende reemplazar al doctor, es una herramienta que le facilita el trabajo.

Integración con Dispositivos IoT:

- El sistema se ha elaborado en la idea de combinarse con los distintos dispositivos biomédicos que ha creado el grupo de investigación TECED que recolectan datos como la frecuencia cardiaca, la presión arterial u otros parámetros vitales. Con ello, se proporciona un monitorización continua y no intrusiva de la salud de los pacientes.
- Se aseguran protocolos de comunicación para que pueda llevarse a cabo la transferencia de datos adquiridos por los dispositivos de forma efectiva y segura entre dispositivos y la plataforma de análisis final.

Limitaciones:

- No tiene como alcance la creación de los dispositivos IoT
- El análisis se limita a los datos biomédicos integrados en la plataforma informática.
- El sistema funcionara en un contexto en específico, para llevar a implementación puede ser necesario realizar cambios en la plataforma por políticas.
- La versión móvil solo incluye soporte para el sistema operativo Android.

1.6 METODOLOGÍAS

1.6.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Como se basa en la observación y el análisis de unos determinados datos que recogen unos dispositivos IoT en un contexto biomédico, la metodología de investigación empleada es inductiva [32], El objetivo es evaluar la precisión y la fiabilidad del sistema de monitorización empleando estos datos para detectar eventuales errores de medición y falsos positivos en las señales bioeléctricas. Este enfoque experimental le permitió extraer conclusiones sobre el rendimiento del sistema en la detección de la anormalidad de los datos, garantizando que los dispositivos IoT aportasen mediciones precisas y fiables [32]. Como primer paso, se realizó una investigación exhaustiva de artículos y trabajos relacionados sobre el electrocardiograma (ECG), abordando aspectos como la correcta forma de graficarlo, su almacenamiento adecuado y la estructura con la cual se reciben los datos enviados por el dispositivo IoT.

Se llevo a cabo una investigación para determinar el mejor método estadístico a implementar para la detección de falsos positivos en la plataforma como se puede ver a continuación

Método estadístico	Descripción	Investigaciones
Rango intercuartílico (IQR)	Método que identifica valores atípicos fuera del rango definido por los cuartiles El IQR es la distancia entre el tercer cuartil (Q3) y el primer cuartil (Q1) de un conjunto de datos, es decir, $IQR = Q3 - Q1$. Representa el rango donde se encuentra la mitad central de los datos,	En [34] este estudio utilizó el rango intercuartílico para describir la dispersión de variables como la proteína C reactiva (PCR) y el fibrinógeno, calculando el IQR como la diferencia entre el percentil 75 y 25. Los resultados indicaron que la PCR presentó un IQR de 2.1 a 5.8 mg/L, reflejando una variabilidad moderada en la inflamación sistémica. Concluyeron que el uso del IQR permitió una representación más

	excluyendo los valores extremos [33].	robusta de la variabilidad biológica al minimizar los valores atípicos.
Z-score (valor estándar)	El Z-score indica cuántas desviaciones estándar se encuentra un valor respecto a la media de un grupo de datos. Se calcula restando la media al valor observado y dividiendo el resultado por la desviación estándar del grupo [35].	En [36] desarrollaron estándares normativos para las 102 variables del ECG, incluida la frecuencia cardíaca; Eje P, R y T; Desviación del eje R-T; Intervalo PR, duración del QRS, QT e intervalo QTc; Amplitudes P, Q, R, S y T en 12 derivaciones; así como QRS e integrales de onda T. Además calcularon valores incrementales de la puntuación Z entre -2,5 y 2,5 para establecer los límites superior e inferior de la normalidad, llegando a la conclusión que la expresión de las variables del ECG mediante las puntuaciones Z proporciona una evaluación objetiva y reproducible sin sesgos del intérprete que puede conducir a un establecimiento más seguro de las correlaciones entre el ECG y la enfermedad y a una mejora de las lecturas automatizadas del ECG en los esfuerzos de cribado cardíaco de alto volumen en los jóvenes.
Media $\pm n \cdot \sigma$ (gaussiano)	La notación media $\pm n \cdot \sigma$ se utiliza para definir regiones de aceptación o rechazo en pruebas de hipótesis sobre la media de un vector	Dentro del estudio [38] se proponía un algoritmo para la reconstrucción de señales electrocardiográficas a través de modelos gaussianos. Para ello los autores segmentaban las

	gaussiano, por ejemplo, para verificar si la media pertenece a un conjunto convexo o si una función de regresión cumple ciertas propiedades cualitativas [37].	ondas características (P, QRS, T) a través de una variante del algoritmo Pan-Tompkins y aplicaban distribuciones gaussianas para modelar su amplitud y dispersión temporal. Los resultados mostraron un Coeficiente de Determinación (R^2) entre 0.70 y 0.90 al comparar las reconstrucciones con señales reales, validando la eficacia del modelo para aproximar trazados cardíacos reales.
Técnicas de suavizado (moving avg)	Calcula el promedio de un número fijo de observaciones consecutivas, desplazándose a lo largo de la serie. Es útil para eliminar fluctuaciones aleatorias y resaltar tendencias a corto plazo [39].	El estudio [40] tuvo como objetivo evaluar la precisión de las previsiones utilizando datos de producción eléctrica primaria en Eslovaquia. Se centró en el método de Pronóstico Exponencial Simple (SES), que se utilizó para estimar el valor óptimo de la constante de pronóstico [40]. El estudio utilizó técnicas como MAE, MAPE y RMSE para seleccionar la previsión más precisa para un año hacia adelante [40].

Tabla 1 Comparación de métodos estadísticos

Método estadístico	Ventajas principales	Desventajas principales
Rango intercuartílico (IQR)	Simple, no requiere asumir distribución	Puede fallar si los datos no tienen una forma simétrica

Z-score (valor estándar)	Útil para datos normalmente distribuidos	Ineficiente si los datos no siguen una distribución normal
Media $\pm n \cdot \sigma$ (gaussiano)	Muy eficiente cuando los datos se ajustan a una curva gaussiana	Puede generar falsos positivos si hay asimetría o ruido extremo
Técnicas de suavizado (moving avg)	Suprime variaciones aleatorias	Puede eliminar picos importantes reales del ECG
Técnica de Welford	Permite actualizar la media y la varianza conforme llegan nuevos datos, sin necesidad de almacenar todo el conjunto previo. Esto es ideal para sistemas en tiempo real como el tuyo.	Solo ofrece una estimación estadística básica; no identifica tendencias, estacionalidades o comportamientos no lineales en las señales biomédicas.

Tabla 2 Ventajas y desventajas de métodos estadísticos

En comparación con otros métodos estadísticos como el rango intercuartílico (IQR), el z-score clásico y las técnicas de suavizado como la media móvil (moving average), la distribución gaussiana presentó menos limitaciones para el análisis de señales de ECG. Además, la distribución gaussiana fue seleccionada entre varias técnicas estadísticas (IQR, Z-core y media móvil) debido a su capacidad para adaptarse a la simetría natural de los datos fisiológicos, su facilidad de implementación y su bajo coste computacional.

El método IQR no está bien adaptado para la detección de falsos positivos en los datos con baja dispersión o con picos fisiológicos válidos, cosa poco inusual en las señales de ECG, puesto que el método IQR tiende a considerar estos picos como outliers, aun sí corresponden a eventos normales del ciclo cardíaco.

El z-score clásico, si bien también pretende estar fundamentado en media y desviación estándar, es extremadamente sensible al ruido y a los valores atípicos en ausencia de una ventana de limpieza adecuada; por lo que no se puede considerar fiable en situaciones.

La técnica de suavizado moving average sirve para reducir el ruido pero esto sería un grave error porque puede suprimir los picos QRS del ECG que son importantes para el análisis clínico.

Por estas razones, a diferencia de métodos de suavizado, no suprime características clínicas relevantes (como los picos QRS en el ECG), y ofrece un equilibrio entre sensibilidad y especificidad, permitiendo una detección eficiente de falsos positivos sin comprometer la integridad de la señal. En este contexto la distribución gaussiana fue seleccionada como la técnica más adecuada, al permitir un balance entre sensibilidad y precisión, adaptarse a la simetría natural de la señal y ser fácilmente integrable en un sistema de monitoreo sin requerir entrenamiento o preprocesamiento intensivo.

Población y muestra

- **Población:** La población objetivo de esta investigación está constituida por los estudiantes de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la UPSE, quienes sirvieron para realizar las pruebas de funcionalidad de la plataforma informática integrada con el dispositivo IoT.
- **Muestra:** Se seleccionó una muestra de 20 estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información de la facultad de sistemas y telecomunicaciones de la UPSE, que utilizaron los dispositivos y se les puso los electrodos para capturar datos reales del ECG y de esta forma probar el funcionamiento de la estadística aplicada.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se tiene establecido un enfoque de medición cuantitativa mediante dispositivos IoT, estos capturan los datos biomédicos de los pacientes para posteriormente ser obtenidos por la plataforma y luego ser guardados y procesados permitiendo a sí evaluar la precisión del sistema en la detección de falsos positivos de los datos.

1.6.2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El desarrollo de una plataforma informática para el análisis de datos biomédicos mediante dispositivos IoT y la aplicación de técnicas estadísticas tiene un impacto significativo en

el ámbito de la salud y en la investigación tecnológica. Los principales beneficiarios del proyecto son:

Pacientes: Las personas que tiene algún tipo de enfermedad que necesitan están monitoreadas y le sería útil porque el sistema se centra en el análisis estadístico de los datos recopilados para evaluar la precisión de las mediciones y detectar posibles falsos positivos. Esto permite garantizar la confiabilidad de los dispositivos sin emitir diagnósticos médicos.

Profesionales de la salud: Porque la plataforma informática integra la recolección de datos y si existe un dato considerado falso positivo lo mostrar al instante cuando este monitoreando a un paciente, esto ayuda para saber si los que están llegando son correcto o existe algún tipo de problema permitiendo que el profesional no tome decisiones basadas en datos erróneos.

La comunidad: La sociedad: El proyecto contribuye confiabilidad al sistema, incluyendo el monitoreo remoto entre el médico y paciente, esto es muy relevante para las personas en zonas remotas.

1.6.3 VARIABLES

En el presente proyecto se identificaron las siguientes variables frecuencia cardíaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno, y electrocardiograma (ECG). Estos son los datos recolectados por los dispositivos IoT y que son enviados a la plataforma informática donde se aplicó métodos estadísticos para reducir los falsos positivos.

1.6.4 ANÁLISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos fue importante para el análisis y monitoreo de parámetros biomédicos, porque son la base sobre la cual se aplicaron las técnicas estadísticas para la detección de falsos positivos que captura el dispositivo IoT, pasando por filtros para que al final el médico pueda identificar cuáles son los valores reales.

Fuentes de datos: El sistema utilizó dos dispositivos IoT con código T2025V5N1 y T2025V5N1 que crearon el grupo de investigación TECED que permitió la captura de señales bioeléctricas. Estas señales son la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno en la sangre, temperatura corporal y el electrocardiograma.

Estos dispositivos están conectados a internet donde publican los valores de las 3 primeras variables (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno en la sangre, temperatura corporal) una vez que captura el valor, y el ECG se envía en tiempo real al front-end y este, una vez procesado envía a la base de datos MySQL central, permitiendo la disponibilidad inmediata para posterior el análisis.

Proceso de recolección de datos: El proceso de recolección de datos inicia con la utilización del dispositivo IoT por parte de los pacientes. Estos datos son enviados automáticamente al servidor broker MQTT, la aplicación se suscribe al topic y luego estos datos son almacenados y procesados. Este flujo constante de datos permite al sistema identificar patrones o cambios en las métricas vitales que puedan indicar los falsos positivos.

Instrumentos de recolección: Estos son los dispositivos IoT que tiene sensores para los datos biomédicos, una vez comienza a obtener los datos, los publica al bróker MQTT para posteriormente la plataforma se suscriba y pueda obtener los datos biomédicos.

Análisis de los datos: Cuando los datos han sido recolectados, se procede al análisis utilizando la distribución gaussiana y la técnica de Welford. dando como resultado detectar posibles falsos positivos mediante el análisis de desviaciones significativas respecto a la media esperada. Con esto se genera la gráfica del ECG identificando los valores atípicos que producen esos falsos positivos ya sean por una ubicación errónea de los electrodos o por movimiento de la persona.

1.7 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

La metodología de desarrollo del presente proyecto está orientada a garantizar la implementación efectiva de un sistema de detección de falsos positivos en datos biomédicos, utilizando dispositivos IoT, bases de datos y técnicas estadísticas, para lograrlo, se adopta el modelo tradicional en cascada, caracterizado por su enfoque secuencial, en el cual cada fase debe completarse antes de avanzar a la siguiente [41].

Por eso, es que este modelo es adecuado para proyectos en los que están definidos desde el inicio y no se necesitan cambios significativos durante el desarrollo, este proceso abarcar el análisis, diseño, desarrollo y pruebas a si se asegura que se cumplan los

objetivos previamente establecidos. Este enfoque permitió una planificación estructurada, garantizando que se cumplan los requerimientos técnicos y funcionales anteriormente planteados[41].

A continuación, se detallan los principales aspectos de la metodología de desarrollo.

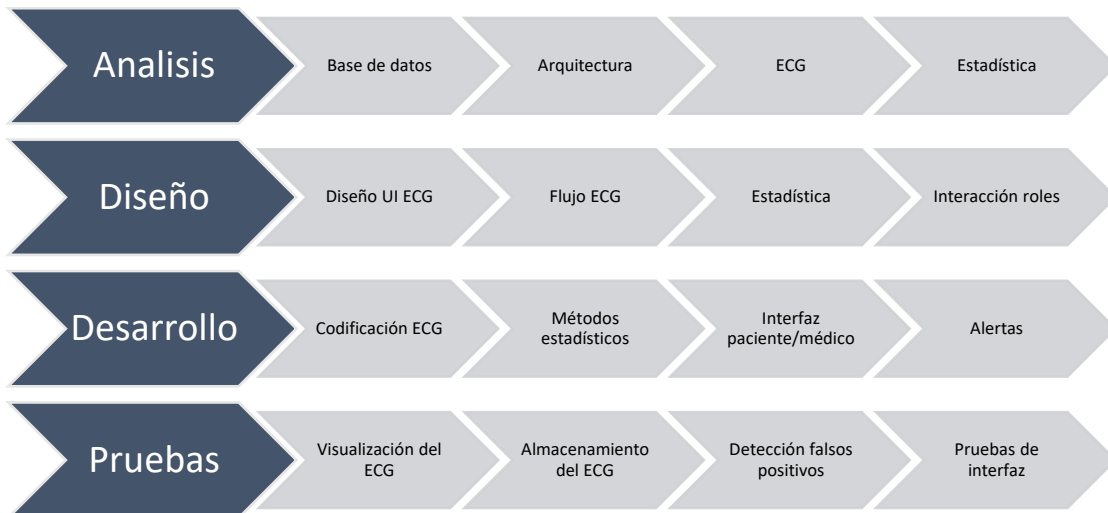


Ilustración 2 Metodología tradicional en cascada adaptada

1.7.1 Fases del Desarrollo

Las fases principales del desarrollo incluyen:

- **Fase 1 (Análisis de requisitos):** Se analizó todos los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir la plataforma informática para que todo en la plataforma este correcta, se analizó las funciones que debe tener cada tipo de usuario, las funciones principales que debe tener la aplicación.
- **Fase 2 (Diseño):** Se llevo a cabo el diseño de toda la plataforma informática para que pueda integrar la nueva señal bioeléctrica del ECG, definiendo la estructura y como interactúa con los demás componentes. También se diseñó las pantallas con las cuales interactúan los usuarios finales. Por último, pero no menos importante se diseñó el módulo estadístico a implementar.
- **Fase 3 (Desarrollo):** Desarrollo: Se aplicó los métodos estadísticos previamente estudiados para la detección de falsos positivos, también los módulos y funciones necesarios para que el sistema pueda obtener los datos del ECG, incluyendo también que la plataforma se mejoró a tal punto que los usuarios ahora pueden entrar desde los dispositivos móviles y web.

- **Fase 4(Pruebas):** Se realizo pruebas con los estudiantes de TI forzando la aparición de falsos positivos mediante el movimiento de los electrodos a si validamos el análisis estadístico, también se realizó pruebas de funcionamiento del sistema

Metodología Estadística Aplicada al Sistema de Detección de Falsos Positivos

Para que los datos biomédicos sean fiables se implementó un conjunto de técnicas estadísticas previamente estudiadas para identificar falsos positivos, que se da a cabo con la distribución gaussiana o también conocida como distribución normal, y el método recursivo de Welford permitiendo crear los límites que se considera normal en los datos obtenidos por los dispositivos IoT

Cálculo de la Media y Desviación Estándar mediante el Algoritmo de Welford

Dado que los datos biomédicos son adquiridos en tiempo real, se utilizó el algoritmo recursivo de Welford [30], una técnica especialmente útil en entornos con recursos computacionales limitados. Este método permite actualizar dinámicamente la media (μ) y la varianza (σ^2) conforme se reciben nuevos valores:

$$M_k = M_{k-1} + \frac{x_k - M_{k-1}}{k}$$

$$S_k = S_{k-1} + (x_k - M_{k-1})(x_k - M_k)$$

$$\sigma^2 = \frac{S_k}{K - 1}$$

Donde:

- M_k : Media actualizada hasta el dato k , S_k : Suma de cuadrados usada para calcular la varianza, x_k : Nuevo valor recibido

Este enfoque asegura un procesamiento eficiente de los datos, ideal para su integración en plataformas de monitoreo remoto basadas en IoT.

Definición de Umbrales para Identificación de Falsos Positivos

Primero se calcula μ y σ .

- Límite inferior= $Mk - (n*\sigma)$
- Límite superior= $Mk + (n*\sigma)$

Cualquier valor que sobrepase estos límites se considerará como un falso positivo ya que se desviaría del comportamiento típico del paciente.

Proceso de Detección y Registro de Falsos Positivos

El proceso tiene lugar en varios pasos de la función “guardarDatosAgrupados” tal y como se expone en el código del sistema:

1. Recepción y validación de datos: Un paquete JSON que contiene los datos biomédicos (valores, duración, identificadores de usuario y dispositivo) es recibido.
2. Obtención de estadísticas previas: En el caso de que existan datos históricos del usuario, se obtienen la media y la desviación estándar que fueron previamente guardadas.
3. Definición de límites personalizados: Se definen los límites.
4. Filtrado de falsos positivos: Se valida que los datos estén dentro de los límites o si no serán falsos positivos.
5. Almacenamiento de datos válidos y anómalos: Todo el conjunto de valores se guarda y los falsos positivos detectado también se guardarán, pero en otra tabla aparte cabe recalcar que no se puede separar los dos tipos de datos, normales y falsos positivos por la naturaleza de continuidad del ECG.
6. Actualización de estadísticas: Si el usuario que mando a guardar los datos tiene el rol de médico, actualizara la estadística tanto en global como personal del paciente.

Ventajas del Enfoque Estadístico Implementado

- Eficiencia computacional por que se usa método de Welford para cálculos en línea sin almacenamiento completo.
- Permite aplicar filtros sobre datos ECG en tiempo real sin afectar el rendimiento del sistema.

Esta metodología implementada contribuye a la confiabilidad de la plataforma informática como herramienta a la toma decisiones médicas.

CAPITULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Cuando se trata de la salud, la innovación en equipos clínicos y portátiles es una necesidad. El monitoreo eficiente de las variables biomédicas frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, temperatura corporal y ECG representa un desafío por la complejidad y variabilidad de los parámetros implicados. En este contexto, la Universidad Estatal Península de Santa Elena promueve la investigación científica y tecnológica.

La Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, se compromete con la innovación tecnológica y el análisis de datos. Con el creciente volumen de datos biomédicos generados por los dispositivos IoT, la necesidad de metodologías avanzadas para su análisis se ha vuelto cada vez más esencial. Esto posiciona a proyectos dentro de una tendencia creciente en la investigación biomédica, que busca mejorar la precisión de los sistemas de monitorización y diagnóstico.

Este proyecto se enmarca en la iniciativa "Investigación de las aplicaciones de IoT en la adquisición de señales bioeléctricas" con el código (CUP 91870000.0000.389571) del grupo de investigación TECED de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones. El objetivo principal del proyecto es la creación de una plataforma informática que integre todas las variables mencionadas anteriormente y realizar actualización y expansión del primer prototipo de la plataforma informática [11], la cual se centró en la visualización y almacenamiento de las variables frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. la adquisición de las señales bioeléctricas fue través del primer prototipo del hardware que amplifica dichas señales para permitir una representación precisa de los datos biomédicos.

Se tiene como propósito añadir módulos necesarios para poder ver, guardar, consultar el ECG permitiendo a si la identificación de falsos positivos en los mismos datos. Aunque los dispositivos IoT han revolucionado la recolección de datos biomédicos, la falta de metodologías robustas para el análisis y validación de estos datos sigue siendo un desafío.

En consecuencia, este problema requiere un abordaje integral que incorpora técnicas estadísticas avanzadas para la detección de falsos positivos, lo cual es esencial para garantizar la fiabilidad y exactitud de las mediciones. Además, la integración del ECG al sistema permite un monitoreo cardíaco más completo y preciso, lo que contribuye a una atención médica más precisa y sin errores, por ejemplo: el paciente se asesora de que los datos tomados son los correctos y su atención sea eficaz logrando que sea atendido lo más pronto posible o si es el caso de encontrar un problema de salud relevante.

Este enfoque proporciona una base sólida para la investigación en este campo, con el fin de mejorar el diagnóstico médico y la monitorización de pacientes en tiempo real [11]

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 BASE DE DATOS

Una base de datos es un conjunto organizado de información que puede ser almacenada y accedida electrónicamente, y cuya función principal es facilitar el almacenamiento, modificación y recuperación eficiente de los datos. En el contexto del monitoreo biomédico con dispositivos IoT, las bases de datos juegan un rol esencial al permitir la centralización y persistencia de parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, la saturación de oxígeno y señales de electrocardiograma (ECG), estos datos, capturados en tiempo real, deben ser almacenados de forma estructurada para garantizar su integridad, trazabilidad y disponibilidad. Además, el uso de bases de datos facilita la ejecución de análisis estadísticos, la detección de falsos positivos y la generación de reportes clínicos, siendo clave para que médicos y especialistas puedan acceder a información precisa para la toma de decisiones médicas [42].

Base de datos relacional: Son las encargadas de guardar la información de una manera estructura enlazando diferentes tipos de datos a través de llaves primarias y foránea, a si facilita la integridad de los datos y de la información [43].

MySQL: Es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto que permite gestionar grandes volúmenes de datos de forma eficiente, es ampliamente utilizado por su rendimiento, seguridad y compatibilidad con distintos lenguajes de programación [44].

2.2.2 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Son herramientas fundamentales que permiten la creación de instrucciones lógicas mediante un conjunto de reglas sintácticas y semánticas, las cuales pueden ser comprendidas por una computadora, su propósito es permitir el desarrollo de software, la automatización de tareas complejas y el control de dispositivos, siendo esenciales en entornos donde se requiere una interacción constante entre el hardware y el software, como en sistemas de monitoreo biomédico con dispositivos IoT donde se manejan grandes volúmenes de datos que deben procesarse en tiempo real [45].

JavaScript: Es un lenguaje de programación interpretado, dinámico y de alto nivel que se ejecuta principalmente en el entorno del navegador, permite crear interfaces gráficas interactivas y responder a eventos en tiempo real, en el contexto de la plataforma informática desarrollada, JavaScript cumple un rol clave en el frontend móvil y web, facilitando la interacción con los usuarios y visualizando en tiempo real los parámetros biomédicos como frecuencia cardíaca, temperatura corporal y saturación de oxígeno, además, puede trabajar en conjunto con bibliotecas o frameworks modernos que mejoran la experiencia del usuario [46].

PHP: Es un lenguaje de programación del lado del servidor de propósito general, ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web, en el contexto de esta plataforma, PHP se encarga de la gestión de las solicitudes HTTP provenientes de los clientes y de la manipulación de los datos almacenados en la base de datos, además, su integración con bases de datos relacionales como MySQL permite una administración eficiente de los registros biomédicos recibidos desde los dispositivos IoT, anteriormente se utilizaba para la suscripción y almacenamiento de datos emitidos por dispositivos a través de MQTT, sin embargo, su implementación fue replanteada para mejorar la eficiencia en entornos con alta concurrencia [47].

TypeScript: Es un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft que extiende la funcionalidad de JavaScript al incluir tipado estático y una estructura más robusta para el desarrollo de aplicaciones a gran escala, en esta plataforma, TypeScript se utiliza especialmente en el desarrollo del frontend con frameworks como Angular o Ionic, aportando claridad y seguridad al código, lo que es fundamental cuando se trabaja con datos sensibles como los biomédicos, su capacidad para detectar errores en tiempo de

compilación permite un desarrollo más confiable, especialmente en entornos donde se deben manejar diferentes módulos de análisis, monitoreo y visualización en tiempo real [48].

2.2.3 FRAMEWORKS

Es una estructura de desarrollo compuesta por bibliotecas, patrones de diseño, componentes reutilizables y herramientas integradas, su objetivo es estandarizar y facilitar la creación de aplicaciones al proporcionar una base sólida que guía a los desarrolladores en la organización del código, el manejo de dependencias y la implementación de funcionalidades comunes, en el contexto de una plataforma de monitoreo biomédico, los frameworks permiten acelerar el desarrollo, mantener la calidad del código y garantizar una mejor escalabilidad para gestionar los diferentes módulos como monitoreo en tiempo real, alertas, reportes, y administración de dispositivos [49].

Angular: Es un framework de desarrollo frontend basado en TypeScript, mantenido por Google, que facilita la creación de aplicaciones web estructuradas mediante el uso de componentes reutilizables, servicios inyectables y un potente sistema de enrutamiento, dentro de la plataforma informática, Angular es utilizado tanto en el desarrollo de la interfaz web como en la aplicación híbrida móvil, permitiendo una experiencia uniforme para el usuario, su arquitectura modular y su compatibilidad con servicios RESTful lo convierten en una herramienta ideal para visualizar los datos biomédicos en tiempo real y permitir la interacción fluida entre los distintos roles del sistema como médicos, pacientes y administradores [50].

Ionic: Es un framework para el desarrollo de aplicaciones móviles híbridas que se apoya en tecnologías web como HTML, CSS y JavaScript o TypeScript, trabaja sobre Angular y permite compilar aplicaciones que pueden ejecutarse en dispositivos Android o iOS a partir de una sola base de código, para esta plataforma, Ionic ha sido clave en el desarrollo de la versión móvil que permite a los pacientes monitorear sus signos vitales, recibir alertas, comunicarse con médicos y gestionar sus datos de manera eficiente, su compatibilidad con plugins nativos facilita el acceso a funcionalidades del dispositivo como la cámara o el almacenamiento, lo cual resulta útil para la personalización del perfil de usuario o el envío de imágenes de recetas [51].

Fat-Free Framework: Es un micro-framework ligero para PHP que se destaca por su simplicidad, rendimiento y bajo consumo de recursos, está orientado a desarrollos eficientes que requieren estructura sin sobrecargar el servidor, en el caso de esta plataforma, se emplea en la parte del backend para estructurar los servicios REST que procesan las solicitudes de los clientes, manipulan los datos provenientes de los dispositivos IoT y gestionan la lógica de negocio, su diseño modular permite integrar componentes adicionales como validadores, manejadores de base de datos o autenticación de usuarios sin sacrificar el rendimiento, siendo especialmente útil en entornos donde se requiere manejar múltiples usuarios conectados simultáneamente [52].

2.2.4 ENTORNO DE DESARROLLO

Es el conjunto de herramientas, servicios y tecnologías que utilizan los desarrolladores para programar, ejecutar, probar y depurar software, incluye editores de código, entornos de ejecución, servidores locales, gestores de bases de datos, controladores de versiones y otros recursos que permiten construir aplicaciones de forma organizada y eficiente, dentro del contexto de esta plataforma informática para el monitoreo de parámetros biomédicos, el entorno de desarrollo asegura que los módulos como visualización de datos en tiempo real, autenticación de usuarios, control de dispositivos IoT y generación de reportes funcionen de manera coherente en todas las capas de la aplicación [53].

Node.js: Es un entorno de ejecución para JavaScript que permite ejecutar código del lado del servidor, su motor V8, que es el mismo que utiliza Google Chrome, convierte el código JavaScript en código máquina, lo que optimiza su rendimiento y hace que las aplicaciones se ejecuten de manera rápida y eficiente, gracias a su modelo basado en eventos y no bloqueante, Node.js es especialmente adecuado para construir aplicaciones escalables y de alto rendimiento, como aquellas que requieren procesamiento en tiempo real, como aplicaciones de mensajería, juegos en línea, chats y otros servicios interactivos, este entorno se ha vuelto muy popular en el desarrollo de aplicaciones web y móviles debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos con baja latencia [54].

phpMyAdmin: Es una herramienta desarrollada en PHP que proporciona una interfaz gráfica basada en web para la administración de bases de datos MySQL y MariaDB, permite realizar operaciones como la creación de tablas, modificación de registros,

ejecución de consultas SQL y gestión de usuarios sin necesidad de escribir comandos directamente, en este proyecto, phpMyAdmin facilita el mantenimiento de las estructuras que almacenan datos biomédicos, usuarios, configuraciones de dispositivos y registros médicos, ayudando a los desarrolladores e investigadores a gestionar la información de forma accesible y ordenada durante el desarrollo y pruebas del sistema [55].

XAMPP: Es un paquete de software que incluye Apache como servidor web, MySQL como sistema de gestión de base de datos, PHP y Perl como lenguajes de programación, permite levantar un entorno de desarrollo local para probar aplicaciones web antes de implementarlas en un entorno de producción, para esta plataforma informática, XAMPP proporciona un entorno de pruebas en el que los módulos del backend y frontend pueden ejecutarse de forma integrada, validando la conexión con la base de datos, la recepción de señales desde los dispositivos y la funcionalidad general del sistema en condiciones simuladas antes de su despliegue definitivo [56].

2.2.5 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Son aplicaciones y entornos que asisten al programador en las distintas etapas del ciclo de vida del software, desde la escritura del código hasta la documentación, pruebas y control de versiones, estas herramientas incrementan la eficiencia, permiten mantener la calidad del código, automatizan tareas repetitivas y facilitan la colaboración entre miembros del equipo de desarrollo, dentro del contexto de esta plataforma informática, las herramientas de desarrollo permiten gestionar eficazmente los módulos web y móviles, los servicios de backend y las integraciones con dispositivos IoT que capturan datos biomédicos [57].

Visual Studio Code: Es un editor de código fuente multiplataforma, ligero y altamente configurable, desarrollado por Microsoft, ofrece compatibilidad con múltiples lenguajes de programación y extensiones que permiten integrar entornos de ejecución, control de versiones y herramientas de depuración, su entorno flexible permite trabajar tanto en aplicaciones frontend como backend, siendo una herramienta fundamental en este proyecto para el desarrollo de componentes en Angular, el control del flujo de datos, y la edición de archivos PHP del backend que gestionan los datos enviados por los dispositivos IoT [58].

Insomnia: Es una herramienta de pruebas de APIs diseñada para facilitar la interacción con servicios REST y GraphQL, permite realizar solicitudes HTTP personalizadas, probar autenticaciones con tokens y organizar colecciones de endpoints de forma clara, su interfaz intuitiva facilita validar el correcto funcionamiento de los servicios web que gestionan las peticiones y respuestas del sistema, en esta plataforma es utilizada para verificar el envío de parámetros biomédicos desde los dispositivos hacia la base de datos, asegurando la integridad del flujo de información entre el frontend, el backend y los dispositivos [59].

Figma: Es una herramienta de diseño gráfico centrada en la creación de interfaces de usuario y prototipos interactivos, funciona completamente en la web y permite colaboración en tiempo real entre diseñadores y desarrolladores, su uso es esencial para definir la experiencia visual y funcional de las aplicaciones, en este proyecto fue empleada para diseñar las pantallas tanto de la aplicación web como móvil, permitiendo simular flujos como el monitoreo de signos vitales, la vinculación de dispositivos y la gestión de alertas, todo esto sin necesidad de escribir código en las fases iniciales [60].

Terminal (CMD, Git Bash, PowerShell): La terminal es una herramienta que permite ejecutar comandos directamente en el sistema operativo, facilitando la automatización de tareas como la instalación de dependencias, el inicio de servidores locales, el manejo de versiones con Git y la ejecución de scripts de desarrollo, su uso agiliza el desarrollo y brinda control total sobre los procesos técnicos, en esta plataforma informática es utilizada para compilar el frontend, iniciar el servidor PHP que gestiona las solicitudes y conectarse a herramientas como Node.js para ejecutar servicios asincrónicos que trabajan con los datos enviados desde los dispositivos biomédicos [61].

PlantUML: Es una herramienta de código abierto que nos permite mediante código generar diagramas UML útiles para la creación de los diagramas de flujo, y diagrama de caso de uso de este proyecto [37].

2.2.6 DATOS BIOMÉDICOS

Son registros de parámetros fisiológicos que reflejan el estado de salud de una persona, estos datos son obtenidos mediante sensores biomédicos conectados a dispositivos IoT que permiten su captura en tiempo real, entre los parámetros más relevantes se encuentran la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno en sangre, temperatura corporal y

electrocardiograma, su recolección continua permite construir historiales clínicos, detectar eventos anómalos y activar alertas tempranas ante desviaciones críticas, en el contexto de esta plataforma informática, estos datos son enviados desde los sensores a través del protocolo MQTT, procesados por servicios backend, almacenados en bases de datos y visualizados por los usuarios a través de interfaces intuitivas para su análisis clínico y seguimiento remoto [62].

Temperatura corporal: Es un parámetro biomédico fundamental para evaluar el equilibrio térmico del cuerpo humano, se mide a través de sensores de contacto integrados en dispositivos de monitoreo continuo, alteraciones como fiebre o hipotermia pueden ser indicativas de infecciones, desórdenes metabólicos o inflamatorios, en esta plataforma la temperatura corporal es uno de los datos principales recopilados por los dispositivos IoT, transmitido a través del protocolo MQTT y visualizado en tiempo real en los módulos de paciente y profesional de salud, lo que permite realizar un seguimiento efectivo y generar alertas automáticas en caso de valores fuera del rango fisiológico [63].

Frecuencia cardíaca: Es un parámetro vital que mide el número de latidos por minuto que tiene el corazón y que es utilizado para la evaluación de la función cardiovascular y del bienestar general de una persona, los cambios de la frecuencia cardíaca en su aumento o disminución son síntomas de dar cuenta de trastornos cardíacos, estrés, ansiedad, o alteraciones del sistema nervioso autónomo, el seguimiento y el control continuos de este parámetro vital son fundamentales para el diagnóstico precoz de arritmias, insuficiencia cardíaca o infartos de miocardio, por su parte la plataforma creada se basa en dispositivos IoT que permiten tener un registro y un envío en tiempo real de los valores de la frecuencia cardíaca, que permiten tener un seguimiento clínico remoto y una activación de alertas inmediatas para evitar situaciones de potencial peligro, permitiendo tener un control más real de la prevención y el tratamiento [64].

Saturación de oxígeno: La saturación de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno que transportan los glóbulos rojos, los cuales reciben oxígeno en los pulmones y luego lo transportan al resto del cuerpo, las personas que tienen afecciones médicas, como una enfermedad pulmonar, podrían no tener suficiente oxígeno en los glóbulos rojos[65].

Electrocardiogramas (ECG): Los electrocardiogramas (ECG) son registros minuciosos de la actividad eléctrica del corazón que son una herramienta básica para la evaluación

de la función cardiovascular de un paciente, al ser fundamentalmente para el diagnóstico del fenómeno de las anomalías del ritmo cardíaco (arritmias, bloqueos cardíacos y otros trastornos de la conducción eléctrica, etcétera). El ECG permite tener una idea muy clara de las alteraciones del ritmo y de la morfología del corazón, identificándose y previéndose eventos cardíacos graves como los infartos, insuficiencia cardíaca o fallos en el sistema de conducción, el registro y el almacenamiento de los ECG durante un periodo de tiempo en cualquier dispositivo y su envío posterior a otros dispositivos para la identificación oportuna de eventos permite tener un diagnóstico y un tratamiento precoz para prevenir eventos adversos graves, teniéndose en cuenta el interés de los ECG en la práctica clínica para la prevención y el tratamiento de enfermedades del corazón [66].

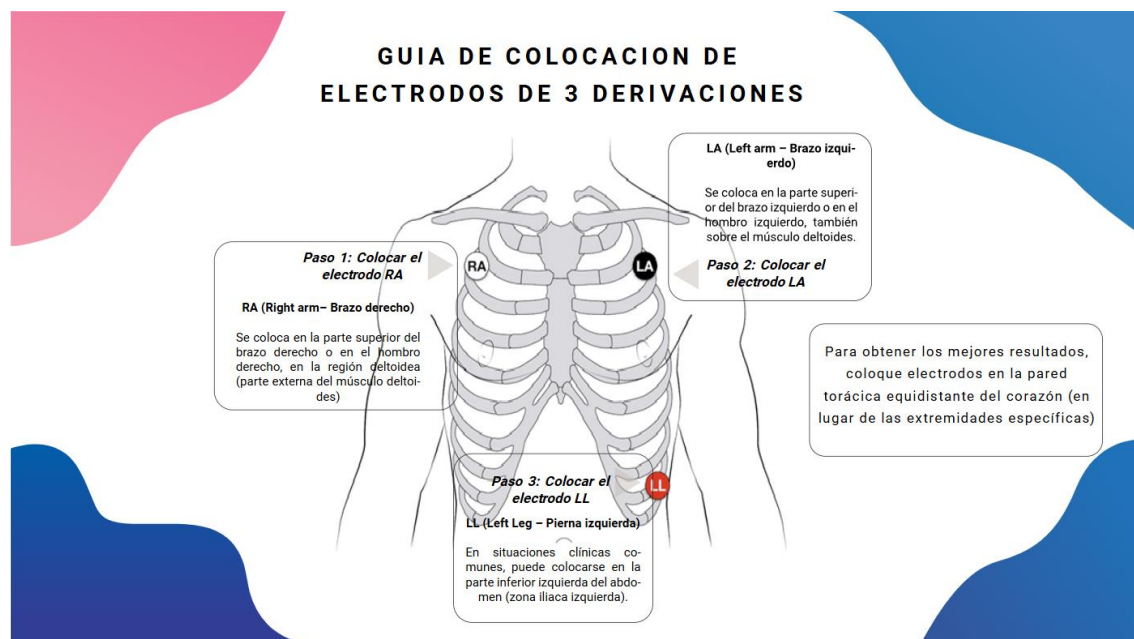


Ilustración 3 Guía de colocación de electrodos de 3 derivaciones

QRS: El complejo QRS en el electrocardiograma (ECG) es un registro de la despolarización ventricular, se trata del registro de la activación eléctrica de los ventrículos, proporciona información práctica y clínica relevante sobre la conducción cardíaca, presencia de arritmias, isquemia miocárdica o hipertrofia ventricular. Su análisis —con una duración normal de 80–110 ms; morfología con ondas Q, R, S y amplitud— puede identificar alteraciones que sugieren bloques de rama, taquicardias ventriculares o las secuelas del infarto y por lo tanto, información relevante para elaborar un diagnóstico clínico y las decisiones terapéuticas en cardiología [67].

Señales bioeléctricas: Las señales bioeléctricas son aquellas generadas por el cuerpo humano, en especial por los sistemas nervioso y muscular, estas señales también desempeñan un papel importante tanto en el diagnóstico de diferentes enfermedades neurológicas y musculares como en el control de dispositivos médicos como prótesis, sillas de ruedas motorizadas, etc., monitorizarlos en tiempo real permite evaluar el estado funcional del sistema nervioso y muscular, lo que permite su detección de forma precoz como anomalías que pudieran evidenciar un déficit o enfermedad, además las señales bioeléctricas permiten el control de dispositivos de asistencia, mejorando la calidad de vida de las personas con movilidad reducida, el estudio y la medición de procesar estas señales aportan la información necesaria para el seguimiento y tratamiento de las condiciones neurológicas o musculares y además la innovación en tecnologías médicas y rehabilitadoras [68].

2.2.7 ESTADÍSTICA

La estadística es una rama de las matemáticas que se encarga de recolectar, analizar, interpretar y presentar datos con el fin de extraer conclusiones útiles, en el contexto del procesamiento de señales bioeléctricas, la estadística permite identificar patrones, detectar valores atípicos y validar la calidad de las mediciones realizadas por dispositivos IoT, lo que contribuye a obtener resultados más precisos y fiables en el análisis de datos biomédicos [69].

Distribución Gaussiana: La distribución gaussiana, también conocida como distribución normal, es un tipo de distribución de probabilidad que es ampliamente utilizada en estadística para modelar fenómenos que presentan variabilidad alrededor de un valor medio, esta distribución es simétrica y tiene una forma de campana, donde la media, la mediana y la moda son iguales, en el contexto de los datos biomédicos, la distribución gaussiana se emplea para modelar la variabilidad de parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la saturación de oxígeno, con el fin de identificar valores atípicos que podrían indicar un problema de salud, utilizando métodos estadísticos basados en la distribución gaussiana, se pueden calcular probabilidades y determinar umbrales para detectar falsos positivos o alertas de manera más precisa [70].

El modelo estadístico gaussiano, también conocido como distribución normal, parte de la premisa de que los datos biomédicos como la frecuencia cardíaca, temperatura corporal,

saturación de oxígeno o amplitudes del ECG tienden a distribuirse de forma simétrica en torno a un valor medio, tal como se muestra en la sección de resultados en la Ilustración 13.

La premisa de que los valores normales de una señal se distribuyen alrededor de la media (μ) y que los extremos, cuando no se espera fisiológicamente, pueden ser falsos positivos, ya que pueden ser errores del sensor, ruido eléctrico, artefactos producidos por el movimiento del propio paciente u otras interferencias externas. Este concepto permite establecer unos umbrales dinámicos en base a la desviación típica (σ), para la detección automática de señales consideradas falsos positivos como forma de mejorar los datos de los que se extrae la toma de decisiones durante la práctica médica.

Técnica de Welford: El método de Welford es un algoritmo muy eficiente para poder calcular estadísticas descriptivas en línea de la media y la varianza (y por tanto de la desviación típica) de un conjunto de datos, sin tener que almacenar todas las observaciones anteriores [71]. Y como ya se ha mencionado, el método de Welford es muy útil en entornos en los que los datos llegan en secuencias o flujos continuos como es el caso de las señales biomédicas adquiridas de forma continua en tiempo real desde dispositivos IoT [71].

Finalmente, la fórmula recursiva propuesta por Welford permite que los valores estadísticos sean actualizados en función de los datos que se van recibiendo, y de esta forma mejorar la eficiencia computacional y el uso de la memoria, que son elementos clave en aplicaciones de monitorización remota con recursos limitados [71].

Sea:

- M_k : Media actualizada hasta el dato k
- S_k : Suma de cuadrados de diferencias usada para calcular la varianza
- x_k : Nuevo valor recibido

$$M_k = M_{k-1} + \frac{x_k - M_{k-1}}{k}$$
$$S_k = S_{k-1} + (x_k - M_{k-1})(x_k - M_k)$$

Falsos positivos: Los falsos positivos ocurren cuando un sistema de detección indica la presencia de una condición anómala que en realidad no existe, en este caso en específico puede ser un error de medición del dispositivo IoT, movimientos del paciente o interferencias, esto quiere decir que, el dato fue alterado por alguna razón externa y no es el valor real del ECG[72].

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 ANÁLISIS DE DATOS BIOMÉDICOS COMO FUTURO DE LA MEDICINA

La incorporación de dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) dentro del campo de la salud, ha aumentado a pasos agigantados [73]. Un reciente estudio estima que el valor de mercado del IoT alcanzará los 534,3 miles de millones de dólares para 2025, debido, sobre todo, a la necesidad de sistemas de monitorización remota, dispositivos portátiles, soluciones de salud conectadas [74]. Este aumento viene en parte dado por la necesidad de hacer más eficiente los sistemas de salud y la atención personalizada [75].

La teoría basada en el análisis de los datos biomédicos hace sugerir que el tratamiento de grandes volúmenes de historias clínicas puede revolver el tratamiento como la prevención de enfermedades; los dispositivos médicos actuales ofrecen la capacidad de recopilar datos continuamente como, por ejemplo, el ritmo cardiaco, la temperatura corporal, fundamentales para un enfoque de la salud preventivo y personalizado, y en ese sentido, el tratamiento aplicando técnicas estadísticas avanzadas permite la detección de patrones y las transformaciones en el estado de salud y enfermedades que podrían no ser detectadas con análisis clásicos.

2.3.2 TEORÍA DEL INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN SALUD COMO HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN

La teoría del Internet de las Cosas (IoT) aplicada a la salud propone que la interconexión de dispositivos inteligentes permite un monitoreo en tiempo real, promoviendo la prevención de enfermedades, sensores que miden variables como la saturación de oxígeno o la presión arterial permiten realizar un seguimiento continuo sin la necesidad de visitas frecuentes al médico, este enfoque no solo reduce la carga en los sistemas de salud, sino que también mejora la capacidad para detectar signos de enfermedades en etapas tempranas [49]

El IoT, mediante la recopilación y el análisis de datos en tiempo real, facilita la predicción de posibles problemas de salud, permitiendo que los profesionales de la salud tomen medidas rápidas ante cualquier desviación significativa en los parámetros fisiológicos, este sistema de monitoreo continuo fomenta la medicina preventiva, ayudando a evitar complicaciones graves mediante la detección temprana y la intervención oportuna [49]

2.3.3 TEORÍA DEL MONITOREO REMOTO DE PACIENTES (TELEMEDICINA)

La teoría del monitoreo remoto de pacientes, o telemedicina, sostiene que el uso de tecnología para el seguimiento de la salud de los pacientes de manera remota puede mejorar significativamente la calidad de la atención médica, especialmente en áreas rurales o con recursos limitados, mediante el uso de dispositivos IoT, como sensores biomédicos, los pacientes pueden ser monitoreados en tiempo real, lo que permite la detección temprana de cambios en su estado de salud sin necesidad de desplazarse al hospital, esta teoría se basa en la premisa de que un monitoreo constante, incluso a distancia, permite una atención médica más eficaz y personalizada [50]

El monitoreo remoto de pacientes contribuye al enfoque preventivo al proporcionar una manera de seguir la evolución de los parámetros biomédicos sin que el paciente tenga que estar físicamente presente en el consultorio, además de facilitar el acceso a atención médica a personas con enfermedades crónicas o condiciones preexistentes, los datos recolectados pueden ser analizados para detectar patrones anómalos, permitiendo intervenciones más tempranas y reduciendo la necesidad de tratamientos de urgencia [50]

2.4 REQUERIMIENTOS

2.4.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales son importantes ya que da una visión general del sistema para cumplir con todos los requerimientos para el desarrollo del software [51].

MÓDULO DE AUTENTIFICACIÓN	
Código	Descripción
RF-01	Para ingresar el usuario sin importar el rol debe ingresar su número de identificación ya sea su número de cedula, su ruc o pasaporte.
RF-02	La información de los usuarios está restringida y la información que se muestra depende del rol.
RF-03	El sistema permite crear una cuenta desde la aplicación móvil y también desde la plataforma web, completando un formulario de registro con sus datos personales en el rol de paciente.
RF-04	El sistema permite a los nuevos usuarios tipo “medico” crear una cuenta desde la aplicación móvil y también desde la plataforma web, ingresando su cedula para verificar si tiene un título en el área de salud que este registrado en la “AGENCIA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE SALUD Y MEDICINA PREPAGADA”
RF-05	El sistema permite recuperar el usuario y contraseña ingresando el correo electrónico y se envía un código que debe ser ingresado.

Tabla 3 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación

MÓDULO DE PERFIL	
Código	Descripción
RF-06	El usuario tiene la opción de editar el número de teléfono, correo y agregar y cambiar foto de perfil
RF-07	El usuario solo puede cambiar la contraseña mas no la cedula.

Tabla 4 Requerimientos funcionales - Módulo de perfil

MÓDULO DE REPORTES	
Código	Descripción
RF-08	El sistema muestra los reportes del total de pacientes para la sesión médico.
RF-09	El sistema muestra los reportes del total de consultas por paciente para la sesión médico.
RF-10	El sistema muestra las recetas médicas en la sección del paciente.
RF-11	El sistema muestra el antecedente personal registrado
RF-12	El sistema muestra la visualización de gráficos de datos de la cantidad de dispositivos, paciente y médicos.

Tabla 5 Requerimientos funcionales - Módulo de reportes

MÓDULO DE FALSOS POSITIVOS	
Código	Descripción
RF-13	El sistema debe procesar los datos biomédicos recolectados por los dispositivos IoT mediante técnicas estadísticas, para identificar posibles valores atípicos que representen falsos positivos.
RF-14	El sistema debe permitir al usuario visualizar en una sección específica los valores identificados como falsos positivos.
RF-15	El sistema debe permitir ver con que datos estadísticos se hace la detección de falsos positivos
RF-16	El sistema debe almacenar los datos considerados como falsos positivos.
RF-17	El sistema debe notificar cuando se haya detectado un falso positivo.

RF-18	El sistema debe generar reportes sobre la detección de falsos positivos.
-------	--------------------------------------------------------------------------

Tabla 6 Requerimientos funcionales - Módulo de falsos positivos

MÓDULO DE DATOS BIOMEDICOS	
Código	Descripción
RF-19	El sistema debe adquirir de forma automática los datos biomédicos (frecuencia cardíaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno, presión arterial y ECG) mediante dispositivos IoT conectados.
RF-20	El sistema debe permitir el ingreso manual de datos biomédicos por parte del usuario autorizado, con validaciones que aseguren que los valores se encuentren dentro de rangos fisiológicamente aceptables, a excepción del ECG por su naturaleza.
RF-21	El sistema debe almacenar los datos, con la referencia del usuario.
RF-22	El sistema debe permitir ver al médico el historial de los datos biomédicos registrados.
RF-23	El sistema debe ver con que datos estadísticos se utilizó para determinar un falso positivo.
RF-24	El sistema debe permitir la exportación de los datos biomédicos a formatos como PDF o Excel para respaldos o reportes médicos.
RF-25	El sistema permite ver las alertas generadas de los datos biomédicos.
RF-26	El sistema permite que el medico pueda ver los datos de sus pacientes.

Tabla 7 Requerimientos funcionales - Módulo de datos biomedicos

MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN DE DISPOSITIVOS IOT	
Código	Descripción

RF-27	El sistema debe permitir al administrador visualizar un listado de todos los dispositivos IoT registrados, junto con su estado (activo/inactivo).
RF-28	El sistema debe permitir registrar un nuevo dispositivo IoT.
RF-29	El sistema solo permitiría tener un dispositivo IoT en estado “Activo”.
RF-30	El sistema debe permitir modificar la información de un dispositivo IoT existente
RF-31	El sistema debe permitir eliminar un dispositivo IoT del sistema, siempre que no esté vinculado a un usuario activo.
RF-32	El sistema debe permitir desactivar el dispositivo IoT vinculado.
RF-33	El sistema debe permitir desvincular un dispositivo IoT del usuario actual para que pueda ser asociado a un nuevo usuario.
RF-34	El sistema debe permitir asignar un dispositivo IoT disponible (no vinculado) a un usuario, activando su uso para la adquisición de datos biomédicos.

Tabla 8 Requerimientos funcionales - Módulo de administración de dispositivos IoT

ROL ADMINISTRADOR	
Código	Descripción
RF-35	El sistema debe permitir al administrador habilitar o inhabilitar usuarios del sistema, ya sean pacientes, médicos, asistentes o administradores. Además, puede editar los datos personales de cada usuario, como nombres, correo electrónico y tipo de rol asignado.
RF-36	El sistema debe permitir al administrador registrar nuevos usuarios en la plataforma. Respetando los datos necesarios para la creación del mismo.

RF-37	El sistema debe permitir al administrador crear y editar los distintos tipos de alertas que el sistema puede generar. Esto incluye definir el nombre de la alerta, el parámetro asociado (como frecuencia cardíaca o temperatura) y los valores umbral que determinan cuándo se activa la alerta.
RF-38	El sistema debe permitir al administrador agregar o modificar parámetros biomédicos que son monitoreados por los dispositivos IoT. Estos parámetros pueden incluir nombre, unidad de medida, valores normales y límites máximos y mínimos que sirven para generar alertas en caso de errores.
RF-39	El sistema debe permitir al administrador habilitar o deshabilitar a los médicos registrados en la plataforma. Un médico deshabilitado no puede acceder al sistema ni realizar monitoreo de pacientes hasta que vuelva a ser habilitado.

Tabla 9 Requerimientos funcionales - Rol Administrador

ROL MEDICO	
Código	Descripción
RF-40	El sistema debe permitir a los usuarios seleccionar un médico de preferencia que este registrado en la plataforma.
RF-41	El sistema debe permitir a los médicos visualizar en tiempo real los signos vitales de sus pacientes asignados.
RF-42	El sistema debe permitir a los médicos acceder al historial de datos biomédicos de cada uno de sus pacientes y tomar decisiones basadas en los datos o eventos pasados registrados por los dispositivos IoT.

RF-43	Permitir que el médico proponga o gestione la asignación de un dispositivo específico para el monitoreo de un paciente en base a sus necesidades clínicas.
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 10 Requerimientos funcionales - Rol Medico

ROL PACIENTE	
Código	Descripción
RF-44	El sistema permite al paciente visualizar en tiempo real sus parámetros biomédicos: frecuencia cardíaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno y señal de ECG.
RF-45	El sistema permite al paciente acceder a su historial de datos biomédicos registrados por los dispositivos IoT.
RF-46	El sistema permite ver los valores del cual se detectó los falsos positivos en sus signos vitales.
RF-47	El sistema permite al paciente visualizar las recetas médicas generadas por su médico tratante.
RF-48	El sistema permite al paciente comunicarse con su médico mediante mensajes directos a través de la plataforma.
RF-49	El sistema permite al paciente acceder a enlaces rápidos para iniciar consultas vía WhatsApp o Telegram.
RF-50	El sistema permite al paciente generar reportes visuales de sus signos vitales para seguimiento clínico.
RF-51	El sistema permite al paciente consultar el historial de sus consultas médicas anteriores.

Tabla 11 Requerimientos funcionales - Rol Paciente

2.4.2 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Los requerimientos no funcionales son importantes para el correcto funcionamiento de la plataforma informática [53]. A continuación, se detallan los requisitos no funcionales de la plataforma informática.

PLATAFORMA INFORMÁTICA	
Código	Descripción
RNF-1	El sistema está disponible 24/7 durante toda la semana, garantizando el acceso continuo tanto desde la aplicación móvil como desde la web.
RNF-2	El sistema está disponible en idioma español.
RNF-3	La plataforma es accesible tanto desde la aplicación móvil (Android) como desde la aplicación web.
RNF-4	El sistema permite el acceso solo al personal autorizado, a través de un proceso de autenticación.
RNF-5	La interfaz de usuario (UI) debe ser intuitiva.

Tabla 12 Requisitos no funcionales de la plataforma

2.5 COMPONENTE DE LA PROPUESTA

Para el diseño de la plataforma informática destinada al monitoreo de parámetros biomédicos, como el electrocardiograma (ECG), la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal, se consideran componentes fundamentales como la arquitectura del sistema, los diagramas de casos de uso y el modelado de datos.

2.5.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Está basada en microservicios, esto nos permite que sea modular, escalable y eficiente de los distintos componentes del sistema. Esta arquitectura contempla la interacción de la capa de clientes con la API RESTful mediante solicitudes HTTP, facilitando las peticiones y respuestas entre los módulos. Además, los usuarios que acceden a la plataforma se suscriben automáticamente a los tópicos publicados en el broker, utilizando el protocolo MQTT, lo que permite la visualización en tiempo real de los parámetros biomédicos, incluido el electrocardiograma (ECG).

Comparando la arquitectura anterior en la cual se usa scripts de PHP para suscribirse a la lista de "topic" tenía un problema muy grave ya que una vez ejecutado el script no iba

a guardar datos de dispositivos IoT nuevos, además que para mantener esto funcionando dependía de la lista de dispositivos, por tal razón que mantener este script con una gran cantidad de demanda solo puede ser posible con un servidor de alto rendimiento, sin incluir que la naturaleza del ECG manda gran cantidad de volumen de datos. Por eso es que se implementa un nuevo enfoque de distribución de carga en el frontend, para que una vez se abra la página donde se visualizan se vaya almacenando todos los datos que vayan llegando y el usuario decida si cree conveniente guardarlos.

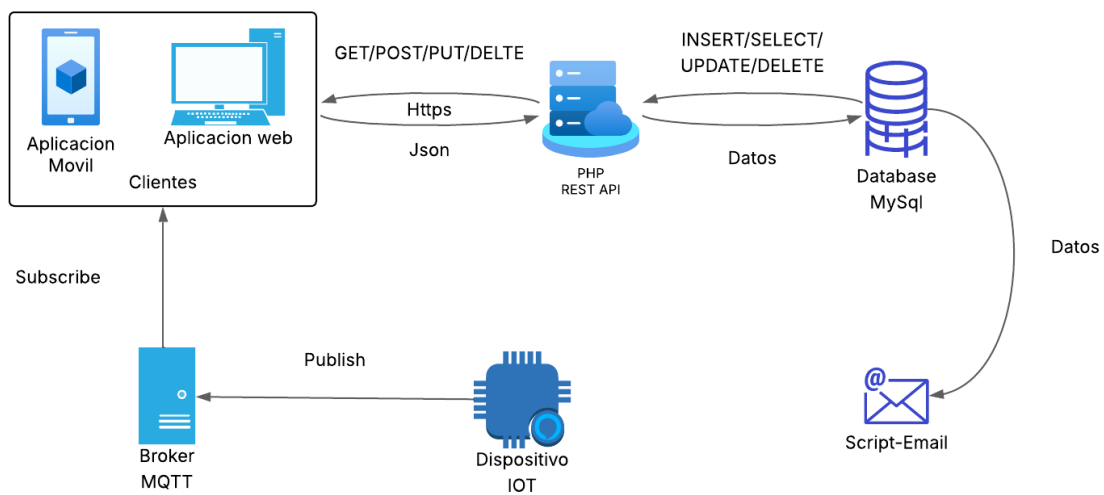


Ilustración 4 Arquitectura del sistema

2.5.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

Los diagramas de caso de uso se elaboraron mediante PlantUML, asegurando el cumplimiento del estándar UML 2.5. El código fuente se incluye en el Anexo A.1 - A.7

CASO DE USO: AUNTETICACIÓN	
ACTORES	Médico, Paciente, Administrador, Asistente
FUNCION	Permitir que los usuarios accedan al sistema mediante sus credenciales y, en caso de olvido, puedan recuperar el acceso a su cuenta.

DESCRIPCION	Las acciones por realizar para ingresar al sistema.
FLUJO BASICO	El usuario desde la pantalla principal seleccionar la opción para iniciar sesión, posteriormente ingresar sus credenciales, si ese es el caso pueden ingresar al sistema, tienen un limite de 5 intentos o si no se bloqueara el usuario, cuando esto suceda el sistema mandara un correo con el código de recuperación para que pueda desbloquear el usuario y restaurar la contraseña.

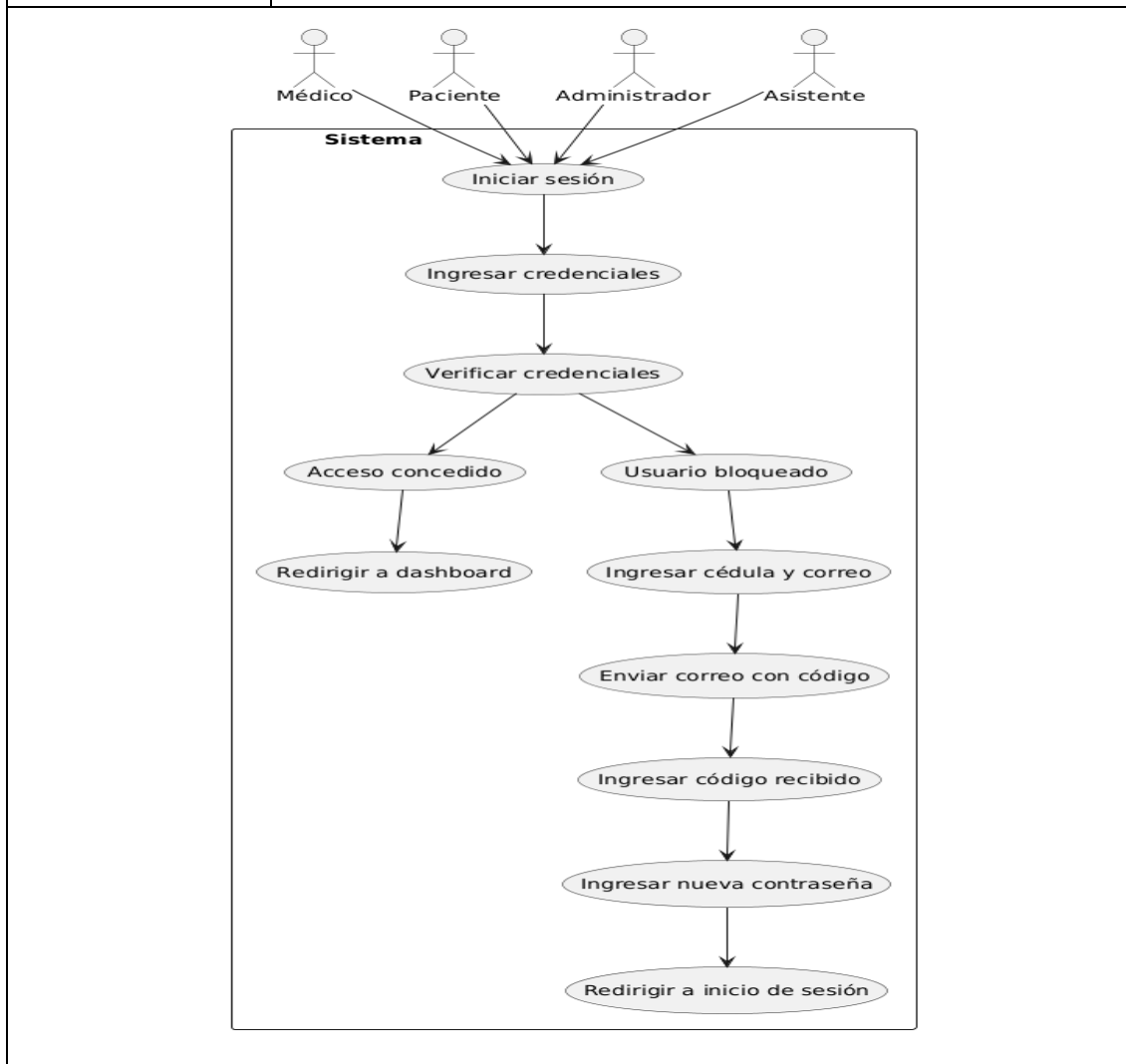


Tabla 13 Diagrama de caso de uso de Autenticación

CASO DE USO: REGISTRAR USUARIO	
ACTORES	Médico, Paciente, Administrador

FUNCION	Permitir el registro de nuevos usuarios al sistema según su rol, validando la información necesaria de acuerdo con su tipo.
DESCRIPCION	Cada tipo de usuario puede registrarse de manera distinta. El Médico y el Paciente pueden registrarse desde el inicio, el primero validando su título profesional. El Médico, ya autenticado, puede registrar Asistentes. El Administrador puede registrar cualquier tipo de usuario, incluidos otros administradores.
FLUJO BASICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción "Registrarse" en la pantalla principal. 2. El sistema solicita la selección del tipo de usuario (Médico, Paciente, Asistente – solo si aplica – o Administrador). 3. El usuario selecciona el tipo de usuario. <ul style="list-style-type: none"> • Si el usuario es Médico, el sistema solicita la carga o validación del título profesional. 4. El sistema muestra el formulario de registro correspondiente. 5. El usuario completa los campos obligatorios del formulario. 6. El sistema verifica que todos los campos requeridos estén completos y válidos. 7. El sistema muestra un resumen de la información ingresada. 8. El usuario confirma que los datos son correctos. 9. El sistema guarda la información y muestra un mensaje de confirmación. <ul style="list-style-type: none"> • El usuario puede iniciar sesión con sus nuevas credenciales.

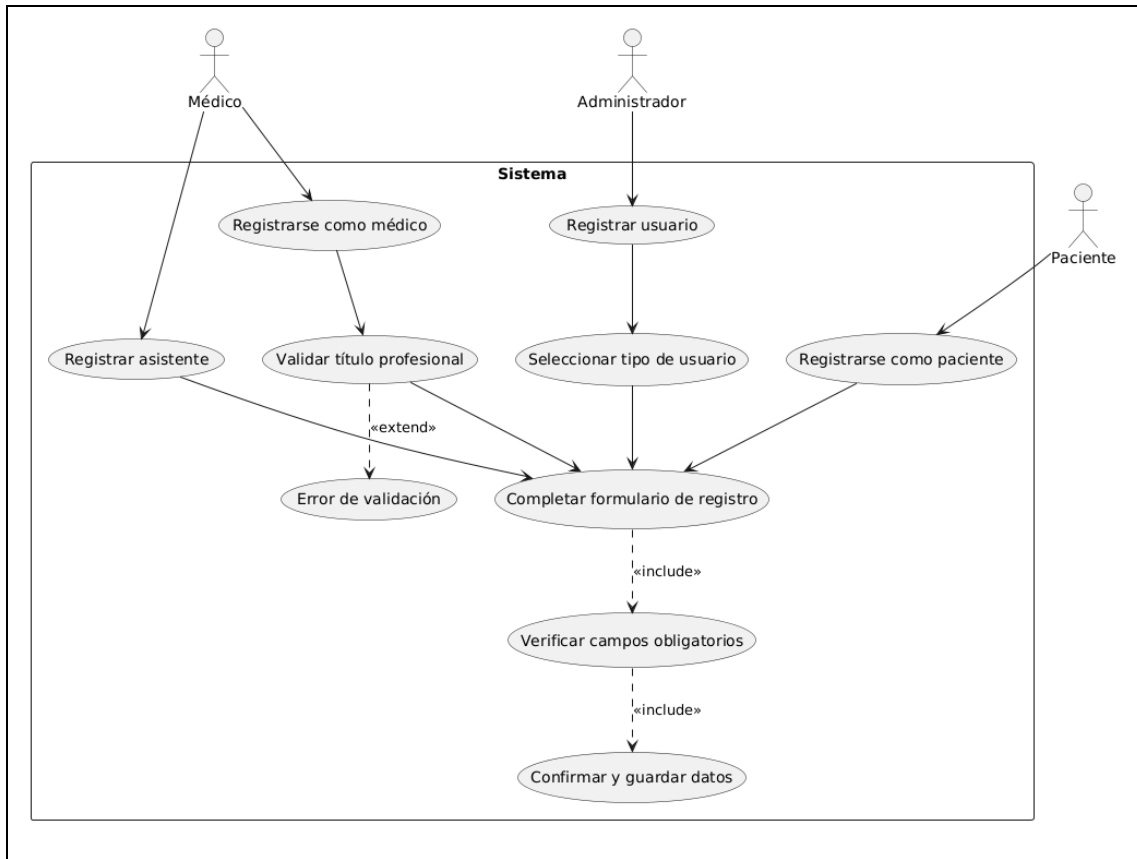


Tabla 14 Diagrama de caso de uso de registro de usuario

CASO DE USO: Visualización de signos vitales	
ACTORES	Médico, Paciente
FUNCION	Permitir a los pacientes visualizar los signos vitales adquiridos desde dispositivos IoT, y al médico, además, guardar los datos y aplicar análisis estadístico para detectar falsos positivos.
DESCRIPCION	EL paciente puede visualizar en tiempo real sus signos vitales enviados por dispositivos IoT y guardar la información capturada. El médico, tras seleccionar un paciente, accede a la misma visualización y puede guardar los datos, lo que activa un análisis estadístico para detectar y registrar posibles falsos positivos.
FLUJO BASICO	Paciente 1. Puede visualizar sus signos vitales en tiempo real.

	<p>Medico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona al paciente. 2. Visualiza signos vitales del paciente. 3. Si desea, guarda los datos. <p>El sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejecuta análisis de signos vitales. • Si hay falsos positivos, los guarda en la tabla de falsos positivos. • Si no hay falsos positivos, guarda los datos en la tabla de datos agrupados.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

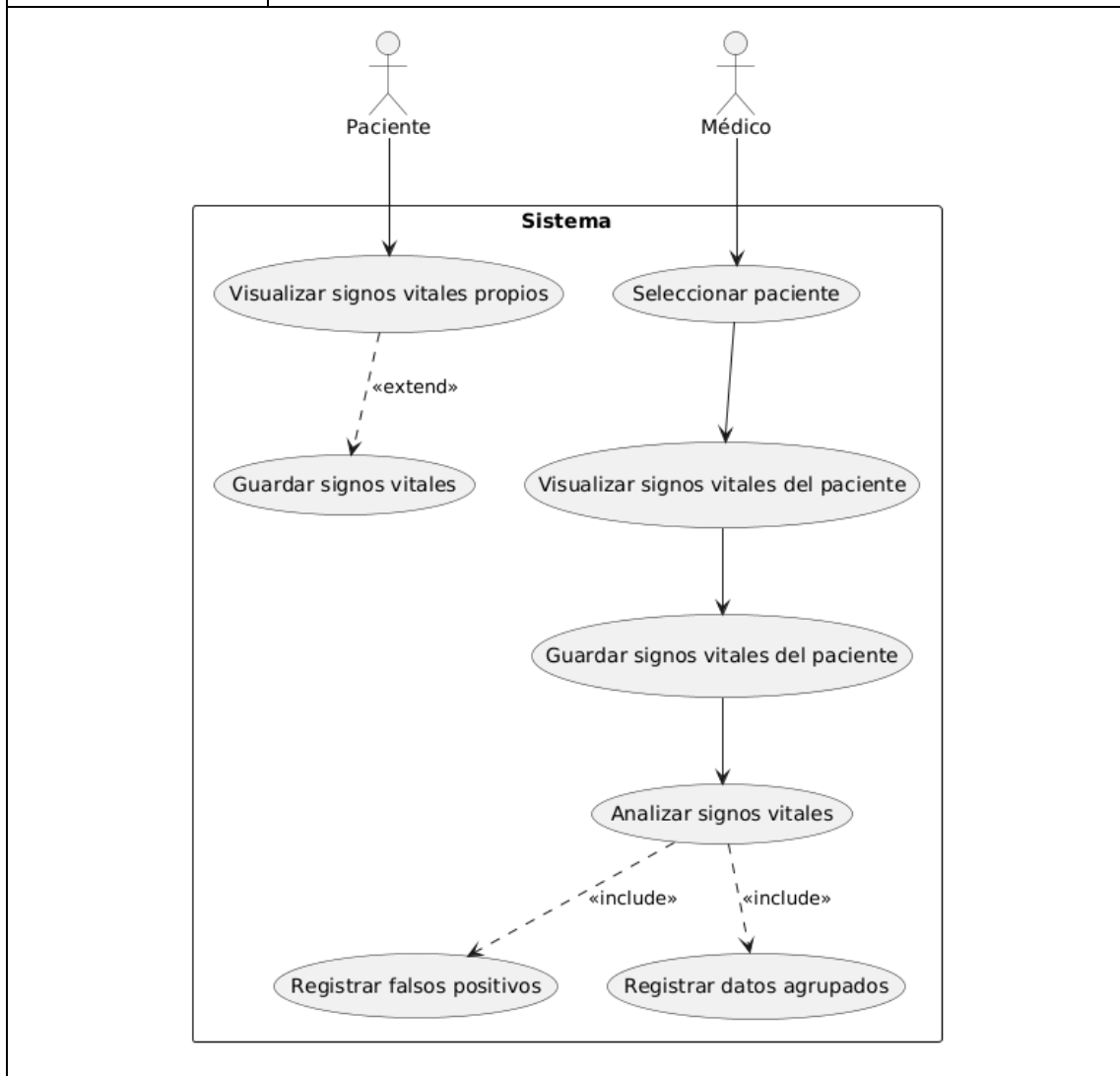


Tabla 15 Diagrama de caso de uso visualización de signos vitales

CASO DE USO: Gestión integral del médico	
ACTOR	Médico
FUNCION	Permitir al médico gestionar su perfil, consultar información médica de sus pacientes, realizar consultas, comunicarse con ellos, modificar sus horarios de atención, registrar y administrar asistentes, y acceder a estadísticas clínicas.
DESCRIPCION	El medico cuando inicia sesión y entrar al sistema, puede realizar ciertas acciones permitidas como: editar su usuario, ver sus pacientes, realizar las consultas, ver los signos vitales entre otros que se detallan a continuación.
FLUJO BASICO	<p>Usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Editar perfil: <ul style="list-style-type: none"> • Actualizar correo electrónico (opcional) • Actualizar teléfono (opcional) • Cambiar foto de perfil (opcional) 2. Cambiar contraseña. 3. Leer términos y condiciones. 4. Cerrar sesión. <p>Pacientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona la opción “Pacientes”. 2. Elige un paciente de su lista. 3. Desde la ficha del paciente puede: <ul style="list-style-type: none"> • Ver signos vitales en tiempo real. • Si lo desea, guardar los datos. • El sistema ejecuta un análisis: <ul style="list-style-type: none"> • Si detecta falsos positivos → los guarda en tabla de falsos positivos. • Si no detecta errores → guarda los datos agrupados.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ver alertas del paciente. <p>4. Consultar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes personales (ver/crear) • Antecedentes familiares (ver/crear) • Alergias (ver/crear) • Tratamientos anteriores (ver) <p>5. Realizar una consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guardar la consulta. • Añadir medicamentos (opcional) <p>6. Comunicarse con el paciente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vía WhatsApp (opcional) • Vía Telegram (opcional) • Por mensaje directo desde la app (opcional) <p>Horarios de atención:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modificar su horario disponible. <p>Asistentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar nuevo asistente. 2. Modificar asistentes existentes. <p>Reportes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acceder a estadísticas: 2. Ver estadísticas de pacientes. 3. Ver estadísticas de consultas realizadas.
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 16 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del médico

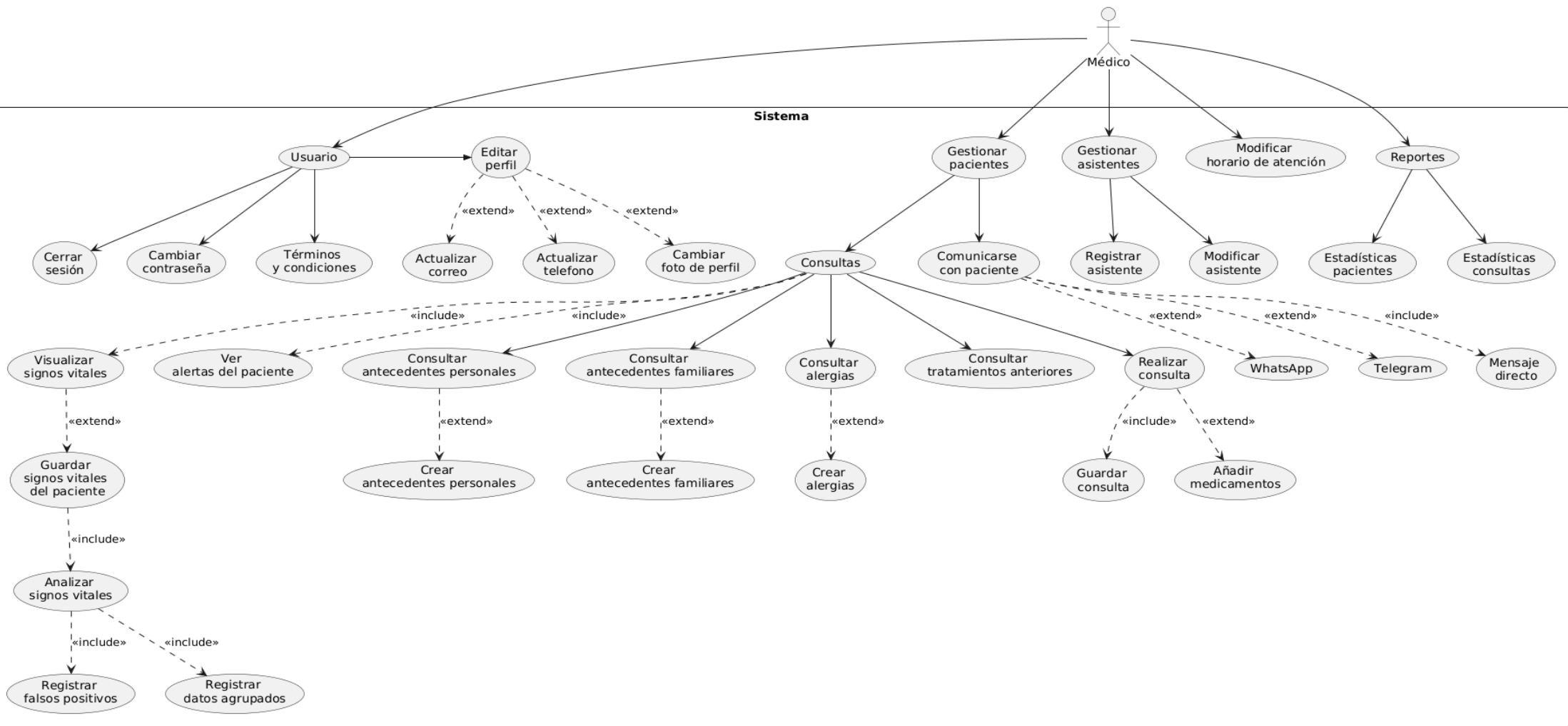


Ilustración 4 Caso de uso general del rol médico

CASO DE USO: Gestión integral del paciente	
ACTORES	Paciente
FUNCION	Brindar al paciente acceso a funcionalidades clave como visualizar signos vitales, gestionar médicos y dispositivos, registrar datos físicos, ver alertas, contactar a médicos y administrar su perfil personal.
DESCRIPCION	El paciente puede modificar su perfil, contraseña y leer los términos. Además, puede ver sus signos vitales en tiempo real, consultar falsos positivos, gestionar médicos y dispositivos, registrar datos físicos, ver alertas y contactar a su médico por diversos medios.
FLUJO BASICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. En el menú “Usuario” puede: <ul style="list-style-type: none"> • Editar su perfil (correo, teléfono, foto). • Cambiar su contraseña. • Leer términos y condiciones. • Cerrar sesión. 2. En el menú “Signos vitales”: <ul style="list-style-type: none"> • Visualiza los datos recolectados por dispositivos IoT en tiempo real. • [Opcional] Consulta falsos positivos. 3. En “Médicos”: <ul style="list-style-type: none"> • Añade un médico. • Desactiva un médico vinculado. 4. En “Alertas”: <ul style="list-style-type: none"> • Revisa las alertas emitidas por el sistema. 5. En “Telemedicina”: <ul style="list-style-type: none"> • Selecciona un médico y elige un medio de contacto: <ul style="list-style-type: none"> • WhatsApp

- Telegram
 - Mensaje directo
6. En “Datos físicos”:
- Inserta su peso.
 - Inserta su estatura.
7. En “Administrar dispositivos”:
- Añade un nuevo dispositivo IoT.
 - Deshabilita un dispositivo vinculado.

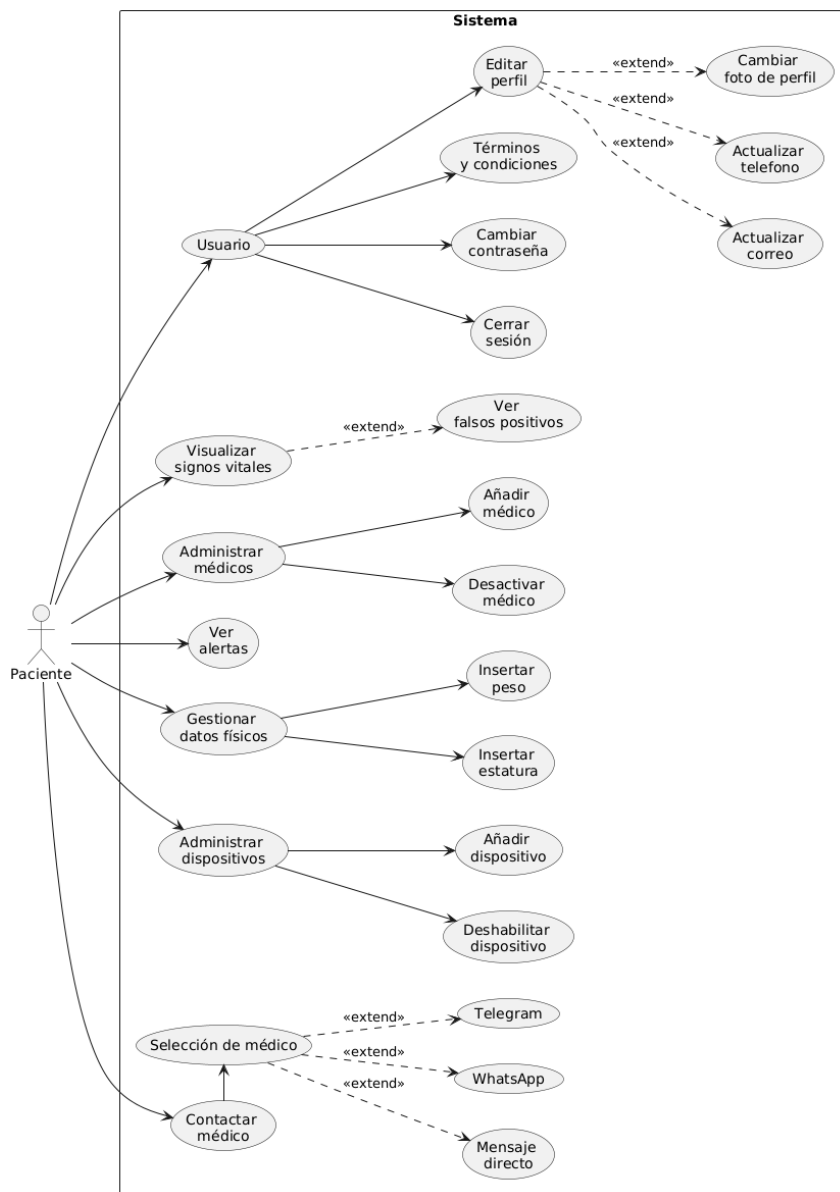


Tabla 17 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del paciente

CASO DE USO: Gestión integral del administrador	
ACTORES	Administrador
FUNCION	Permitir al administrador gestionar usuarios, alertas, informes y parámetros biomédicos, así como modificar su información personal.
DESCRIPCION	Desde el menú principal puede registrar y gestionar usuarios (pacientes, médicos y otros administradores), así como editar o eliminar sus perfiles. También puede consultar informes relacionados con estadísticas de médicos, pacientes y dispositivos. Tiene control sobre la creación, edición y eliminación de alertas. Además, administra los hospitales, especialidades utilizadas en la plataforma y puede modificar su propia información de usuario.
FLUJO BASICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde el área de usuario puede: <ul style="list-style-type: none"> • Puede editar su información Personal. 2. En la gestión de usuarios: <ul style="list-style-type: none"> • Registra nuevos usuarios seleccionando el tipo. • Completa el formulario de registro con verificación de datos. • Edita o elimina usuarios existentes. 3. En la sección de informes puede: <ul style="list-style-type: none"> • Visualizar estadísticas de médicos, pacientes y dispositivos. 4. En alertas, puede crearlos, editar y eliminarlos. 5. En los Hospitales, puede crearlos, editar y eliminarlos. 6. En especialidades, puede crearlos, editar y eliminarlos.

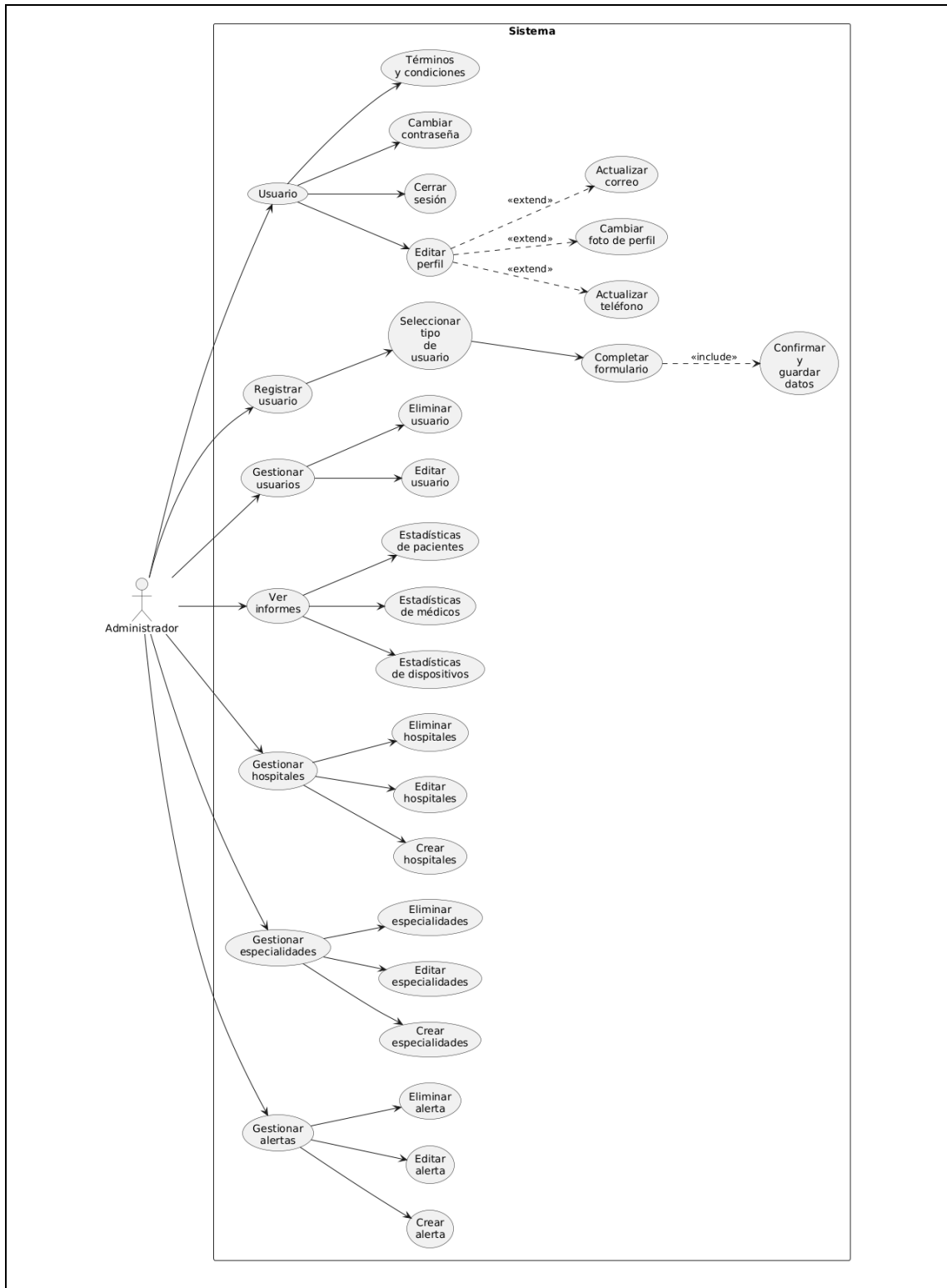


Tabla 18 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del administrador

CASO DE USO: Gestión integral del Asistente	
ACTORES	Asistente
FUNCION	El rol asistente pueda ver los pacientes asignados del médico, y en cada paciente ver sus datos físicos.
DESCRIPCION	Tiene opciones como cambiar su perfil, ver pacientes asignados y actualizar sus datos físicos.
FLUJO BASICO	<p>Accede a la sección de usuario para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Editar su perfil (correo, teléfono, foto). • Cambiar contraseña. • Leer términos y condiciones. • Cerrar sesión. <p>Ingresa a la sección de pacientes asignados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selecciona un paciente • Modifica los datos físicos del paciente.
<pre> graph TD Asistente((Asistente)) --> Usuario((Usuario)) Asistente --> VerPacientes((Ver pacientes asignados)) subgraph Sistema Usuario --> CerrarSesion((Cerrar sesión)) Usuario --> CambiarContraseña((Cambiar contraseña)) Usuario --> Terminos((Términos y condiciones)) Usuario --> EditarPerfil((Editar perfil)) VerPacientes --> ModificarDatosFisicos((Modificar datos físicos)) EditarPerfil -.-> «extend» ActualizarCorreo((Actualizar correo)) EditarPerfil -.-> «extend» ActualizarTelefono((Actualizar telefono)) EditarPerfil -.-> «extend» CambiarFotoPerfil((Cambiar foto de perfil)) ModificarDatosFisicos --> EditarPeso((Editar peso)) ModificarDatosFisicos --> EditarEstatura((Editar estatura)) end </pre>	

Tabla 19 Diagrama de caso de uso de Gestión integral del asistente

2.5.3 DIAGRAMAS DE FLUJO

Los diagramas de flujo se elaboraron mediante PlantUML, asegurando el cumplimiento del estándar UML 2.5. El código fuente se incluye en el Anexo B.1 - B.2

Diagrama de flujo del almacenamiento de datos y análisis de falsos positivos

El proceso inicia con la recepción de datos biomédicos, los cuales son validados para asegurar su estructura y contenido correcto; si los datos son inválidos, se genera un mensaje de error y el flujo finaliza, pero si los datos son válidos, se verifica si existe una estadística previa del usuario, y si no existe, se almacenan los datos en el repositorio de datos agrupados y, en caso de que el usuario tenga rol de médico, se crea una nueva estadística individual por usuario; si en cambio ya existe una estadística previa, se procede a detectar y guardar falsos positivos, almacenar nuevamente los datos agrupados, y si el usuario es médico, se actualiza tanto la estadística por usuario como las estadísticas globales utilizando únicamente los valores considerados válidos, finalizando así el flujo del proceso.

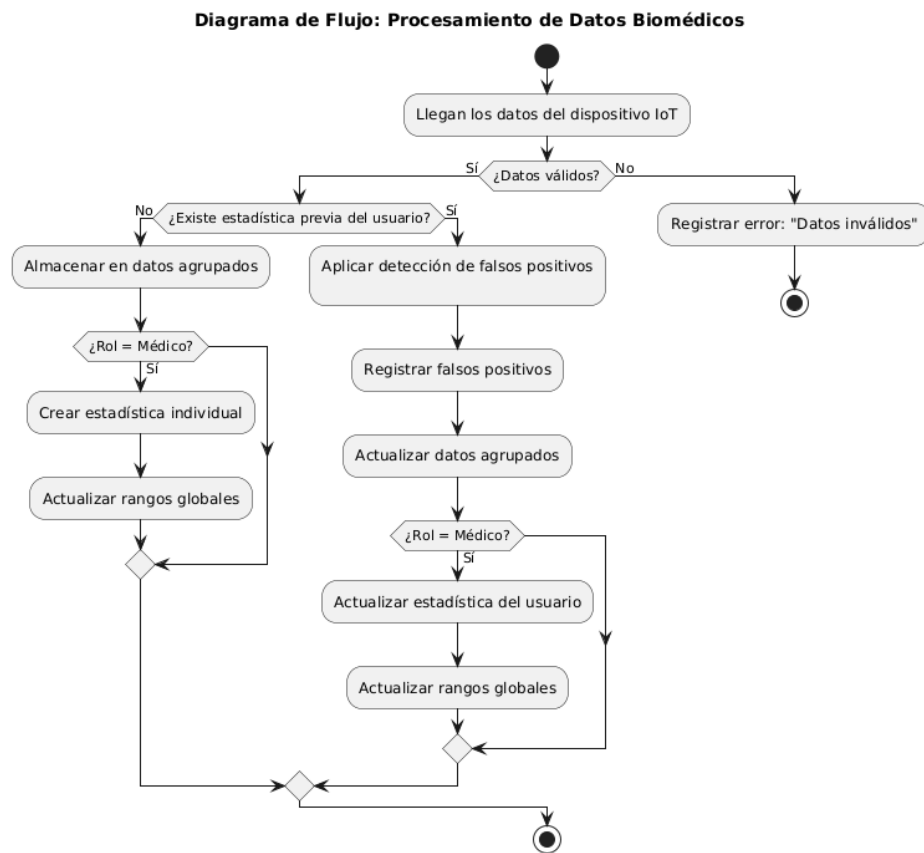


Ilustración 5 Diagrama de flujo: Procesamiento de datos biomédicos

Diagrama de flujo para el monitoreo del ECG

Describe el proceso que tiene que llevar el usuario para poder monitorear la señal del ECG, donde primero accede al módulo, el sistema posteriormente se suscribe el topic relacionado con el usuario y espera que lleguen los datos enviados por el dispositivo IoT, una vez llegan el sistema verifica que estén dentro de los límites definidos o lo marca como falsos positivos.

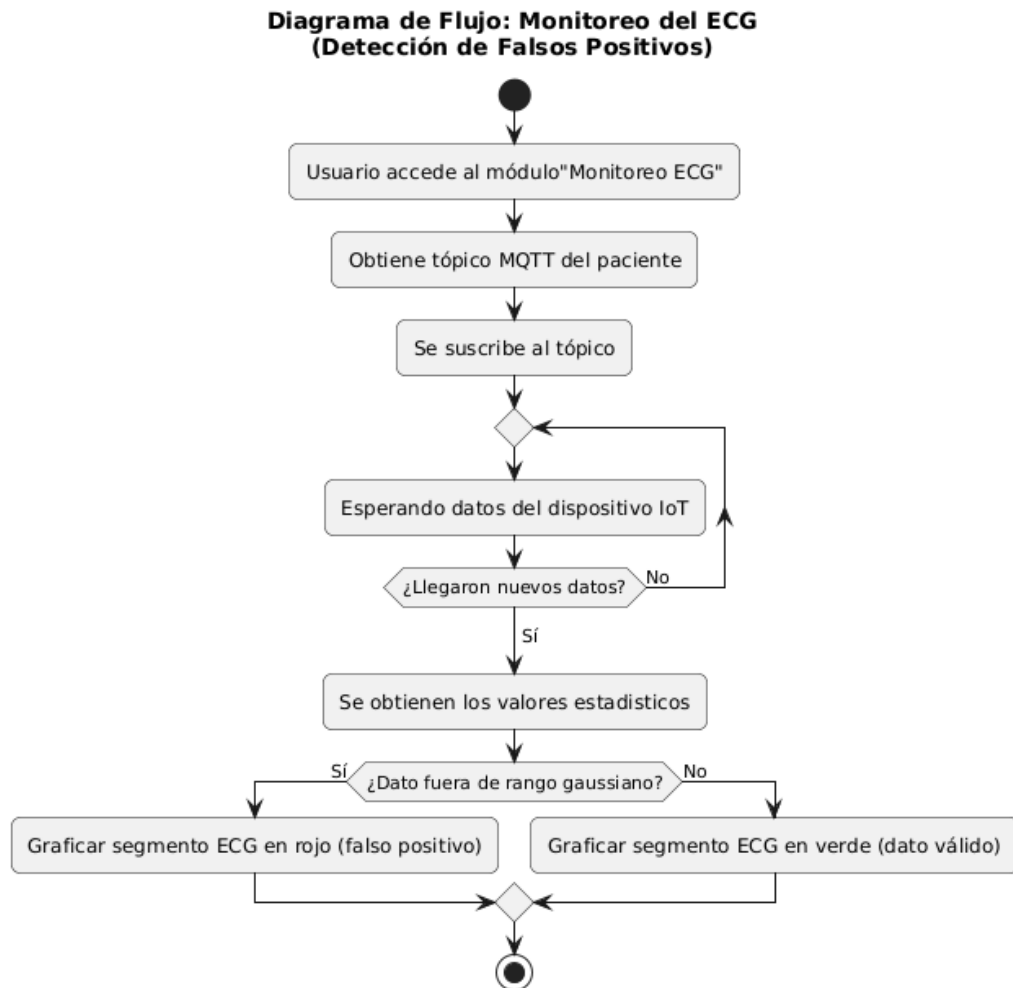


Ilustración 6 Diagrama de flujo: Monitoreo del ECG

2.5.4 MODELADO DE DATOS

En este proyecto se diseñó un modelo de base de datos relacional, organizado en tablas compuestas por campos y registros. Las relaciones entre las distintas tablas se establecieron mediante el uso de llaves primarias y llaves foráneas, garantizando la integridad referencial de los datos [54].

Para la elaboración de dicho modelo se tomó en cuenta la teoría de la normalización, un conjunto de principios desarrollados para optimizar la estructura de una base de datos relacional, reduciendo la redundancia de datos y evitando problemas de inconsistencia. Esta teoría fue propuesta por Edgar F. Codd, quien también introdujo el modelo relacional, y establece condiciones formales que permiten estructurar los datos de forma coherente mediante las llamadas formas normales [55].

Las anomalías en una base de datos relacional ocurren cuando existen dependencias innecesarias o redundantes entre atributos, lo cual puede generar inconsistencias al insertar, actualizar o eliminar registros. Es por ello por lo que resulta fundamental, aplicar los tres primeros niveles de normalización: Primera Forma Normal (1FN), Segunda Forma Normal (2FN) y Tercera Forma Normal (3FN), las cuales fueron consideradas suficientes para el alcance y complejidad de este sistema.

- La Primera Forma Normal (1FN) se cumple cuando todos los atributos de una tabla contienen valores atómicos, es decir, indivisibles y sin duplicación de datos.
- La Segunda Forma Normal (2FN) requiere que la tabla cumpla con la 1FN y que todos los atributos no clave dependan completamente de la clave primaria, eliminando así las dependencias parciales.
- La Tercera Forma Normal (3FN) se alcanza al cumplir con las dos formas anteriores y al eliminar las dependencias transitivas, asegurando que ningún atributo no clave dependa de otro atributo no clave.

Aplicando estas reglas se construyó el modelo de base de datos relacional utilizado en la plataforma informática propuesta.

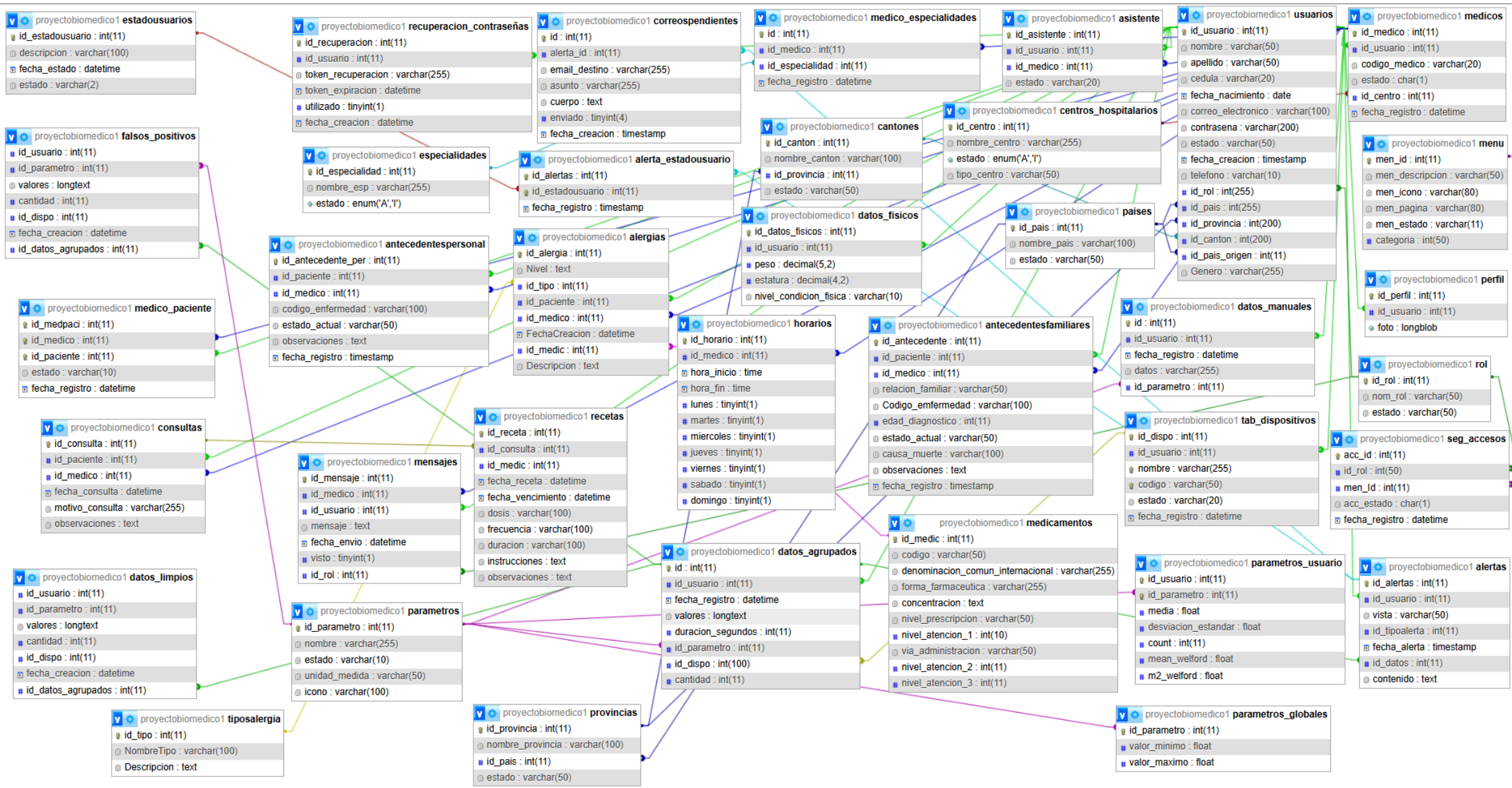


Ilustración 7 Modelo de la base de datos

2.6 DISEÑO DE INTERFACES

El diseño de interfaces es una parte fundamental en el desarrollo de sistemas informáticos, ya que constituye el punto de interacción entre el usuario y la aplicación. En este proyecto, el diseño de las interfaces se realizó siguiendo principios de usabilidad, simplicidad, accesibilidad y consistencia visual, con el fin de facilitar la navegación y la comprensión del sistema por parte de los distintos tipos de usuarios: pacientes, médicos, asistentes y administradores.

Principios aplicados en el diseño de interfaces:

- Consistencia visual: Se aplicó un mismo estilo gráfico en toda la plataforma.
- Jerarquía visual: Los elementos son organizados de manera lógica.
- Retroalimentación inmediata: Al interactuar con el sistema este mismo responde de manera visual.

Pantalla Principal

La pantalla principal de la Plataforma VITECED es la primera página que interactúa con el usuario dando a conocer información relevante de la aplicación.



Ilustración 8 Pantalla principal en computadora



Ilustración 9 Pantalla principal para móviles

Además, en esta pantalla se incorporan botones de navegación como *Nosotros*, *Investigación*, *Contáctenos*, y enlaces a redes sociales del proyecto. También se incluyen acciones destacadas como *Iniciar sesión* y *Descargar aplicación móvil*, las cuales están visualmente resaltadas para facilitar el acceso de nuevos usuarios o la descarga de la app desde dispositivos móviles.

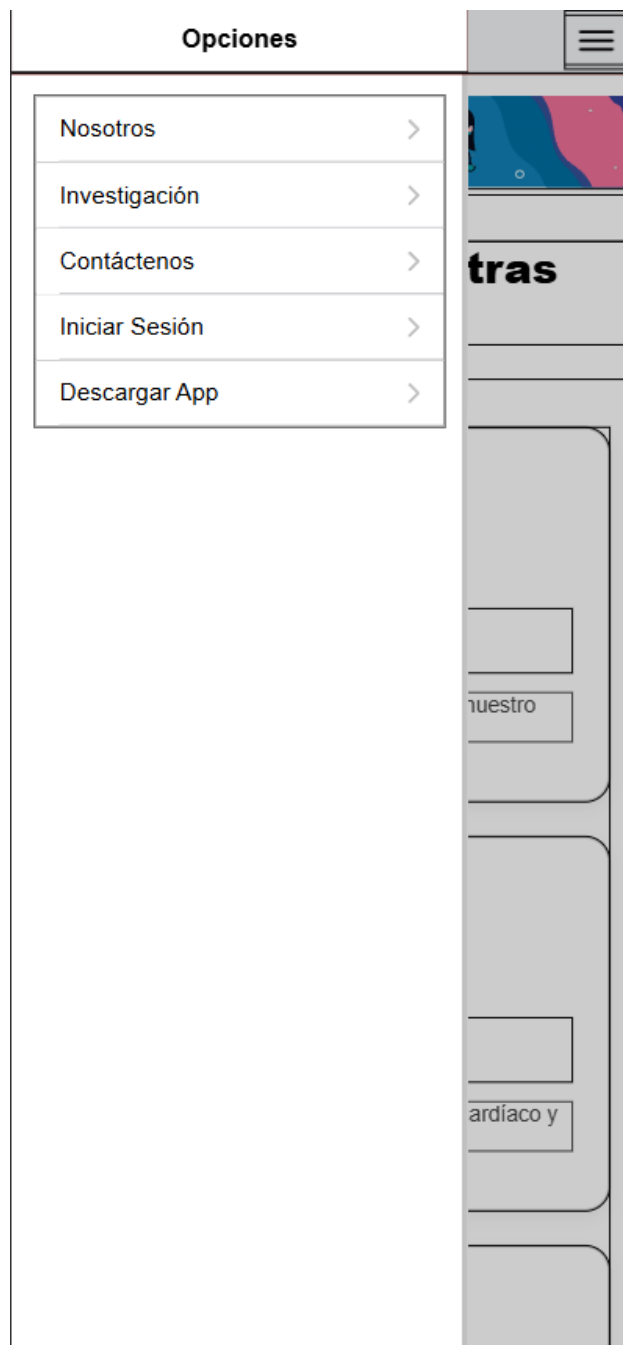


Ilustración 10 Pantalla principal mientras que el menú está abierto

Pantalla de inicio de sesión

Esta pantalla permite a los diferentes tipos de usuarios —paciente, médico, asistente o administrador— ingresar al sistema utilizando sus credenciales previamente registradas. El diseño ha sido pensado para ser intuitivo, claro y accesible, brindando una experiencia de usuario amigable y coherente en todo momento.

En la parte inferior de la interfaz se han incorporado enlaces que permiten a los usuarios recuperar su contraseña en caso de olvido, así como acceder a las opciones de registro para nuevos pacientes o médicos. Esta funcionalidad facilita la inclusión de nuevos usuarios al sistema sin necesidad de intervención del administrador, promoviendo una mayor autonomía y escalabilidad.

A continuación, se presentan las capturas de esta pantalla tanto en su versión para pantallas grandes (computadora) como en su vista móvil.



Ilustración 11 Pantalla Inicio de sesión en computadora



Ilustración 12 Pantalla de inicio de sesión en móvil

Pantalla de inicio

La pantalla principal es la interfaz que se muestra inmediatamente después de que el usuario ha iniciado sesión en la plataforma, y actúa como punto de entrada a las funcionalidades del sistema. Su contenido se adapta dinámicamente al rol del usuario autenticado (administrador, médico, asistente o paciente), presentando únicamente las opciones que le son relevantes y autorizadas.



Ilustración 13 Pantalla de inicio en computadoras

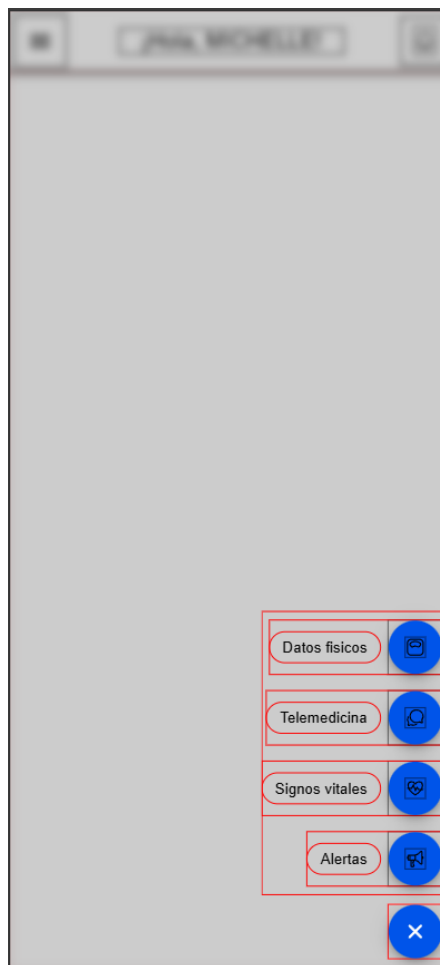


Ilustración 14 Pantalla de inicio en móvil

Pantalla de monitoreo de los signos vitales

La pantalla de monitoreo permite observar en tiempo real la señal de electrocardiograma (ECG) mediante un gráfico dinámico que se actualiza continuamente con los datos recibidos desde el dispositivo IoT, representando directamente los falsos positivos en color rojo para una detección inmediata. Además, cuando la vista corresponde a un médico, en la parte superior se muestran los datos del paciente que está siendo monitoreado, facilitando una identificación rápida y segura.



Ilustración 15 Pantalla de monitoreo vista de medico en escritorio

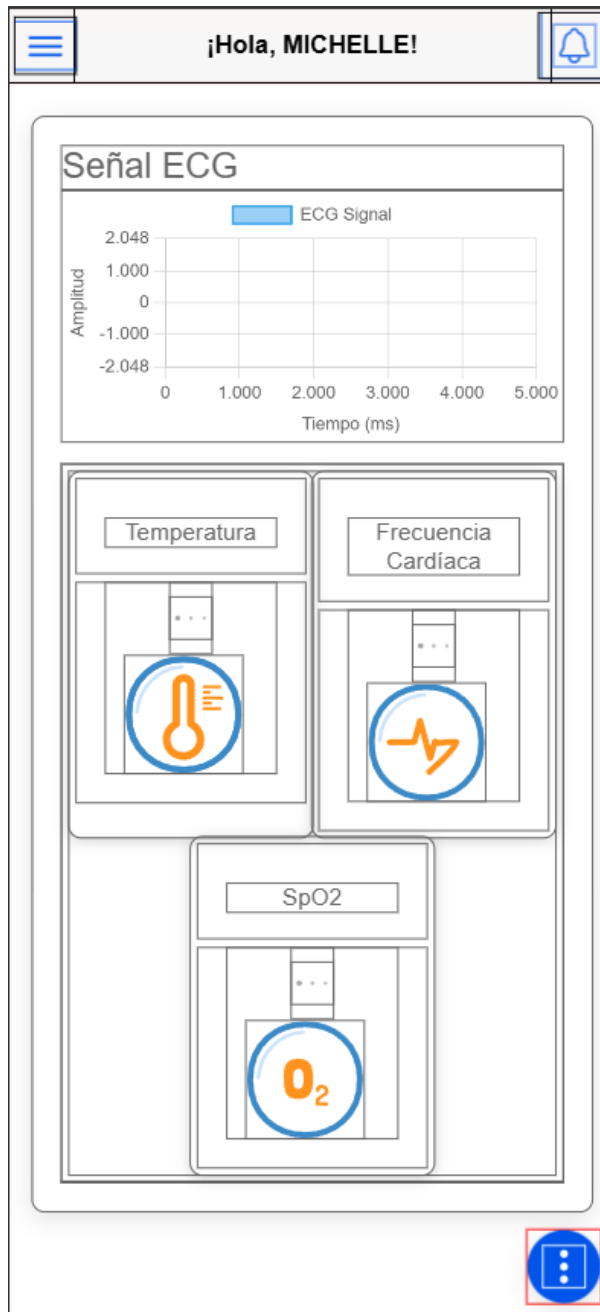


Ilustración 16 Pantalla de monitoreo de paciente en móvil

Identificación
2400159592
Nombre y Apellido
DOMINGUEZ MICHELLE
Teléfono
5930962899

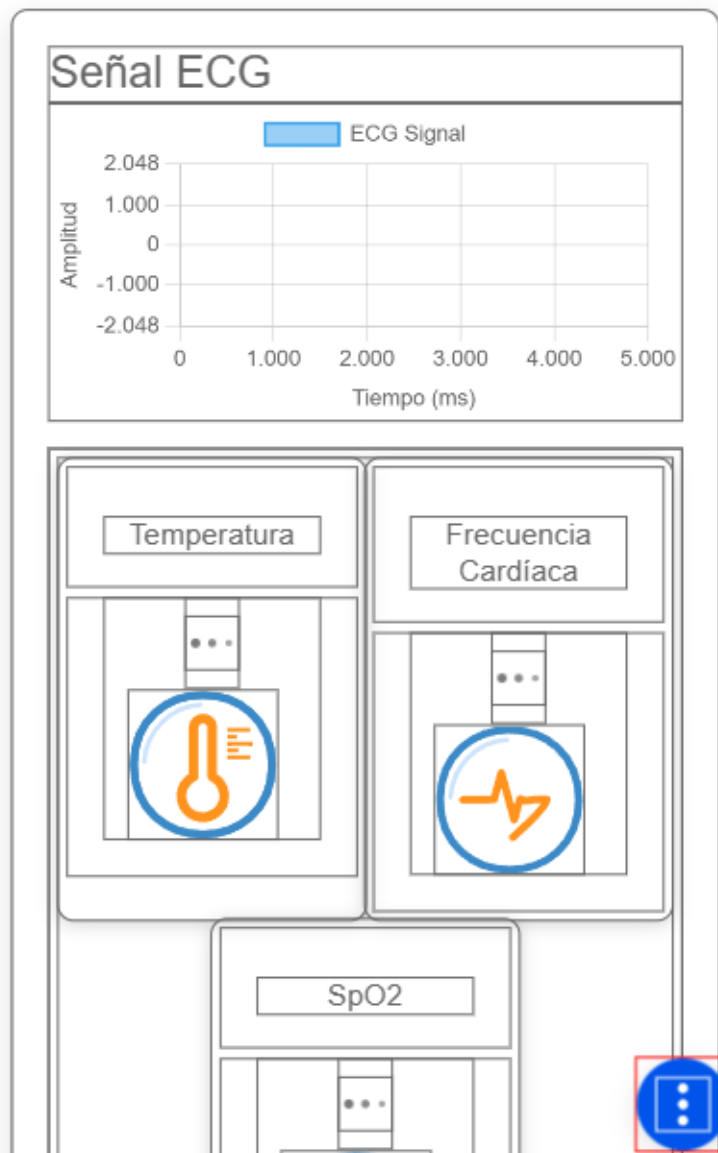


Ilustración 17 Pantalla de monitoreo de vista médico en móvil

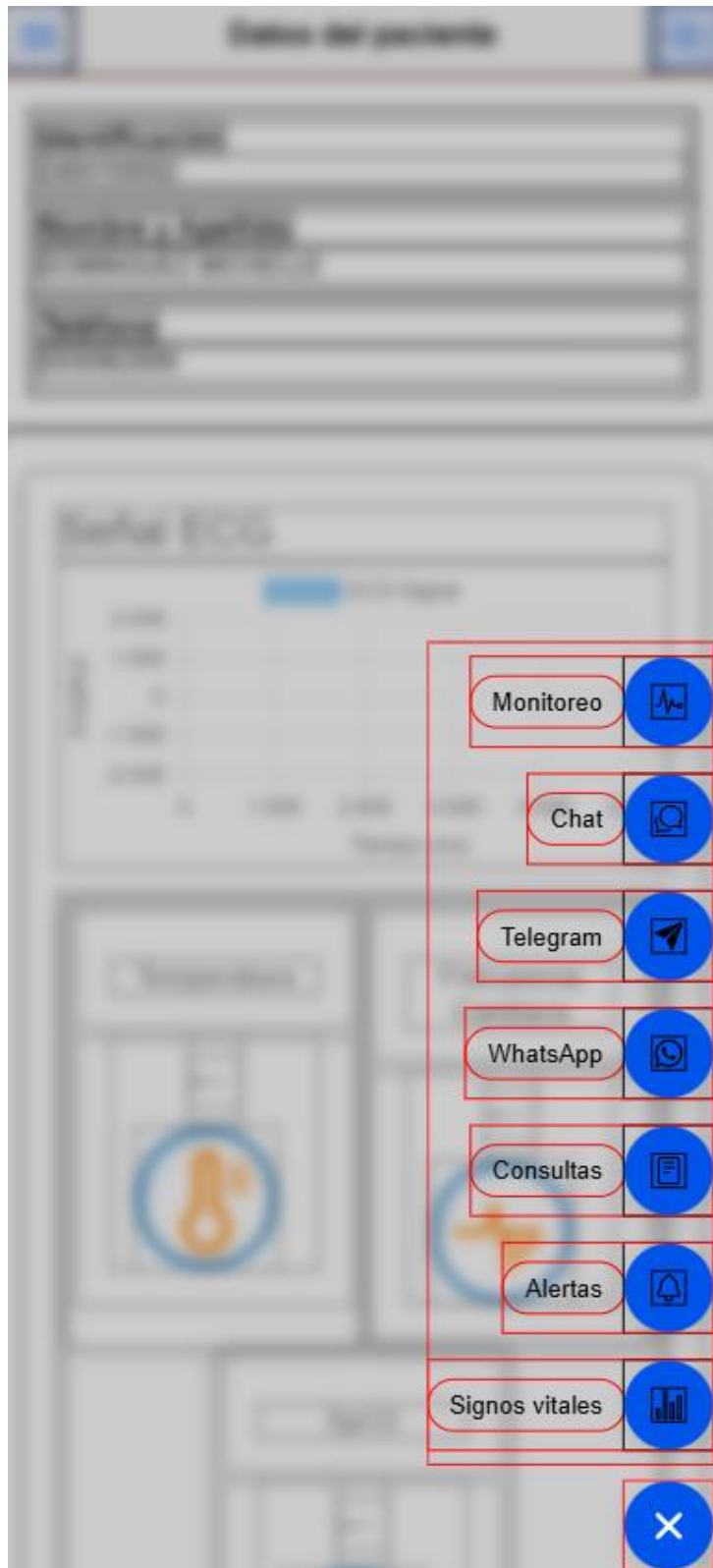


Ilustración 18 Pantalla de monitoreo cuando se abre el menú

2.7 PRUEBAS

Las pruebas realizadas en el desarrollo de la plataforma informática, tanto en la aplicación móvil como en la versión web, se llevaron a cabo para verificar el correcto funcionamiento de los módulos implementados según los requerimientos funcionales. Las pruebas también fueron realizadas con los 20 estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información como se pueden ver en los anexos C.1 – C.5

Prueba N°1: Ingreso al sistema	
Objetivo	Comprobar que los usuarios puedan acceder correctamente al sistema desde la aplicación móvil y la plataforma web mediante el uso de credenciales válidas.
Usuarios	Administrador, médico, paciente, asistente
Resultado	Exitoso
Escenario N.º 1: Ingreso de datos correctos	
Datos de entrada	Resultados esperados
Ingreso de credenciales válidas	El sistema permite el acceso y muestra el menú correspondiente al rol del usuario
Escenario N.º 2: Ingreso de datos incorrectos	
Datos de entrada	Resultados esperados
Ingreso de usuario o contraseña inválidos	El sistema muestra un mensaje de error: “Credenciales incorrectas” y no permite el acceso

Tabla 20 Prueba N°1: Ingreso al sistema

Prueba N°2: Monitoreo remoto de signos vitales	
Objetivo	Verificar que el personal medico pueda ver el monitoreo de los signos vitales.
Usuarios	Médico
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Visualización de datos en tiempo real	
Datos de entrada	Resultados esperados
Dispositivo IoT envía datos válidos.	El sistema muestra los valores obtenidos por el dispositivo IoT.
Escenario N°2: Interrupción en la transmisión de datos	
Datos de entrada	Resultados esperados
El dispositivo deja de enviar datos por pérdida de conexión o error técnico	El sistema dejara de mostrar los mensajes que son enviados del paciente.

Tabla 21 Prueba N°2: Monitoreo remoto de signos vitales

Prueba N°3: Almacenamiento de datos de ECG	
Objetivo	Verificar que los datos del electrocardiograma (ECG) se almacenen correctamente en la base de datos después de recibirlos desde el dispositivo IoT
Usuarios	Médico, asistente
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Recepción y guardado correcto de datos de ECG	
Datos de entrada	Resultados esperados

Datos validos	Los datos se almacenan correctamente en la base de datos asociados al paciente y a una sesión.
Escenario N°2: Recepción de datos mal estructurados	
Datos de entrada	Resultados esperados
Datos inválidos	El sistema descarta los datos corruptos.

Tabla 22 Prueba N°3: Almacenamiento de datos de ECG

Prueba N°4: Consulta de datos históricos de ECG	
Objetivo	Verificar que se puedan recuperar correctamente los registros históricos del electrocardiograma por paciente, fecha o sesión
Usuarios	Médico, asistente
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Consulta por paciente y fecha específica	
Datos de entrada	Resultados esperados
Selección del paciente y rango de fechas en el módulo de historial	El sistema muestra correctamente todas las sesiones de ECG registradas dentro del rango seleccionado
Escenario N°2: Consulta por ID de sesión	
Datos de entrada	Resultados esperados
Ingreso del identificador único de la sesión ECG	El sistema recupera y muestra los datos correspondientes a esa sesión, incluyendo el gráfico, valores y fecha de registro

Tabla 23 Prueba N°4: Consulta de datos históricos de ECG

Prueba N°5: Visualización del ECG

Objetivo	Asegurar que la gráfica del electrocardiograma se actualice al recibir nuevas muestras desde el dispositivo IoT
Usuarios	Médico
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Recepción de datos continuos desde el dispositivo	
Datos de entrada	Resultados esperados
El dispositivo Ío comienza a enviar muestras del ECG a través de MQTT	La gráfica del ECG en la plataforma médica se actualiza mostrando la señal de forma continua
Escenario N°2: Consulta por ID de sesión	
Datos de entrada	Resultados esperados
Corte en el envío de datos por desconexión o fallo	La gráfica se detiene esperando a que vuelva él envío de datos

Tabla 24 Prueba N°5: Visualización del ECG

Prueba N°6: Revisión de sesiones anteriores de ECG	
Objetivo	Comprobar que el personal médico pueda acceder a sesiones anteriores de ECG para su análisis
Usuarios	Médico
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Consulta de una sesión específica	
Datos de entrada	Resultados esperados
Selección del paciente, fecha o ID de sesión	Se carga la gráfica correspondiente con los datos de la sesión previamente almacenada

Escenario N°2: No existen registros para los filtros seleccionados	
Datos de entrada	Resultados esperados
Búsqueda de sesiones para un paciente o fecha sin registros	El sistema muestra el mensaje “No hay sesiones disponibles para los filtros seleccionados”

Tabla 25 Prueba N°6: Revisión de sesiones anteriores de ECG

Para validar el funcionamiento del sistema, se realizaron pruebas controladas en las que se alteró la señal ECG mediante el movimiento de electrodos. Estas simulaciones permitieron evaluar la capacidad del sistema para identificar y registrar falsos positivos, demostrando su efectividad en condiciones controladas.

Prueba N°7: Detección automática de falsos positivos	
Objetivo	Evaluar si los valores fuera de rango son correctamente identificados por el algoritmo estadístico
Usuarios	Sistema automático
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Identificación de un valor fuera de rango	
Datos de entrada	Resultados esperados
Registro de un valor de ECG superior al umbral definido	El sistema guarda el dato como “falso positivo”.
Escenario N°2: No existen registros para los filtros seleccionados	
Datos de entrada	Resultados esperados
Búsqueda de sesiones para un paciente o fecha sin registros	El sistema muestra el mensaje “No hay sesiones disponibles para los filtros seleccionados”

Tabla 26 Prueba N°7: Detección automática de falsos positivos

Prueba N°8: Navegación según rol	
Objetivo	Asegura que cada usuario vea solo las funcionalidades asignadas a su rol (Administrador, médico, paciente, asistente)
Usuarios	Administrador, médico, paciente, asistente
Resultado	Exitoso
Escenario N°1: Acceso con rol autorizado	
Datos de entrada	Resultados esperados
El usuario entra a la aplicación sus datos de identificación y su contraseña.	El sistema el rol del usuario y muestra en el menú, las opciones que tienen permitido
Escenario N°2: Intento de acceso a funciones no autorizadas	
Datos de entrada	Resultados esperados
El usuario intenta acceder a opciones que no están permitidas en su rol	El sistema detecta que no es el rol permitido y lo redirige a la pantalla de “login”

Tabla 27 Prueba N°8: Navegación según rol

2.8 RESULTADOS

El sistema desarrollado en este trabajo de titulación se fundamenta en técnicas estadísticas, como la distribución gaussiana y la técnica de Welford, que permiten calcular la media y la desviación estándar en tiempo real, sin necesidad de almacenar el total de los datos históricos permitiendo la detección automatizada de falsos positivos en condiciones controladas.

Aunque el sistema no reemplaza el juicio clínico profesional, su implementación permite mejorar la calidad de los datos recolectados por dispositivos IoT. La validación estadística realizada en este estudio respalda la consistencia del modelo propuesto y aporta una base metodológica sólida para futuras aplicaciones clínicas.

Además, este trabajo forma parte del proyecto de investigación institucional “Aplicación de tecnologías IoT en la adquisición de señales bioeléctricas” (CUP 91870000.0000.389571), liderado por el grupo TECED de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones. En este contexto, el presente sistema no solo constituye un avance en términos tecnológicos, sino que también servirá como insumo técnico y funcional para el fortalecimiento de dicho proyecto, permitiendo extender las capacidades del prototipo inicial y facilitando futuras validaciones en entornos clínicos reales.

En conjunto, el aporte de este trabajo trasciende lo académico, posicionándose como una contribución relevante para la investigación en salud digital y sistemas biomédicos inteligentes, con un alto potencial de escalabilidad e integración futura en sistemas de telemedicina.

Este proyecto contribuyó al desarrollo del objetivo específico 3 “Conectar el equipo biomédico a la plataforma IoT” del proyecto “Investigación sobre aplicaciones IoT en la adquisición de Señales Bioeléctricas” mencionado anteriormente en el marco contextual, al integrar de manera efectiva el dispositivo de adquisición de señales ECG con una plataforma informática que opera en la web y dispositivos móviles. Además, se aportó al objetivo 1.2 “Implementar algoritmos de procesamiento de señales para filtrar y analizar las señales adquiridas”, ya que se diseñaron y utilizaron algoritmos estadísticos basados en distribución gaussiana y la técnica de Welford, que permiten detectar en tiempo real falsos positivos en los datos del electrocardiograma.

También se realizó la transmisión remota de datos biomédicos mediante el protocolo MQTT, el almacenamiento organizado por sesiones, y la visualización en tiempo real, facilitando así el monitoreo médico desde cualquier ubicación, con una interfaz segura, responsiva y orientada al usuario.

Se diseñó una base de datos que permite guardar los datos del electrocardiograma de manera organizada que permite hacer consultas posteriormente para ver registros históricos comprobando que cada medición se guardaba con precisión.

Para detectar los falsos positivos se aplica la distribución gaussiana y el método de Welford sobre los datos estableciendo un umbral dinámico en cada usuario que utiliza como base la media y la desviación estándar, a si obteniendo falsos positivos por interferencias eléctricas, movimientos del paciente o errores en el dispositivo IoT

Se estableció que las estadísticas guardadas se vayan actualizando con los nuevos datos registrando para cada vez ir estableciendo los límites con mejor precisión.

Para validar la identificación de los falsos positivos, se realizó una prueba con un voluntario en la cual se realizó de manera controlada, tal persona se mantuvo en reposo mientras los datos del ECG se iban capturando por la plataforma bajo condiciones normales, después durante la medición se provocó un falso positivo al mover los electrodos simulando una condición común en entornos clínicos reales donde estas alteraciones pueden marcar un falso positivo, esta alteración en la gráfica del ECG fue detectada gracias al análisis estadístico basado en la distribución gaussiana y la técnica de Welford Este escenario permite demostrar la efectividad del sistema para diferenciar entre actividad cardíaca real y ruido inducido por factores externos, sin necesidad de recurrir a datos sintéticos.



Ilustración 19 Visualización del ECG en la plataforma sin falsos positivos



Ilustración 20 Visualización del ECG en la plataforma con falsos positivos

Aplicando las técnicas estadísticas antes mencionadas en este proyecto se establece tanto el límite inferior como superior.

$$\text{Límite inferior} = \mu - \sigma$$

$$\text{Límite superior} = \mu + \sigma$$

Los valores que están fuera del rango se consideran falsos positivos, estos se grafican de un color rojo, mientras que los datos que se consideran que están dentro de la norma se grafican de color verde. Este enfoque no solo mejora la calidad de los datos biomédicos, sino que también reduce la carga laboral del personal médico al minimizar alertas innecesarias.

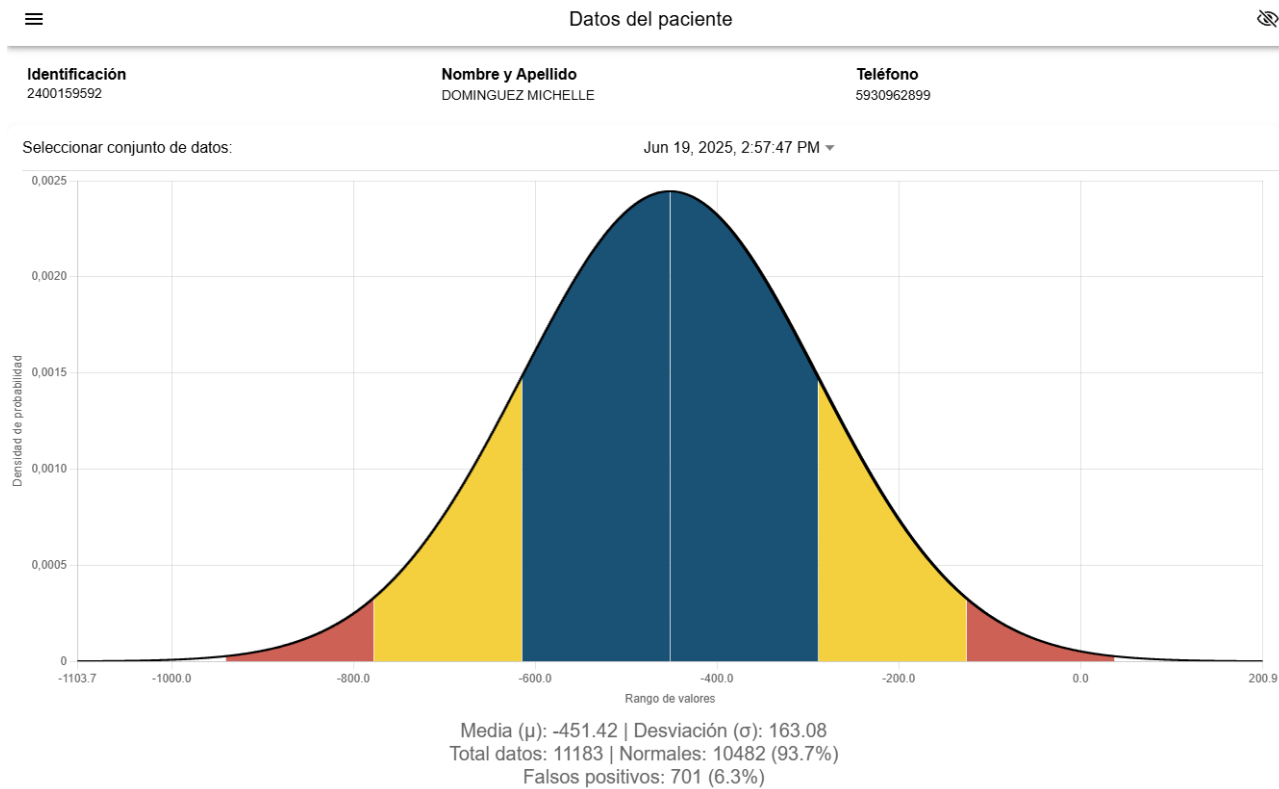


Ilustración 21 Grafica estadística

Resultados	
Parámetro	Valor
Media (μ)	-451.42
Desviación estándar (σ)	163.08
Total de datos capturados	11,183
Datos normales (%)	10,482 (93.7%)
Falsos positivos (%)	701 (6.3%)

Tabla 28 Analisis estadístico

Con 11,183 datos capturados se realizó el análisis estadístico de la señal de ECG; se observa que el 93.7% de los datos corresponden a valores normales, mientras que el 6.3% fueron identificados como falsos positivos. Esto indica que el sistema tiene un buen nivel de precisión para reconocer patrones cardíacos dentro del rango esperado.

A diferencia del enfoque anterior, donde se almacenaban y graficaban la totalidad de los datos recibidos incluyendo ruido o valores atípicos, en el sistema actual se realiza un filtrado que descarta los datos clasificados como falsos positivos. Gracias a la distribución gaussiana y la

técnica de Welford, se logró una depuración del 6.3% de los datos erróneos que generan falsos positivos, lo que permite tomar en cuenta 10,482 valores válidos de esa muestra capturada.

Además, la plataforma fue rediseñada incorporando módulos importantes para el monitoreo de ECG en tiempo real, generando gráficas con los valores que envía el dispositivo IoT. También se creó la consulta de registros históricos del ECG de cada paciente, junto con la gestión de alertas generadas con los métodos estadísticos, junto con el diseño de interfaces dirigidas al rol médico para generar los gráficos de las señales del ECG en tiempo real, utilizando el protocolo de comunicación MQTTS con cifrado, permitiendo el envío y recepción de los datos de manera segura y también la aplicación de librerías como Chart.js. La plataforma permite ver los falsos positivos mientras van llegando los datos, haciendo una experiencia fluida, adicional el medico puede ver ir al registro histórico donde podrá ver los registros de los datos biomédicos para el análisis médico, Además, creo una nueva lógica de almacenamiento de los datos biomédicos, pasando de un registro plano a una estructura organizada por sesiones, el almacenamiento por grupo de datos evitando las múltiples consultas al front-end. Las pruebas funcionales confirmaron que todos los usuarios accedían correctamente a las funciones asignadas según su rol con las nuevas funcionalidades.

La versión básica que se muestre en el dispositivo IoT, donde solo muestra la señal del ECG donde se puede observar únicamente en tiempo real, no permite ver falsos positivos detectados ni el historial de la gráfica mientras que en la plataforma informática si permite.



Ilustración 22 Grafica del dispositivo IoT del ECG

El medico puede ver el conjunto de datos capturado en sesiones anteriores, en la siguiente imagen se muestra cuando se produjo un falso positivo por el movimiento apropiado de los electrodos.



Ilustración 23 Historial del ECG con falsos positivos

Durante este año se capturo un total de 52,378 datos biomédicos de los cuales fueron 10,271 detectados como falsos positivos, por lo cual los datos validos son 42,107. Cabe recalcar que estos datos son de las pruebas realizadas con los estudiantes de TI.

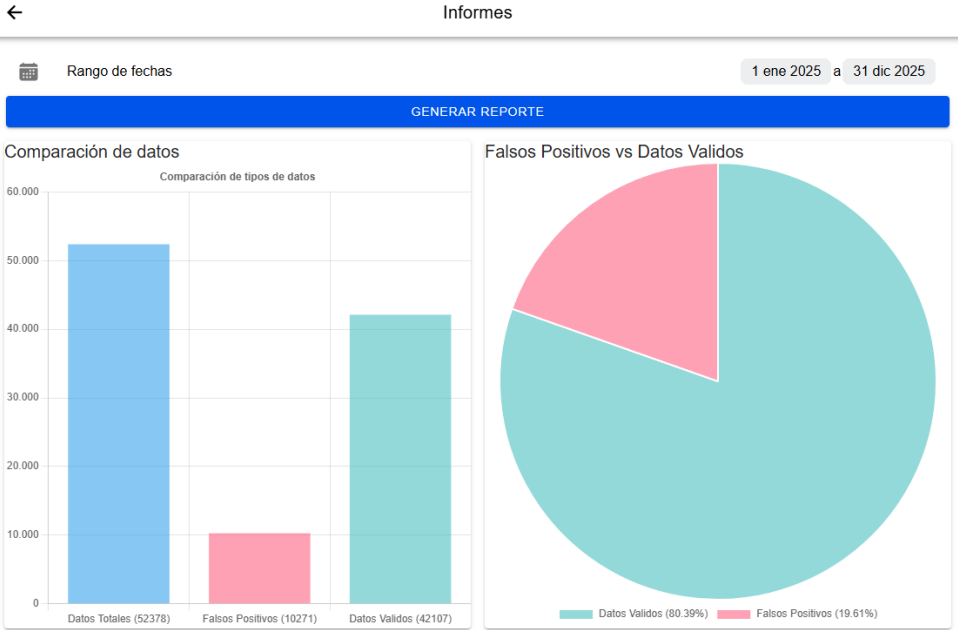


Ilustración 24 Reporte general de datos biomedicos

También el administrador puede ver los siguientes reportes



Ilustración 25 Reporte de administrador

A diferencia de los informes de datos biomédicos se puede ver los ingresos mensuales y anuales en pacientes, médicos y dispositivos.

Reporte de médicos en el sistema

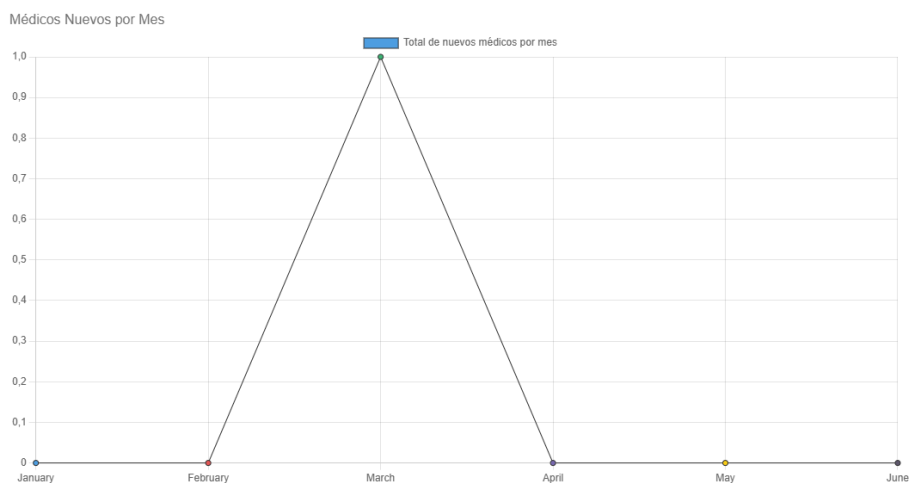


Ilustración 26 Reporte de medicos

Reporte de pacientes en el sistema

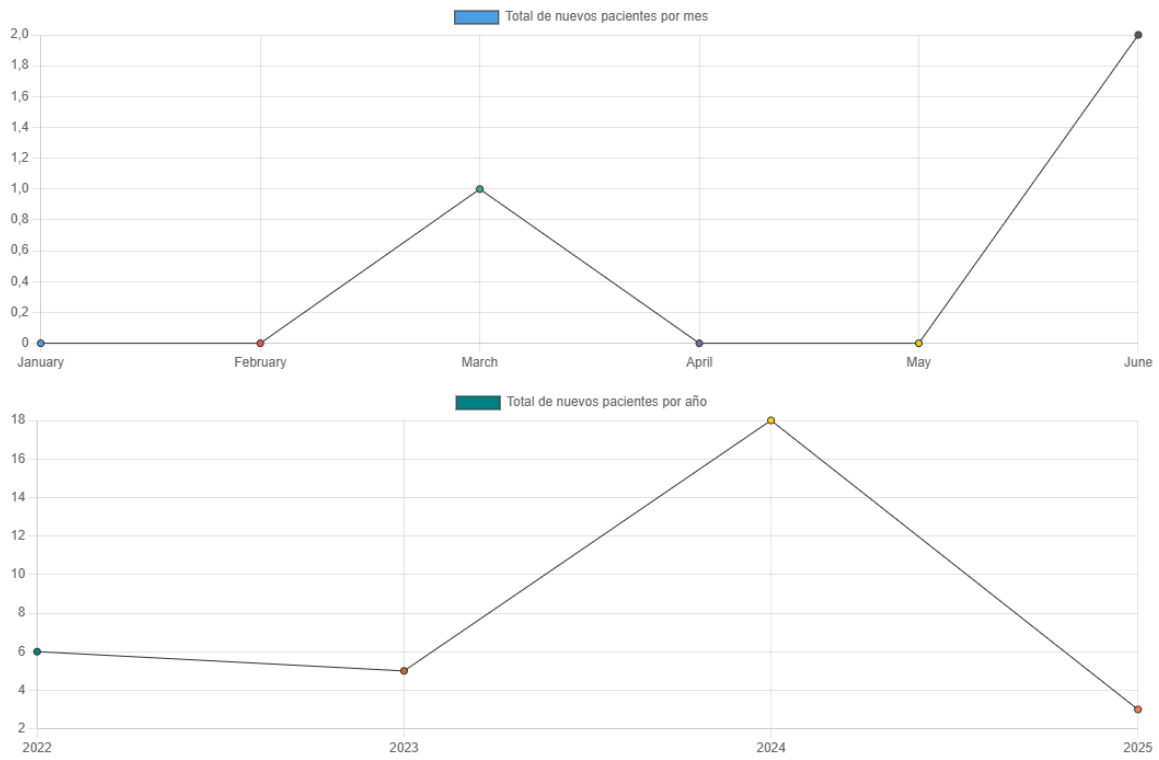


Ilustración 27 Reporte de pacientes

Reporte estadísticos de dispositivos

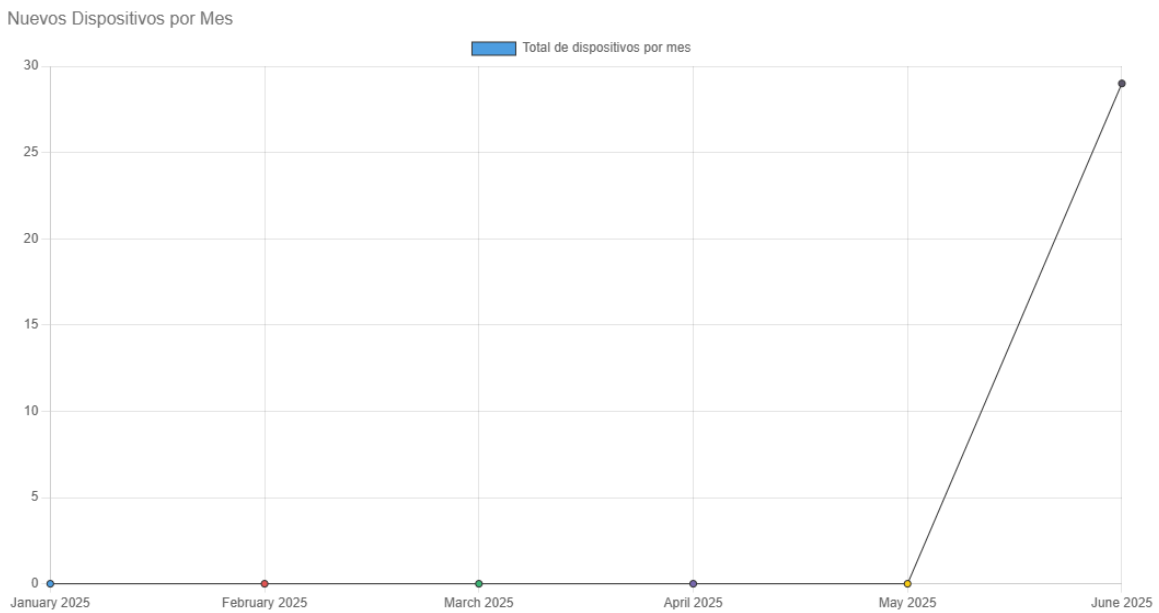


Ilustración 28 Reporte de dispositivos IoT

CONCLUSIONES

La estructura de la base de datos fue optimizada para el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos del electrocardiograma, adoptando un modelo basado en sesiones donde se guardó 52,378 datos biomédicos. En lugar de almacenar cada muestra individual por separado, se optó por agrupar los datos en arreglos por sesión, para así facilitar la consulta a la base de datos y el análisis estadístico posterior y reducir la carga sobre el servidor porque ya no se estaría enviando valores individuales.

Fueron diseñadas e implementadas interfaces especializadas que permiten a los médicos la posibilidad de realizar un monitoreo de la señal de ECG y de visualizar los falsos positivos que se han generado. Para poder disminuir el tiempo de respuesta por parte del sistema, se aplicó un enfoque donde la estadística que se había calculado en función del usuario se almacena en la base de datos. De esta manera, el frontend solamente envía una consulta de esta información e iría contrastando la información entrante con el umbral definido, de forma que el procesamiento del cliente fuera mucho menor, mejorando la experiencia de usuario. Después de haber estudiado diferentes metodologías estadísticas, se llegó a la conclusión de que la distribución gaussiana (normal) junto con la técnica de Welford era la mejor para este caso, pues es la que permite detectar patrones de normalidad de las variables biométricas del ECG, así como la detección automática de valores que se encuentren fuera del rango de confianza (calculado con el cálculo de media y de desviación estándar) permitiendo un correcto equilibrio entre precisión y un coste computacional reducido para un entorno de monitoreo tiempo real. Se aplicó con éxito la combinación de la distribución gaussiana y la técnica de Welford sobre los datos agrupando por sesión, a partir de los cuales se obtuvo como resultado la media y la desviación estándar, generando así unos umbrales personalizados por usuario que permitían realizar la detección de los valores que se encontraban fuera del rango estadísticamente esperado, marcándolos como falsos positivos. En la primera versión de la plataforma, el sistema de monitoreo se implementó con escala, controlando cada parámetro biomédico a través de una lista que almacena los tres datos básicos (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal). No obstante, al introducir la señal de ECG (electrocardiograma), cuyos datos se generan y transfieren en un volumen grande de datos, esta implementación no se viabilizaba. El ECG en la lista exigió que se pudiera iterar muchas veces para encontrar y procesar la señal de ECG, lo que generó en el sistema una pequeña latencia, que era bastante notable si considerábamos dispositivos que poseen poca capacidad de cómputo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que a futuro se utilice tanto la base de datos relacional como la no relacional para el almacenamiento de los datos del ECG que se obtienen de las señales bioeléctricas, para garantizar mayor robustez y se puedan implementar algoritmos más avanzados o inteligencia artificial para posibles detecciones de falsos positivos de los signos vitales, dando hincapié a la creación de un dataset respetando la anonimidad para, a futuro, ser utilizado para hacer análisis de datos en busca de resultados que contribuyan al área de la salud.

Implementar un módulo de videollamadas en la plataforma informática para facilitar la comunicación directa entre el médico y el paciente. Esta funcionalidad permitirá al médico verificar en tiempo real la correcta colocación de los electrodos y el uso adecuado del dispositivo de adquisición de señales ECG.

También que, a medida que la capacidad computacional de los dispositivos móviles y equipos de usuario final mejore y se generalice, se retome el diseño escalable del componente de monitoreo. Así, será posible agregar nuevos parámetros sin afectar el rendimiento ni la experiencia del usuario, aprovechando el avance tecnológico para ofrecer una plataforma más modular y flexible sin pérdidas de rendimiento perceptibles.

Por último, como futura investigación, se recomienda realizar la validación clínica del sistema en colaboración con profesionales de la salud, utilizando los datos reales adquiridos y que estén disponibles en la plataforma VITECED. Esto permitirá ajustar los umbrales de detección y asegurar que el sistema cumpla con los estándares requeridos para su uso en entornos médicos reales.

REFERENCIAS

- [1] A. A. V. y. T. D. Lukmanov, «Automatización en la atención médica: ventajas, perspectivas y barreras perceptuales,» *City Healthcare.*, 2024.
- [2] G. Xu, «Marco de monitoreo de ECG asistido por IoT con transmisión segura de datos para aplicaciones de atención médica,» *IEEE Access*, vol. 8, pp. 74586-74594, 2020.
- [3] M. K. H. I. H. & N. A. Serhani, «Sistemas de monitoreo de ECG: revisión, arquitectura, procesos y desafíos clave. Sensores,» 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/s20061796>.
- [4] A. T. M. Enrique, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DOMICILIARIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA SALUD CARDIOVASCULAR,» [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12242/1/UPSE-MEA-2024-0006.pdf>.
- [5] A. S. Villón Quimi, «Diseño e implementación de un dispositivo IoT para la toma de variables bioeléctricas,» [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12838>.
- [6] X. D. J. L. B. F. S. Y. W. Y. Z. & Q. Z. Bai, «Global quantitative analysis and visualization of big data and medical devices based on bibliometrics.,» *Expert Syst. Appl.*, 254, 124398., 2024.
- [7] M. M.-S. C. B. A. & C. J. Burcu, «A Framework for Extension Studies Using Real-World Data to Examine Long-Term Safety and Effectiveness.,» *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*, 56, 15 - 22., 2021.
- [8] R. K. S. S. A. S. H. T. Rahul Puri, «Remote ECG Monitoring System via Internet,» *REVISTA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN*.

- [9] Z. A. C. K. O. B. N. & O. A. Alimbayeva, «Dispositivo portátil de ECG y aprendizaje automático para la monitorización del corazón. Sensores,» 2024.
- [10] H. O. O. K. Y. G. M. M. S. & H. Ozkan, «Un sistema portátil de monitoreo de tele-ECG,» *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 69, nº 173-182, 2020.
- [11] A. M. Parra Fernández, «Diseño de una plataforma informática para la monitorización de parámetros biomédicos,» 2025. [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12824>.
- [12] A. H. K. K. D. I. M. D. T. B. S. & K. N. Rahman, «On the ICN-IoT with federated learning integration of communication: Concepts, security-privacy issues, applications, and future perspectives.,» *Future Gener. Comput. Syst.*, 138, 61-88., 2022.
- [13] J. C. X. Y. C. W. F. D. J. C. J. W. Q. G. B. Z. Y. H. R. G. F. & L. Y. Liu, «Challenges in AI-driven Biomedical Multimodal Data Fusion and Analysis.,» *Genomics, proteomics & bioinformatics.*, 2025.
- [14] M. M. M. N. M. A. P. & M. E. Kashani, «A systematic review of IoT in healthcare: Applications, techniques, and trends.,» *J. Netw. Comput. Appl.*, 192, 103164., 2021.
- [15] R. P. S. A. E. L. J. W. Y. & M. G. Zhang, «Detecting clinically relevant new information in clinical notes across specialties and settings.,» *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 17., 2017.
- [16] J. Yang, «Flexible Biosensors and Intelligent Medical Devices in Health and Disease.,» *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10., 2022.
- [17] S. Raj, «An Efficient IoT-Based Platform for Remote Real-Time Cardiac Activity Monitoring.,» *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 66, 106-114, 2020.
- [18] V. & M. M. Navale, «Long-term preservation of biomedical research data.,» *F1000Research*, 7., 2018.

- [19] N. A. H. & R. A. Alugubelli, «Wearable Devices for Remote Monitoring of Heart Rate and Heart Rate Variability—What We Know and What Is Coming.,» *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22., 2020.
- [20] V. K. V. V. G. & P. R. Ardeti, «An overview on state-of-the-art electrocardiogram signal processing methods: Traditional to AI-based approaches.,» *Expert Syst. Appl.*, 217, 119561., 2023.
- [21] T. L. S. J. M. T. S. & F. M. Rolfe, «Central statistical monitoring in clinical trial management A scoping review.,» *Clinical trials*, 17407745241304059 ., 2025.
- [22] F. B. R. N. S. S. J. V. D. S. J. B. M. & V. E. E. Schonck, «Lessons Learned from Telemonitoring in an Outpatient Bariatric Surgery Pathway—Secondary Outcomes of a Patient Preference Clinical Trial.,» *Obesity Surgery*, 33, 2725 - 2733., 2023.
- [23] C. M. Ramírez, «Sistema de monitoreo en tiempo real de parámetros.,» *Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México*, 2019.
- [24] R. M. M. B. S. M. M. V. Q. A. G. M. Ó. & F. O. J. Rovira Jurado, «Desarrollo de un dispositivo IoT para monitoreo médico continuo mediante adquisición de señales bioeléctricas.,» *Revista Científica Unanchay*, 3(2)., 2024.
- [25] O. & C. N. Oke, «A systematic review on the impact of artificial intelligence on electrocardiograms in cardiology.,» *International journal of medical informatics*, 195, 105753 ., 2024.
- [26] A. P. S. K. D. P. K. & K. A. Mavrogiorgou, «IoT in Healthcare: Achieving Interoperability of High-Quality Data Acquired by IoT Medical Devices.,» *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19., 2019.
- [27] L. L. S. C. S. Z. W. L. Z. Y. Q. L. Q. L. Y. & X. X. Zhu, «Blockchain-Based Federated Learning for Device Failure Detection in Industrial IoT.,» *IEEE Internet of Things Journal*, 8, 5926-5937, 2021.

- [28] M. G. D. T. M. G. F. Q. S. C. A. M. M. B. R. & T. F. Martin, «Programming Optimization in Implantable Cardiac Monitors to Reduce False-Positive Arrhythmia Alerts: A Call for Research.,» *Diagnostics*, 12., 2022.
- [29] H. & S. S. Schueler, «Assessment of Bioanalytical Method Validation Data Utilizing Heteroscedastic Seven-Point Linear Calibration Curves by EZSTATSG1 Customized Microsoft Excel Template,» *Journal of analytical toxicology.*, 2021.
- [30] M. S. e. al, «“Alarm fatigue among healthcare providers: A concern for patient safety,”» *JAMA Internal Medicine* , vol. 178, no. 6, pp. 825–831, 2018.
- [31] M. & V.-O. C. Dávila, «Research in the Ecuadorian Healthcare Sector: A Systematic Literature Review.,» *Enfoque UTE.*, 2024.
- [32] M. B. A. & A. R. Ravan, «A Review of Inductive Sensing and Imaging Technologies in Healthcare.,» *IEEE Access*, 12, 102566-102578, 2024.
- [33] N. & K. E. Badmus, «Assessing the efficiency of maximum likelihood, interquartile range, and Monte Carlo methods for estimating Weibull distribution parameters.,» *Annals of Mathematics and Computer Science.*, 2025.
- [34] M. B. S. S. H.-H. P. L. M. M. A.-N. I. M.-L. S. A. B. M. A. S. A. G.-I. N. O.-G. A. R. M. G. Z. H.-H. J. D. S. M. B. C. d. A. Piubello, «Management of multidrug-resistant tuberculosis with shorter treatment regimen in Niger: Nationwide programmatic achievements,» 2020.
- [35] C. Andrade, «Explicación de las puntuaciones Z, las puntuaciones estándar y las puntuaciones de las pruebas compuestas.,» *Revista India de Medicina Psicológica*, 43, 555 - 557., 2021.
- [36] K. L.-C. B. W. M. K. C. B. A. & P. J. Vincent, «Estándares de electrocardiograma para niños y adultos jóvenes con puntuaciones Z.,» *Circulación: Arritmia y Electrofisiología*, 13, e008253., 2020.

- [37] Y. L. B. & H. S. Baraud, «Comprobación de hipótesis convexas sobre la media de un vector gaussiano. Aplicación a la prueba de hipótesis cualitativas sobre una función de regresión.,» *nales de Estadística*, 33, 214-257. .
- [38] R. L. A. E. R.-C. N. F.-N. M. E. B. y. M. A. R. V. Pereda-C, «Modelado Gaussiano de Señales Electrocardiográficas Reales a Partir de la Segmentación de Formas de Onda Características,» *MCNIB*, vol. 2, n.º 1, pp. 416–420.
- [39] R. Yager, «Suavizado de series temporales y agregación de OWA,» *Transacciones IEEE en sistemas difusos*, 16, 994-1007.
- [40] E. & O. O. Ostertagová, «PRONÓSTICO MEDIANTE EL MÉTODO SIMPLE DE SUAVIZADO EXPONENCIAL».
- [41] A. A. T. & S. A. Yahyaoui, «Efficient Anomaly Detection for Smart Hospital IoT Systems.,» *ensors (Basel, Switzerland)*, 21., 2021.
- [42] E. V. F. B. J. C. P. & P. I. Zdravevski, «Driving Healthcare Monitoring with IoT and Wearable Devices: A Systematic Review.,» *ACM Computing Surveys.*, 2025.
- [43] E. F. Codd, «A relational model of data for large shared data banks.,» *Communications of the ACM*, 13(6), 377-387..
- [44] O. Corporation, «MySQL 8.0 reference manual.,» *Oracle Documentation.*, 2023.
- [45] GeeksforGeeks, «Programming Languages,» *GeeksforGeeks.*, 2023.
- [46] E. International., «ECMAScript® 2023 language specification.,» *ECMA-262, 14th Edition*, 2023.
- [47] T. P. Group, «PHP: Hypertext Preprocessor documentation.,» *PHP Manual.*, 2023.
- [48] M. Corporation, «TypeScript documentation,» *TypeScript Official Documentation.*, 2023.

- [49] M. W. Docs, «Frameworks,» *Mozilla Developer Network.*, 2023.
- [50] G. LLC., «Angular documentation,» *Angular Official Documentation.*, 2023.
- [51] I. F. (, «Ionic documentation,» *Ionic Official Documentation.*, 2023.
- [52] F. Community., «Fat-Free Framework documentation,» *Fat-Free Framework Official Site.*, 2023.
- [53] R. Hat., «What is an IDE?,» *Red Hat Official Documentation.*, 2023.
- [54] O. Foundation, «Node.js documentation,» *Node.js Official Documentation.*, 2023.
- [55] T. p. Project, «phpMyAdmin user documentation,» *phpMyAdmin Official Documentation*, 2023.
- [56] A. Friends., «XAMPP documentation,» *Apache Friends Official Site.*, 2023.
- [57] Microsoft., «Developer tools and technologies.,» *Microsoft Docs*, 2023.
- [58] M. Corporation., «Visual Studio Code documentation,» *VS Code Official Documentation.*, 2023.
- [59] K. I. 2023, «Figma help center,» *Figma Official Documentation*, 2023.
- [60] I. Figma, «Figma help center,» *Figma Official Documentation*, 2023.
- [61] T. L. Foundation., «Command line interface guidelines,» *Linux Foundation Documentation.*, 2023.
- [62] W. H. Organization., «WHO guidelines on digital interventions for health system strengthening.,» *WHO Press.*, 2021.
- [63] M. & G. E. Sund-Levander, «Assessment of body temperature measurement options.,» *British Journal of Nursing*, 29(10), 550-554., 2020.

- [64] A. H. Association., «Understanding your heart rate,» *AHA Scientific Position.*, 2021.
- [65] A. Jubran, «Pulse oximetry,» *Critical Care*, 25(1), 1-11..
- [66] J. R. Hampton, «The ECG made easy (9th ed.),» *Elsevier.*.
- [67] P. W. & v. O. A. Macfarlane, «Comprehensive electrocardiology (2nd ed.),» *Springer.*, 2021.
- [68] M. X. Cohen, «Analyzing neural time series data: Theory and practice,» *MIT Press*, 2021.
- [69] B. G. & F. L. S. Tabachnick, «Using multivariate statistics (7th ed.),» *Pearson.*, 2020.
- [70] P. H. Westfall, «Understanding advanced statistical methods.,» *CRC Press*, 2021.
- [71] B. P. Welford, «“Note on a Method for Calculating Corrected Sums of Squares and Products,”» *Technometrics* , vol. 4, no. 3, pp. 419–420, Aug. 1962. doi: 10.1080/00401706.1962.10490022..
- [72] R. L. & L. N. A. Wasserstein, «The ASA statement on p-values: Context, process, and purpose.,» *The American Statistician*, 70(2), 129-133., 2021.
- [73] Q. & Z. Q. Lin, «IoT Applications in Healthcare.,» *Internet of Things.*, 2021.
- [74] M. Alshamrani, «IoT and artificial intelligence implementations for remote healthcare monitoring systems,» *A survey. J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.*, 34, 4687-4701., 2021.
- [75] S. Dash, «The Impact of IoT in Healthcare: Global Technological Change & The Roadmap to a Networked Architecture in India.,» *Journal of the Indian Institute of Science*, 100, 773 - 785., 2020.
- [76] K. L. X. W. X. C. J. X. G. W. J. Z. D. & Q. Z. Xie, «On-Line Anomaly Detection With High Accuracy.,» *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 26, 1222-1235., 2018.

- [77] A. K. A. V. M. P. K. A. M. & K. M. Benhamida, «SaECG: a new FHIR Data format revision to enable continuous ECG storage and monitoring.,» *2020 IEEE 20th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*, 000115-000120., 2020.
- [78] M. A. R. & A. G. Tinati, «Cardiac arrhythmia classification using statistical and mixture modeling features of ECG signals.,» *Pattern Recognit. Lett.*, 70, 45-51..
- [79] D. C. F. C. D. M. N. M. J. & R.-B. P. Atienza, «FADE: Forecasting for Anomaly Detection on ECG,» *Computer methods and programs in biomedicine*, 267, 108780 ., 2025.
- [80] A. P. S. e. al, «IoT-based ECG monitoring system with anomaly detection and cloud integration,» *IEEE Internet of Things Journal* , vol. 7, no. 5, pp. 4303–4313,, 2020.

ANEXOS

ANEXO A. CÓDIGO PLANTUML PARA DIAGRAMAS DE CASO DE USO

A.1 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: AUTENTIFICACIÓN

@startuml

actor "Médico" as Médico

actor "Paciente" as Paciente

actor "Administrador" as Administrador

actor "Asistente" as Asistente

rectangle "Sistema" {

Medico --> (Iniciar sesión)

Paciente --> (Iniciar sesión)

Administrador --> (Iniciar sesión)

Asistente --> (Iniciar sesión)

(Iniciar sesión) --> (Ingresar credenciales)

(Ingresar credenciales) --> (Verificar credenciales)

(Verificar credenciales) --> (Acceso concedido)

(Acceso concedido) --> (Redirigir a dashboard)

(Verificar credenciales) --> (Usuario bloqueado)

(Usuario bloqueado) --> (Ingresar cédula y correo)

(Ingresar cédula y correo) --> (Enviar correo con código)

(Enviar correo con código) --> (Ingresar código recibido)

(Ingresar código recibido) --> (Ingresar nueva contraseña)

(Ingresar nueva contraseña) --> (Redirigir a inicio de sesión)

}

@enduml

A.2 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: CREACIÓN DE USUARIOS

@startuml

' Definición de actores

actor "Médico" as Médico

actor "Paciente" as Paciente

actor "Administrador" as Admin

' Sistema

rectangle "Sistema" {

' Casos de uso principales

Medico --> (Registrarse como médico)

Paciente --> (Registrarse como paciente)

Admin --> (Registrar usuario)

Medico --> (Registrar asistente)

' Flujo del registro como médico

(Registrarse como médico) --> (Validar título profesional)

(Validar título profesional) --> (Completar formulario de registro)

' Flujo del registro como paciente

(Registrarse como paciente) --> (Completar formulario de registro)

' Flujo del registro de usuario por el administrador

(Registrar usuario) --> (Seleccionar tipo de usuario)

(Seleccionar tipo de usuario) --> (Completar formulario de registro)

' Flujo de registro de asistente por el médico

(Registrar asistente) --> (Completar formulario de registro)

(Completar formulario de registro) ..> (Verificar campos obligatorios): <<include>>

```

(Verificar campos obligatorios)..> (Confirmar y guardar datos): <<include>>
' Manejo de errores
(Validar título profesional) ..> (Error de validación) : <<extend>>
}
@enduml

```

A.3 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: SIGNOS VITALES

```

@startuml
' Actores
actor "Paciente" as Paciente
actor "Médico" as Medico
rectangle "Sistema" {
' Casos de uso del paciente
Paciente --> (Visualizar signos vitales propios)
(Visualizar signos vitales propios) ..> (Guardar signos vitales):<<extend>>
' Casos de uso del médico
Medico --> (Seleccionar paciente)
(Seleccionar paciente) --> (Visualizar signos vitales del paciente)
(Visualizar signos vitales del paciente) --> (Guardar signos vitales del paciente)
' Flujo de guardar incluye análisis
(Guardar signos vitales del paciente) --> (Analizar signos vitales) <<include>>
' Análisis deriva en guardar según resultado
(Analizar signos vitales) ..> (Registrar falsos positivos) : <<include>>
(Analizar signos vitales) ..> (Registrar datos agrupados) : <<include>>
}

```

@enduml

A.4 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: MÉDICO

@startuml

actor "Médico" as Medico

rectangle "Sistema" {

' Sección: Usuario

Medico --> (Usuario)

(Usuario) --> (Cerrar \nsección)

(Usuario) --> (Cambiar \ncontraseña)

(Usuario) --> (Términos \ny condiciones)

(Usuario)->>(Editar \nperfil)

(Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ncorreo): <<extend>>

(Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ntelefono): <<extend>>

(Editar \nperfil) ..> (Cambiar \nfoto de perfil): <<extend>>

' Sección: Pacientes

Medico --> (Gestionar \npacientes)

(Gestionar \npacientes)-->(Consultas)

Medico --> (Gestionar \nasistentes)

' Subcasos al seleccionar paciente

(Consultas) ..> (Visualizar \nsignos vitales): <<include>>

(Consultas) ..> (Ver \nalertas del paciente): <<include>>

(Consultas) --> (Consultar \nantecedentes personales)

(Consultas) --> (Consultar \nantecedentes familiares)

(Consultas) --> (Consultar \nalergias)

(Consultas) --> (Consultar \ntratamientos anteriores)

(Consultas) --> (Realizar \nconsulta)

(Gestionar \npacientes) --> (Comunicarse \ncon paciente)

' Subcasos de antecedentes

(Consultar \nantecedentes personales) ..> (Crear \nantecedentes personales): <<extend>>

(Consultar \nantecedentes familiares) ..> (Crear \nantecedentes familiares): <<extend>>

(Consultar \nalergias) ..> (Crear \nalergias): <<extend>>

' Subcasos de consulta

(Realizar \nconsulta) ..> (Guardar \nconsulta): <<include>>

(Realizar \nconsulta) ..> (Añadir \nmedicamentos): <<extend>>

' Subcasos de comunicación

(Comunicarse \ncon paciente) ..> (WhatsApp): <<extend>>

(Comunicarse \ncon paciente) ..> (Telegram): <<extend>>

(Comunicarse \ncon paciente) ..> (Mensaje \ndirecto): <<include>>

' Sección: Horarios

Medico --> (Modificar \nhorario de atención)

' Sección: Asistentes

(Gestionar \nasistentes) --> (Registrar \nasistente)

(Gestionar \nasistentes) --> (Modificar \nasistente)

' Sección: Reportes

Medico -->(Reportes)

(Reportes) --> (Estadísticas \npacientes)

(Reportes) --> (Estadísticas \nconsultas)

' Caso de uso con alias más corto

(Visualizar \nsignos vitales)..>(Guardar \nsignos vitales \ndel paciente):<<extend>>

' Flujo de guardar incluye análisis

```

(Guardar \nsignos vitales \ndel paciente) ..> (Analizar \nsignos vitales):<<include>>
' Análisis deriva en guardar según resultado
(Analizar \nsignos vitales) ..> (Registrar \nfalsos positivos) : <<include>>
(Analizar \nsignos vitales) ..> (Registrar \ndatos agrupados) : <<include>>
}
@enduml

```

A.5 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: PACIENTE

```

@startuml
left to right direction
actor "Paciente" as Paciente
rectangle "Sistema" {
    ' Sección: Usuario
    Paciente --> (Usuario)
    (Usuario) --> (Cerrar \nsesión)
    (Usuario) --> (Cambiar \ncontraseña)
    (Usuario) --> (Términos \ny condiciones)
    (Usuario) --> (Editar \nperfil)
    (Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ncorreo): <<extend>>
    (Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ntelefono): <<extend>>
    (Editar \nperfil) ..> (Cambiar \nfoto de perfil): <<extend>>
    ' Sección: Signos Vitales
    Paciente --> (Visualizar \nsignos vitales)
    (Visualizar \nsignos vitales) ..> (Ver \nfalsos positivos): <<extend>>
    ' Sección: Médicos

```

```

Paciente --> (Administrar \nmédicos)

(Administrar \nmédicos) --> (Añadir \nmédico)

(Administrar \nmédicos) --> (Desactivar \nmédico)

' Sección: Alertas

Paciente --> (Ver \nalertas)

' Sección: Telemedicina

Paciente --> (Contactar \nmédico)

(Contactar \nmédico)->(Selección de médico)

(Selección de médico) ..> (WhatsApp): <<extend>>

(Selección de médico)..> (Telegram): <<extend>>

(Selección de médico) ..> (Mensaje \ndirecto): <<extend>>

' Sección: Datos físicos

Paciente --> (Gestionar \ndatos físicos)

(Gestionar \ndatos físicos) --> (Insertar \npeso)

(Gestionar \ndatos físicos) --> (Insertar \nestatura)

' Sección: Dispositivos

Paciente --> (Administrar \ndispositivos)

(Administrar \ndispositivos) --> (Añadir \ndispositivo)

(Administrar \ndispositivos) --> (Deshabilitar \ndispositivo)

}

@enduml

```

A.6 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: ADMINISTRADOR

```
@startuml
```

```
left to right direction
```

actor "Administrador" as Admin

rectangle "Sistema" {

' Sección: Usuario

Admin --> (Usuario)

(Usuario) --> (Cerrar\nsesión)

(Usuario) --> (Cambiar\ncontraseña)

(Usuario) --> (Términos\ny condiciones)

(Usuario) --> (Editar\nperfil)

(Editar\nperfil) ..> (Actualizar\ncorreo): <<extend>>

(Editar\nperfil) ..> (Actualizar\nteléfono): <<extend>>

(Editar\nperfil) ..> (Cambiar\nfoto de perfil): <<extend>>

' Sección: Gestión de Usuarios

Admin --> (Registrar\nusuario)

(Registrar\nusuario) --> (Seleccionar\ntipo\nde\nusuario)

(Seleccionar\ntipo\nde\nusuario) --> (Completar\nformulario)

(Completar\nformulario) ..> (Confirmar\ny\nguardar\ndatos): <<include>>

Admin --> (Gestionar\nusuarios)

(Gestionar\nusuarios) --> (Editar\nusuario)

(Gestionar\nusuarios) --> (Eliminar\nusuario)

' Sección: Informes

Admin --> (Ver\ninformes)

(Ver\ninformes) --> (Estadísticas\nde dispositivos)

(Ver\ninformes) --> (Estadísticas\nde médicos)

(Ver\ninformes) --> (Estadísticas\nde pacientes)

' Sección: Parámetros biomédicos

```

Admin --> (Gestionar\nparámetros\nbiomédicos)
(Gestionar\nparámetros\nbiomédicos) --> (Crear\nparámetro\nbiomédico)
(Gestionar\nparámetros\nbiomédicos) --> (Eliminar\nparámetro\nbiomédico)
' Sección: Alertas
Admin --> (Gestionar\nalertas)
(Gestionar\nalertas) --> (Crear\nalerta)
(Gestionar\nalertas) --> (Editar\nalerta)
(Gestionar\nalertas) --> (Eliminar\nalerta)
}
@enduml

```

A.7 DIAGRAMAS DE CASO DE USO: ASISTENTE

```

@startuml
left to right direction
actor "Asistente" as Asistente
rectangle "Sistema" {
' Sección: Usuario
Asistente --> (Usuario)
(Usuario) --> (Cerrar \nsesión)
(Usuario) --> (Cambiar \ncontraseña)
(Usuario) --> (Términos \ny condiciones)
(Usuario) --> (Editar \nperfil)
(Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ncorreo): <<extend>>
(Editar \nperfil) ..> (Actualizar \ntelefono): <<extend>>
(Editar \nperfil) ..> (Cambiar \nfoto de perfil): <<extend>>
}

```

```

' Sección: Pacientes
Asistente --> (Ver pacientes asignados)
' Sección: Datos físicos
(Ver pacientes asignados) --> (Modificar \ndatos \nfísicos)
(Modificar \ndatos \nfísicos) --> (Editar \npeso)
(Modificar \ndatos \nfísicos) --> (Editar \nestatura)
}
@enduml

```

ANEXO B. CÓDIGO PLANTUML PARA DIAGRAMAS DE FLUJO

B.1 DIAGRAMAS DE FLUJO: ALMACENAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE FALSOS POSITIVOS

```

@startuml
title Diagrama de Flujo: Procesamiento de Datos Biomédicos
skinparam monochrome true
skinparam shadowing false
start
:Llegan los datos del dispositivo IoT;
if (¿Datos válidos?) then (Sí)
  if (¿Existe estadística previa del usuario?) then (No)
    :Almacenar en datos agrupados;
    if (¿Rol = Médico?) then (Sí)
      :Crear estadística individual;
      :Actualizar rangos globales;
    endif
  else (Sí)

```

```

:Aplicar detección de falsos positivos\n;
:Registrar falsos positivos;
:Actualizar datos agrupados;
if (¿Rol = Médico?) then (Sí)
    :Actualizar estadística del usuario;
    :Actualizar rangos globales;
endif
endif
else (No)
    :Registrar error: "Datos inválidos";
    stop
endif
stop
@enduml

```

B.2 DIAGRAMAS DE FLUJO: MONITOREO DEL ECG

```

@startuml
title Diagrama de Flujo: Monitoreo del ECG\n(Detección de Falsos Positivos)
skinparam monochrome true
skinparam shadowing false
skinparam roundcorner 10
start
:Usuario accede al módulo"Monitoreo ECG";
:Obtiene tópico MQTT del paciente;
:Se suscribe al tópico;

```

repeat

:Esperando datos del dispositivo IoT;

repeat while (¿Llegaron nuevos datos?) is (No)

-> Sí;

:Se obtienen los valores estadísticos;

if (¿Dato fuera de rango gaussiano?) then (Sí)

:Graficar segmento ECG en rojo (falso positivo);

else (No)

:Graficar segmento ECG en verde (dato válido);

endif

stop

@enduml

ANEXO C. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PRUEBAS CON ESTUDIANTES DE TI

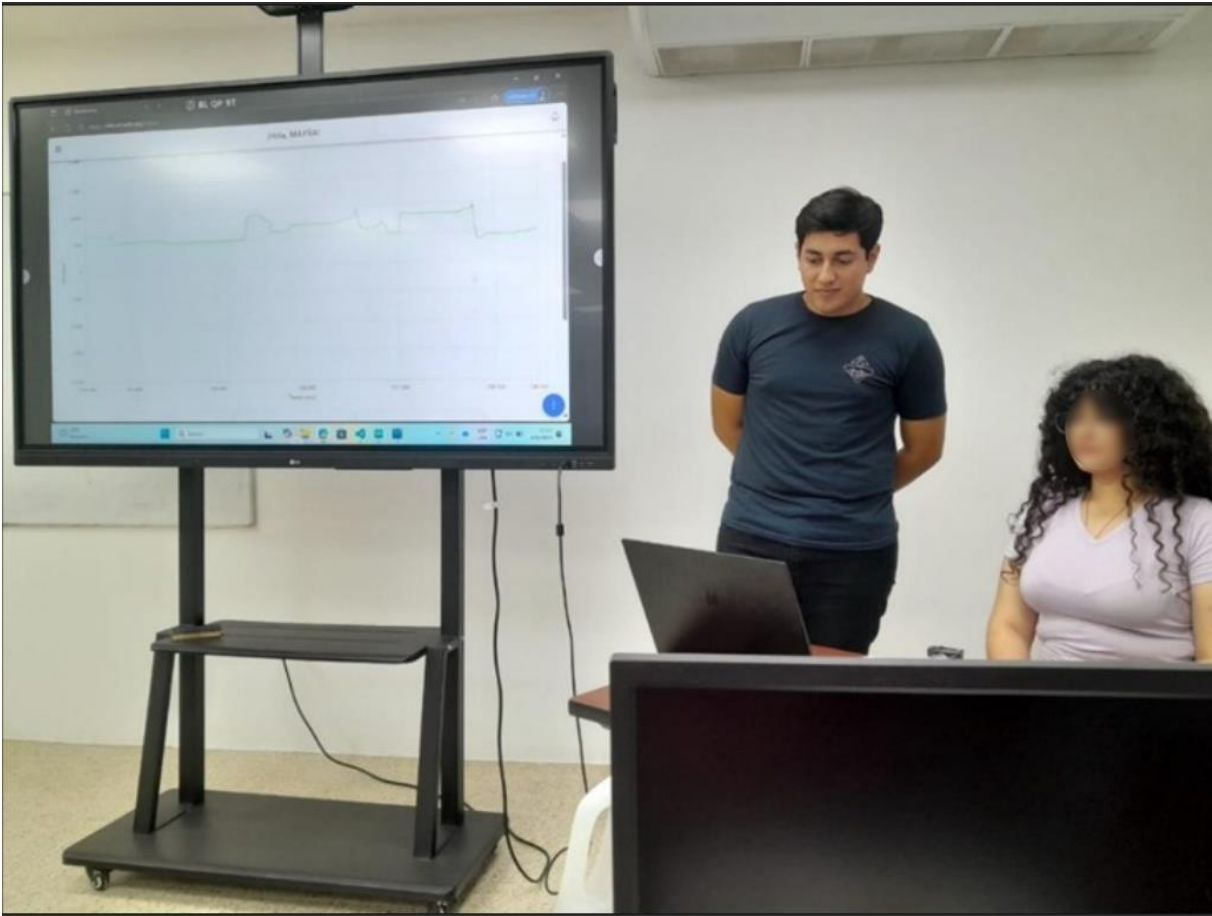
C.1 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – PACIENTE MASCULINO



C.2 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – CON OTRO PACIENTE MASCULINO



C.3 RECEPCIÓN DE SEÑAL ECG – CON UN PACIENTE FEMENINO



C.4 VISUALIZACIÓN DEL ECG



C.5 PRESENCIA DE LA TUTORA DURANTE LAS PRUEBAS



